การส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม

นางสาวกวิสรา พังไธสง

วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

พ.ศ. 2569

การส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม

นางสาวกวิสรา พังไธสง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตรศึกษา
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
พ.ศ. 2569

สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ชื่อเรื่อง	: การส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS)
ผู้วิจัย	: นางสาวกวิสรา พังไธสง
อาจารย์ที่ปรึกษา	: ครุศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรศึกษา) มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
อาจารย์ที่ปรึกษา	: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรรณวิไล ดอกไม้
ปีที่สำเร็จการศึกษา	: 2569

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงปฏิบัติการครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบาย. เชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องการควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (Science–Technology–Society: STS) กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 โรงเรียนเมืองมหาวิชานุกูล ตำบลแวงน่าง อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 9 คน ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) เรื่องการควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช จำนวน 4 แผน เวลาเรียน 12 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 ทุกแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งอยู่ในระดับเหมาะสมมาก 2) แบบวัดการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง การควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช แบบอัตนัย จำนวน 4 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 3 ข้อ รวมจำนวน 12 ข้อ มีค่าความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.00-1.00 มีค่าความยาก (P_E) อยู่ระหว่าง 0.38-0.65 มีค่าอำนาจจำแนก (D) อยู่ระหว่าง 0.25-0.66 และมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ เท่ากับ 0.93 และ 3) แบบประเมินความตระหนักรู้แบบมาตรประมาณค่า 5 ระดับ ประเมินความตระหนักรู้ 3 ด้าน ด้านละ 5 ข้อ รวมทั้งหมดเป็น 15 ข้อ มีค่าความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.60-1.00 ค่าอำนาจจำแนก (r_{xy}) อยู่ระหว่าง 0.42-0.57 และมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.86 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละ

ผลการวิจัยพบว่า 1) ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์ จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 ไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 66.66 โดยนักเรียนทั้งหมดมีระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ระดับดีมาก จำนวน 0 คน คิดเป็นร้อยละ 0 ระดับดี จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 ระดับควรปรับปรุง จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 66.67

ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และ วงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนสามารถผ่านเกณฑ์ได้ครบทั้งหมด คิดเป็นร้อยละ 100 โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ระดับดีมาก จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 ระดับดี จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 66.67 และในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนมีระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ระดับดีมาก จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 44.44 ระดับดี จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 55.56 ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม และมีการพัฒนาการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นในทุกองค์ประกอบ 2) ความตระหนักรู้ของนักเรียน ด้านพฤติกรรมมีคะแนนสูงที่สุด ($\overline{X}$ = 21.67, SD = 1.50) และด้านอารมณ์และความรู้สึก มีคะแนนปานกลาง. ($\overline{X}$ = 20.89, SD = 1.27) แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความสามารถในการนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์จริงได้ดี และมีทัศนคติที่ดีต่อกระบวนการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม ส่วนในจุดที่ต้องพัฒนาคือด้านความรู้ความเข้าใจ ซึ่งเป็นด้านที่มีคะแนนต่ำที่สุด ($\overline{X}$ = 19.67, SD = 2.00) เมื่อเทียบกับอีกสองด้าน

คำสำคัญ : การวิจัยเชิงปฏิบัติการ, การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม, การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

Title : Enhancing Grade 11 Students' Ability to Construct Scientific Explanations through Science, Technology, and Society (STS) Learning Management
Author : Miss Kawisara Phangthaisong
Degree : Master of Education (Science Education) Rajabhat Mahasarakham University
Advisors : Assistant Professor Dr.Panwilai Dokmai
Year : 2026

ABSTRACT

This action research aimed to promote ability to construct scientific explanations of grade 11 students, regarding plant growth control and responses, using Science, Technology, and Society (STS) learning management. The target group consisted of 9 grade 11 students from Mueang Mahawichanukul School, Waeng Nang Subdistrict, Mueang Mahasarakham District, Mahasarakham Province, who were studying in the first semester of the academic year 2025.The research instruments included: 1) four STS learning management plans on plant growth control and responses, totaling 12 hours of instruction, which all were rated as highly appropriate with an average score of 4.80; 2) a scientific explanation ability test, consisting of 12 open-ended questions across four scenarios, three questions per scenario, with Item Objective Congruence Index (IOC) ranging from 0.00-1.00, difficulty (P_E) between 0.38-0.65, discrimination (D) between 0.25-0.66, and reliability coefficient of 0.93; and 3) a 5-level rating scale awareness assessment, comprising 15 items across three aspects, five items per aspect, with Item Objective Congruence Index (IOC) ranging from 0.60-1.00, discrimination (r_{xy}) between 0.42-0.57, and reliability coefficient of 0.86. The data were analyzed using mean, standard deviation, and percentage.

The research findings revealed that: 1) In the first action cycle, 3 students (33.33%) met the criteria of ability to construct scientific explanations, while 6 students (66.66%) did not. The overall students' scientific explanation ability revealed no students (0.00%) achieved an excellent level, 3 students (33.33%) at a good level, and 6 students (66.67%) at a level of should be improve. In the second and third

action cycles, all 9 students (100%) met the criteria of ability to construct scientific explanations. In the second action cycle, 3 students (33.33%) achieved an excellent level and 6 students (66.67%) achieved a good level of scientific explanation ability. In the third action cycle, 4 students (44.44%) achieved an excellent level, and 5 students (55.56%) achieved a good level of scientific explanation ability. These results indicate a continuous increase in students' scientific explanation ability and an improvement in all components of scientific explanation after the Science, Technology, and Society (STS) learning management. 2) Students had highest awareness score in the behavioral aspect ($\overline{X}$= 21.67, SD = 1.50) and moderately score in the emotional aspect ($\overline{X}$= 20.89, SD = 1.27). This suggests that students were able to apply their knowledge effectively in real-life situations and developed positive attitudes towards the learning process of Science, Technology, and Society (STS) learning management. However, the cognitive aspect was identified as an area needing further development, as the students had lowest score in this area ($\overline{X}$= 19.67, SD = 2.00) compared to the other two aspects.

Keywords: Action Research, Science, Technology, and Society (STS) Learning Management, Scientific Explanation

_____ Major Advisor

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่าย ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้มอบความรู้ คำแนะนำ และกำลังใจตลอดระยะเวลาการศึกษา

ขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรรณวิไล ดอกไม้ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ปรึกษา และตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้อย่างละเอียดถี่ถ้วน รวมถึงให้กำลังใจและสนับสนุนข้าพเจ้ามาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ฉวีวรรณ สีสม ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เนตรชนก จันทร์สว่าง, รองศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล วรคำ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรรณวิไล ดอกไม้ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าในการตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรทิพย์ อติชาติ, รองศาสตราจารย์ ดร.กัญญารัตน์ โคจร, อาจารย์ ดร.วณิชา สาคร, รองศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.อรัญ ชุ่ยกระเดื่อง และนายจิระศักดิ์ มาบุญธรรม ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ และให้ความรู้ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการและครูโรงเรียนเมืองมหาวิชานุกูล ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล หรือให้การสนับสนุนด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ เพื่อนร่วมงานหรือเพื่อนร่วมชั้นเรียนที่ได้ให้กำลังใจและช่วยเหลือข้าพเจ้าในด้านต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาการศึกษา

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณบิดา มารดา และสมาชิกในครอบครัว ที่ได้ให้การสนับสนุนส่งเสริม และเป็นกำลังใจให้ข้าพเจ้ามาโดยตลอด ข้าพเจ้าขอมอบความสำเร็จของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แด่ทุกท่าน

นางสาวกวิสรา พังไธสง

สารบัญ

หัวเรื่อง **หน้า**

บทคัดย่อ ..... ก
ABSTRACT ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... จ
สารบัญ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ซ
สารบัญภาพ ..... ญ
บทที่ 1 บทนำ .....
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 4
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 4
1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ 5
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 7
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม .....
2.1 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 9
2.2 แนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) 37
2.3 การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 49
2.4 ความตระหนักรู้ 61
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 73
2.6 กรอบแนวคิดวิจัย 79
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย .....
3.1 กลุ่มเป้าหมาย 80
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 81
3.3 การสร้างและการหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 82
3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล 93
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล 98
3.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 100

หัวเรื่อง **หน้า**

บทที่ 4 ผลการวิจัย .....
4.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 106
4.2 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอข้อมูลผลการวิเคราะห์ 105
4.2 ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 105
4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 107
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ .....
5.1 สรุป 136
5.2 อภิปรายผล 137
5.3 ข้อเสนอแนะ 146
บรรณานุกรม 147
ภาคผนวก ก หนังสือขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 157
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม 165
ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 188
ภาคผนวก ง คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 198
การเผยแพร่ผลงานวิจัย 211
ประวัติผู้วิจัย 212

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 โครงสร้างรายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 24
2.2 โครงสร้างรายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 เรื่องการควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช 32
2.3 เกณฑ์การประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ตามระดับความสามารถ 59
2.4 เกณฑ์การประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แบบทั่วไป 59
3.1 การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม 80
3.2 แผนการจัดการเรียนรู้ โดยแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) เรื่องการควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช 83
3.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ กับจำนวนข้อสอบ 86
3.4 เกณฑ์การประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แบบทั่วไป 87
3.5 ด้านของความตระหนักรู้จำนวนข้อคำถามที่สร้างขึ้น 91
3.6 ผลการวัดความสามารถการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน 93
3.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล กับเครื่องมือวิจัย 97
3.8 แปลผลคะแนนระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 99
3.9 แสดงการให้คะแนนระดับความตระหนักรู้ 100
3.10 แปลผลระดับความตระหนักรู้ 101
4.1 ผลการวัดความสามารถการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน 107
4.2 ผลการประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติที่ 1 111
4.3 ปัญหาที่พบจากการการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และแนวทางการแก้ไขปัญหาในวงจรปฏิบัติการที่ 1 112
4.4 ผลการประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติที่ 2 118

ตารางที่ **หน้า**

4.5 ปัญหาที่พบจากการสังเกตพฤติกรรมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และแนวทางการแก้ไขปัญหาในวงจรปฏิบัติการที่ 2 119
4.6 ผลการประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติที่ 3 128
4.7 ปัญหาที่พบจากการสังเกตพฤติกรรมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และแนวทางการแก้ไขปัญหาในวงจรปฏิบัติการที่ 3 129
4.8 ผลการประเมินความตระหนักรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 130
4.9 ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์รายบุคคลทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ..... 132

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 วงจรวิจัยเชิงปฏิบัติการ The Action Research Spiral 37
2.2 ขั้นตอนและกระบวนการเกิดความตระหนักรู้ 63
2.3 กรอบแนวคิดการวิจัย 79
4.1 ใบงานการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 22 110
4.2 ใบงานการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 23 117
4.3 ใบงานการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 24 126
4.4 ใบงานการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 25 127
4.5 ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์รายบุคคลทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ 131
4.6 ผลการพัฒนาองค์ประกอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 131
4.7 ผลการประเมินความตระหนักรู้ 133

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันสังคมไทยก้าวเข้าสู่สังคมในศตวรรษที่ 21 มีการพัฒนาและเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว อันเนื่องมาจากความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี การจัดการศึกษาจึงต้องมีการปรับเปลี่ยนเพื่อให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวสำหรับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีเป้าหมายให้นักเรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการมีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และแก้ปัญหาที่หลากหลายให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอนมีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลายแล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ให้ความสำคัญกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นทักษะที่สำคัญที่สะท้อนหรือสื่อถึงความรู้ความเข้าใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพราะจะช่วยให้นักเรียนสามารถสื่อสารความเข้าใจอย่างเป็นเหตุเป็นผลโดยเชื่อมโยงระหว่างคำตอบกับหลักฐานที่ค้นพบประกอบกับเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ให้ได้คำอธิบายที่น่าเชื่อถือในประเด็นคำถามมากกว่าการตอบแบบสั้นๆ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2565) รายวิชาชีววิทยาเป็นแขนงหนึ่งของวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาสิ่งมีชีวิตทั้งในด้านโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ กระบวนการดำรงชีวิต ตลอดจนความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม โดยองค์ความรู้ทางชีววิทยาเกิดจากกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่อาศัยการสังเกต การตั้งคำถาม การสำรวจตรวจสอบ การทดลองและการใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ในการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ (National Academies of Sciences, 2018; Bybee, 2018) แนวคิดสำคัญของชีววิทยา เช่น โครงสร้างและหน้าที่ของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของระบบ และการเปลี่ยนแปลงตามกระบวนการทางธรรมชาติ ล้วนสะท้อนให้เห็นว่าความรู้ทางชีววิทยามีลักษณะเป็นองค์รวมและเชื่อมโยงกันเป็นระบบ (AAAS, 2019; Dauer and Long, 2017) ในปัจจุบันการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาจึงมุ่งเน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านกระบวนการสืบเสาะและการลงมือปฏิบัติจริง เพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในบริบทของชีวิตจริงได้อย่างมีความหมาย (Bennett et al., 2018; Kolb and Kolb, 2017) นอกจากนี้ความก้าวหน้า

ทางชีววิทยายังมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาประเทศในหลายด้าน เช่น การแพทย์ การเกษตร อุตสาหกรรม และสิ่งแวดล้อม ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพชีวิตของมนุษย์และการพัฒนาอย่างยั่งยืนในอนาคต (UNESCO, 2020; Freeman et al., 2020) ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาควรส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ใช้แหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย และเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน เพื่อพัฒนานักเรียนให้มีความรู้ ความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผล และมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ต่อไป (National Academies of Sciences, 2018; Bybee, 2018) อย่างไรก็ตามจากสภาพการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันพบว่า นักเรียนจำนวนมากยังไม่สามารถเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้อย่างแท้จริงและไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ที่เรียนกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน ส่งผลให้นักเรียนมองว่าวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ยาก ไกลตัว และไม่น่าสนใจ อีกทั้งยังไม่เห็นคุณค่าและความสำคัญของวิทยาศาสตร์ต่อการดำรงชีวิต ปัญหาดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงช่องว่างระหว่างการเรียนรู้ในห้องเรียนกับบริบทของโลกจริง ซึ่งอาจเกิดจากการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการถ่ายทอดเนื้อหามากกว่าการพัฒนากระบวนการคิด การสืบเสาะหาความรู้ และการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริง ดังนั้นการเรียนชีววิทยาจึงควรมีเป้าหมายสำคัญในการพัฒนานักเรียนให้สามารถนำความรู้ไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและเหตุการณ์ที่พบในชีวิตประจำวันได้อย่างมีเหตุผล มีหลักฐานสนับสนุน และสามารถตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้อย่างเหมาะสม อันจะนำไปสู่การพัฒนานักเรียนให้เป็นผู้มีความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์ และสามารถดำรงชีวิตในสังคมแห่งความรู้ได้อย่างมีคุณภาพ

การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Explanation) เป็นการอธิบายถึงปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและปรากฏการณ์ทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์บนพื้นฐานของการให้เหตุผลและการใช้หลักฐานเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งไม่ได้เป็นเพียงการบรรยายข้อเท็จจริงของปรากฏการณ์ แต่ต้องอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์ในการตีความร่วมกับหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์นักเรียนจะต้องศึกษาค้นคว้าเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลหลักฐาน จากนั้นทำการประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูลด้วยการวิเคราะห์และตีความข้อมูล พร้อมทั้งหาเหตุผลโดยอาศัยองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เรียนมาร่วมกับประสบการณ์เดิม เพื่อสร้างคำอธิบายหรือลงข้อสรุป (Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), 2009) ซึ่งกระบวนการเหล่านี้ช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในแนวคิดและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ลุ่มลึกมากยิ่งขึ้น (McNeil and Krajcik, 2006) รวมไปถึงความตระหนักรู้ที่เป็นผลมาจากกระบวนการทางปัญญา (Cognitive Process) กล่าวคือเมื่อบุคคลได้รับการกระตุ้นจากสิ่งเร้าหรือได้รับการสัมผัสจากสิ่งเร้าแล้วจะเกิดการรับรู้ และเมื่อรับรู้ในขั้นต่อ ๆ ไปก็จะเข้าใจในสิ่งเร้านั้น

คือเกิดความคิดรวบยอดและนำไปสู่การเรียนรู้ และมีความรู้ในสิ่งนั้นและนำไปสู่การเกิดความตระหนักรู้ในที่สุด ซึ่งความตระหนักรู้นั้นจะนำไปสู่การกระทำหรือการแสดงพฤติกรรมของบุคคลต่อสิ่งเร้านั้น ๆ การที่บุคคลจะเกิดความตระหนักรู้ขึ้นได้ บุคคลนั้นจะต้องมีความรู้มาก่อน ดังนั้นการจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนมองเห็นความสำคัญ ความรับผิดชอบ และผลกระทบที่จะเกิดขึ้นตามมา จะส่งผลให้นักเรียนเกิดความตระหนักรู้ต่อสิ่งนั้น ๆ ต่อไปในที่สุด (Good, 1973) การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นส่วนสำคัญของการทำงานวิทยาศาสตร์ เพื่อให้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้รับการยืนยันอย่างมีเหตุผล บนหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างให้มีความน่าเชื่อถือ (Novak and Treagust, 2017) ปัญหาที่ผู้วิจัยพบเจอในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ จากการสังเกตการตอบคำถาม หรือแบบทดสอบของนักเรียนที่ต้องมีการใช้เหตุผลในการหาหลักฐานข้อมูลมาสนับสนุนคำตอบหรือข้อกล่าวอ้าง พบว่านักเรียนไม่สามารถสรุปประเด็นเพื่อสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ ผู้วิจัยจึงทำการสำรวจโดยใช้แบบวัดการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องการควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช แบบอัตนัย จำนวน 9 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 3 ข้อ รวม 27 ข้อ พบว่านักเรียนทุกคนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินในระดับดี สอดคล้องกับผลการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยของ กาญจนา มหาลี และชาตรี ฝ่ายคำตา (2553) พบว่านักเรียนมีความเข้าใจว่าประเด็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จำเป็นต้องอาศัยหลักฐานเชิงประจักษ์ เพียงร้อยละ 41 เท่านั้น ขณะที่งานวิจัยของภูมินทร์ พานิชกุล ธนิกา วศินยานุวัฒน์ และสุวรรณี เปลี่ยนรัมย์ (2569) ที่พบว่านักเรียนไม่สามารถสร้างข้อกล่าวอ้างพิจารณาหลักฐานที่ได้มาจากการสืบเสาะและให้เหตุผลที่เชื่อมโยงองค์ประกอบทั้งหมดได้สิ่งเหล่านี้แสดงให้เห็นว่านักเรียนควรได้รับการพัฒนาให้มีความสามารถในการลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์ (ลือชา ลดาชาติ, 2558)

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (Science Technology and Society: STS) เป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับบริบทของชีวิตจริง โดยมุ่งให้นักเรียนเกิดความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมอย่างสมดุลและสอดคล้องกับประสบการณ์ของมนุษย์ (ทรงศิริ ชัยนา และน้อยทิพย์ ลิ้มยิ่งเจริญ, 2553) แนวคิดดังกล่าวส่งเสริมให้นักเรียนตระหนักถึงบทบาทและความรับผิดชอบของตนในฐานะสมาชิกของสังคม สามารถใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในการตัดสินใจและแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้อย่างมีเหตุผล (ชมพูนุช แพงวงษ์, 2549) การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม มุ่งเน้นการนำประเด็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในสถานการณ์จริงมาเป็นบริบทของการเรียนรู้ แทนการเริ่มต้นจากเนื้อหาทฤษฎีเพียงอย่างเดียว ส่งผลให้นักเรียน

สามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับสภาพสังคมและสิ่งแวดล้อมรอบตัว เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้ (National Science Teachers Association: NSTA, 1993) ซึ่ง Carin (1997) เสนอรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้น ได้แก่ ขั้นสืบค้น (Search) ขั้นแก้ปัญหา (Solve) ขั้นสร้างสรรค์ (Create) ขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์ (Share) และขั้นนำไปปฏิบัติจริง (Act) ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง กระตุ้นความอยากรู้อยากเห็น ส่งเสริมการอภิปราย การคิดวิเคราะห์ การตัดสินใจ และการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ซึ่งเป็นทักษะสำคัญของการคิดขั้นสูง (Higher-order Thinking) (อัมพวา รักบิดา และคณะ, 2549) นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ยังช่วยพัฒนาทัศนคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ ส่งเสริมความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ การวางแผนแก้ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้น การนำเสนอและสื่อสารแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ให้ผู้อื่นเข้าใจ ตลอดจนส่งเสริมการทำงานร่วมกันและการเรียนรู้อย่างมีความสุข ทั้งยังช่วยให้นักเรียนเห็นคุณค่าของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมในฐานะองค์ประกอบสำคัญของการดำรงชีวิตในโลกปัจจุบัน (ทรงศิริ ชัยนา และน้อยทิพย์ ลิ้มยิ่งเจริญ, 2553; ชมพูนุช แพงวงษ์, 2549) ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม จึงเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนานักเรียนให้มีความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน และเตรียมความพร้อมสำหรับการเป็นพลเมืองที่มีคุณภาพในสังคมแห่งวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในอนาคต (NSTA, 1993; อัมพวา รักบิดา และคณะ, 2549)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิด วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) มาเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนที่เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเมืองมหาวิชานุกูล มีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาและสามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในด้านการสร้างคำอธิบายในเชิงวิทยาศาสตร์ และมีความตระหนักรู้ในความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีที่มีต่อสังคมและสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันในด้านการตัดสินใจ และการคิดแก้ปัญหาได้

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องการควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS)

1.2.2 เพื่อศึกษาความตระหนักรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS)

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเมืองมหา-วิชานุกูล ตำบลแวงน่าง อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

1.3.2 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

1.3.2.1 ตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS)

1.3.2.2 ตัวแปรตาม คือ ผลการเรียนรู้ ได้แก่

1) ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

2) ความตระหนักรู้

1.3.3 เนื้อหาในการวิจัย

วิชาชีววิทยาเพิ่มเติม เรื่องการควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

1.3.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568

1.3.5 สถานที่ใช้ในการวิจัย

โรงเรียนเมืองมหาวิชานุกูล ตั้งอยู่ที่ หมู่ที่ 12 บ้านโนนสำราญ ถนนเลี่ยงเมือง มหาสารคาม - ร้อยเอ็ด ตำบลแวงน่าง อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (Science, Technology and Society: STS) คือ วิธีการสอนที่เชื่อมโยงวิทยาศาสตร์กับประสบการณ์ของผู้เรียนในชีวิตจริง โดยเน้นที่การแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในสังคมและเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์โดยให้นักเรียนจะได้ฝึกวิเคราะห์และประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในท้องถิ่นของตนเองเพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการเผชิญกับปัญหาจริงในอนาคตตามแนวคิดของ Carin (1997) โดยมีกิจกรรมการเรียนรู้ 5 ขั้นดังนี้

1. ขั้นสืบค้น (Search) นักเรียนร่วมกันตั้งคำถามเสนอความคิดเรื่องที่สนใจที่ต้องการศึกษา หัวข้อที่นำเสนอนั้นอาจมาจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชุมชนจากตำราเรียน วิทยาศาสตร์จากกิจกรรมที่ได้ปฏิบัติมาจากการทัศนศึกษาจากรายการโทรทัศน์หรือจากแหล่งอื่นๆ คำถามที่นักเรียนนำเสนออาจมีมากมายหลายคำถามแต่จะเลือกเพียง 1- 2 คำ ถามเท่านั้นที่นำมาเป็นหลักในการศึกษา

2. ขั้นแก้ปัญหา (Solve) นักเรียนจะฝึกใช้วิธีทางการวิจัยในการเรียนรู้เพื่อหาคำตอบหรือตอบคำถามในหัวข้อหรือประเด็นที่ทำการศึกษาโดยนักเรียนจะเป็นผู้ลงมือปฏิบัติทั้งการเก็บรวบรวมข้อมูลการบันทึกผล

3. ขั้นสร้างสรรค์ (Create) เก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ผลของนักเรียน โดยให้นักเรียนแสดงผลการค้นพบในลักษณะของ Mind Map (แผนที่ความคิด) เพื่อจัดระเบียบความคิด วางแผนนำเสนอสิ่งที่เรียนรู้ใหม่ ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. ขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์ (Share) ขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์ (Share) นักเรียนนำเสนอผลการศึกษาค้นคว้าแก่ กลุ่มเพื่อน โดยอาจนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การบรรยาย การเขียนรายงาน จัดแสดงเป็น โปสเตอร์

5. ขั้นนำไปปฏิบัติจริง (Act) นักเรียนนำผลที่ได้จากการศึกษาไปปฏิบัติหรือนำเสนอข้อค้นพบนี้แก่ผู้ที่เกี่ยวข้อง เพื่อแก้ไขปัญหา ซึ่งนักเรียนภายในกลุ่มช่วยกันเผยแพร่การนำผลงานของกลุ่มตนเองไปใช้ ในรูปแบบต่าง ๆ ผ่านช่องทางออนไลน์ ตามความถนัดของนักเรียน เช่น โปสเตอร์ คลิปวีดีโอ เป็นต้น

ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Explanation) คือ การอธิบายเนื้อหาที่ได้เรียนรู้โดยใช้เหตุผลและหลักฐานเชิงประจักษ์โดยอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์และหลักฐานที่ได้จากการตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ในการตีความ วัดการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบทดสอบแบบอัตนัยจำนวน 4 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 3 ข้อ รวมเป็นจำนวน 12 ข้อ ตามแนวคิดของ McNeil and Krajcik (2006) จำนวน 3 องค์ประกอบดังนี้

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) เป็นข้อสรุปที่ใช้ตอบคำถามหรืออธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น

2. หลักฐาน (Evidence) เป็นข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

3. การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นการเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์เพื่อสนับสนุนคำอธิบาย

ความตระหนักรู้ คือ สภาวะทางจิตใจที่แสดงถึงการรับรู้ เข้าใจ และให้ความสำคัญต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือสถานการณ์อย่างลึกซึ้ง รวมถึงการมีสติรู้ตัว การใส่ใจ และการตื่นตัวทางความคิดต่อประเด็นนั้น ๆ ความตระหนักยังหมายถึงการยอมรับในคุณค่าและการมีจิตสำนึกรับผิดชอบตลอดจนการเห็นความเชื่อมโยงและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น สภาวะนี้มักนำไปสู่การพิจารณาอย่างรอบคอบและอาจส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทัศนคติหรือพฤติกรรมในที่สุด ความตระหนักรู้

จึงเป็นจุดเริ่มต้นสำคัญของการเรียนรู้ การพัฒนา และการแก้ปัญหาในหลากหลายบริบทของชีวิตและสังคมซึ่งกระบวนการเกิดความตระหนักรู้ ซึ่งวัดโดยใช้แบบประเมินความตระหนักรู้แบบมาตรประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 15 ข้อ ตามแนวคิดของ Breckler (1986) ที่ประกอบไปด้วย 3 ด้าน ดังนี้

1. ความรู้ความเข้าใจ (Cognitive Component) เป็นการรับรู้และทำความเข้าใจที่เริ่มจากระดับพื้นฐาน และพัฒนาเพิ่มขึ้นอย่างเป็นลำดับ

2. อารมณ์ความรู้สึก (Affective Component) เป็นความรู้สึกด้านทัศนคติ ค่านิยม ความตระหนักชอบหรือไม่ชอบ ดีหรือไม่ดี เป็นองค์ประกอบในการประเมินสิ่งเร้าต่าง ๆ

3. พฤติกรรม (Behavioral Component) เป็นการแสดงออกทั้งทางวาจากิริยา ท่าทางที่มีต่อสิ่งเร้าหรือแนวโน้มที่บุคคลจะกระทำ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนและผู้ที่สนใจในการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการเพื่อเชื่อมโยงเนื้อหาที่เรียนให้สอดคล้องกับชีวิตประจำวันสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้จริงด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS)

1.5.2 เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนและผู้ที่สนใจในการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

1.5.3 นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาในการเรียนหลังจากที่มีการเรียนการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม (STS) และสามารถสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น

บทที่ 2
การทบทวนวรรณกรรม

ในการวิจัยเรื่อง การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ในรายวิชาชีววิทยา เรื่องการควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความตระหนักรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
2. แนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม (STS)
3. การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
4. ความตระหนักรู้
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
6. กรอบแนวคิดการวิจัย

2.1 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560)

2.1.1 วิสัยทัศน์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนานักเรียนทุกคน ซึ่งเป็นกำลังของชาติ ให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและเป็นพลโลก ยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้และทักษะพื้นฐาน รวมทั้งเจตคติที่จำเป็นต่อการศึกษาต่อการประกอบอาชีพและการศึกษาตลอดชีวิต โดยมุ่งเน้นนักเรียนเป็นสำคัญ บนพื้นฐานความเชื่อว่าทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

2.1.2 หลักการ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีหลักการ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) ดังนี้

2.1.2.1 เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อความเป็นเอกภาพของชาติ มีจุดหมายและมาตรฐานการเรียนรู้เป็นเป้าหมายสำหรับพัฒนาเด็กและเยาวชนให้มีความรู้ ทักษะ เจตคติ และคุณธรรมบนพื้นฐานของความเป็นไทยควบคู่กับความเป็นสากล

2.1.2.2 เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อปวงชน ที่ประชาชนทุกคนมีโอกาสได้รับการศึกษาอย่างเสมอภาค และมีคุณภาพ

2.1.2.3 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่สนองการกระจายอำนาจ ให้สังคมมีส่วนร่วม. ในการจัดการศึกษาให้สอดคล้องกับสภาพและความต้องการของท้องถิ่น

2.1.2.4 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่มีโครงสร้างยืดหยุ่นทั้งด้านสาระการเรียนรู้ เวลา และการจัดการเรียนรู้

2.1.2.5 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ

2.1.2.6 เป็นหลักสูตรการศึกษาสำหรับการศึกษาในระบบ นอกระบบ และตามอัธยาศัย ครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมาย สามารถเทียบโอนผลการเรียนรู้ และประสบการณ์

2.1.3 จุดมุ่งหมาย

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนานักเรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุข มีศักยภาพในการศึกษาต่อและประกอบอาชีพ จึงกำหนดเป็นจุดหมายเพื่อให้เกิดกับนักเรียนเมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) ดังนี้

2.1.3.1 มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมที่พึงประสงค์ เห็นคุณค่าของตนเอง มีวินัย และปฏิบัติตนตามหลักธรรมของพระพุทธศาสนา หรือศาสนาที่ตนนับถือ ยึดหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

2.1.3.2 มีความรู้ ความสามารถในการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยี และมีทักษะชีวิต

2.1.3.3 มีสุขภาพกายและสุขภาพจิตที่ดี มีสุขนิสัย และรักการออกกำลังกาย

2.1.3.4 มีความรักชาติ มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ยึดมั่นในวิถีชีวิตและการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข

2.1.3.5 มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรมและภูมิปัญญาไทย การอนุรักษ์ และพัฒนาสิ่งแวดล้อม มีจิตสาธารณะที่มุ่งทำประโยชน์และสร้างสิ่งที่ดีงามในสังคม และอยู่ร่วมกัน ในสังคมอย่างมีความสุข

2.1.4 สมรรถนะสำคัญของนักเรียน

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนานักเรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานการเรียนรู้ ซึ่งการพัฒนานักเรียนให้บรรลุมาตรฐานการเรียนรู้ที่กำหนดนั้น จะช่วยให้นักเรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) ดังนี้

2.1.4.1 ความสามารถในการสื่อสาร เป็นความสามารถในการรับและส่งสาร มีวัฒนธรรมในการใช้ภาษาถ่ายทอดความคิด ความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึกและทัศนะของตนเอง เพื่อแลกเปลี่ยน ข้อมูลข่าวสารและประสบการณ์อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้งการเจรจา ต่อรองเพื่อขจัดและลดปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ การเลือกรับหรือไม่รับข้อมูลข่าวสารด้วยหลักเหตุผลและความถูกต้อง ตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ โดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อตนเองและสังคม

2.1.4.2 ความสามารถในการคิด เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

2.1.4.3 ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรม และข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหา และมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคม และสิ่งแวดล้อม

2.1.4.4 ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต เป็นความสามารถในการนำกระบวนการต่างๆ ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน การเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง การทำงาน และการอยู่ร่วมกันในสังคมด้วยการสร้างเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล การจัดการปัญหาและความขัดแย้งต่าง ๆ อย่างเหมาะสม การปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและสภาพแวดล้อม และการรู้จักหลีกเลี่ยงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ที่ส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น

2.1.4.5 ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี เป็นความสามารถในการเลือกและใช้เทคโนโลยีด้านต่าง ๆ และมีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยี เพื่อการพัฒนาตนเองและสังคมในด้านการเรียนรู้ การสื่อสาร การทำงาน การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ถูกต้อง เหมาะสม และมีคุณธรรม

2.1.5 คุณลักษณะอันพึงประสงค์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานมุ่งพัฒนานักเรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างมีความสุขในฐานะพลเมืองไทยและพลเมืองโลก

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มี 8 ประการ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) ได้แก่

2.1.5.1 รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์ หมายถึง คุณลักษณะที่แสดงออกถึงการเป็นพลเมืองที่ดีของชาติ ธำรงไว้ซึ่งความเป็นชาติไทย ศรัทธา ยึดมั่นในศาสนา และเคารพเทิดทูนสถาบันพระมหากษัตริย์ผู้รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์คือ ผู้ที่มีลักษณะซึ่งแสดงออกถึงการเป็นพลเมืองที่ดีของชาติ มีความสามัคคีปรองดอง ภูมิใจ เชิดชูความเป็นชาติไทย ปฏิบัติตนตามหลักศาสนาที่ตนนับถือ และแสดงความจงรักภักดีต่อสถาบันพระมหากษัตริย์

2.1.5.2 ซื่อสัตย์สุจริต หมายถึง คุณลักษณะที่แสดงออกถึงการยึดมั่นในความถูกต้อง ประพฤติตนตามความเป็นจริงต่อตนเองและผู้อื่นทั้งทางกายวาจาใจ ผู้ที่มีความซื่อสัตย์สุจริต คือ ผู้ที่ประพฤติตนตามความเป็นจริงทั้งทางกาย วาจาใจ และยึดหลักความจริง ความถูกต้องในการดำเนินชีวิต มีความละอายและเกรงกลัวต่อการกระทำผิด

2.1.5.3 มีวินัย หมายถึง คุณลักษณะที่แสดงออกถึงการยึดมั่นในข้อตกลง กฎเกณฑ์และระเบียบข้อบังคับของครอบครัว โรงเรียน และสังคมผู้ที่มีวินัย คือ ผู้ที่ปฏิบัติตามข้อตกลง กฎเกณฑ์ระเบียบ ข้อบังคับของครอบครัว โรงเรียน และสังคมเป็นปกติวินัย ไม่ละเมิดสิทธิของผู้อื่น

2.1.5.4 ใฝ่เรียนรู้ หมายถึง คุณลักษณะที่แสดงออกถึงความตั้งใจ เพียรพยายามในการเรียนแสวงหาความรู้จากแหล่งเรียนรู้ทั้งภายในและภายนอกโรงเรียน ผู้ที่ใฝ่เรียนรู้ คือ ผู้ที่มีลักษณะที่แสดงออกถึงความตั้งใจ เพียรพยายามในการเรียนและเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้แสวงหาความรู้จากแหล่งเรียนรู้ทั้งภายในและภายนอกโรงเรียนอย่างสม่ำเสมอ ด้วยการเลือกใช้สื่ออย่างเหมาะสม บันทึกความรู้ วิเคราะห์ สรุปองค์ความรู้ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ ถ่ายทอด เผยแพร่และนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

2.1.5.5 อยู่อย่างพอเพียง หมายถึง คุณลักษณะที่แสดงออกถึงการดำเนินชีวิตอย่างพอประมาณ มีเหตุผล รอบคอบ มีคุณธรรม มีภูมิคุ้มกันที่ดี และปรับตัวเพื่ออยู่ในสังคมได้อย่างมีความสุข ผู้ที่อยู่อย่างพอเพียง คือ ผู้ที่ดำเนินชีวิตอย่างประมาณตน มีเหตุผล รอบคอบ ระมัดระวัง อยู่ร่วมกันกับผู้อื่นด้วยความรับผิดชอบ ไม่เบียดเบียนผู้อื่น เห็นคุณค่าของทรัพยากรต่าง ๆ มีการวางแผนป้องกันความเสี่ยงและพร้อมรับกับการเปลี่ยนแปลง

2.1.5.6 มุ่งมั่นในการทำงาน หมายถึง คุณลักษณะที่แสดงออกถึงความตั้งใจและรับผิดชอบในการทำหน้าที่ในการงาน ด้วยความเพียรพยายาม อดทน เพื่อให้งานสำเร็จตามเป้าหมาย ผู้ที่มีมุ่งมั่นในงาน คือ ผู้ที่มีลักษณะซึ่งแสดงออกถึงความตั้งใจปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายด้วยความเพียรพยายาม ทุ่มเทกำลังกาย กำลังใจ ในการปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ให้สำเร็จลุล่วงตามเป้าหมายที่กำหนดด้วยความ รับผิดชอบและมีความภาคภูมิใจในผลงาน

2.1.5.7 รักความเป็นไทย หมายถึง คุณลักษณะที่แสดงออกถึงความภาคภูมิใจ เห็นคุณค่าร่วมกันอนุรักษ์ สืบทอดภูมิปัญญาไทย ขนบธรรมเนียมประเพณี ศิลปะและวัฒนธรรม ใช้ภาษาไทยในการสื่อสารได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม ผู้ที่รักความเป็นไทย คือ ผู้ที่มีความภูมิใจ เห็นคุณค่า ชื่นชม มีส่วนร่วมในการอนุรักษ์สืบทอดเผยแพร่ภูมิปัญญาไทยขนบธรรมเนียมประเพณี ไทย ศิลปะ และวัฒนธรรมไทย มีความกตัญญูกตเวที ใช้ภาษาในการสื่อสารอย่างถูกต้องและเหมาะสม

2.1.5.8 มีจิตสาธารณะ หมายถึง คุณลักษณะที่แสดงออกถึงการมีส่วนร่วมในกิจกรรม หรือสถานการณ์ที่ก่อให้เกิดประโยชน์แก่ผู้อื่น ชุมชน และสังคม ด้วยความเต็มใจ กระตือรือร้น โดยไม่หวังผลตอบแทน ผู้มีจิตสาธารณะ คือ ผู้ที่มีลักษณะเป็นผู้ให้และช่วยเหลืออื่น แบ่งปันความสุข ส่วนตนเพื่อประโยชน์แก่ส่วนรวม เข้าใจ เห็นใจผู้ที่มีความเดือดร้อน อาสาช่วยเหลือสังคม อนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ด้วยแรงกาย สติปัญญา ลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา หรือร่วมสร้างสรรค์สิ่งที่ดีงาม ให้เกิดในชุมชน โดยไม่หวังสิ่งตอบแทน

2.1.6 การจัดการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) ครูผู้สอนต้องวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด สมรรถนะสำคัญของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ ตามกลุ่มสาระการเรียนรู้ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ โดยมีหลักการเรียนรู้โดยเน้นนักเรียนเป็นสำคัญ การจัดการเรียนรู้ที่คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล การจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับการพัฒนาการทางสมอง การจัดการเรียนรู้ที่เน้นคุณธรรม จริยธรรม ซึ่งเขตพื้นที่การศึกษาและสถานศึกษาอาจเพิ่มขึ้นได้

ในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ ผู้สอนต้องจัดกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลาย เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี บรรลุตามเป้าหมายของหลักสูตร กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่จำเป็นสำหรับนักเรียน เช่น การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ กระบวนการสร้างความรู้ กระบวนการคิด กระบวนการทางสังคม กระบวนการจัดการ กระบวนการวิจัย กระบวนการเรียนรู้ของตนเอง และกระบวนการพัฒนาลักษณะนิสัย เป็นต้น ทั้งนี้ต้องให้ความสำคัญกับการใช้สื่อ การพัฒนาสื่อ การใช้แหล่งเรียนรู้ ภูมิปัญญาท้องถิ่น และการวัดผลอย่างหลากหลายเพื่อให้เกิดการพัฒนานักเรียนอย่างแท้จริง

ในการพัฒนานักเรียนให้มีคุณสมบัติตามเป้าหมายหลักสูตร ผู้สอนต้องคัดสรรกระบวนการเรียนรู้ การจัดนักเรียนโดยช่วยให้นักเรียนผ่านสาระที่กำหนดไว้ในหลักสูตร 8 กลุ่มสาระการเรียนรู้รวมทั้ง ปลูกฝังเสริมสร้างคุณลักษณะอันพึงประสงค์ พัฒนาทักษะต่าง ๆ อันเป็นสมรรถนะสำคัญให้นักเรียน บรรลุตามเป้าหมาย

2.1.6.1 หลักการจัดการเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนมีความสามารถ ตามมาตรฐานการเรียนรู้ สมรรถนะสำคัญ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ตามที่กำหนดไว้

ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน โดยยึดหลักว่า นักเรียนมีความสำคัญที่สุด เชื่อว่าทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ ยึดประโยชน์ที่เกิดกับนักเรียน กระบวนการจัดการเรียนรู้ต้องส่งเสริมให้นักเรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและศักยภาพของเด็ก คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลและการพัฒนาทางสมองเน้นให้ความสำคัญทั้งความรู้และจริยธรรม

2.1.6.2 กระบวนการเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ นักเรียนจะต้องอาศัยกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลาย เป็นเครื่องมือที่จะนำพาตนเองไปสู่เป้าหมายของหลักสูตร กระบวนการเรียนรู้ที่จำเป็นสำหรับนักเรียน อาทิ กระบวนการเรียนรู้แบบบูรณาการ กระบวนการสร้างความรู้กระบวนการคิด กระบวนการสร้างสังคม กระบวนการเผชิญสถานการณ์และแก้ปัญหา กระบวนการเรียนรู้จากประสบการณ์จริง กระบวนการปฏิบัติ ลงมือทำจริง กระบวนการจัดการ กระบวนการวิจัยกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง กระบวนการพัฒนาลักษณะนิสัย กระบวนการเหล่านี้เป็นแนวทางในการ จัดการเรียนรู้ที่นักเรียนควรได้รับการฝึกฝน พัฒนาเพราะจะสามารถช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี บรรลุเป้าหมายของหลักสูตร ดังนั้น ผู้สอนจึงจำเป็นต้องศึกษาทำความเข้าใจในกระบวนการต่าง ๆ เพื่อให้สามารถเลือกใช้ในการจัดกระบวนการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.1.6.3 การออกแบบการจัดการเรียนรู้ ผู้สอนต้องศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาให้เข้าใจถึงมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด สมรรถนะสำคัญของนักเรียน คุณลักษณะอันพึงประสงค์และสาระการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับนักเรียน แล้วจึงพิจารณาออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนและเทคนิคการสอน สื่อ/แหล่งเรียนรู้ การวัดและการประเมินผล เพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาเด็กตามศักยภาพและบรรลุเป้าหมายที่กำหนด

2.1.6.4 บทบาทของนักเรียนและผู้สอนการจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนมีคุณภาพตามเป้าหมายของหลักสูตร ทั้งผู้สอนและนักเรียนควรมีบทบาทดังนี้

1) บทบาทของผู้สอน

1.1) ศึกษาวิเคราะห์นักเรียนเป็นรายบุคคล แล้วนำข้อมูลมาใช้ในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ ที่ท้าทายความสามารถของนักเรียน

1.2) กำหนดเป้าหมายที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับนักเรียน ด้านความรู้และทักษะกระบวนการ ที่เป็นความคิดรวบยอด หลักการ และความสัมพันธ์ รวมทั้งคุณลักษณะอันพึงประสงค์

1.3) ออกแบบการเรียนรู้ที่ตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคลและพัฒนาการทางสมอง เพื่อนำนักเรียนไปสู่เป้าหมาย

1.4) จัดบรรยากาศที่เอื้อต่อการเรียนรู้ และดูแลช่วยเหลือนักเรียนให้เกิดการเรียนรู้

1.5) จัดเตรียมและเลือกใช้สื่อที่เหมาะสมกับกิจกรรม นำภูมิปัญญาท้องถิ่น เทคโนโลยีที่เหมาะสมมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอน

1.6) ประเมินความก้าวหน้าของนักเรียนด้วยวิธีการที่หลากหลาย เหมาะสมกับธรรมชาติของวิชาและระดับพัฒนาการของนักเรียน

1.7) วิเคราะห์ผลการประเมินมาใช้ในการซ่อมเสริมและพัฒนานักเรียน รวมทั้งปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนของตนเอง

2) บทบาทของนักเรียน

2.1) กำหนดเป้าหมาย วางแผน และรับผิดชอบการเรียนรู้ของตนเอง

2.2) เสาะแสวงหาความรู้ เข้าถึงแหล่งเรียนรู้ วิเคราะห์ สังเคราะห์ ข้อความรู้ ตั้งคำถามคิดหาคำตอบหรือแนวทางแก้ปัญหาด้วยวิธีต่าง ๆ

2.3) ลงมือปฏิบัติจริง สรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ด้วยตนเองและนำความรู้ ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ

2.4) มีปฏิสัมพันธ์ ทำงาน ทำกิจกรรมร่วมกับกลุ่มและครู

2.5) ประเมินและพัฒนากระบวนการเรียนรู้ของตนเองอย่างต่อเนื่อง

2.1.7 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

2.1.7.1 สาระวิทยาศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้นักเรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น โดยกำหนดสาระสำคัญ ประการ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ดังนี้

1) วิทยาศาสตร์ชีวภาพ เรียนรู้เกี่ยวกับชีวิตในสิ่งแวดล้อม องค์ประกอบของสิ่งมีชีวิตการดำรงชีวิตของมนุษย์และสัตว์การดำรงชีวิตของพืช พันธุกรรม ความหลากหลายทางชีวภาพ และวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

2) วิทยาศาสตร์กายภาพ เรียนรู้เกี่ยวกับ ธรรมชาติของสาร การเปลี่ยนแปลงของสารการเคลื่อนที่ พลังงาน และคลื่น

3) วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ เรียนรู้เกี่ยวกับองค์ประกอบของเอกภพ ปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ เทคโนโลยีอวกาศ ระบบโลก การเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศ และผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

4) เทคโนโลยี การออกแบบและเทคโนโลยีเรียนรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยี เพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์

คณิตศาสตร์และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

5) วิทยาการคำนวณ เรียนรู้เกี่ยวกับการคิดเชิงคำนวณ การคิดวิเคราะห์แก้ปัญหาเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.1.7.2 เป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด เพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้ จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้ การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายสำคัญ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ดังนี้

1) เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎี และกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์

2) เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติ และข้อจำกัดในการศึกษาวิทยาศาสตร์

3) เพื่อให้มีทักษะสำคัญในการศึกษาค้นคว้า และคิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

4) เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหาและการจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ

5) เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน

6) เพื่อนำความรู้ความเข้าใจในเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต

7) เพื่อให้เป็นคนมีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

2.1.8 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้นักเรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำ กิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น โดยกำหนดสาระสำคัญ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ดังนี้

2.1.8.1 สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจความหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งไม่มีชีวิตกับสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ การถ่ายทอดพลังงาน การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ความหมายของประชากร ปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.3 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2.1.8.2 สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2.1.8.3 สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก และบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศโลก รวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

2.1.8.4 สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้การทำงานและการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

2.1.8.5 สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม นักเรียนจะได้เรียนรู้สาระสำคัญ ดังนี้

1) สาระชีววิทยา

1.1) เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิกิริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์

1.2) เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม สมบัติ และหน้าที่ของสารพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐานข้อมูลและแนวคิดเกี่ยวกับ วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ภาวะสมดุลของฮาร์ดี - ไวน์เบิร์ก การเกิดสปีชี่ส์ใหม่ ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และอนุกรมวิธาน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

1.3) เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำของพืช การลำเลียงของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

1.4) เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์และมนุษย์ รวมทั้งการหายใจ การแลกเปลี่ยนแก๊สการลำเลียงสาร การหมุนเวียนเลือด ภูมิคุ้มกันของร่างกาย การขับถ่าย การรับรู้ การตอบสนองต่อการเคลื่อนที่ การสืบพันธุ์ การเจริญเติบโต ฮอร์โมนกับการรักษาดุลยภาพ และพฤติกรรมของสัตว์รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

1.5) เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับระบบนิเวศ กระบวนการถ่ายทอดพลังงาน การหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ ความหลากหลายของไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศประชากร รูปแบบการเพิ่มของประชากร ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปัญหาและผลกระทบที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ และแนวทางการแก้ไขปัญหา

2) สาระเคมี

2.1) เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุ พันธะเคมีและสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2.2) เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2.3) เข้าใจหลักการทำปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วย การคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้

3) สาระฟิสิกส์

3.1) เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทาน สมดุลกลของวัตถุ งานและกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3.2) เข้าใจการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกส์อย่างง่าย ธรรมชาติของคลื่นเสียงและการได้ยิน ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสงและการเห็น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3.3) เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า และกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3.4) เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสสาร สภาพยืดหยุ่นของวัสดุ มอดุลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพยุงหลักของอาร์คิมีดีส ความตึงผิวและแรงหนืดของของเหลว ของไหลอุดมคติ สมการแบร์นูลลี กฎของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอุดมคติและพลังงานในระบบ ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค กัมมันตภาพรังสี แรงนิวเคลียร์ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4) สาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

4.1) เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก ธรณีพิบัติภัยและผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม การศึกษาลำดับชั้นหิน ทรัพยากรธรณี แผนที่ และการนำไปใช้ประโยชน์

4.2) เข้าใจสมดุลพลังงานของโลก การหมุนเวียนของอากาศบนโลก การหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร การเกิดเมฆ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกและผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการพยากรณ์อากาศ

4.3) เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซีดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ ความสัมพันธ์ของดาราศาสตร์กับมนุษย์จากการศึกษาตำแหน่งดาวบนทรงกลม ฟ้าและปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ รวมทั้งการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

2.1.9 คุณภาพของนักเรียนวิทยาศาสตร์ เมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

นักเรียนที่เรียนครบทุกผลการเรียนรู้ มีคุณภาพ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ดังนี้

2.1.9.1 เข้าใจวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นหาคำตอบเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิต สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต และปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์ การใช้กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์

2.1.9.2 เข้าใจหลักการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต การถ่ายทอดยีนบนออโตโซมและโครโมโซมเพศ โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ การจำลองดีเอ็นเอ กระบวนการ สังเคราะห์โปรตีน การเกิดมิวเทชันในสิ่งมีชีวิต หลักการและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอหลักฐานและข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต แนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตเงื่อนไขของภาวะสมดุลของฮาร์ดี - ไวน์เบิร์ก กระบวนการเกิดสปีชีส์ใหม่ของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ลักษณะสำคัญของสิ่งมีชีวิต กลุ่มแบคทีเรีย โพรทิสต์ พืช ฟังใจ และสัตว์ การจำแนกสิ่งมีชีวิตออกเป็นหมวดหมู่และวิธีการเขียนชื่อวิทยาศาสตร์

2.1.9.3 เข้าใจโครงสร้างและส่วนประกอบของพืชทั้งราก ลำต้น และใบ การแลกเปลี่ยนแก๊ส การคายน้ำ การลำเลียงน้ำและธาตุอาหาร การลำเลียงอาหาร การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช กระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์และการปฏิสนธิของพืชดอก การเกิดผลและเมล็ด บทบาทของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชและการประยุกต์ใช้ และการตอบสนองของพืช

2.1.9.4 เข้าใจกลไกการรักษาดุลยภาพของสิ่งมีชีวิต โครงสร้าง หน้าที่ และกระบวนการต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ ได้แก่ การย่อยอาหาร การแลกเปลี่ยนแก๊ส การเคลื่อนที่ การกำจัดของเสียออกจากร่างกายของสิ่งมีชีวิต ระบบหมุนเวียนเลือด ระบบภูมิคุ้มกันในร่างกายของมนุษย์ การทำงานของระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก ระบบสืบพันธุ์ การปฏิสนธิ การเจริญเติบโต ฮอร์โมน และพฤติกรรมของสัตว์

2.1.9.5 เข้าใจกระบวนการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ ความหลากหลายของไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบต่าง ๆ ในระบบนิเวศ การเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรมนุษย์ในระดับท้องถิ่น ระดับประเทศ และระดับโลก แนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

2.1.9.6 เข้าใจการศึกษาโครงสร้างอะตอมของนักวิทยาศาสตร์ การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม สมบัติบางประการของธาตุและการจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ พันธะเคมี สมบัติของสารที่มีความสัมพันธ์กับพันธะเคมี กฎต่าง ๆ ของแก๊ส และสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์ และประเภทและสมบัติของพอลิเมอร์

2.1.9.7 เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี การคำนวณปริมาณสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่อสมดุลเคมี ทฤษฎีกรด - เบส สมบัติและปฏิกิริยาของกรด - เบสสารละลาย บัฟเฟอร์ ปฏิกิริยารีดอกซ์ และเซลล์เคมีไฟฟ้า

2.1.9.8 เข้าใจข้อปฏิบัติเบื้องต้นเกี่ยวกับความปลอดภัยในการทำปฏิบัติการเคมีการเลือกใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือในการทำปฏิบัติการ หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วยวัดด้วยการใช้แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย การคำนวณเกี่ยวกับมวลอะตอม มวลโมเลกุล และมวลสูตร ความสัมพันธ์ของโมล จำนวนอนุภาคมวล และปริมาตรของแก๊สที่ STP การคำนวณสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุลของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย การเตรียมสารละลาย และการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ใน ชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

2.1.9.9 เข้าใจธรรมชาติของฟิสิกส์ กระบวนการวัด ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่ในแนวตรง แรงลัพธ์ กฎการเคลื่อนที่ แรงเสียดทาน กฎความโน้มถ่วงสากลสนามโน้มถ่วง งาน กฎการอนุรักษ์พลังงานกล สมดุลกลของวัตถุ เครื่องกลอย่างง่าย โมเมนตัม และการดล กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การชน และการเคลื่อนที่ในแนวโค้ง

2.1.9.10 เข้าใจการเคลื่อนที่แบบคลื่น ปรากฏการณ์คลื่น การสะท้อน การหักเห การเลี้ยวเบนและการแทรกสอด หลักการของฮอยเกนส์ การเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียงความเข้มเสียงและระดับเสียง การได้ยิน ภาพที่เกิดจากกระจกเงาและเลนส์ ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสงและการมองเห็นแสงสี

2.1.9.11 เข้าใจสนามไฟฟ้า แรงไฟฟ้า กฎของคูลอมบ์ ศักย์ไฟฟ้า ตัวเก็บประจุ ตัวต้านทานและกฎของโอห์ม พลังงานไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า เทคโนโลยีด้านพลังงานสนามแม่เหล็ก ความสัมพันธ์ระหว่างสนามแม่เหล็กกับกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และประโยชน์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

2.1.9.12 เข้าใจผลของความร้อนต่อสสาร สภาพยืดหยุ่น ความดันในของไหล แรงพยุงของไหลอุดมคติ ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส แนวคิดควอนตัมของพลังงาน ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค การสลายของนิวเคลียสกัมมันตรังสี กัมมันตภาพ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ความสัมพันธ์ระหว่างมวลและพลังงานแรงภายในนิวเคลียส และการค้นคว้าวิจัยด้านฟิสิกส์อนุภาค

2.1.9.13 เข้าใจการแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลก สาเหตุ และรูปแบบการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์กับการเกิดลักษณะธรณีสัณฐานและธรณีโครงสร้างแบบต่าง ๆ หลักฐานทางธรณีวิทยา ที่พบในปัจจุบันและการลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาในอดีต สาเหตุ กระบวนการเกิดแผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด สึนามิ ผลกระทบ แนวทางการเฝ้าระวังและการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย สมบัติและการจำแนกชนิดของแร่ กระบวนการเกิดและการจำแนกชนิดหิน กระบวนการเกิดและการสำรวจแหล่งปิโตรเลียมและถ่านหิน การแปลความหมายจากแผนที่ภูมิประเทศและแผนที่ธรณีวิทยา และการนำข้อมูลทางธรณีวิทยาไปใช้ประโยชน์

2.1.9.14 เข้าใจปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการรับและปลดปล่อยพลังงานจากดวงอาทิตย์ กระบวนการที่ทำให้เกิดสมดุลพลังงานของโลก ผลของแรงเนื่องจากความแตกต่างของความกดอากาศ แรงคอริออลิส แรงสู่ศูนย์กลางและแรงเสียดทานที่มีต่อการหมุนเวียนของอากาศ การหมุนเวียนของอากาศตามเขตละติจูด และผลที่มีต่อภูมิอากาศปัจจัยที่ทำให้เกิดการแบ่งชั้นน้ำและการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร รูปแบบการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร และผลของการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทรที่มีต่อลักษณะลมฟ้าอากาศ สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ความสัมพันธ์ระหว่างเสถียรภาพอากาศและการเกิดเมฆ การเกิดแนวปะทะอากาศแบบต่าง ๆ และลักษณะลมฟ้าอากาศที่เกี่ยวข้องปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก รวมทั้งการแปลความหมายสัญลักษณ์ ลมฟ้าอากาศ และการพยากรณ์ลักษณะลมฟ้าอากาศเบื้องต้น จากแผนที่อากาศและข้อมูลสารสนเทศ

2.1.9.15 เข้าใจการกำเนิดและการเปลี่ยนแปลงพลังงาน สสาร ขนาดอุณหภูมิของเอกภพ หลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง ประเภทของกาแล็กซี โครงสร้างและองค์ประกอบของกาแล็กซีทางช้างเผือก กระบวนการเกิดดาวฤกษ์ และการสร้างพลังงานของดาวฤกษ์ ปัจจัยที่ส่งผลต่อความส่องสว่างของดาวฤกษ์ และความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างกับโชติมาตรของดาวฤกษ์ ความสัมพันธ์ระหว่างสีอุณหภูมิผิว และสเปกตรัมของดาวฤกษ์ วิธีการหาระยะทางของดาวฤกษ์ด้วยหลักการแพรัลแลกซ์ วิวัฒนาการและการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดาวฤกษ์ กระบวนการเกิดระบบสุริยะ การแบ่งเขตบริวารของดวงอาทิตย์ ลักษณะของดาวเคราะห์ที่เอื้อต่อการดำรงชีวิต การโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ด้วยกฎเคเลอร์ และกฎความโน้มถ่วงของนิวตัน โครงสร้างของดวงอาทิตย์ การเกิดลมสุริยะ พายุสุริยะและผลที่มีต่อโลก การระบุพิกัดของดาวในระบบขอบฟ้าและระบบศูนย์สูตร เส้นทางการขึ้น

การตกของดวงอาทิตย์และดาวฤกษ์ เวลาสุริยะคติ และการเปรียบเทียบเวลาของแต่ละเขตเวลาบนโลก การสำรวจอวกาศ และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

2.1.9.16 ระบุปัญหา ตั้งคำถามที่จะสำรวจตรวจสอบ โดยมีการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ สืบค้นข้อมูลจากหลายแหล่ง ตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้หลายแนวทางตัดสินใจเลือกตรวจสอบสมมติฐานที่เป็นไปได้

2.1.9.17 ตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ที่แสดงให้เห็นถึงการใช้ความคิดระดับสูงที่สามารถสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้ สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับหรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบออกแบบวิธีการสำรวจตรวจสอบตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ได้อย่างเหมาะสม มีหลักฐานเชิงประจักษ์ เลือกวัสดุ อุปกรณ์ รวมทั้งวิธีการในการสำรวจตรวจสอบอย่างถูกต้อง ทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ และบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบ

2.1.9.18 วิเคราะห์ แปลความหมายข้อมูล และประเมินความสอดคล้องของข้อสรุปเพื่อตรวจสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงวิธีการสำรวจตรวจสอบ จัดกระทำข้อมูลและนำเสนอข้อมูลด้วยเทคนิควิธีที่เหมาะสม สื่อสารแนวคิด ความรู้ จากผลการสำรวจตรวจสอบโดยการพูดเขียน จัดแสดงหรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจ โดยมีหลักฐานอ้างอิงหรือมีทฤษฎีรองรับ

2.1.9.19 แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบ และซื่อสัตย์ ในการสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้เครื่องมือ และวิธีการที่ให้ได้ผลถูกต้อง เชื่อถือได้ มีเหตุผลและยอมรับได้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้

2.1.9.20 แสดงถึงความพอใจ และเห็นคุณค่าในการค้นพบความรู้ พบคำตอบหรือแก้ปัญหาได้ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ แสดงความคิดเห็นโดยมีข้อมูลอ้างอิงและเหตุผลประกอบเกี่ยวกับผลของการพัฒนาและการใช้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรมต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

2.1.9.21 เข้าใจความสัมพันธ์ของความรู้วิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อการพัฒนาเทคโนโลยีประเภทต่าง ๆ และการพัฒนาเทคโนโลยีที่ส่งผลให้มีการคิดค้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ก้าวหน้า ผลของเทคโนโลยีต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

2.1.9.22 ตระหนักถึงความสำคัญและเห็นคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการดำรงชีวิตและการประกอบอาชีพ แสดงความชื่นชม ภูมิใจ ยกย่อง อ้างอิงผลงาน ชิ้นงานที่เป็นผลมาจากภูมิปัญญาท้องถิ่นและการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัย ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงงานหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ

2.1.9.23 แสดงความซาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้และรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า เสนอตัวเองร่วมมือปฏิบัติกับชุมชนในการป้องกันดูแลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของท้องถิ่น

2.1.10 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางวิชาชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม กำหนดตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางวิชาชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในสาระชีววิทยา 3 เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำของพืช การลำเลียงของพืชการสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอก และการเจริญเติบโต และการตอบสนองของพืช รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ดังนี้

ตารางที่ 2.1 โครงสร้างรายวิชาชีววิทยาเพิ่มติม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.5/1 อธิบายเกี่ยวกับชนิดและลักษณะของเนื้อเยื่อพืชและเขียนแผงผังเพื่อสรุปชนิดของเนื้อเยื่อพืช	- เนื้อเยื่อพืชแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ เนื้อเยื่อเจริญและเนื้อเยื่อถาวร - เนื้อเยื่อเจริญแบ่งเป็นเนื้อเยื่อเจริญส่วนปลาย เนื้อเยื่อเจริญเหนือข้อ และเนื้อเยื่อเจริญด้านข้าง - เนื้อเยื่อถาวรเปลี่ยนแปลงมาจากเนื้อเยื่อเจริญ เนื้อเยื่อถาวร อาจแบ่งได้เป็น 3 ระบบ คือ ระบบเนื้อเยื่อผิว ระบบเนื้อเยื่อพื้น และระบบเนื้อเยื่อ ท่อลำเลียง ซึ่งทำหน้าที่ต่างกัน
ม.5/2 สังเกต อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างภายในของรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและรากพืชใบเลี้ยงคู่จากการตัดตามขวาง	- ราก คือ ส่วนแกนของพืชที่โดยทั่วไปเจริญ. อยู่ใต้ระดับผิวดิน ทำหน้าที่ยึดหรือค้ำจุนให้พืชเจริญเติบโตอยู่กับที่ได้ และยังมีหน้าที่สำคัญในการดูดน้ำและธาตุอาหารในดินเพื่อส่งไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืช - โครงสร้างภายในของปลายรากที่ตัดตามยาว ประกอบด้วย เนื้อเยื่อเจริญ แบ่งเป็นบริเวณต่าง ๆ คือ บริเวณหมวกราก บริเวณเซลล์กำลังแบ่งตัวบริเวณเซลล์ขยายตัวตามยาว

(ต่อ)

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	และบริเวณที่เซลล์. มีการเปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่เฉพาะและเจริญเติบโตเต็มที่ - โครงสร้างภายในของรากระยะการเติบโตปฐมภูมิ เมื่อตัดตามขวางจะเห็นโครงสร้างแบ่งเป็น 3 ชั้น เรียงจากด้านนอกเข้าไป คือ ชั้นเอพิเดอร์มิสชั้นคอร์เทกซ์ และชั้นสตีล ในชั้นสตีลจะพบมัดท่อลำเลียงที่มีลักษณะแตกต่างกันในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ - โครงสร้างภายในของรากระยะการเติบโตแบบทุติยภูมิ ชั้นเอพิเดอร์มิสจะถูกแทนที่ด้วยชั้นเพริเดิร์ม ซึ่งมีคอร์กเป็นเนื้อเยื่อสำคัญ ชั้นคอร์เทกซ์อาจมีการเปลี่ยนแปลงเกิดเซลล์ที่ทำให้มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น หรือเกิดเซลล์ที่สะสมอาหารเพิ่มขึ้น ส่วนลักษณะมัดท่อลำเลียงจะเปลี่ยนไป เนื่องจาก มีการสร้างเนื้อเยื่อลำเลียงเพิ่มขึ้น
ม.5/3 สังเกต อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างภายในของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่จากการตัดตามขวาง	- ลำต้น คือ ส่วนแกนของพืชที่โดยทั่วไปเจริญอยู่เหนือระดับผิวดินถัดขึ้นมาจากราก ทำหน้าที่สร้างใบและชูใบ ลำเลียงน้ำ ธาตุอาหาร และอาหารที่พืชสร้างขึ้นส่งไปยังส่วนต่าง ๆ - โครงสร้างภายในของลำต้นระยะการเติบโตปฐมภูมิเมื่อตัดตามขวางจะเห็นโครงสร้างแบ่งเป็น 3 ชั้นเรียงจากด้านนอกเข้าไป คือ ชั้นเอพิเดอร์มิสชั้นคอร์เทกซ์และชั้นสตีลซึ่งชั้นสตีลจะพบมัดท่อลำเลียงที่มีลักษณะแตกต่างกันในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่

(ต่อ)

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	- ลำต้นในระยะการเติบโตทุติยภูมิจะมีเส้นรอบวงเพิ่มขึ้น และมีโครงสร้างแตกต่างจากเดิม เนื่องจากมีการสร้างเนื้อเยื่อเพริเดิร์มและเนื้อเยื่อท่อลำเลียงทุติยภูมิเพิ่มขึ้น
ม.5/4 สังเกต และอธิบายโครงสร้างภายในของใบพืชจากการตัดตามขวาง	- ใบมีหน้าที่สังเคราะห์ด้วยแสง แลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำ ใบของพืชดอกประกอบด้วย ก้านใบ แผ่นใบ เส้นกลางใบ และเส้นใบ พืชบางชนิดอาจไม่มีก้านใบ ที่โคนก้านใบ อาจพบหรือไม่พบหูใบ - โครงสร้างภายในของใบตัดตามขวางประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 กลุ่ม ได้แก่ เอพิเดอร์มิส มีโซฟิลล์ และเนื้อเยื่อท่อลำเลียง
ม.5/5 สืบค้นข้อมูล สังเกต และอธิบายการแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำของพืช	- พืชมีการแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำผ่านทางปากใบเป็นส่วนใหญ่ ปากใบพบได้ที่ใบและลำต้นอ่อน เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศภายนอกต่ำกว่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในใบพืช ทำให้น้ำภายในใบพืชระเหยเป็นไอออกมาทางรูปากใบ เรียกว่า การคายน้ำ - พืชมีการแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำผ่านทางปากใบเป็นส่วนใหญ่ ปากใบพบได้ที่ใบและลำต้นอ่อน เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศภายนอกต่ำกว่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในใบพืช ทำให้น้ำภายในใบพืชระเหยเป็นไอออกมาทางรูปากใบ เรียกว่า การคายน้ำ

(ต่อ)

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.5/6 สืบค้นข้อมูล และอธิบายกลไกการลำเลียงน้ำและธาตุอาหารของพืช	- พืชดูดน้ำและธาตุอาหารต่าง ๆ จากดินโดยเซลล์ขนรากแล้วลำเลียงผ่านชั้นคอร์เทกซ์เข้าสู่เนื้อเยื่อลำเลียงน้ำในชั้นสตีล ซึ่งเป็นการดูดน้ำจากดินสู่เนื้อเยื่อลำเลียงน้ำในแนวระนาบและลำเลียงไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืชในแนวดิ่ง
ม.5/7 สืบค้นข้อมูล อธิบายความสำคัญของธาตุอาหารและยกตัวอย่างธาตุอาหารที่สำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช	- ในสภาวะปกติการลำเลียงน้ำจากรากสู่ยอดของพืชอาศัยแรงดึงจากการคายน้ำ ร่วมกับแรงโคฮีชันแรงแอดฮีชัน - ในภาวะที่บรรยากาศมีความชื้นสัมพัทธ์สูงมากจนไม่สามารถเกิดการคายน้ำได้ตามปกติ น้ำที่เข้าไปในเซลล์รากจะทำให้เกิดแรงดันเรียกว่าแรงดันราก ทำให้เกิดปรากฏการณ์กัตเตชัน - พืชแต่ละชนิดต้องการปริมาณและชนิดของธาตุอาหารแตกต่างกัน สามารถนำความรู้เกี่ยวกับสมบัติของธาตุอาหารชนิดต่างๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชในสารละลายธาตุอาหารเพื่อให้พืชเจริญเติบโตได้ตามที่ต้องการ
ม.5/8 อธิบายกลไกการลำเลียงอาหารในพืช	- อาหารที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงจากแหล่งสร้าง จะถูกเปลี่ยนแปลงเป็นซูโครสและลำเลียงผ่านทางท่อโฟลเอ็ม โดยอาศัยกลไกการลำเลียงอาหารในพืชซึ่งเกี่ยวข้องกับแรงดันน้ำไปยังแหล่งรับ
ม.5/9 สืบค้นข้อมูล และสรุปการศึกษาที่ได้จากการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ในอดีตเกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง	- การศึกษาค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์ในอดีตทำให้ได้ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงมาเป็นลำดับขั้นจนได้ข้อสรุปว่าคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำเป็นวัตถุดิบที่พืชใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และผลผลิตที่ได้คือ น้ำตาล ออกซิเจน

(ต่อ)

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.5/10 อธิบายขั้นตอนที่เกิดขึ้นในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช C_3	- กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงมี 2 ขั้นตอน คือปฏิกิริยาแสงและการตรึง คาร์บอนไดออกไซด์ - ปฏิกิริยาแสงเป็นปฏิกิริยาที่เปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานเคมีโดยแสงออกซิไดส์โมเลกุลสารสีที่ไทลาคอยด์ของคลอโรพลาสต์ ทำให้เกิดการถ่ายทอดอิเล็กตรอน ได้ผลิตภัณฑ์เป็น ATP และ$NADPH^+$ H^+ ในสโตรมาของคลอโรพลาสต์ - การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์เกิดในสโตรมา โดยใช้ RuBP และเอนไซม์รูบิสโก ได้สารที่ประกอบด้วย คาร์บอน 3 อะตอม คือ PGA โดยใช้ ATP และ NADPH ที่ได้จากปฏิกิริยาแสง ไปรีดิวซ์ สารประกอบคาร์บอน 3 อะตอม ได้เป็นน้ำตาลที่มีคาร์บอน 3 อะตอม คือ PGAL ซึ่งส่วนหนึ่งจะถูกนำไปสร้าง RuBP กลับคืนเป็นวัฏจักรโดยพืช C_3 จะมีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยวัฏจักรคัลวิน เพียงอย่างเดียว
ม.5/ 11 เปรียบเทียบกลไกการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช C_3 พืช C_4 และ พืช CAM	- พืช C_4 ตรึงคาร์บอนอินทรีย์ 2 ครั้ง ครั้งแรกเกิดขึ้นที่เซลล์มีโซฟิลล์โดย PEP และเอนไซม์เพบคาร์บอกซิเลส ได้สารประกอบที่มีคาร์บอน 4 อะตอม คือ OAA ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีได้สารประกอบที่มีคาร์บอน 4 อะตอม คือ กรดมาลิก ซึ่งจะถูกลำเลียงไปจนถึงเซลล์บันเดิลชีทและปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในคลอโรพลาสต์ เพื่อใช้ในวัฏจักรคัลวินต่อไป - พืช CAM มีกลไกในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์คล้ายพืช C_4 แต่มีการตรึงคาร์บอนอินทรีย์

(ต่อ)

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	ทั้ง 2 ครั้งในเซลล์เดียวกันโดยเซลล์มีการตรึงคาร์บอนอินทรีย์ครั้งแรกในเวลากลางคืนและปล่อยออกมาในเวลากลางวันเพื่อใช้ในวัฏจักรคัลวิน ต่อไป
ม.5/12 สืบค้นข้อมูล อภิปราย และสรุปปัจจัยความเข้มของแสง ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ และอุณหภูมิที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช	- ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง เช่น ความเข้มของแสง ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์อุณหภูมิปริมาณน้ำในดิน ธาตุอาหาร อายุใบ
ม.5/13 อธิบายวัฏจักรชีวิตแบบสลับของพืชดอก	- พืชดอกมีวัฏจักรชีวิตแบบสลับ ประกอบด้วยระยะที่สร้างสปอร์เรียก ระยะสปอโรไฟต์ (2n) และระยะที่สร้างเซลล์สืบพันธุ์เรียก ระยะแกมีโทไฟต์ (n) - ส่วนประกอบของดอกที่เกี่ยวข้องกับการสืบพันธุ์โดยตรงคือชั้นเกสรเพศผู้และชั้นเกสรเพศเมีย ซึ่งจำนวนรังไข่เกี่ยวข้องกับการเจริญเป็นผลชนิดต่าง ๆ
ม.5/14 อธิบาย และเปรียบเทียบกระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมียของพืชดอก และอธิบายการปฏิสนธิของพืชดอก	- พืชดอกสร้างไมโครสปอร์และเมกะสปอร์ซึ่งอาจสร้างในดอกเดียวกันหรือต่างดอกหรือต่างต้นกัน - การสร้างไมโครสปอร์ของพืชดอกเกิดขึ้นโดยไมโครสปอร์มาเทอร์เซลล์แบ่งเซลล์แบบไมโอซิสได้ไมโครสปอร์ โดยไมโครสปอร์นี้แบ่งเซลล์แบบไมโทซิสได้ 2 เซลล์คือ ทิวบ์เซลล์และเจเนอเรทิฟเซลล์เมื่อมีการถ่ายเรณูไปตกบนยอดเกสรเพศเมีย ทิวบ์เซลล์จะงอกหลอดเรณูและเจเนอเรทิฟเซลล์แบ่งไมโทซิสได้เซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ 2 เซลล์

(ต่อ)

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	- การสร้างเมกะสปอร์เกิดขึ้นภายในออวุลในรังไข่ โดยเซลล์ที่เรียกว่า เมกะสปอร์มาเทอร์เซลล์แบ่งไมโอซิสได้เมกะสปอร์ซึ่งในพืชส่วนใหญ่จะเจริญพัฒนาต่อไปได้เพียง 1 เซลล์ที่เหลืออีก 3 เซลล์จะฝ่อ เมกะสปอร์จะแบ่งไมโทซิส 3 ครั้ง ได้ 8 นิวเคลียส ที่ประกอบด้วย 7 เซลล์โดยมี 1 เซลล์ที่ทำหน้าที่เป็นเซลล์สืบพันธุ์เรียก เซลล์ไข่ ส่วนอีก 1 เซลล์มี 2 นิวเคลียส เรียกโพลาร์นิวคลีไอ - การปฏิสนธิของพืชดอกเป็นการปฏิสนธิคู่ โดยคู่หนึ่งเป็นการรวมกันของสเปิร์มเซลล์หนึ่งกับเซลล์ไข่ได้เป็นไซโกต ซึ่งจะเจริญและพัฒนาไปเป็นเอ็มบริโอ และอีกคู่หนึ่งเป็นการรวมกันของสเปิร์มอีกเซลล์หนึ่งกับโพลาร์นิวคลีไอได้เป็นเอนโดสเปิร์มนิวเคลียส ซึ่งจะเจริญและพัฒนาต่อไปเป็นเอนโดสเปิร์ม
ม.5/15 อธิบายการเกิดเมล็ดและการเกิดผลของพืชดอกโครงสร้างของเมล็ดและผลและยกตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากโครงสร้างต่าง ๆ ของเมล็ด และผล	- ภายหลังการปฏิสนธิออวุลจะมีการเจริญและพัฒนาไปเป็นเมล็ด และรังไข่จะมีการเจริญและพัฒนาไปเป็นผล - โครงสร้างของเมล็ดประกอบด้วย เปลือกเมล็ด เอ็มบริโอ และเอนโดสเปิร์ม โครงสร้างของผลประกอบด้วย ผนังผล และเมล็ด ซึ่งแต่ละส่วนของโครงสร้างจะมีประโยชน์ต่อพืชเองและต่อสิ่งมีชีวิตอื่น
ม.5/16 ทดลอง และอธิบายเกี่ยวกับปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด สภาพพักตัวของเมล็ดและบอกแนวทางในการแก้สภาพพักตัวของเมล็ด	- เมล็ดที่เจริญเต็มที่จะมีการงอกโดยมีปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด เช่น น้ำหรือความชื้นออกซิเจน อุณหภูมิและแสง เมล็ดบางชนิดสามารถงอกได้ทันทีแต่เมล็ดบางชนิดไม่สามารถงอกได้ทันทีเพราะอยู่ในสภาพพักตัว

(ต่อ)

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	- เมล็ดบางชนิดมีสภาพพักตัวเนื่องจากมีปัจจัยบางประการที่มีผลยับยั้งการงอกของเมล็ดซึ่งสภาพพักตัวของเมล็ดสามารถแก้ไขได้หลายวิธีตามปัจจัยที่ยับยั้ง
ม.5/17 สืบค้นข้อมูล อธิบายบทบาทและหน้าที่ของออกซิน ไซโทไคนิน จิบเบอเรลลิน เอทิลีน และกรดแอบไซซิก และอภิปรายเกี่ยวกับการนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร	- พืชสร้างสารควบคุมการเจริญเติบโตหลายชนิดที่ส่วนต่าง ๆ ซึ่งสารนี้เป็นสิ่งเร้าภายในที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชเช่น ออกซิน ไซโทไคนิน จิบเบอเรลลิน เอทิลีน และกรดแอบไซซิก
ม.5/18 สืบค้นข้อมูล ทดลอง และอภิปรายเกี่ยวกับสิ่งเร้าภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช	- แสงสว่าง แรงโน้มถ่วงของโลก สารเคมีและน้ำเป็นสิ่งเร้าภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช - ความรู้เกี่ยวกับการตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายในและสิ่งเร้าภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช สามารถนำมาประยุกต์ใช้ควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เพิ่มผลผลิต และยืดอายุผลผลิตได้

2.1.11 โครงสร้างรายวิชาและที่คำอธิบายรายวิชารายวิชาเพิ่มเติม ว32243 ชีววิทยา 3 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

รายวิชาเพิ่มเติม ว32243 ชีววิทยา 3 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้กำหนดโครงสร้างรายวิชาชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืชในภาคเรียนที่ 1 ดังตารางที่ 2.2

2.1.11.1. โครงสร้างรายวิชาเพิ่มเติม ว32243 ชีววิทยา 3 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ตารางที่ 2.2 โครงสร้างรายวิชาชีววิทยาเพิ่มติม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 เรื่องการควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช

ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้/ แผนจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนัก คะแนน
5.	การควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช			12	8
1	แผนที่ 22 ฮอร์โมนพืช	สืบค้นข้อมูล อธิบายบทบาทและหน้าที่ของออกซิน ไซโทไคนิน จิบเบอเรลลิน เอทิลีน และกรดแอบไซซิกและอภิปรายเกี่ยวกับการนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร	ฮอร์โมนพืชกลุ่มต่าง ๆ คือ ออกซิน ไซโทโคนิน จิบเบอเรลลิน เอทิลีน และกรดแอบไซซิก พืชจะสร้างฮอร์โมนเหล่านี้ในปริมาณน้อย และทำงานในระดับความเข้มข้นต่ำ โดยฮอร์โมนต่าง ๆ มีการทำงานร่วมกันในสัดส่วนที่เหมาะสมในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตซึ่งสามารถกระตุ้น ยับยั้งหรือทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพทางสรีรวิทยาของพืชให้เป็นไปตามธรรมชาติได้	3	2

(ต่อ)

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้/ แผนจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนักคะแนน
			นอกจากฮอร์โมนพืชที่พืชสร้างขึ้นตามธรรมชาติแล้ว มนุษย์สามารถสังเคราะห์สารสังเคราะห์ที่มีสมบัติคล้ายฮอร์โมนพืช เพื่อประโยชน์ในทางการเกษตรอีกด้วย	3	2
2	แผนที่ 23 ปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด	ทดลอง และอธิบายเกี่ยวกับปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด สภาพพักตัวของเมล็ดและบอกแนวทางในการแก้สภาพพักตัวของเมล็ด	ในวัฏจักรชีวิตของพืช ตั้งแต่เมล็ดมีการงอกเป็นต้นพืชจนกระทั่งออกดอกติดผลพบว่า พืชมีการเจริญเติบโตและมีการเปลี่ยนแปลงสภาพทางสรีรวิทยา ส่วนใหญ่เป็นผลมาจากการตอบสนองของพืชต่อปัจจัยภายนอก เช่น น้ำ หรือความชื้น แก๊สออกซิเจน อุณหภูมิ และแสง ซึ่งจะส่งผลต่อไปยังปัจจัยภายใน เช่น ฮอร์โมนพืชกลุ่มต่าง ๆ แต่เป็นผลมาจากธรรมชาติของพืชที่ควบคุมโดยพันธุกรรม	3	2
3	แผนที่ 24 การตอบสนองของพืชในลักษณะการเคลื่อนไหว	สืบค้นข้อมูล ทดลอง และอภิปรายเกี่ยวกับสิ่งเร้าภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช	พืชมีการตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมภายนอกในรูปแบบของการเคลื่อนไหว เช่น แสง แรงโน้ม ถ่วงของโลก สารเคมี การสัมผัส โดยการตอบสนองของพืชต่อสิ่งเร้า		

(ต่อ)

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้/ แผนจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนักคะแนน
			อาจเกิดในรูปแบบทรอพิซึมหรือแนสติกมูฟเมนต์ นอกจากนี้พืชยังมีการตอบสนองแบบนูเทชันที่ไม่ได้ถูกกระตุ้นจากสิ่งเร้าภายนอกแต่เป็นผลมาจากธรรมชาติของพืชที่ควบคุมโดยพันธุกรรม		
	แผนที่ 25 การตอบสนองของพืชต่อสภาวะเครียด	สืบค้นข้อมูล ทดลอง และอภิปรายเกี่ยวกับสิ่งเร้าภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช	พืชมีการตอบสนองต่อภาวะเครียด เนื่องจากได้นับปัจจัยภายนอกมากหรือน้อยเกินไป เช่น ภาวะเครียดจากน้ำท่วม ความแห้งแล้ง ความร้อน อุณหภูมิต่ำ ความเค็ม การถูกสัตว์กัดกิน หรือการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ พืชจะมีวิธีการตอบสนองต่อภาวะเครียดต่าง ๆ เพื่อให้สามารถมีชีวิตรอดต่อไปได้	3	2

2.1.11.2 คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม ว32243 ชีววิทยา 3 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

รายวิชาเพิ่มเติม ว32243 ชีววิทยา 3 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กำหนดสาระการเรียนรู้รายวิชาชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องการควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืชในภาคเรียนที่ 1 ไว้ว่า สังเกต สืบค้น เปรียบเทียบ อธิบายชนิดและลักษณะของเนื้อเยื่อพืช โครงสร้างภายในของรากพืชใบเลี้ยงคู่จากการตัดตามขวาง โครงสร้างภายในของรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจากการตัดตามขวาง โครงสร้างภายในของลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่จากการตัดตามขวาง โครงสร้างภายนอกของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจากการตัดตามขวางโครงสร้างภายในใบพืชตัดตามขวาง การแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำของพืช กลไกการสำเลียงน้ำและธาตุอาหารของพืช ความสำคัญของธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช กลไกการลำเลียงอาหารในพืช การศึกษาที่ได้จากการทดลองขอนักวิทยาศาสตร์ในอดีตเกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงขั้นตอนที่เกิดขึ้นในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช C_3 กลไกการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช (พืช C_3 พืช C_4 และ CAM) ปัจจัยความเข้มของแสงที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช ปัจจัยความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์และอุณหภูมิที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช วัฏจักรชีวิตแบบสลับของพืชดอก กระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมียของพืชดอก การปฏิสนธิของพืชดอกการเกิดเมล็ดและการเกิดผลของพืชดอก โครงสร้างของเมล็ดและผล บทบาทและหน้าที่ของออกซิน ไซโทไคนิน จิบเบอเรลลิน เอทิลีน และกรดแอบไซซิก ทดลองการเกิดเมล็ดและการเกิดผลของพืชดอกโครงสร้างของเมล็ดและผล สิ่งเร้าภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

2.1.12 หลักการและแนวคิดเกี่ยวกับการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

วิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) มีชื่อเรียกอื่น ๆ เช่น วิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research: CAR) วิจัยแบบมีส่วนร่วม (Participatory Research) การสืบค้นแบบร่วมมือ (Collaborative Inquiry) ได้มีนักการศึกษาให้ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการว่าเป็นวิจัยที่กระทำโดยครูเพื่อแสวงหาวิธีการแก้ไขปัญหาและพัฒนาการปฏิบัติงานหรือการเรียนการสอนในชั้นเรียนของตน เป็นวิธีวิทยาการวิจัยที่ทำให้เกิดผลของการปฏิบัติและผลของการวิจัยในเวลาเดียวกัน โดยมีขั้นตอนการวิจัยที่เป็นวงจรต่อเนื่อง และใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพอย่างมีหลักฐานเชิงประจักษ์ การแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในห้องเรียน จะนำผลการวิจัยมาใช้ปรับปรุงการเรียนการสอนให้เกิดประโยชน์กับนักเรียน และยังสามารถนำผลไปใช้ในการพัฒนาตนเองของครูให้เป็นเลิศและมีอิสระทางวิชาการด้วย (Kemmis and McTaggart, 1998) วิจัยเชิงปฏิบัติการ จึงเป็นการวิจัยที่ดำเนินการเพื่อแก้ปัญหาบางประการหรือส่งเสริมและพัฒนาบริบทที่เป็นอยู่ให้ดีขึ้น โดยการ

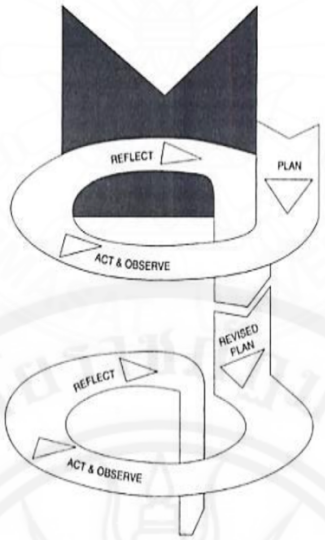
พิจารณาผลที่เกิดขึ้น เป็นรอบ ซึ่งถ้าผลไม่เป็นที่พอใจก็สามารถทดลองใหม่ เพื่อหาวิธีการที่ใช้แก้ไขหรือพัฒนานักเรียนในรูปแบบต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการจะต้องมีการดำเนินงานที่เป็นวงจรต่อเนื่อง ตามแนวคิดของ Kemmis and Mc Taggaart (1988) ได้แสดงให้เห็นว่าการวิจัยเชิงปฏิบัติการมี 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นการวางแผน (Plan) 2) ขั้นการปฏิบัติ (Act) 3) ขั้นการสังเกต (Observe) และ 4) ขั้นการสะท้อนผลกลับ (Reflect) วงจรการวิจัยปฏิบัติการนี้ เรียกแบบย่อ คือ วงจร PAOR ดังแสดงรายละเอียดต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 วางแผน (Plan) เริ่มด้วยการสำรวจปัญหาที่สำคัญระหว่างครู นักเรียน ผู้ปกครอง และผู้บริหารเพื่อให้ได้ปัญหาที่สำคัญ ตลอดจนการแยกแยะรายละเอียดของปัญหาเกี่ยวกับลักษณะ ปัญหาเป็นปัญหาเกี่ยวกับใคร มีแนวทางแก้ไขอย่างไร

ขั้นที่ 2 การปฏิบัติ (Act) เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุด หลังจากที่ได้มีการวางแผนไว้ก็จะดำเนินการปฏิบัติตามแผน โดยใช้การวิเคราะห์ปัญหาอุปสรรคที่เกิดร่วมกัน เพื่อจะได้ทำการแก้ไขปรับปรุงแผน ในขั้นตอนนี้อาจมีการเปลี่ยนแปลงปรับแผนปฏิบัติการใหม่ ถ้าหากผู้ร่วมวิจัยเห็นว่าสภาพการณ์เปลี่ยนแปลงไป หรือมองเห็นทางแก้ปัญหาที่ดีกว่า

ขั้นที่ 3 การสังเกต (Observe) เป็นการสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างรอบคอบ โดยอาศัยเครื่องมือที่ใช้ในการสังเกตและเก็บรวบรวมข้อมูล เช่น การจดบันทึก การบันทึกสนาม (Field Note) การบันทึกบรรยายพฤติกรรมที่สัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม การวิเคราะห์เอกสาร การบันทึกอนุทิน การใช้ข้อมูลจากแฟ้มรายงาน (Portfolio) การสัมภาษณ์ การใช้แบบสอบถาม การใช้สังคมมิติ การใช้เครื่องบันทึกเสียง การใช้วีดีทัศน์ และการใช้แบบทดสอบ เป็นต้น

ขั้นที่ 4 สะท้อนกลับ (Reflect) ขั้นตอนนี้เป็นการสรุปการปฏิบัติการทั้งหมด เพื่อตรวจสอบ ประเมินผลการปฏิบัติด้วยการถกอภิปรายปัญหา เพื่อหาแนวทางพัฒนาขั้นตอนการ ดำเนินการ ปรับปรุงแผนปฏิบัติและวางแผนการปฏิบัติต่อไป แผนการดำเนินการในระยะต่อไปจะ ปรับปรุงโดยอาศัยข้อมูลจากการดำเนินการที่กล่าวมาแล้ว ลักษณะของการดำเนินการตามแผนจะ ดำเนินการไปเรื่อย ๆ ในลักษณะวงจร โดยมีการควบคุมให้ดำเนินการตามแผนที่กำหนดไว้ และมีการประเมินวางแผนใหม่อย่างต่อเนื่องจนกว่าผลการปฏิบัติจะเป็นที่น่าพอใจ



ภาพที่ 2.1 วงจรของวิจัยเชิงปฏิบัติการ ปรับปรุงมาจาก *The Action Research Planner*. Victoria: Deakin University Press. โดย S. Kemmis and R. McTaggart (1988)

จะเห็นได้ว่าการเลือกใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงปฏิบัติการ จะสามารถทำให้ผู้วิจัยได้ศึกษาปัญหาและพัฒนาแก้ไขปัญหาไปได้พร้อม ๆ กัน ซึ่งหากการพิจารณาผลที่เกิดขึ้นยังไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการของงานวิจัย ก็สามารถนำผลการปฏิบัตินั้นไปปรับปรุง แก้ไข แล้วนำมาทดลองใหม่ได้เพื่อหาวิธีการที่ใช้แก้ไขหรือพัฒนานักเรียนในรูปแบบต่างๆได้อย่างเหมาะสมที่สุดนอกจากนี้ยังสะท้อนให้เห็นถึงการเปิดโอกาสให้ผู้วิจัยได้มีส่วนร่วมสร้างองค์ความรู้ ประยุกต์ใช้ความรู้ เกิดข้อค้นพบที่มาจากการปฏิบัติงานในบริบทของผู้วิจัยเอง จึงช่วยสะท้อนการทำงานของผู้วิจัยได้โดยตรง ทำให้เกิดการพัฒนาคุณภาพการจัดการเรียนการสอนมากยิ่งขึ้น

2.2 แนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม (STS)

2.2.1 ความหมายของแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม (STS)

มีนักการศึกษาได้กล่าวถึงความหมายของแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม (STS) ไว้หลายท่านดังนี้

Rosenthal (1989) กล่าวว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม หมายถึง การจัดจุดประสงค์ของวิชาวิทยาศาสตร์ให้สัมพันธ์กับทิศทางหรือกระแสในปัจจุบันของสังคม เกี่ยวกับการพัฒนาสังคมของวิทยาศาสตร์จริยธรรมของวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ ความสัมพันธ์กับสังคมและวัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์และการตอบสนองต่อสังคมของวิทยาศาสตร์

นฤมล ยุตาคม (2542) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม เป็นการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในบริบทของประสบการณ์ของ มนุษย์เป็นแนวคิดในการบูรณาการสาขาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมศึกษาเข้าด้วยกัน โดยเน้นการศึกษาวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ชีวิตจริงโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนานักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สามารถตัดสินใจเกี่ยวกับปัญหาและประเด็นต่าง ๆ ในปัจจุบันได้ และการลงมือปฏิบัติจริงนั้นเป็นผลจากการตัดสินใจในฐานะที่เป็นพลเมืองที่มีความรับผิดชอบต่อสังคม

ณัฐวิทย์ พจนตันติ (2544) กล่าวว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม หมายถึงการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง ทำให้นักเรียนเห็นว่าวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี คือสิ่งที่อยู่รอบตัว เห็นคุณค่าของวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการดำรงชีวิต สามารถใช้และประยุกต์ใช้ความรู้ที่เรียนให้เกิดประโยชน์ได้

สุภาวดี แก้วงาม (2549) ได้กล่าวสรุปว่า การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม เป็นพลเมืองที่มีความรับผิดชอบ ตระหนักในปัญหาที่เกิดขึ้นใช้ความรู้ความสามารถพิจารณา หาเหตุผลและสามารถระบุเหตุของปัญหา มีแนวทางในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมและสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

ต่วนริสา ต่วนสุหลง (2552) ได้กล่าวสรุปความหมายของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมไว้ว่าเป็นการจัดการเรียนรู้โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมเข้าด้วยกัน โดยเน้นการศึกษาวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์จริง ทำให้นักเรียนเห็นว่าวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีคือสิ่งที่อยู่รอบตัว เห็นคุณค่าของวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการดำรงชีวิต สามารถใช้และประยุกต์ใช้ความรู้ที่เรียนให้เกิดประโยชน์ได้

จากการศึกษาดังกล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า แนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่นำความรู้วิทยาศาสตร์มาสัมพันธ์กับปัญหาปัจจุบันและสถานการณ์ชีวิตจริง โดยจัดการเรียนรู้แบบที่ยึดนักเรียนเป็นหลัก เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์สามารถตัดสินใจเกี่ยวกับปัญหาต่าง ๆ สามารถบูรณาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี บนพื้นฐานปัญหาของสังคม ให้สอดคล้องและเชื่อมโยงกับสถานการณ์จริง

2.2.2 เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม

มีนักการศึกษาได้กล่าวถึงเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ไว้หลายท่านดังนี้

Zoller (1993) กล่าวว่าเป้าหมายสูงสุดของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและ สังคม คือการสร้างกลุ่มชนให้เป็นผู้ที่ความรู้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และสังคม (STS Literacy) ที่ต้องมีลักษณะดังนี้คือ

1. ตระหนักในปัญหาที่เกิดขึ้น สามารถพิจารณาและหาสาเหตุของปัญหานั้น ๆ ได้

2. เข้าใจมโนมติและความรู้ที่แท้จริงเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้น

3. รู้และมีแนวทางเลือกในการแก้ปัญหาอย่างหลากหลาย

4. สามารถใช้กระบวนการแก้ปัญหาเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้สามารถเลือกวิเคราะห์ประเมินข้อมูลที่จะนำไปใช้และสามารถวางแผน เพื่อป้องกันปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นใน อนาคตได้

5. เข้าใจค่านิยมและสามารถนำค่านิยมนั้นไปใช้

6. สามารถตัดสินใจได้ด้วยทางเลือกที่เหมาะสม หรือสามารถสร้างหรือหาทางเลือกใหม่แล้วจึงตัดสินใจ

7. ปฏิบัติตามทางเลือกที่ได้ตัดสินใจ

8. มีความรับผิดชอบ

Aikenhead (1994) กล่าวว่า เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม คือ

1. ให้เป็นคนที่มีความรู้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้น

2. ให้นักเรียนสนใจด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

3. ให้นักเรียนสนใจความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม

4. ให้นักเรียนรู้จักคิดวิเคราะห์มีเหตุผลแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์และสามารถตัดสินใจได้บนพื้นฐานของข้อมูลที่มีอยู่

Lutz (1996) กล่าวว่าเป้าหมายระยะสั้นของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และสังคมคือการให้นักเรียนมีความรู้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และสังคม เป้าหมายระยะยาวคือการให้มีพลเมืองที่มีความรับผิดชอบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่องประหยัด พอใจ ดำรงชีวิตในสังคมอย่างมีความสุข ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม นักเรียนต้องใช้พื้นฐาน 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. การระดมพลังสมองในหัวข้อที่ศึกษาและการเรียนรู้ร่วมกัน

2. การใช้ประเด็นคำถามให้ชัดเจน

3. การระบุแหล่งค้นคว้าหาข้อมูล

4. การใช้แหล่งข้อมูลที่หลากหลายเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล

5. การวิเคราะห์สังเคราะห์ประเมินและการสร้างสรรค์

6. การลงมือปฏิบัติจริง

จากการศึกษาดังกล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม มุ่งเน้นการพัฒนานักเรียนให้มีความรู้ความเข้าใจในวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีอย่างลึกซึ้ง สามารถเชื่อมโยงความรู้เหล่านี้กับบริบททางสังคม

และชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ การจัดการเรียนรู้แบบนี้ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการตัดสินใจบนพื้นฐานของข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังมุ่งสร้างความตระหนักถึงผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม พัฒนาเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และส่งเสริมการมีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหาสังคมด้วยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป้าหมายสำคัญอีกประการหนึ่งคือการเตรียมนักเรียนให้พร้อมรับมือกับการเปลี่ยนแปลงทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในอนาคต สามารถเป็นพลเมืองที่มีความรู้ความเข้าใจด้านวิทยาศาสตร์ และมีส่วนร่วมในการพัฒนาสังคมอย่างยั่งยืน

จากการศึกษาดังกล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่มุ่งให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านการเผชิญปัญหาหรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริง โดยเริ่มจากการตั้งคำถามและค้นหาประเด็นที่สนใจ จากนั้นวางแผนสืบค้นข้อมูล ทดลอง สำรวจ และวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาคำตอบ ผู้เรียนมีโอกาสสะท้อนความคิด แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และนำเสนอข้อค้นพบร่วมกับผู้อื่น ก่อนนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาหรือพัฒนาสถานการณ์ในชีวิตจริง กระบวนการดังกล่าวช่วยพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การตัดสินใจ การสื่อสาร และการทำงานร่วมกัน พร้อมทั้งส่งเสริมให้ผู้เรียนตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม รวมทั้งสามารถนำความรู้ไปใช้ได้อย่างเหมาะสมและรับผิดชอบต่อสังคม

2.2.3 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม

มีนักการศึกษาได้เสนอรูแปบบของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ไว้หลายท่านดังนี้

Yager (1991)ได้เสนอรูปแบบการเรียนการสอนที่เรียกว่า The Constructivist Learning Model: CLM ซึ่งเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม ที่เน้นให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง ประกอบด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นกระตุ้นความสนใจ (Invitation)
    1.1 สังเกตสิ่งรอบตัวเพื่อกระตุ้นความสนใจใฝ่เรียนรู้
    1.2 ใช้คำถาม
    1.3 พิจารณาคำตอบที่เป็นไปได้
    1.4 บันทึกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไม่คาดคิด
    1.5 บ่งชี้สถานการณ์การรับรู้ของนักเรียนที่แตกต่างกัน
2. ขั้นสำรวจเรียนรู้ (Exploration)
    2.1 ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม

2.2 ระดมสมองเพื่อหาทางเลือก

2.3 เสาะหาข้อมูล

2.4 ทดลองโดยใช้วัสดุอุปกรณ์

2.5 สังเกตปรากฏการณ์ที่เฉพาะเจาะจง

2.6 ออกแบบการสำรวจ

2.7 เก็บรวบรวมและจัดกระทำข้อมูล

2.8 ใช้ยุทธวิธีการแก้ปัญหา

2.9 เลือกแหล่งทรัพยากรที่เหมาะสม

2.10 อภิปรายผลที่ได้กับเพื่อน

2.11 ออกแบบและดำเนินการทดลอง

2.12 ประเมินทางเลือกที่หลากหลาย

2.13 ร่วมแสดงความเห็น

2.14 ระบุอันตรายและผลที่ตามมา

2.15 กำหนดขอบเขตการสืบเสาะ

2.16 วิเคราะห์ข้อมูล

3 ขั้นนำเสนอการอธิบายและข้อค้นพบ (Proposing Explanations and Solution)

3.1 นำเสนอข้อมูลและความคิด

3.2 สร้างและอธิบายแบบจำลอง

3.3 สร้างคำอธิบายในแนวทางใหม่ ๆ

3.4 ทบทวนและวิเคราะห์คำตอบ

3.5 ใช้ประโยชน์จากการประเมินของเพื่อน

3.6 ประมวลคำตอบที่ได้

3.7 กำหนดแนวทางสรุปผลที่เหมาะสม

3.8 บูรณาการข้อสรุปกับความรู้และประสบการณ์เดิมที่มีอยู่

4 ขั้นลงมือปฏิบัติ (Taking Action)

4.1 ตัดสินใจ

4.2 นำความรู้และทักษะไปใช้

4.3 เชื่อมโยงความรู้และทักษะ

4.4 แลกเปลี่ยนข้อมูลและความคิด

4.5 ตั้งคำถามใหม่

4.6 พัฒนาผลที่ได้และส่งเสริมความคิด

4.7 ใช้แบบจำลองและความคิดประกอบการอภิปรายเพื่อให้เป็นที่ยอมรับของเพื่อน ๆ

Carin (1997) ได้เสนอรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ที่เน้นทักษะการแก้ปัญหา (STS Problem - solving Model) รูปแบบการจัดการเรียนรู้รูปแบบนี้สามารถตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน และสามารถเพิ่มพูนความรู้ใหม่ได้โดยผ่านทักษะการแก้ปัญหาการลงมือปฏิบัติ และการนำไปใช้รูปแบบนี้มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 5 ขั้นดังนี้

1. ขั้นสืบค้น (Search) นักเรียนร่วมกันตั้งคำถามเสนอความคิดเรื่องที่สนใจที่ต้องการศึกษาหัวข้อที่นำเสนอนั้น อาจมาจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชุมชนจากตำราเรียนวิทยาศาสตร์ จากกิจกรรมที่ได้ปฏิบัติมาจากการทัศนศึกษาจากรายการโทรทัศน์หรือจากแหล่งอื่น ๆ คำถามที่นักเรียนนำเสนออาจมีมากมายหลายคำถามแต่จะเลือกเพียง 1- 2 คำ ถามเท่านั้นที่นำมาเป็นหลักในการศึกษา

2. ขั้นแก้ปัญหา (Solve) นักเรียนจะฝึกใช้วิธีทางการวิจัยในการเรียนรู้เพื่อหาคำตอบหรือตอบคำถามในหัวข้อหรือประเด็นที่ทำการศึกษา โดยนักเรียนจะเป็นผู้ลงมือปฏิบัติทั้งการเก็บรวบรวมข้อมูลการบันทึกผล

3. ขั้นสร้างสรรค์ (Create) จากการเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ผลนักเรียนสามารถสร้างจัดกระทำ และแสดงผลการค้นพบในลักษณะของกราฟรูปแบบต่าง ๆ หรืออาจสร้างหรือจัดกระทำในรูปแบบอื่น

4. ขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์ (Share) นักเรียนนำเสนอผลการศึกษาค้นคว้าแก่กลุ่มเพื่อนโดยอาจนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การบรรยายการเขียนรายงาน จัดแสดงเป็น โปสเตอร์ วีดีทัศน์เพลงโคลงกลอนหรืออื่น ๆ

5. ขั้นนำไปปฏิบัติจริง (Act) นักเรียนนำผลที่ได้จากการศึกษาไปปฏิบัติหรือนำเสนอข้อค้นพบนี้แก่ผู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อแก้ไขปัญหา โดยครูและนักเรียนอาจจัดการประชุมพบปะชี้แจงปัญหาและข้อค้นพบ หรือเขียนจดหมายถึงบุคคลหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

นฤมล ยุตาคม (2542) ได้เสนอรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี

1. ขั้นการวางแผนการสอน ประกอบด้วย การกำหนดความมุ้งหมายของการเรียนรู้และการเตรียมหน่วยการเรียนรู้ โดยมีจุดมุ่งหมายให้นักเรียนนำวิทยาศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวัน

พัฒนากระบวนการแสวงหาความรู้ การตัดสินใจ และการลงมือปฏิบัติในการแก้ปัญหาสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี

2. ขั้นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยนักเรียนจะตั้งคำถาม วางแผนการค้นหาคำตอบ ลงมือค้นหาคำตอบ เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ผล นำเสนอ และจัดแสดงผลการศึกษาค้นคว้าและนำผลที่ได้จากการศึกษาไปปฏิบัติ หรือเสนอข้อค้นพบนี้แก่ผู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อแก้ไขปัญหา ทุกขั้นตอนมีครูทำหน้าที่เป็นที่ปรึกษาให้คำแนะนำ ขั้นการจัดการเรียนรู้ย่อยมี 6 ขั้นตอน

2.1 ขั้นสงสัย ครูจะสร้างสถานการณ์การเรียนรู้ที่ส่งเสริมการตั้งคำถามและการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน

2.2. ขั้นวางแผน นักเรียนเป็นผู้วางแผนค้นหาคำตอบ ซึ่งอาจจะทำงานเดี่ยวหรือกลุ่ม

2.3 ขั้นการค้นหาคำตอบ นักเรียนลงมือค้นหาคำตอบโดยครูทำหน้าที่คอยช่วยเหลือ

2.4 ขั้นสะท้อนความคิด นักเรียนคิดไตร่ตรองสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้โดยมีครูเป็นผู้คอยให้คำแนะนำ

2.5 ขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์ นักเรียนนำเสนอผลการค้นคว้าแก่นักเรียนอื่น ๆ โดยครูให้โอกาสนักเรียนในการแลกเปลี่ยนความคิดกับเพื่อน ๆ

2.6 ขั้นนำไปปฏิบัติจริง นำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน

3. โดยใช้การประเมินหลากหลายทั้งการประเมินโดยครูและการประเมินโดยตัวนักเรียนเอง

ณัฐวิทย์ พจนตันติ (2548) ได้เสนอรูปแบบการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมไว้ เรียกว่า Q PER SEA Learning Model เป็นรูปแบบการจัดการเรียนการสอนของหลักสูตร Biology: A Community Context (BIOCOM) ซึ่งเป็นหลักสูตรชีววิทยาตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม สำหรับนักเรียนเกรด 10 ที่เรียนรู้โดยการสืบเสาะหาความรู้ สะท้อนให้นักเรียนเห็นว่าความรู้วิทยาศาสตร์นั้นเป็นความรู้ชั่วคราว และให้นักเรียนได้เรียนรู้ชีววิทยาจากบริบทของสังคม รูปแบบการจัดการเรียนการสอนประกอบด้วยขั้นตอน 7 ขั้นคือ

1. ขั้นตั้งคำถาม (Questioning: Q) เป็นการจัดประสบการณ์ที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดข้อสงสัย ความอยากรู้อยากเห็น ให้พบให้เห็น เกิดการสังเกตการตั้งคำถามสิ่งที่สนใจตรวจสอบความรู้เดิม และการคาดเคาคำตอบที่เป็นไปได้หรือตั้งสมมติฐานจากประเด็นปัญหาที่จะศึกษาค้นคว้าหาคำตอบ

2. ขั้นวางแผน (Planning: P) นักเรียนมีส่วนร่วมในวางแผนทั้งกระบวนการกลุ่มและรายบุคคลเพื่อระคมความคิดและหาวิธีการปฏิบัติงานตามขั้นตอน ได้ข้อสงสัย ข้อสังเกต ข้อมูลตั้งโจทย์นำไปสู่การเรียนรู้ เพื่อการสืบดันหาคำตอบ พร้อมทั้งออกแบบและจัดทำเครื่องมือสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลจากแหล่งการเรียนรู้ที่นักเรียนต้องการสืบค้น

3. ขั้นค้นหาคำตอบ (Exploring: E) นักเรียนค้นหาคำตอบและเก็บรวบรวมด้วยวิธีการและแผนการที่เตรียมไว้แล้วสรุปบทเรียน ประสบการณ์ และองค์ความรู้ที่ ได้จากการค้นหาคำตอบของปัญหา

4. ขั้นสะท้อนความคิด (Reflecting: R) นักเรียนไตร่ตรองสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้เชื่อมโยงข้อสรุปที่ได้ว่าสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับทฤษฎี หลักการ จากการศึกษาเอกสาร องค์ความรู้และแหล่งข้อมูลที่ จัดเตรียมให้เพื่อขยายความคิดและข้อสรุปหรือข้อค้นพบใหม่ให้ชัดเจนเพื่อนำเสนอความรู้ความคิดและข้อสรุปที่ได้จากการค้นหาคำตอบ

5. ขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์ (Sharing: S) นักเรียนนำเสนอความรู้ ความคิดที่ได้จากการค้นหาคำตอบโดยการนำเสนอหน้าชั้นเรียน จัดนิทรรศการ ป้ายนิเทศ เป็นต้นและร่วมกันแสดงความคิดเห็นแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิด และประสบการณ์เรียนรู้ซึ่งกันและกัน

6. ขั้นขยายขอบเขตความรู้ความคิด (Extending: E) นักเรียนนำความรู้ ความคิดจากข้อสรุปจากปัญหาและข้อสงสัยที่เกิดขึ้น ไปศึกษาค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติมด้วยตนเองจากเอกสารใบความรู้ แหล่งข้อมูลต่างๆ การซักถามพูดคุย มาอภิปรายร่วมกันกับเพื่อน เพื่อนำไปสู่การตรวจสอบ การขยายขอบเขตการเรียนรู้และเชื่อมโยงความรู้ความคิดให้กว้างขวาง และมั่นใจมากยิ่งขึ้น

7. ขั้นนำไปปฏิบัติ (Acting: A) นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ด้วยกันไปใช้ปฏิบัติจริงหรือสถานการณ์จำลอง นำผลการปฏิบัติมาแสดงผลงานหรือเผยแพร่ความรู้ที่ไห้จากการเรียนรู้

จากการศึกษาดังกล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมมีขั้นตอนการจัดกิจกรรมตั้งแต่ 4-7 ขั้นตอน ผู้วิจัยได้นำแนวทางการจัดการเรียนรู้ของ Carin (1997) มาใช้เป็นการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ โดยดำเนินการตาม 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นสืบค้น (Search) ขั้นแก้ปัญหา (Solve) ขั้นสร้างสรรค์ (Create) ขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์ (Share) และ ขั้นนำไปปฏิบัติจริง (Act)

2.2.4 การประเมินผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม

มีนักการศึกษาได้เสนอรูแบบของการประเมินผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ไว้หลายท่านดังนี้

นฤมล ยุตาคม (2542) กล่าวว่าการประเมินผลตามโมเดลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม มีองค์ประกอบทั้งหมด 6 ด้าน ได้แก่ ความคิดรวบยอด (Concept) กระบวนการ (Processes) การนำไปใช้และการเชื่อมโยงกับชีวิตจริง (Application

and Connections) เจตคติ (Attitude) ความคิดสร้างสรรค์ (Create) และโลกทัศน์ (World Views) ดังนี้

1. ความคิดรวบยอด หมายถึง ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด กฎหลักการ สมมติฐาน และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นประโยชน์ในชีวิตประจำวันของนักเรียน และสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาได้ จากประสบการณ์ที่นักเรียนรู้จากสถานการณ์จริงที่ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ และสามารถเชื่อมโยงกับสถานการณ์ใหม่ได้

2. กระบวนการ หมายถึง ทักษะกระบวนการที่นักเรียนใช้ในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์รวมถึงกระบวนการคิด และการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การสังเกต การอธิบาย การจำแนก การจัดระบบ การวัด การทำแผนภูมิ การสื่อความหมาย และความเข้าใจในการสื่อสารของผู้อื่น การทำนาย การลงความเห็น การตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร การแปลความหมายข้อมูล การสร้างเครื่องมือ อุปกรณ์ง่าย ๆ และการสร้างหุ่นจำลอง

3. การนำไปใช้และการเชื่อมโยงกับชีวิต หมายถึงความสามารถในการนำความคิดรวบยอด ความรู้ ความเข้าใจหลักการ และทักษะทางวิทยาศาสตร์จากประสบการณ์ที่เรียนไปใช้ในการแก้ปัญหาทางเทคโนโลยีในชีวิตประจำวัน ตลอดจนความเข้าใจและประเมินข่าวสารที่เกี่ยวข้องกับความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์จากสื่อมวลชนและสามารถตัดสินใจเกี่ยวกับเรื่องวิถีชีวิตและสามารถนำไปบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์เข้ากับวิชาอื่น ๆ

4. เจตคติ หมายถึงความรู้สึก คุณค่าและทักษะในการตัดสินใจของคนเราที่เกี่ยวข้องกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สิ่งแวดล้อม และสังคม เจตคติรวมถึงการพัฒนาเจตคติในทางบวกต่อวิทยาศาสตร์ ต่อครูวิทยาศาสตร์ และต่ออาชีพที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์

5. ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถในการมีวิสัยทัศน์ หรือการสร้างภาพในสมอง การผสมสิ่งต่าง ๆ และความคิดเข้าด้วยกันในแนวทางใหม่ โดยมีการแก้ปัญหาออกแบบอุปกรณ์หรือเครื่องมือ ซึ่งการสร้างความคิดต่าง ๆ ในแนวแปลก มีการใช้คำถามที่เป็นสถานการณ์ขัดแย้งกระตุ้นความคิดที่เหมาะสมกับความสามารถ และประสบการณ์ของนักเรียนให้นักเรียนตอบคำถามที่เหมาะสมคิดได้ในสถานการณ์ที่กำหนดให้มากที่สุด

6. โลกทัศน์ หมายถึงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการต่าง ๆ ในการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการในการค้นคว้าหาความรู้ หรือการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนประวัติความเป็นมาของความคิด วิธีการทำงาน การจัดระบบงานของวิทยาศาสตร์ การปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เศรษฐกิจ การเมือง สังคมศาสตร์ และปรัชญา

นฤมล ยุดาคม (2542) ได้กล่าวว่า การประเมินผลใน STS Model ก็เหมือนกับการสอน คือ เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง ซึ่งประกอบด้วยการประเมินโดยครู และโดยตัวนักเรียนเองวิธีการประเมินผลที่ครูใช้จะต้องเป็นวิธีการที่นักเรียนได้แสดงออกว่าเขามีความรู้และสามารถทำอะไรได้บ้าง

เป็นการให้ข้อมูลกับครูผู้สอนถึงความเข้าใจในการเรียน วิทยาศาสตร์ของเด็กแต่ละคน สิ่งสำคัญเท่ากับการประเมินโดยครู คือนักเรียนจะต้องมีส่วนในการประเมินผลตนเองด้วย ซึ่งประกอบด้วยวิธีการประเมินดังนี้

1. วิธีการประเมินผลโดยครู

1.1 การใช้ข้อสอบวัดความรู้ความเข้าใจ ความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ทักษะการคิดวิจารณญาณ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1.2 การประเมินผลการปฏิบัติ (Performance Assessment) เป็นการประเมินจากงานที่นักเรียนแสดงออกถึงความสามารถในการทำงานที่เป็นการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริงโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การปฏิบัติ รวมถึงงานโครงการที่กำหนดให้นักเรียนทำ

1.3 การสังเกตของครู โดยใช้แบบตรวจสอบรายการพฤติกรรม

2. วิธีการประเมินโดยนักเรียน ได้แก่

2.1 การประเมินตนเอง เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนได้สะท้อนความคิด และควบคุมตนเองในการเรียนรู้ ทักษะ และเจตคติ การประเมินตนเองรวมถึงการประเมินการทำงานของเพื่อนในกลุ่มด้วยวิธีการในการประเมินตนเอง อาจทำเป็นรายการ Checklist หรือให้เขียนอนุทิน

2.2 การใช้แฟ้มสะสมงานเป็นการให้นักเรียนรวบรวมตัวอย่างผลงานของ

นักเรียนเองได้ตัดสินใจเลือกผลงานที่เป็นตัวแทนความรู้ความเข้าใจ ความสามารถและทักษะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเอง

ณัฐวิทย์ พจนตันติ (2546) ได้กล่าวถึงการประเมินผลการเรียนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม ว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมต้องใช้การประเมินโดยครูและการประเมินโดยนักเรียนทั้งการประเมินโดยตนเองและการประเมินเพื่อน ๆ ที่เรียนรู้ด้วยกัน เพื่อให้การประเมินนั้นได้ผลเที่ยงตรงจึงสร้างเครื่องมือการประเมินผลที่นักเรียนสามารถมีส่วนร่วมทั้งการสร้างและนำไปใช้ประเมินนักเรียน Picket (2004) จึงเสนอให้สร้างรูบริคส์ซึ่งเป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งของการประเมินตามสภาพจริง (Authentic Assessment Tool) ที่ใช้สำหรับการประเมินเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียน (Formative Type of Assessment) รูบริคส์ที่สร้างขึ้นนี้สามารถใช้ได้ทั้งการประเมินนักเรียนเป็นรายกลุ่มหรือรายบุคคลและสามารถประเมินผลการเรียนรู้ในทุกด้าน เช่น การประเมินมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (Concept) การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การประเมินการปฏิบัติงาน การประเมินโครงงาน การประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ การประเมินการนำเสนอผลงาน และการประเมินแฟ้มสะสมงาน เป็นต้น

จากการศึกษาดังกล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า การประเมินผลตามโมเดลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ประกอบด้วย 6 องค์ประกอบ ได้แก่ ความคิดรวบยอด กระบวนการ การนำไปใช้และการเชื่อมโยงกับชีวิตจริง เจตคติ ความคิดสร้างสรรค์ และโลกทัศน์ แต่ละองค์ประกอบมุ่งเน้นการพัฒนาทักษะและความเข้าใจที่แตกต่างกัน เช่น ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการแสวงหาความรู้ การประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน และการพัฒนาเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ วิธีการประเมินผลแบ่งเป็นการประเมินโดยครูและการประเมินโดยนักเรียน โดยครูใช้วิธีการต่าง ๆ เช่น การใช้ข้อสอบ การประเมินผลการปฏิบัติและการสังเกต ส่วนนักเรียนประเมินตนเองและใช้แฟ้มสะสมงาน วิธีการประเมินเหล่านี้มุ่งเน้นให้นักเรียนแสดงออกถึงความรู้และความสามารถ เพื่อให้ครูได้ข้อมูลเกี่ยวกับความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคน สอดคล้องกับแนวทางการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ

2.2.5 ประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคมมีประโยชน์ต่อนักเรียนหลายประการ ดังมีนักการศึกษาหลายท่านกล่าวไว้ดังนี้

Hurd (2000) กล่าวว่าจากลักษณะเด่นและความเฉพาะตัวของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมก่อให้เกิดประโยชน์จากการจัดการเรียนรู้ดังนี้

1. นักเรียนมีส่วนร่วมในการสำรวจปัญหาโดยกระบวนการจัดการเก็บข้อมูลที่ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์สร้างทางเลือกและตัดสินใจในสถานการณ์จริง ดังนั้นนักเรียนจะได้พัฒนาเกี่ยวกับความตั้งใจความคิดของตนเองมีความคิดสร้างสรรค์มากขึ้นและสามารถแสดงออกให้ผู้อื่นทราบได้ด้วยการแก้ปัญหาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม นอกจากจะใช้ความรู้และเทคนิคที่เกิดจากประสบการณ์ของมนุษย์และค่านิยมแล้ว ยังต้องใช้องค์ประกอบด้านสังคมเศรษฐกิจการเมืองและความเป็นมนุษย์ร่วมด้วย

2. บริบทของวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคมในหลักสูตรวิทยาศาสตร์ทำให้ได้กรอบที่กว้างขึ้นสำหรับการพัฒนาทักษะทางสติปัญญา เช่น การแก้ปัญหา การตัดสินใจ การตัดสินใจทางจริยธรรม และการสังเคราะห์ความรู้

3. เนื่องจากปัญหาทางด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคมเป็นปัจจุบัน มีความเฉพาะตัวอยู่ในโลกแห่งความเป็นจริง จึงกระตุ้นให้นักเรียนกระตือรือร้นที่จะประยุกต์ความรู้ของพวกเขาทั้งในการวางแผนและกระทำการแก้ปัญหาอย่างตั้งใจ โดยจุดเน้นอยู่ที่ความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่นำไปใช้งานได้

4. สังคมเทคโนโลยีระดับสูงในปัจจุบันต้องการพลเมืองที่มีความรู้มีวิสัยทัศน์ที่ทันสมัยและมีทักษะทางสติปัญญาที่พัฒนาแล้ว การเพิ่มเนื้อหาเทคโนโลยีเข้าไปในหลักสูตรวิทยาศาสตร์จึงเป็นผลดีต่อท้องถิ่น ประเทศชาติ การประกอบอาชีพ และมีผลโดยตรงต่อการดำรงชีวิต

5. ความรู้ไม่ว่าจะเป็นข้อเท็จจริงหรือวิธีการจะมีความหมายเมื่อมันถูกใช้ หลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่ยึดแต่เนื้อหาจะไม่สามารถทำให้สิ่งที่ถูกสอนมีความหมายสมบูรณ์ได้ แนวทางของ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม จึงถูกออกแบบมาเพื่อให้การศึกษาวิทยาศาสตร์เกิดผลสำหรับ นักเรียนส่วนใหญ่ โดยการกระตุ้นให้นักเรียนคิดเกี่ยวกับการนำความรู้ที่เรียนมาแล้วไปใช้ให้เป็นประโยชน์แก่ตนเองและสังคม

เกียรติศักดิ์ ชินวงศ์ (2544) กล่าวว่าการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม จะพัฒนานักเรียนในด้านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. นักเรียนมีการอภิปรายโต้แย้งประเด็นต่าง ๆ อย่างกว้างขวาง และมีความกระตือรือร้น

2. ทำให้นักเรียนเป็นผู้ตระหนัก และสนใจเลือกอาชีพที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

3. นักเรียนมีความสามารถในการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ และความคิดสร้างสรรค์ที่ดี

4. นักเรียนมีความสนใจ เกิดแรงจูงใจขณะเรียน ทำให้นักเรียนตระหนักถึงประเด็นสิ่งแวดล้อม และทำให้นักเรียนได้เรียนรู้มโนมติกับวิชาอื่น ๆ

5. นักเรียนมีเจตคติในทางบวก และพัฒนาเจตคติในทางบวกต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ครูวิทยาศาสตร์ และห้องเรียนวิทยาศาสตร์

6. นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้มโนมติทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ใหม่ได้

ณัฐวิทย์ พจนตันติ (2548) กล่าวถึงประโยชน์ที่สำคัญที่สุดของการเรียนรู้ตามแนววิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ว่านักเรียนได้รับประสบการณ์ในการค้นคว้าหาความรู้การรู้จักคิดวิเคราะห์การแก้ปัญหาการผสานแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับประสบการณ์ของตัวนักเรียนเอง และมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมจากการทำงานกลุ่มแบบร่วมมือกัน ซึ่งการเรียนรู้ตามแนววิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม มีผลต่อพัฒนาการของนักเรียนในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ใหม่ได้

2. นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ข้อมูลโยงความสัมพันธ์ของข้อมูลกับสถานการณ์อื่นทำงานได้ด้วยตนเองและสามารถตัดสินใจเองได้ดียิ่งขึ้น

3. นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ต่อประโยชน์ของการเรียนและอาชีพทางด้านวิทยาศาสตร์

4. นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์มากขึ้น

5. นักเรียนมีความสามารถในการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้น 2-3 เท่า

จากการศึกษาดังกล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนววิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม มีประโยชน์หลากหลายต่อนักเรียน โดยช่วยพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ส่งเสริมความเข้าใจในความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ทำให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงของความรู้กับชีวิตจริง กระตุ้นความสนใจ และการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ ฝึกการทำงานเป็นทีมและการสื่อสาร พัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม สร้างความตระหนักถึงผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่อสังคม ส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิต. และเตรียมความพร้อมให้นักเรียนสามารถปรับตัวและรับมือกับการเปลี่ยนแปลงในโลกยุคปัจจุบันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3 การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

2.3.1 ความหมายการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

มีนักการศึกษาได้ให้ความหมายของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ไว้หลายท่านดังนี้

National Research Council (1996) กล่าวว่า คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นคำอธิบายที่สะท้อนผลการสังเกตและการทดลองในเชิงประจักษ์ คำอธิบายที่สร้างขึ้นมานั้น ต้องมาจากการให้เหตุผลที่สอดคล้องกับหลักฐานที่ได้มาจากการสำรวจตรวจสอบ และสามารถปรับเปลี่ยนได้เมื่อไม่ได้รับการยอมรับจากสังคม

Gilbert, et al. (2000, อ้างถึงใน สุกัลยา เวชสิทธิ์, 2559) กล่าวว่าคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์คือผลผลิตของสังคมวิทยาศาสตร์เพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ และได้นำเสนอคำอธิบายในวิทยาศาสตร์ 5 ความหมาย ดังนี้

1. คำอธิบาย คือการให้ความหมายของคำในบริบททางวิทยาศาสตร์ให้มีความหมายชัดเจน

2. คำอธิบาย คือประโยคที่แสดงถึงความเชื่อหรือการกระทำอย่างมีเหตุผลในบริบททางวิทยาศาสตร์

3. คำอธิบาย คือการอธิบายสาเหตุของสภาพเหตุการณ์ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

4. คำอธิบาย คือการอธิบายลักษณะและหน้าที่ของสิ่งต่าง ๆ ซึ่งเป็นผลมาจากการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

Chiappetta and Koballa (2010) ได้กล่าวถึงลักษณะสำคัญของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ว่าคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นคำอธิบายที่ถูกต้อง สะท้อนผลการสังเกตของการทดลองเชิงประจักษ์คำอธิบายที่สร้างขึ้นนั้นต้องมาจากการให้เหตุผลเชิงตรรกะ และสอดคล้องกับหลักฐานเป็นคำอธิบายที่เป็นสาธารณะ และสามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยใช้กระบวนการพินิจพิเคราะห์การรับรองการปรับเปลี่ยนและการปฏิเสธจากสังคมวิทยาศาสตร์

Zangori and Forbes (2014) ให้ความหมายของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นการเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตปรากฏการณ์ โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และกลไกที่ใช้ในการอธิบายที่ สนับสนุนสาเหตุและผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติด้วย การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จะต้องมีลักษณะสำคัญต่อไปนี้

1. ตอบคำถามที่ต้องการสำรวจตรวจสอบ
2. ลักษณะคำอธิบายขึ้นอยู่กับข้อมูลและหลักฐานที่สนับสนุนคำตอบที่ตรวจสอบ
3. ให้ความเข้าใจในเรื่องใหม่
4. เสริมสร้างแนวความคิดที่มีอยู่เดิม

จากการศึกษาดังกล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นการสร้างคำอธิบายที่ใช้ในการให้ความหมายหรืออธิบายผลที่ได้จากการสืบค้นทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นการเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ และการสังเกตปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ทั้งยังเป็นการหาคำตอบของปัญหาต่าง ๆ อย่างและถือเป็นข้อมูลที่ใช้เพื่อการสื่อสาร โดยอาศัยการอ้างอิงหลักฐานที่ได้มาด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อยืนยันความน่าเชื่อถือของข้อมูล

2.3.2 ความสำคัญของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นเครื่องมือสำคัญที่ส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน โดยกิจกรรมที่สนับสนุนการสร้างคำอธิบาย จะมีลักษณะสืบเสาะหาความรู้และสร้างข้อสรุปด้วยตนเองสามารถตรวจสอบได้ด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์ ซึ่งจะช่วยพัฒนานักเรียนทั้งด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์กระบวนการวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ โดยมีนักวิชาการได้กล่าวถึงความสำคัญของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ดังนี้

McNeil and Krajcik (2008) ได้กล่าวถึงความจำเป็นที่จะต้องเน้นกระบวนการการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในห้องเรียนที่มีการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ คือ

1. เป็นหัวใจของกระบวนการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น
2. เป็นกุญแจสำคัญของการศึกษาวิทยาศาสตร์ในระดับพื้นฐาน รวมทั้งเป็นกิจกรรมที่กำหนดในกรอบโครงสร้างของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

3. เป็นการส่งเสริมนักเรียนให้มองเห็นภาพของวิทยาศาสตร์

4. เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

5. เป็นการส่งเสริมความเข้าใจที่ลึกซึ้งเกี่ยวกับคำสำคัญของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

สันติชัย อนุวรชัย (2553) ได้กล่าวถึงการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีว่าความสำคัญต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งในด้านการพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา ด้วยการใช้หลักฐานเชิงประจักษ์และมีเหตุผล ตลอดจนเป็นการสร้างประสบการณ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์เสมือนจริงให้กับนักเรียน เพราะได้นำเอาการปฏิบัติอันเป็นหลักสำคัญของสังคมวิทยาศาสตร์มาจัดการเรียนการสอน ซึ่งเป็นการพัฒนานักเรียนทางด้านกระบวนการคิดการปฏิบัติ และการสร้างคุณลักษณะแบบนักวิทยาศาสตร์

กฤตกร สภาสันติกุล (2558) ได้กล่าวว่าการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นสมรรถนะที่มีความสำคัญกับนักเรียนในยุคปัจจุบัน ซึ่งชี้ให้เห็นถึงเหตุและผลของการเกิดปรากฏการณ์โดยมีหลักฐานสนับสนุนคำตอบ รวมทั้งการกิจกรรมเปิดโอกาสให้ลงมือปฏิบัติจริง ทำให้นักเรียนเป็นผู้ค้นพบองค์ความรู้ด้วยตนเอง พัฒนาความรู้ความเข้าใจ ทักษะการคิด รวมไปถึงเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

จากการศึกษาดังกล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีความสำคัญเนื่องจากเป็นการเสริมสร้างความเข้าใจ ช่วยให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนมากยิ่งขึ้น และสามารถพัฒนาทักษะการคิดของนักเรียน และสามารถส่งเสริมการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ การวิเคราะห์และการใช้เหตุผลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสื่อสาร ช่วยในการถ่ายทอดความรู้และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ให้ผู้อื่นเข้าใจได้ง่ายขึ้น รวมทั้งสามารถเชื่อมโยงทฤษฎีกับหลักฐานสร้างความเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับหลักฐานเชิงประจักษ์ และยังสร้างองค์ความรู้ใหม่นำไปสู่การตั้งคำถาม การสร้างสมมติฐาน และการพัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2.3.3 องค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

มีนักการศึกษาได้บอกถึงองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ไว้หลายท่านดังนี้

Kuhn and Reiser (2005) ได้อธิบายและการวิเคราะห์องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

1. ข้อกล่าวอ้าง หมายถึงคำตอบของคำถามซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สร้างได้ง่าย โดยมีลักษณะบรรยายว่าเกิดอะไรขึ้น หรือระบุสาเหตุปัญหาสำคัญของการเกิดปรากฏการณ์

2. หลักฐาน หมายถึงข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการรวบรวมข้อมูล หรือการทดลอง เพื่อสร้างข้อกล่าวอ้างโดยหลักฐานอาจมีหลายลักษณะ เช่น ตัวเลข ข้อเท็จจริง ข้อมูลจากการสังเกต บทความ

3. การให้เหตุผล หมายถึงส่วนที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้าง และหลักฐาน โดยทั่วไปมักมีลักษณะเป็นเหตุเป็นผล โดยเชื่อมโยงเข้ากับความรู้หรือทฤษฎีที่มีอยู่เดิมและอธิบายขยายความให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน

McNeill and Krajcik (2008) ได้เสนอองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไว้ 3 องค์ประกอบคือ

1. ข้อกล่าวอ้าง คือคำตอบของคำถาม

2. หลักฐาน คือข้อมูลที่สนับสนุนข้อสรุป

3. การให้เหตุผล คือการตัดสินใจที่แสดงว่าทำไมข้อมูลหรือหลักฐาน จึงสนับสนุนข้อสรุป

Brunsell (2012) ได้เสนอองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไว้ 3 องค์ประกอบ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. คำกล่าวอ้าง มีลักษณะเป็นข้อความหรือข้อสรุป เพื่อตอบคำถามหรือปัญหาที่สนใจ

2. หลักฐาน คือข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง หรือข้อสรุปข้อมูลที่เป็นหลักฐานได้มาจากการสังเกต การทดลอง การสืบค้นจากแหล่งข้อมูลต่างๆ หลักฐานที่นำมาสนับสนุนจะต้องเหมาะสม กล่าวคือมีความสัมพันธ์กับคำถามหรือปัญหาที่เผชิญอยู่ โดยต้องมีการใช้หลักฐานมากกว่าหนึ่งแหล่งในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือข้อสรุปนั้น ซึ่งสามารถจำแนกประเภทของหลักฐานออกเป็น

2.1. หลักฐานคำบอกเล่า เป็นหลักฐานที่มาจากการสังเกตหรือประสบการณ์ระดับบุคคลอาจมาจากนักเรียน เพื่อนร่วมชั้น ครอบครัว ซึ่งมาเป็นสถานการณ์ที่คนส่วนใหญ่คุ้นเคย

2.2. หลักฐานข้อเท็จจริง เป็นหลักฐานที่มาจากข้อมูล ข้อเท็จจริง ที่มีการยืนยันหรือมีงานวิจัยรองรับ ที่ได้มาจากกระบวนการทดลองและสำรวจด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2.3. หลักฐานข้อความ เป็นรายละเอียดที่มาจากหนังสือหรือบทความที่นักเรียนใช้ในการอ้างอิงเพื่อสนับสนุนคำกล่าวอ้างหรือข้อสรุป

3. เหตุผล คือการแสดงเหตุผลในการเลือกใช้ หรือตัดสินว่าหลักฐานที่ใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือข้อสรุปมีความสอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์

สันติชัย อนุวรชัย (2557) กล่าวว่า การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีองค์ประกอบ 3 ส่วน คือ

1 ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คือ ข้อยืนยันหรือคำตอบของการศึกษาประสบการณ์

2 หลักฐาน (Evidence) คือ ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง มีลักษณะเป็นข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ

3 การให้เหตุผล (Reasoning) คือ ข้อความที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง

จากการศึกษาดังกล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า องค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ประกอบไปด้วยองค์ประกอบหลัง 3 ส่วนคือ ข้อกล่าวอ้าง (Claim) หลักฐาน (Evidence) และการให้เหตุผล(Reasoning) โดยแต่ละส่วนมีระละเอียดดังต่อไปนี้ 1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คือ คำตอบของคำถาม หรือข้อสรุปของคำถาม 2) หลักฐาน (Evidence) คือ ข้อมูลที่สนับสนุนคำตอบหรือข้อสรุป เช่น การสังเกตสิ่งรอบตัว การทดลอง การอ่านเอกสารสำคัญ การได้รับข้อมูลเพิ่มเติม เป็นต้น และ 3) การให้เหตุผล (Reasoning) คือ การแสดงเหตุผลเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานสนับสนุน โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมและถูกต้อง

2.3.4 พฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

มีนักการศึกษาได้ให้พฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไว้หลายท่านดังนี้

Etkina (2004) ได้กล่าวถึงพฤติกรรมที่บ่งชี้ว่านักเรียนมีการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะดังนี้

1. สร้างความกระจ่างให้กับสถานการณ์ และเสนอคำอธิบายจากปรากฏการณ์ที่สังเกตได้โดยใช้เหตุผลที่หลากหลายในเชิงอุปมาอุปไมยเปรียบเทียบ

2. ลงความเห็นในการนำคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น

3. ทำนายอย่างมีเหตุผล โดยใช้พื้นฐานจากการสร้างคำอธิบาย

4. ประเมินคำอธิบายและปรับเปลี่ยนคำอธิบายเมื่อจำเป็น

5. จำแนกประเภท ประเมิน และระบุข้อจำกัดของคำอธิบาย โดยตรวจสอบความสัมพันธ์อันเกี่ยวเนื่องกับรูปแบบอื่น ๆ และพิจารณาความสอดคล้องกับหลักฐานได้

Ruiz-Primo et al. (2010) กล่าวว่า พฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน นักเรียนจะต้องแสดงพฤติกรรมดังนี้

1. นักเรียนให้ความสนใจกับหลักฐาน และนำหลักฐานนั้นมาสร้างเป็นคำอธิบาย

2. นักเรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานที่เกี่ยวเนื่องกับคำถาม

3. นักเรียนสร้างและปรับปรุงคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อย่างมีเหตุผล

4. นักเรียนสามารถโต้แย้งโดยใช้หลักการหรือทฤษฎี

Woody (2015) ได้กล่าวถึงลักษณะของกิจกรรมในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และระบุพฤติกรรมของนักเรียนว่าจะมีการแสดงออกพฤติกรรมในห้องเรียน ดังนี้

1. มีการพูดคุยกันอย่างเปิดเผยแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของตนเองในกลุ่มย่อย

2. ภายในกลุ่มควรมีสมาชิกที่มีความสามารถและทักษะความรู้ที่แตกต่างกัน เพื่อร่วมกันสร้าง และตรวจสอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่แต่ละกลุ่มสร้างขึ้น

3. มีกลุ่มของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นตัวอย่างในการสร้าง เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันในกลุ่มย่อย

4. การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ให้ความสำคัญกับการอธิบายปรากฏการณ์ซ้ำไปซ้ำมามากกว่าคำอธิบายใหม่ และให้ความสำคัญกับหลักฐานการสร้างประเมินคำอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์

5. กิจกรรมการสร้างและแลกเปลี่ยนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นหัวใจสำคัญของการศึกษาวิทยาศาสตร์ โดยกิจกรรมการสร้างและแลกเปลี่ยนทางวิทยาศาสตร์นั้นสามารถปรับปรุงคำอธิบายโดยใช้หลักฐานตรรกะ และสามารถโต้แย้งโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์หรือรูปแบบทฤษฎีมากล่าวอ้าง

จากการศึกษาดังกล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า พฤติกรรมที่บ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน คือการให้ความสำคัญกับหลักฐาน โดยนักเรียนต้องทำหน้าที่เป็นผู้สำรวจและตรวจสอบเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลหรือหลักฐานที่น่าเชื่อถือ จากนั้นจึงนำหลักฐานมาประเมิน วิเคราะห์ และใช้เป็นพื้นฐานในการสร้างข้อสรุปและคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้นักเรียนยังต้องสามารถตรวจสอบและปรับปรุงคำอธิบายของตนเองได้อย่างต่อเนื่อง โดยอาศัยการทำงานร่วมกันภายในกลุ่มที่มีความหลากหลายด้านความสามารถ เพื่อเปิดโอกาสให้เกิดการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การโต้แย้งอย่างมีเหตุผล และการร่วมกันตรวจสอบความถูกต้องของคำอธิบาย ซึ่งจะช่วยให้คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มีความสมบูรณ์และน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

2.3.5 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

มีนักการศึกษาได้เสนอแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ไว้หลายท่านดังนี้

McNeill and Krajcik (2008) ได้เสนอแนวทางในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ประกอบด้วย 6 ขั้น ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. การพิจารณา และการจัดมาตรฐานที่เกี่ยวกับเนื้อหาให้เป็นส่วนๆ (Identify and Unpack the Content Standard) เป็นขั้นที่ครูผู้สอนมีการกำหนดมาตรฐานการเรียนรู้ และระบุแนวคิดหลักที่นักเรียนจำเป็นต้องรู้ โดยต้องระบุรายละเอียดให้ชัดเจน

2. คัดเลือกการปฏิบัติการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Unpack the Scientific Inquiry Practice) เป็นขั้นที่ครูผู้สอนมีการกาหนดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยรูปแบบของกิจกรรมการเรียนรู้ควรมีลักษณะสำคัญ คือเป็นการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เช่น การสืบค้นข้อมูล การทดลอง และลงข้อสรุป เป็นต้น

3. การกำหนดสมรรถนะในการเรียนรู้ (Create Learning Performance) เป็นการกำหนดภาระงานที่ต้องการให้นักเรียนได้ปฏิบัติหลังการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

4. การสร้างภาระงานที่ต้องการประเมิน (Write the Assessment Task) เป็นการออกแบบคำถาม หรือสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ จากการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง

5. ทบทวนภาระงานที่ต้องการประเมิน (Review the Assessment Task) ทบทวนสถานการณ์ หรือข้อคำถามที่กำหนด โดยต้องคำนึงถึงด้านของความรู้ในเนื้อหาที่ต้องการจัดการเรียนรู้ และความเหมาะสมกบความสามารถของนักเรียน ซึ่งได้มีการนำเสนอการใช้คำถามที่ปรับมาจากกรอบแนวคิดในการประเมินของโครงการ 2061 (Project 2061's Assessment Framework) (McNeill and Krajcik, 2008) ซึ่งประกอบด้วยคำถาม 3 ข้อ ในการพิจารณา ได้แก่ 1) ความรู้ที่จำเป็นต่อการทำภาระงานนี้ถูกต้องหรือไม่ 2) ความรู้เพียงพอต่อการทำภาระงานนี้หรือไม่ หรือมีความรู้อื่น ๆ ที่จำเป็นกับการทำงานนี้อีกหรือไม่ และ 3) ภาระงานที่ต้องการประเมินและเนื้อหานั้นมีความเป็นไปได้ที่นักเรียนจะทำความเข้าใจได้หรือไม่

6. พัฒนาเกณฑ์การให้คะแนนแบบจำเพาะ (Develop Specific Rubric) เป็นการใช้พื้นฐาน ในการสร้างเกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ แล้วปรับให้เหมาะสม หรือ จำเพาะเจาะจงต่อภาระงาน หรือเครื่องมือที่ผู้สอนได้สร้างขึ้นเพื่อวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

สันติชัย อนุวรชัย (2557) กล่าวว่า แนวทางสำคัญที่ใช้จัดการเรียนรู้ ด้วยการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ คือ การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ เช่น ให้นักเรียนทดลอง ค้นคว้าด้วยตนเอง แต่ภาระงานที่มอบหมายให้นักเรียนทำนั้น ต้องเป็นการเขียนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หรืออาจจัดเป็นขั้นตอนตามรูปแบบการ สอนที่นักการศึกษานำเสนอ ดังนั้นจุดเน้นของการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ จึงอยู่ที่การออกแบบภาระงานให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ

ณัฐกฤษ ทองน้อย (2560) ศึกษาการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่าเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ครูหรือผู้ที่ปฏิบัติหน้าที่ในการสอน และสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งสามารถใช้เป็นข้อสอบในการวัดประเมินความรู้ของนักเรียน เนื่องจากการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นการสะท้อนถึงการประมวลความรู้

การประยุกต์ความรู้ และการสื่อสารความรู้ของนักเรียน โดยรูปแบบของข้อความในการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์นั้นเป็นการกล่าวอ้างหรือการลงข้อสรุป ซึ่งจะมีการแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ประกอบการกล่าวอ้างที่นักเรียนสร้างขึ้น จากนั้นต้องมีการแสดงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานเชิงประจักษ์ด้วยการให้เหตุผล ด้วยความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ผู้อ่านสามารถเข้าใจได้อย่างชัดเจน และมีความถูกต้องเหมาะสม

จากการศึกษาดังกล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะการประมวลและประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงสามารถใช้เป็นเครื่องมือวัดผลได้ แนวทางการสอนเน้นการสืบเสาะเชิงวิทยาศาสตร์ โดยให้นักเรียนทดลองและค้นคว้าด้วยตนเอง ภาระงานต้องออกแบบให้เอื้อต่อการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ แนวทาง 6 ขั้นตอน ได้แก่ การกำหนดมาตรฐานเนื้อหา การออกแบบกิจกรรมสืบเสาะ การกำหนดสมรรถนะ การสร้างภาระงาน การทบทวนภาระงาน และการพัฒนาเกณฑ์ให้คะแนน ซึ่งกระบวนการนี้ช่วยให้นักเรียนเข้าใจหลักฐานเชิงประจักษ์และเชื่อมโยงเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างชัดเจน

2.3.6 เครื่องมือวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่าเครื่องมือที่ใช้ในการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีหลายรูปแบบ โดยทั่วไปในการศึกษาการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์นั้นนิยมใช้เครื่องมือหลายชนิดร่วมกัน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้อง ครบถ้วน และใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด ซึ่งสามารถสรุป ลักษณะของเครื่องมือในการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ดังนี้

McNeill and Krajcik (2008) กล่าวว่าการวัดและประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ใช้วิธีการทดสอบ (Testing) ด้วยการใช้แบบสอบความเรียง (Essay Test) โดยใช้ข้อคาถามแบบปลายเปิด (The Open-Ended Explanation Items) แบบทดสอบ (Test) ประกอบด้วยข้อสอบที่มี องค์ประกอบสำคัญ คือ

1. สถานการณ์เกี่ยวกับเรื่องที่ต้องการให้นักเรียนสร้างคำอธิบาย

2. ข้อมูลประกอบสถานการณ์ที่กำหนด ซึ่งอาจอยู่ในรูปกราฟ ตาราง แผนภูมิภาพ การทดลอง เพื่อให้นักเรียนใช้เป็นข้อมูลในการอ้างอิงเป็นหลักฐานในการสร้างคำอธิบาย

3. คำสั่ง หรือคำถามที่ให้นักเรียนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยระบุว่าต้องการให้นักเรียนสร้างคำอธิบายในเรื่องใด ส่วนจำนวนข้อสอบในแบบสอบและเวลาที่ใช้ในการทำแบบสอบนั้นแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับผู้สอน

OECD (2016) กล่าวว่าลักษณะของแบบวัดการอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 3 ส่วนหลักคือเลือกคำตอบอย่างง่ายเลือกคำตอบแบบซับซ้อน และแบบเขียนอธิบายเหตุผล โดยส่วนที่เป็นแบบปลายเปิดมีลักษณะอธิบายจากแผนภาพหรือกราฟนำไปสู่ข้อสรุป

สุรีรัตน์ จุ้ยกระยาง (2553) กล่าวว่าเครื่องมือในการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยแบบประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการสังเกตความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนระหว่างการทำกิจกรรมหรือประเมินจากผลงานของนักเรียนที่แสดงถึงการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

สันติชัย อนุวรชัย (2553) กล่าวว่าเครื่องมือในการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย ดังต่อไปนี้

1. แบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ มีลักษณะเป็นแบบประเมินพฤติกรรมที่แสดงถึงการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เช่น การระบุข้อกล่าวอ้าง การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ เป็นต้น

2. แบบสอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ มีลักษณะเป็นแบบสอบความเรียงเพื่อใช้ในการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

3. แบบประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ใช้ประเมินผลของการทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

4. แบบทดสอบความมีเหตุผล เป็นการทดสอบด้วยสถานการณ์ที่สอดคล้องกับพฤติกรรม บ่งชี้ความมีเหตุผล

5. แบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผลมีลักษณะเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) ที่สอดคล้องกับพฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผล

พจีลักษณ์ ขวัญใจ และวัชราภรณ์ แก้วดี (2555) กล่าวว่าเครื่องมือในการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ มีดังนี้

1. แบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยประเมินจากพฤติกรรมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

2. แบบทดสอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ใช้วัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และให้คะแนนแบบแยกส่วนตามแบบประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

อรยา แจ่มใจ (2557) กล่าวว่าเครื่องมือในการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ มีดังนี้

1. แบบทดสอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ใช้วัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ มีลักษณะเป็นความเรียง

2. ใบกิจกรรมของนักเรียน ใช้เพื่อวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างการจัดการเรียนรู้

3. แบบสัมภาษณ์ โดยการสัมภาษณ์นักเรียนคละความสามารถครั้งละ 5 คน หลังเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้

4. บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ ใช้ศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยครูผู้สอนเป็นผู้ทำการบันทึกทุกครั้งหลังเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้

จากการศึกษาดังกล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า จะมีลักษณะเป็นสถานการณ์ที่ต้องให้นักเรียนสร้างคำอธิบายโดยจะต้องให้ข้อมูลประกอบ เช่น รูปภาพ ตาราง การทดลอง ผลการทดลอง เป็นหลักฐานในการสร้างคำอธิบาย โดยนักเรียนจะต้องเป็นผู้ให้เหตุผลประกอบด้วยตนเอง

2.3.7 เกณฑ์การประเมินวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ในการประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ผู้สอนจำเป็นต้องมีการสร้างเกณฑ์การให้คะแนน เพื่อเป็นกรอบในการประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนนั้นมีแนวทางที่หลากหลาย ดังนี้

Gilbert, et al. (1998) ได้มีการกำหนดเกณฑ์การประเมินอย่างกว้าง ๆ ในการประเมินความเหมาะสมของการสร้างคำอธิบาย ดังนี้

1. ความมีเหตุผล น่าเชื่อถือ (Plausibility) คือ ความเป็นไปได้ที่จะใช้คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นในการแก้ปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตได้อย่างเหมาะสม

2. ความประหยัด (Parsimony) คือ การที่คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นนั้นมีการใช้จำนวนของแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่น้อยกว่าในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีความครอบคลุมมากกว่า

3. ความสามารถอ้างอิง (Generalizability) คือ การที่คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับบริบทอื่น ๆ อย่างกว้างขวาง

4. ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์อื่น (Fruitfulness) คือ คำอธิบายที่สร้างขึ้นสามารถสนับสนุนการคาดการณ์ได้เป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะการคาดการณ์ที่ได้รับการยืนยันจากผลการทดลอง

McNeill, et al. (2006) ได้สร้างแบบวัดความสามารถในการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งแบบวัดที่สร้างขึ้นเป็นประเภทอัตนัยโดยกำหนดสถานการณ์เพื่อให้นักเรียนตอบคำถาม โดยสร้างเกณฑ์การประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แบ่งเป็น 6 ระดับตามความสามารถ ตั้งแต่ 0 – 5 ดังแสดงใน ตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 เกณฑ์การประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ตามระดับความสามารถ

ระดับความสามารถ	คำอธิบายในแต่ละระดับ
0	ไม่ระบุองค์ประกอบในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
1	ไม่สามารถระบุหลักฐานที่เป็นองค์ประกอบในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
2	ระบุข้อกล่าวอ้างมากเกินไปเชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวไม่ได้
3	ระบุข้อกล่าวอ้างได้บางส่วนและไม่อธิบายหลักฐานที่นำไปสู่ข้อกล่าวอ้าง
4	ระบุข้อกล่าวอ้างได้แต่อธิบายหลักฐานที่นำไปสู่ข้อกล่าวอ้างไม่ครบ
5	ระบุองค์ประกอบในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้องครบถ้วน

หมายเหตุ. ปรับปรุงจาก Supporting Students' Construction of Scientific Explanations by Fading Scaffolds in Instructional Materials. โดย K. L. McNeill, D. J. Lizotte, J. Krajcik and R. W. Marx, (2006). *Journal of the Learning Sciences*, *15*(2), 153–191.

นอกจากนี้ McNeill and Krajcik (2008) กล่าวว่าการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิง วิทยาศาสตร์จะใช้แบบทดสอบประเภทอัตนัยที่เป็นความเรียง (Essay Test) ซึ่งแบบทดสอบประกอบไปด้วยสถานการณ์ที่กำหนด อาจอยู่ในรูปของแผนภูมิกราฟ หรือรูปภาพ เพื่อให้นักเรียนใช้เป็นข้อมูลในสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ดังนั้นในการประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ จะประเมินตามองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่มี 3 องค์ประกอบ คือข้อกล่าวอ้างหลักฐาน และการให้เหตุผล โดยในการสร้างเกณฑ์การประเมินจะใช้เกณฑ์การประเมินแบบรูบริกส์ 3 ระดับ คือ 0 – 2 ซึ่งเป็นรูบริกส์แบบทั่วไป เพื่อนำมาใช้แบบแนวทางในการสร้างเกณฑ์การประเมินแบบรูบริกส์ที่เจาะจงในเนื้อหาของนักเรียน ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 เกณฑ์การประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แบบทั่วไป

องค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	ระดับคะแนน		
	0	1	2
ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คือ ข้อยืนยันของปรากฏการณ์ที่ศึกษา	ไม่เขียนข้อกล่าวอ้างหรือเขียนข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง	เขียนข้อกล่าวอ้างถูกต้องแต่ไม่ชัดเจน	เขียนข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องและชัดเจน
หลักฐาน (Evidence) คือ ข้อมูลเชิงประจักษ์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ไม่มีการแสดงหลักฐานหรือแสดงหลักฐานไม่เหมาะสม คือเป็นหลักฐานที่ไม่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	แสดงหลักฐานได้เหมาะสม แต่ไม่พียงพอและอาจมีหลักฐานบางประการที่ไม่เหมาะสม	แสดงหลักฐานได้เหมาะสมและมีจำนวนเพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
การให้เหตุผล (Reasoning) คือข้อความที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับ หลักฐาน	ไม่แสดงเหตุผลหรือแสดงเหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง	แสดงเหตุผลที่เชื่อมโยงกับข้อกล่าวอ้างแต่มีการใช้หลักฐานซ้ำและหรือใช้หลักฐานเชิงวิทยาศาสตร์บ้าง แต่ไม่เพียงพอ	แสดงเหตุผลที่เป็นการเชื่อมโยงหลักฐานขไปสู่ข้อกล่าวอ้าง รวมถึงใช้หลักฐานเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสมและเพียงพอ

หมายเหตุ. ปรับปรุงจาก *Inquiry and Scientific Explanations: Helping Students Use Evidence and Reasoning.* Science as Inquiry in the Secondary Setting (pp. 121–134). โดย K. L. McNeill and J.S. Krajcik. (2008). Arlington, VA: NSTA Press.

สุรีรัตน์ จุ้ยกระยาง (2553) ได้ระบุพฤติกรรมบ่งชี้ที่แสดงถึงความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยมีรายละเอียดของพฤติกรรมครอบคลุมตั้งแต่การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ จนกระทั่งถึงขั้นตอนการประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้างขึ้น ดังนี้

1. สามารถนำเสนอคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จากการสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นโดยมีการให้เหตุผลที่น่าเชื่อถือและมีความหลากหลาย

2. สามารถนำคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นไปใช้ในการอธิบายสถานการณ์อื่น ๆ ที่มีความซับซ้อนมากขึ้นได้

3. สามารถทำนายผลของการเกิดปรากฏการณ์ต่าง ๆ อย่างมีเหตุผล โดยมีพื้นฐานมาจากคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น

4. สามารถประเมินความเหมาะสมของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น และยินยอมปรับเปลี่ยนคำอธิบายที่สร้างขึ้น เมื่อพบเจอคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อื่นที่มีความเหมาะสมมากกว่าของเดิม

5. สามารถจำแนกประเภท และระบุข้อจากดของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น โดยพิจารณาจากความสอดคล้องของหลักฐาน

จากการศึกษาดังกล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า เกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นแนวทางที่ช่วยให้ผู้สอนสามารถวัดและพัฒนาความคิดของผู้เรียนได้อย่างเป็นระบบ โดยคำอธิบายที่ดีควรมีความสมเหตุสมผล ใช้แนวคิดอย่างกระชับ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ ในสถานการณ์อื่นได้ และช่วยอธิบายหรือคาดการณ์ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การประเมินมักพิจารณาระดับความสามารถของผู้เรียนตั้งแต่ไม่สามารถสร้างคำอธิบายได้ ไปจนถึงสามารถอธิบายได้อย่างครบถ้วนและเชื่อมโยงองค์ประกอบต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้ยังเน้นองค์ประกอบสำคัญ 3 ส่วน ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล ซึ่งต้องมีความสอดคล้องและสนับสนุนกันอย่างชัดเจน อีกทั้งการใช้รูบริกส์ช่วยให้การให้คะแนนมีความชัดเจนและเป็นธรรมมากขึ้น สุดท้าย ผู้เรียนควรแสดงพฤติกรรมที่สะท้อนความเข้าใจเชิงลึก เช่น การอธิบายจากการสังเกต การนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ การคาดการณ์ผล การประเมินและปรับปรุงคำอธิบายของตนเอง รวมถึงการตระหนักถึงข้อจำกัดของคำอธิบาย ซึ่งทั้งหมดนี้สะท้อนถึงความสามารถในการคิดเชิงวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง

2.4 ความตระหนักรู้

2.4.1 ความหมายของความตระหนักรู้

มีนักการศึกษาได้กล่าวถึงความหมายของความตระหนักรู้ไว้หลายท่านดังนี้

Runes (1971) ได้ให้ความหมายไว้ว่า ความตระหนักรู้เป็นการกระทำที่เกิดจากความสำนึก

Bloom, et al. (1971) กล่าวว่า ความตระหนักรู้ คือ ความรู้สึกใคร่ครวญ ว่ามีความจำเป็นต้องเห็นด้วย/ต้องทำ หรือเห็นด้วยคล้อยตามจนแสดงออกมาเป็นลักษณะการปฏิบัติเป็นขั้นตอนที่ต่ำที่สุดของภาคอารมณ์และความรู้สึก ความตระหนักรู้มีลักษณะคล้ายกับความรู้ความตระหนัก และความรู้ไม่เป็นลักษณะของสิ่งเร้า และจะเกิดขึ้นเมื่อมีสิ่งเร้ามาทำให้เกิดความตระหนักรู้

Good (1973) ได้ให้ความหมายไว้ว่า ความตระหนักรู้ หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงถึงการเกิดความรู้ของบุคคล หรือการที่บุคคลแสดงความรู้สึกรับผิดชอบต่อปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น

Wolman (1973) ได้ให้ความหมายไว้ว่า ความตระหนักรู้เป็นภาวะที่บุคคลเข้าใจหรือสำนึกถึงบางอย่างของเหตุ ประสบการณ์ หรือวัตถุสิ่งของได้

Koffka (2013) กล่าวว่า ความตระหนักรู้ หมายถึงความสำนึกในภาวะจิตใจที่เกี่ยวข้องกับความรู้สึก ความคิด และความปรารถนาในด้านต่าง ๆ ซึ่งเป็นสภาวะส่วนบุคคลที่ได้รับรู้หรือได้ประสบกับเหตุการณ์ต่าง ๆ และมีการประเมินค่าให้กับสิ่งเหล่านั้น หรือให้ความสำคัญต่อสิ่งเหล่านั้น ปัจจัยสำคัญที่ทำให้บุคคลเกิดความตระหนักรู้คือ ประสบการณ์สภาพแวดล้อม และปัจจัยสิ่งเร้าต่าง ๆ

ยุบล ธงวิชัย (2552) ได้ให้ความหมายของความตระหนักรู้ไว้ว่า ความตระหนักรู้เป็นพฤติกรรมด้านอารมณ์ที่แสดงถึงการรับรู้ การมีจิตสำนึกต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่งที่เกิดจากสิ่งเร้าอย่างไม่ตั้งใจ ซึ่งเป็นพฤติกรรมขั้นต่ำสุดทางด้านจิตพิสัย (Effective Domain) และจะพัฒนาให้เป็นเจตคติ ค่านิยม หรือพฤติกรรมชั้นสูงต่อไป

ทิศนา แขมมณี (2560) ได้กล่าวไว้ว่า ความตระหนักรู้เป็นกระบวนการที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ เอาใจใส่ รับรู้ เห็นคุณค่าในปรากฏการณ์ หรือพฤติกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในสังคม ทั้งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการ ดังนี้

1. สังเกต ให้ข้อมูลที่ต้องการให้นักเรียนเกิดความสนใจ เอาใจใส่ และเห็นคุณค่า

2. วิจารณ์ ให้ตัวอย่าง สถานการณ์ ประสบการณ์ตรง เพื่อให้นักเรียนได้วิเคราะห์หาสาเหตุและผลดี ผลเสียที่จะเกิดขึ้นทั้งในระยะสั้นและระยะยาว

3. สรุป ให้อภิปราย หาข้อมูล หรือหลักฐานมาสนับสนุนของคุณค่าของสิ่งที่จะต้องตระหนักและวางเป้าหมายที่จะพัฒนาตนเองในเรื่องนั้น

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2555) ได้อธิบายไว้ว่า ความตระหนักรู้ต่อกระบวนการคิด เป็นความสามารถของนักเรียนเกี่ยวกับการรู้ปัจจัยที่จำเป็น ที่ทำให้เกิดการเรียนรู้หรือการปฏิบัติงานสำเร็จได้อย่างมีประสิทธิภาพ และนักเรียนสามารถอธิบายสิ่งที่ตนเองคิดนั้นถูกต้อง หลังจากมีการประเมินแล้วว่ากระบวนการคิดที่ใช้ในการเรียนรู้หรือการปฏิบัติงานทำให้งานสำเร็จ ดังนี้

1. การสนับสนุนความคิดหรือวิธีการที่ถูกต้องของตนเองได้ นักเรียนสามารถอธิบายเพื่อสนับสนุนความคิดหรือวิธีการที่ถูกต้องของตนเองได้อย่างชัดเจน ซึ่งแสดงถึงความมั่นใจว่าสิ่งที่ตนเองคิดนั้นถูกต้อง หลังจากมีการประเมินแล้วว่ากระบวนการคิดที่ใช้ในการคิดที่ใช้ในการเรียนรู้หรือการปฏิบัติงานทำให้งานสำเร็จ

2. การยอมรับความคิดหรือวิธีการอื่นที่ถูกต้อง นักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลของการยอมรับความคิดเห็นหรือวิธีการอื่นที่แตกต่างจากแนวคิดของตนเองว่าถูกต้อง

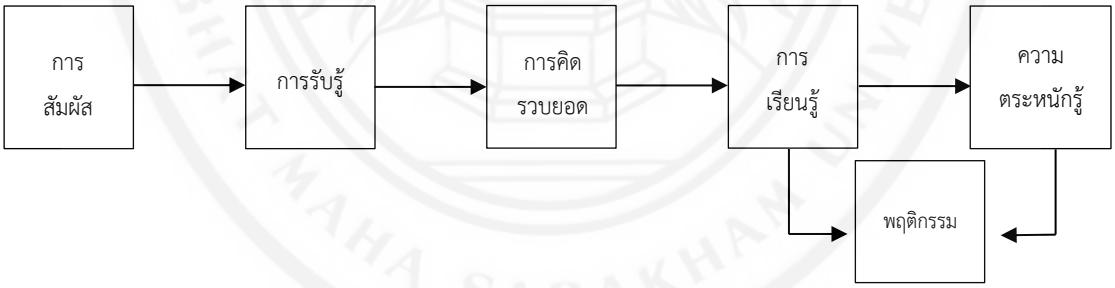
3. การยอมรับว่าความคิดหรือวิธีการของตนเองผิดพลาด นักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลของการยอมรับว่าความคิดหรือวิธีการของตนเองผิดพลาด และพร้อมที่จะแก้ไขความผิดพลาดที่เกิดขึ้น หลังจากมีการประเมินแล้วว่ากระบวนการคิดที่ใช้ในการเรียนรู้หรือการปฏิบัติงานทำให้งานผิดพลาด

จากการศึกษาดังกล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า ความตระหนักรู้เป็นสภาวะทางจิตใจที่แสดงถึงการรับรู้เข้าใจ และให้ความสำคัญต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือสถานการณ์อย่างลึกซึ้ง รวมถึงการมีสติรู้ตัว การใส่ใจและการตื่นตัวทางความคิดต่อประเด็นนั้น ๆ ความตระหนักรู้ยังหมายถึงการยอมรับในคุณค่าและการมีจิตสำนึกรับผิดชอบ ตลอดจนการเห็นความเชื่อมโยงและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น สภาวะนี้มักนำไปสู่การพิจารณาอย่างรอบคอบและอาจส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทัศนคติหรือพฤติกรรม ในที่สุด ความตระหนักรู้จึงเป็นจุดเริ่มต้นสำคัญของการเรียนรู้ การพัฒนา และการแก้ปัญหาในหลากหลายบริบทของชีวิตและสังคม

2.4.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความตระหนักรู้

มีนักการศึกษาได้กล่าวถึงแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความตระหนักรู้ไว้หลายท่านดังนี้

Good (1973) อธิบายถึงกระบวนการเกิดความตระหนักรู้ว่า การเกิดความตระหนักรู้เป็นผลมาจากกระบวนการทางปัญญา บุคคลที่ถูกกระตุ้นจากสิ่งเร้าจะเกิดความรับรู้ เมื่อรับรู้แล้วจะเกิดความคิดรวบยอดแล้วนำไปสู่กระบวณการการเรียนรู้ เมื่อมีความรู้ในสิ่งนั้นจะนำไปสู่การเกิดความตระหนักรู้ และนำไปสู่การแสดงพฤติกรรมของบุคคลต่อสิ่งเร้านั้นตามภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 ขั้นตอนและกระบวนการเกิดความตระหนักรู้ ปรับปรุงจาก *Dictionary of Education*. New York: McGraw-Hill. โดย Carter V. Good. (1973).

จากภาพที่ 2.2 ความตระหนักรู้เป็นผลมาจากกระบวนการทางปัญญา (Cognitive Process) กล่าวคือเมื่อบุคคลได้รับการกระตุ้นจากสิ่งเร้าหรือได้รับการสัมผัสจากสิ่งเร้าแล้วจะเกิดการรับรู้

และเมื่อรับรู้ในขั้นต่อ ๆ ไปก็จะเข้าใจในสิ่งเร้านั้น คือ เกิดความคิดรวบยอดและนำไปสู่การเรียนรู้ คือ มีความรู้ในสิ่งนั้นและนำไปสู่การเกิดความตระหนักรู้ในที่สุด ซึ่งความรู้และความตระหนักรู้ต่างก็ นำไปสู่การกระทำหรือการแสดงพฤติกรรมของบุคคลต่อสิ่งเร้านั้น ๆ การที่บุคคลจะเกิดความตระหนักรู้ขึ้นได้นั้น บุคคลนั้นจะต้องมีความรู้มาก่อน ดังนั้นการจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนมองเห็นความสำคัญ ความรับผิดชอบและผลกระทบที่จะเกิดขึ้นตามมา จะส่งผลให้นักเรียนเกิดความตระหนักรู้ต่อสิ่งนั้น ๆ ต่อไปในที่สุด

ลักขณา สริวัฒน์ (2557) ได้อธิบายแนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับความตระหนักรู้ไว้ว่า ความตระหนักรู้" (Awareness) เชื่อมโยงกับกระบวนการเรียนรู้และการพัฒนาศักยภาพของมนุษย์ โดยเฉพาะในมิติของการรู้จักตนเอง และการปรับตัวเพื่อการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพทำให้เกิด "ความสามารถในการรับรู้และเข้าใจในสิ่งที่เกิดขึ้นกับตนเอง" ไม่ว่าจะเป็นความคิด อารมณ์ ความรู้สึก หรือพฤติกรรมที่แสดงออก รวมถึงการรู้ถึงคุณค่าและเป้าหมายของตนเอง ความตระหนักรู้นี้เป็นพื้นฐานสำคัญที่นำไปสู่การควบคุมตนเอง (Self-control) และการพัฒนาตนเอง (Self-development) ซึ่ง ลักขณา สริวัฒน์ ได้เชื่อมโยงความตระหนักรู้กับทฤษฎีการเรียนรู้ไว้ว่า

1. ทฤษฎีมนุษยนิยม (Humanism) เน้นว่ามนุษย์มีศักยภาพในการพัฒนาตนเอง หากมีความตระหนักรู้ในตนเองและได้รับอิสระในการเรียนรู้

2. การเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม (Participatory Learning) เน้นการสร้างสถานการณ์ให้นักเรียนได้สะท้อนคิด (Reflection) เกี่ยวกับประสบการณ์ของตนเอง เพื่อสร้างความตระหนักรู้ในเนื้อหาและกระบวนการทำงานร่วมกับผู้อื่น

สุรางค์ โค้วตระกูล (2559) ได้อธิบายแนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับความตระหนักรู้ หรือที่เรียกว่า อภิปัญญา (Metacognition) โดยเน้นย้ำถึงความสำคัญของอภิปัญญาในกระบวนการเรียนรู้และการพัฒนานักเรียนให้เป็นนักเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ อภิปัญญาไม่ได้เป็นเพียงแค่การคิด แต่เป็นการคิดเกี่ยวกับการคิดของตนเอง (Thinking about Thinking) ซึ่งช่วยให้บุคคลสามารถควบคุมและกำกับกระบวนการเรียนรู้ของตนเองได้

1. ความหมายของอภิปัญญา (Metacognition) อภิปัญญา คือ ความสามารถของบุคคลในการตระหนักรู้ เข้าใจ และควบคุมกระบวนการคิดและการเรียนรู้ของตนเอง ซึ่งรวมถึงการรู้ว่าตนเองรู้อะไร ไม่รู้อะไร และจะทำอย่างไรเพื่อให้รู้ในสิ่งที่ยังไม่รู้ กล่าวคือ เป็นความสามารถในการวางแผน ตรวจสอบ และประเมินผลการเรียนรู้ของตนเองอย่างมีสติ

2. องค์ประกอบของอภิปัญญา ได้แบ่งองค์ประกอบของอภิปัญญาออกเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่

2.1 ความรู้เกี่ยวกับอภิปัญญา (Metacognitive Knowledge) เป็นความรู้ที่บุคคลมีเกี่ยวกับกระบวนการคิดและการเรียนรู้ของตนเอง ซึ่งประกอบด้วย

2.1.1 ความรู้เกี่ยวกับบุคคล (Person Knowledge) การตระหนักรู้ถึงความสามารถ จุดแข็ง จุดอ่อน รูปแบบการเรียนรู้ และความสนใจของตนเอง เช่น การรู้ว่าตนเองเรียนรู้ได้ดีที่สุดเมื่อใด หรือในสถานการณ์ใด

2.1.2 ความรู้เกี่ยวกับงาน (Task Knowledge) การเข้าใจลักษณะของงานหรือภารกิจที่ต้องทำ ความยากง่ายของงาน และสิ่งที่จำเป็นต้องใช้ในการทำงานนั้นให้สำเร็จ เช่น การรู้ว่าการอ่านบทความวิชาการต้องใช้กลยุทธ์ที่แตกต่างจากการอ่านนิยาย

2.1.3 ความรู้เกี่ยวกับกลยุทธ์ (Strategy Knowledge) การรู้เกี่ยวกับกลยุทธ์ต่าง ๆ ที่สามารถนำมาใช้ในการเรียนรู้หรือแก้ปัญหา และรู้ว่าจะเลือกใช้กลยุทธ์ใดในสถานการณ์ใดจึงจะเหมาะสมที่สุด เช่น การรู้ว่าการสรุปเนื้อหาช่วยให้จำได้ดีขึ้น หรือการตั้งคำถามช่วยให้เข้าใจลึกซึ้งขึ้น

2.2 การกำกับอภิปัญญา (Metacognitive Regulation) เป็นกระบวนการที่บุคคลใช้ในการควบคุมและกำกับกิจกรรมการเรียนรู้ของตนเอง ซึ่งประกอบด้วย

2.2.1 การวางแผน (Planning) การกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ การเลือกกลยุทธ์ที่เหมาะสม และการจัดสรรทรัพยากรที่จำเป็นก่อนเริ่มกิจกรรม เช่น การวางแผนว่าจะอ่านหนังสือบทไหนก่อน หรือจะใช้เวลาเท่าไรในการทำความเข้าใจ

2.2.1 การตรวจสอบ (Monitoring) การติดตามและประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของตนเองในระหว่างที่ทำกิจกรรม เช่น การถามตนเองว่าเข้าใจเนื้อหาที่อ่านอยู่หรือไม่ หรือกำลังทำตามแผนที่วางไว้หรือไม่

2.2.1 การประเมินผล (Evaluating) การพิจารณาผลลัพธ์ของการเรียนรู้หลังจากเสร็จสิ้นกิจกรรม การตรวจสอบว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้บรรลุหรือไม่ และกลยุทธ์ที่ใช้มีประสิทธิภาพเพียงใด เพื่อนำไปปรับปรุงการเรียนรู้ในอนาคต

3. ความสำคัญของอภิปัญญาในการเรียนรู้ ชี้ให้เห็นว่าอภิปัญญามีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น นักเรียนที่มีอภิปัญญาสูงจะสามารถ

3.1 เข้าใจเนื้อหาได้ลึกซึ้งและคงทนกว่า

3.2 แก้ปัญหาได้อย่างมีระบบและยืดหยุ่น

3.3 ปรับตัวเข้ากับสถานการณ์การเรียนรู้ใหม่ ๆ ได้ดี

3.4 เป็นผู้เรียนรู้ตลอดชีวิต (Lifelong Learner) ที่สามารถกำกับตนเองได้

ดังนั้น การส่งเสริมอภิปัญญาในนักเรียนจึงเป็นสิ่งสำคัญในการจัดการศึกษาเพื่อให้นักเรียนไม่เพียงแต่มีความรู้ แต่ยังมีความสามารถในการเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้อย่างต่อเนื่อง

จากการศึกษาดังกล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า แนวคิดเกี่ยวและทฤษฎีกับความตระหนักรู้สามารถอธิบายได้ว่าเป็นผลลัพธ์ของกระบวนการทางปัญญาที่เริ่มจากการได้รับสิ่งเร้า การรับรู้และการเกิดความคิดรวบยอด ก่อนจะพัฒนาไปสู่การเรียนรู้และเกิดเป็นความรู้ ซึ่งความรู้ดังกล่าวจะนำไปสู่ความตระหนักรู้และการแสดงพฤติกรรมของบุคคลต่อสิ่งนั้น ๆ ดังนั้นความตระหนักรู้จึงมีพื้นฐานมาจากความรู้และประสบการณ์เดิมของนักเรียน ในขณะเดียวกันความตระหนักรู้ยังเกี่ยวข้องกับการรู้จักตนเอง ทั้งด้านความคิด อารมณ์ และพฤติกรรม รวมถึงความสามารถใน การเข้าใจคุณค่าและเป้าหมายของตนเอง ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของการควบคุมและพัฒนาตนเอง นอกจากนี้ยังเชื่อมโยงกับแนวคิดทางการเรียนรู้ที่เน้นศักยภาพของมนุษย์และการมีส่วนร่วมของนักเรียน โดยการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สะท้อนคิดจากประสบการณ์ของตนเองจะช่วยส่งเสริมให้เกิดความตระหนักรู้มากยิ่งขึ้น ความตระหนักรู้ยังสัมพันธ์กับอภิปัญญา ซึ่งเป็นความสามารถในการคิดเกี่ยวกับการคิดของตนเอง ทำให้นักเรียนสามารถวางแผน ตรวจสอบ และประเมินกระบวนการเรียนรู้ของตนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.4.3 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความตระหนักรู้

มีนักการศึกษาได้แนะนำแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมความตระหนักรู้ไว้หลายท่านดังนี้

วิจารณ์ พานิช (2558) ได้ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการพัฒนาความตระหนักรู้ในนักเรียนและแนะนำแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมคุณสมบัตินี้ในนักเรียนผ่านหลายๆ วิธีการดังนี้:

1. การเรียนรู้ผ่านปัญหาจริง (Problem-Based Learning: PBL) เป็นการเรียนรู้ผ่านการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงหรือปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน เช่น ปัญหาสิ่งแวดล้อมหรือปัญหาทางสังคม จะช่วยให้นักเรียนสามารถพัฒนาความตระหนักรู้ในสถานการณ์ที่มีความซับซ้อน และต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการหาทางแก้ไข โดยไม่เพียงแต่ให้นักเรียนเข้าใจทฤษฎี แต่ยังพัฒนาให้มีทักษะในการคิดวิเคราะห์และตัดสินใจในสถานการณ์จริง การเรียนรู้รูปแบบนี้ส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์ และสะท้อนการกระทำของตนเองในโลกจริง

2. การเรียนรู้แบบโครงงาน (Project-Based Learning) เป็นการเรียนรู้ที่เน้นการทำโครงงาน เป็นวิธีที่ดีในการส่งเสริมความตระหนักรู้ เพราะนักเรียนจะต้องศึกษาและค้นคว้าหัวข้อที่ตนเองสนใจหรือเกี่ยวข้องกับปัญหาสังคมที่เกิดขึ้น การทำโครงงานจะช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้การทำงานร่วมกัน การค้นหาข้อมูล การพัฒนาแนวคิดใหม่ ๆ และการนำเสนอผลงานอย่างมีความรับผิดชอบ การจัดการเรียนรู้แบบนี้จะช่วยให้นักเรียนไม่เพียงแต่เข้าใจประเด็นต่าง ๆ แต่ยังเกิดความรู้สึกของการมีส่วนร่วมและความรับผิดชอบต่อปัญหาที่พบ

3. การสะท้อนคิด (Reflection) เป็นการสะท้อนคิดหรือการทบทวนการเรียนรู้ เป็นกระบวนการที่สำคัญในการส่งเสริมความตระหนักรู้ เพราะช่วยให้นักเรียนสามารถกลับมาคิดถึงสิ่งที่เรียนรู้ในมุมมองที่ลึกซึ้งและรอบด้าน การสะท้อนคิดสามารถทำได้หลายรูปแบบ เช่น การเขียนบันทึกการเรียนรู้ หรือการพูดคุยในกลุ่มเล็ก ๆ เกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ การสะท้อนคิดจะช่วยให้นักเรียนได้ทบทวนประสบการณ์และสามารถนำไปปรับใช้ในการกระทำในอนาคต

4. การเรียนรู้โดยใช้สื่อเทคโนโลยี (Technology-Enhanced Learning) เป็นการใช้เทคโนโลยีในการเรียนรู้ ช่วยให้นักเรียนสามารถเข้าถึงข้อมูลและทรัพยากรที่มีประโยชน์ในการศึกษาความรู้และประเด็นที่เกี่ยวข้องกับสังคมและโลกได้อย่างกว้างขวาง เทคโนโลยีช่วยให้นักเรียนมีความสะดวกในการเรียนรู้และสื่อสารได้ตลอดเวลา การนำสื่อดิจิทัล เช่น วิดีโอ บทความ หรือแอปพลิเคชันที่เกี่ยวข้องมาใช้ในกระบวนการเรียนรู้จะช่วยให้นักเรียนได้เข้าใจปัญหาที่ซับซ้อนในสังคมและโลกได้ดีขึ้น

5. การเรียนรู้แบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary Learning) การจัดการเรียนรู้แบบสหวิทยาการจะช่วยให้นักเรียนสามารถมองเห็นความเชื่อมโยงระหว่างวิชาและศาสตร์ต่าง ๆ ซึ่งช่วยให้นักเรียนเกิดการตระหนักรู้ในแง่มุมที่หลากหลาย เช่น การเชื่อมโยงระหว่างการศึกษาด้านสิ่งแวดล้อมกับวิชาคณิตศาสตร์ หรือการเชื่อมโยงความรู้ในวิชาสังคมศาสตร์กับวิชาภาษาอังกฤษ การเรียนรู้ในลักษณะนี้ช่วยให้นักเรียนสามารถมองเห็นความสำคัญของแต่ละประเด็น และเข้าใจถึงบทบาทของตนเองในสังคมและโลกในบริบทที่กว้างขึ้น

6. การเรียนรู้แบบร่วมมือ (Collaborative Learning) การเรียนรู้แบบร่วมมือหรือการทำงานเป็นกลุ่ม มีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมความตระหนักรู้ เพราะช่วยให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็น รับฟังมุมมองที่แตกต่าง และร่วมมือกันหาทางออกในการแก้ไขปัญหาหรือบรรลุเป้าหมายร่วมกัน การทำงานร่วมกันช่วยให้นักเรียนเข้าใจถึงความสำคัญของการร่วมมือในสังคมและช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้การทำงานในสภาพแวดล้อมที่หลากหลายและท้าทาย

7. การเรียนรู้ที่มุ่งเน้นทักษะชีวิต (Life Skills Education) เป็นการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการพัฒนาทักษะชีวิต เป็นอีกวิธีที่สำคัญในการส่งเสริมความตระหนักรู้ เพราะทักษะชีวิตที่นักเรียนได้เรียนรู้จะช่วยให้นักเรียนสามารถเข้าใจและจัดการกับความท้าทายในชีวิตได้ดีขึ้น เช่น ทักษะการสื่อสาร การแก้ปัญหา การจัดการกับอารมณ์และความเครียด ทักษะเหล่านี้ช่วยให้นักเรียนสามารถรับมือกับสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในสังคมได้อย่างมีสติและมีความรับผิดชอบ

ทิศนา แขมมณี (2560) กล่าวไว้ว่าการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความตระหนักรู้มีวิธีการต่าง ๆ ซึ่งมีรายละเอียดหลัก ๆ ดังนี้:

1. การใช้ประสบการณ์เป็นฐานการเรียนรู้ (Experiential Learning) เป็นการเรียนรู้จากประสบการณ์จริงหรือสถานการณ์จริงที่นักเรียนได้สัมผัส จะช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจ

และตระหนักถึงผลกระทบของการกระทำต่าง ๆ ในชีวิตจริง การออกไปสัมผัสสิ่งแวดล้อมหรือปัญหาสังคมอย่างใกล้ชิด ทำให้นักเรียนได้เห็นผลกระทบและเรียนรู้วิธีการจัดการกับปัญหาด้วยตัวเอง เช่น การจัดกิจกรรมภาคสนาม การสำรวจปัญหาสังคม หรือการฝึกทักษะในสถานการณ์จำลอง

2. การใช้กรณีศึกษาหรือสถานการณ์จำลอง (Case Studies or Simulations) เป็นการใช้กรณีศึกษาที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหรือสถานการณ์จริง เช่น ปัญหาสิ่งแวดล้อมหรือปัญหาสังคม เพื่อให้นักเรียนได้วิเคราะห์ ปรับใช้ความรู้และทักษะในการแก้ปัญหาหรือเสนอแนวทางในการแก้ไขกรณีศึกษานั้น ๆ การวิเคราะห์กรณีศึกษาจะช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการคิดวิจารณญาณ (Critical Thinking) และการตัดสินใจที่มีจิตสำนึกในระดับสูง

3. การอภิปรายและการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม (Collaborative Learning and Discussions) เป็นการอภิปรายในกลุ่มเล็กหรือกลุ่มใหญ่ ช่วยให้นักเรียนสามารถแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและมุมมองที่แตกต่างกัน ซึ่งจะช่วยกระตุ้นการคิดวิเคราะห์ และเพิ่มความเข้าใจในแง่มุมต่าง ๆ ของปัญหาหรือสถานการณ์ การทำงานกลุ่มไม่เพียงแต่ช่วยในการเรียนรู้จากผู้อื่น แต่ยังช่วยให้เกิดความตระหนักรู้ในความรับผิดชอบของตนเองในสังคมและร่วมมือกันหาทางออก

4. การเรียนรู้แบบสะท้อนคิด (Reflective Learning) การสะท้อนคิดช่วยให้นักเรียนมีโอกาสในการทบทวนและวิเคราะห์ประสบการณ์ที่เกิดขึ้นในกระบวนการเรียนรู้ โดยการตั้งคำถามเชิงวิพากษ์ว่านักเรียนได้เรียนรู้อะไรจากประสบการณ์นั้น และจะนำความรู้นั้นไปใช้ในชีวิตประจำวันอย่างไร เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการตระหนักถึงความสำคัญของการเรียนรู้และสามารถนำไปปรับใช้ในการพัฒนาตนเองได้

5. การบูรณาการทักษะชีวิตและการตระหนักรู้ทางสังคม (Life Skills and Social Awareness Integration) เป็นการฝึกฝนทักษะชีวิต เช่น การสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ การจัดการกับความเครียด หรือการทำงานเป็นทีม จะช่วยให้นักเรียนสามารถรับรู้และเข้าใจปัญหาที่เกิดขึ้น. ในสังคมได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังต้องสอดแทรกการตระหนักรู้ในสิทธิและหน้าที่ของตัวเองในฐานะสมาชิกในสังคม โดยสามารถแยกแยะและตัดสินใจเกี่ยวกับสิ่งที่ถูกต้องและไม่ถูกต้องได้อย่างมีวิจารณญาณ

6. การใช้เทคโนโลยีในการส่งเสริมความตระหนักรู้ (Technology Integration for Awareness) เป็นการใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ เช่น การใช้สื่อออนไลน์ (เช่น วิดีโอ บทความ หรือพอดแคสต์) การสร้างแอปพลิเคชัน หรือแพลตฟอร์มออนไลน์ เพื่อให้นักเรียนสามารถเรียนรู้และสำรวจข้อมูลในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับความตระหนักรู้ เช่น ปัญหาสิ่งแวดล้อมหรือสิทธิมนุษยชน เทคโนโลยีช่วยให้นักเรียนสามารถเข้าถึงข้อมูลต่าง ๆ ได้อย่างสะดวกและสามารถมีปฏิสัมพันธ์ในโลกออนไลน์ได้

7. การสร้างทัศนคติที่ดีและการพัฒนาอัตลักษณ์ทางสังคม (Cultivating Positive Attitudes and Social Identity) การพัฒนาอัตลักษณ์ทางสังคมและการปลูกฝังทัศนคติที่ดี เช่น ความรับผิดชอบต่อสังคม ความเห็นอกเห็นใจผู้อื่น หรือการมองโลกในแง่บวก เป็นสิ่งสำคัญในการสร้างการตระหนักรู้และความเข้าใจในตัวเองและผู้อื่น นักเรียนต้องรู้สึกว่าตนเองเป็นส่วนหนึ่งของสังคมและมีความรับผิดชอบในการกระทำของตน

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2563) ได้กล่าวถึงการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความตระหนักรู้ในหลายด้านอย่างละเอียด ดังนี้

1. การสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความตระหนักรู้ สร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่นักเรียนรู้สึกปลอดภัย เปิดโอกาสให้แสดงความคิดเห็นและเรียนรู้ร่วมกัน นักเรียนจะได้พัฒนาทักษะทางสังคมและความเข้าใจในตนเอง

2. การกระตุ้นให้เกิดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การตั้งคำถามเชิงลึกที่ช่วยให้นักเรียนมองเห็นปัญหาในหลายแง่มุมและเกิดความเข้าใจอย่างแท้จริง นอกจากนี้ การให้โอกาสนักเรียนคิดวิเคราะห์ปัญหาและพัฒนาวิธีแก้ไขปัญหาจะช่วยเพิ่มพูนความตระหนักรู้ที่ดีขึ้น

3. การสร้างกิจกรรมที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่พบในชีวิตจริง เช่น ปัญหาสิ่งแวดล้อม ความเสมอภาคทางเพศ หรือความเป็นพลเมือง ทำให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของปัญหาและสามารถหาวิธีการจัดการหรือรับมือ

4. การสอดแทรกคุณธรรมและจริยธรรมในการเรียนรู้ การปลูกฝังคุณธรรมและจริยธรรมที่เหมาะสม เช่น ความรับผิดชอบ ความซื่อสัตย์ ความเคารพต่อผู้อื่น และการทำงานร่วมกัน ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความตระหนักรู้ในบทบาทและความสำคัญของตนเองในสังคม

5. การส่งเสริมการเรียนรู้ที่เน้นการปฏิบัติและการมีส่วนร่วม นักเรียนจะมีโอกาสได้เรียนรู้โดยการลงมือปฏิบัติจริงและมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ เพื่อทำให้เกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้งและความตระหนักรู้ที่ยั่งยืน

6. การจัดกระบวนการเรียนรู้แบบบูรณาการ บูรณาการเนื้อหาหลายด้านเข้าด้วยกัน ทำให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงขององค์ความรู้ ส่งเสริมการสร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเองและเกิดความตระหนักรู้ในมุมมองที่หลากหลาย

7. การประเมินผลที่ส่งเสริมการเรียนรู้ การใช้วิธีการประเมินที่หลากหลาย เช่น การสะท้อนความคิด การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในกลุ่ม หรือการประเมินตนเอง ช่วยให้นักเรียนมีโอกาสพิจารณาและรับรู้ถึงการพัฒนาของตนเอง

จากการศึกษาดังกล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า การพัฒนาความตระหนักรู้ของนักเรียนเป็นสิ่งสำคัญและต้องอาศัยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง โดยให้นักเรียนได้เผชิญกับสถานการณ์จริงหรือปัญหาในชีวิตประจำวัน ผ่านวิธีการต่าง ๆ เช่น การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน

โครงงาน กรณีศึกษา และการลงมือปฏิบัติจริง ซึ่งช่วยให้นักเรียนเข้าใจปัญหาอย่างลึกซึ้ง และเห็นผลกระทบที่เกิดขึ้นจริง นอกจากนี้การส่งเสริมให้นักเรียนคิดวิเคราะห์ ตั้งคำถาม และสะท้อนคิดจากประสบการณ์ของตนเอง จะช่วยพัฒนาความเข้าใจอย่างรอบด้านและการตัดสินใจอย่างมีวิจารณญาณ ขณะเดียวกันการเรียนรู้แบบร่วมมือและการอภิปรายยังเปิดโอกาสให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็น เรียนรู้มุมมองที่หลากหลาย และตระหนักถึงบทบาทของตนในสังคม การบูรณาการความรู้จากหลายสาขา การใช้เทคโนโลยีและการพัฒนาทักษะชีวิต เช่น การสื่อสาร การแก้ปัญหา และการจัดการอารมณ์ ล้วนเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยให้นักเรียนสามารถรับมือกับสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม อีกทั้งการปลูกฝังคุณธรรม จริยธรรม และการสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่ปลอดภัย เปิดกว้าง และเอื้อต่อการมีส่วนร่วม จะช่วยให้นักเรียนเกิดความตระหนักรู้ทั้งต่อตนเองและสังคมได้อย่างยั่งยืน

2.4.4 องค์ประกอบของความตระหนักรู้

การตระหนักรู้เป็นองค์ประกอบด้านความคิดและเป็นความสามารถทางสังคม ซึ่งได้มีผู้ศึกษาวิจัยองค์ประกอบของความตระหนักรู้ ดังนี้

Bloom, et al. (1971) กล่าวว่าองค์ประกอบสำคัญที่ส่งผลต่อการตระหนักรู้ ประกอบด้วย 3 ส่วนสำคัญ ได้แก่

1. ด้านความคิด (Thoughts) เป็นกระบวนการทางการคิดที่บุคคลแต่ละคนใช้เป็นแนวทางในการรับรู้ แปลความ และโต้ตอบ ซึ่งทำให้แต่ละบุคคลแสดงพฤติกรรมออกมาแตกต่างกัน รวมทั้งด้านค่านิยม (Values) เป็นสิ่งที่บุคคลยึดมั่นเป็นแนวคิด เป็นความเชื่อ เป็นแรงจูงใจ หรือเป็นสิ่งที่ช่วยกระตุ้นให้บุคคลสามารถตัดสินใจเลือกเป็นแนวทางดำเนินชีวิตของตน

2. ด้านอารมณ์ความรู้สึก (Emotions/Feelings) เป็นการรู้จักและเข้าใจอารมณ์ของตนเองตามความเป็นจริง ว่ากำลังอยู่ในภาวะอารมณ์ความรู้สึกใดและทำไมจึงรู้สึกเช่นนั้น

3. ด้านพฤติกรรม (Behaviors) เป็นการรู้จักและเข้าใจตนเองเกี่ยวกับคุณสมบัติหรือคุณลักษณะต่าง ๆ ภายในตัวบุคคล การแสดงออก และพฤติกรรมทั้งหมดของบุคคล เช่น ลักษณะทางด้านร่างกาย ลักษณะท่าทาง อุปนิสัย และการปรับตัว

Greenspan and Driscoll (1997) กล่าวว่าองค์ประกอบของการตระหนักรู้ มีดังนี้

1. ความรู้สึกไวต่อสังคม เป็นองค์ประกอบด้านการรับรู้ หมายถึงความสามารถของการเข้าใจหรือรู้ถึงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในสังคม การเข้าใจบทบาทของตนเองที่มีต่อผู้อื่น และสังคม ได้แก่การสวมบทบาทและความคิดเห็นกับสังคม

2. การหยั่งรู้สังคม เป็นองค์ประกอบด้านการตีความ หมายถึง ความสามารถในการเข้าใจถึงกระบวนการที่อยู่ภายใต้เหตุการณ์ของสังคม และมีการประเมินตัดสินเกี่ยวกับเหตุการณ์นั้นได้ เช่น ความเข้าใจสังคม การหยั่งรู้ทางจิตวิทยา การตัดสินทางจริยธรรม

3. การติดต่อสื่อสารทางสังคม เป็นองค์ประกอบด้านการกระทำ หมายถึง ความสามารถในการติดต่อสื่อสารกับผู้อื่น และเข้าใจถึงวิธีการที่เหมาะสมในการติดต่อสื่อสารกับผู้อื่น ได้แก่ การแก้ไขปัญหาทางสังคมและการสื่อสาร

Breckler (1986) กล่าวว่าความตระหนักรู้เกิดจากทัศนคติที่มีต่อสิ่งเร้าอันได้แก่ บุคคล สถานการณ์ กลุ่มสังคม และสิ่งต่าง ๆ ที่โน้มเอียง หรือที่จะตอบสนองในทางบวกหรือทางลบ เป็นสิ่งที่เกิดจากการเรียนรู้และประสบการณ์ โดยองค์ประกอบสำคัญที่ก่อให้เกิดความตระหนักรู้มีอยู่ด้วยกัน 3 ประการ ดังนี้

1. ความรู้ความเข้าใจ (Cognitive Component) จะเริ่มต้นจากระดับง่าย และมีการพัฒนาเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ

2. อารมณ์ความรู้สึก (Affective Component) เป็นความรู้สึกด้านทัศนคติ ค่านิยม ความตระหนักชอบหรือไม่ชอบ ดีหรือไม่ดี เป็นองค์ประกอบในการประเมินสิ่งเร้าต่าง ๆ

3. พฤติกรรม (Behavioral Component) เป็นการแสดงออกทั้งทางวาจา กิริยา ท่าทาง ที่มีต่อสิ่งเร้าหรือแนวโน้มที่บุคคลจะกระทำ

จากการศึกษาดังกล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า ความตระหนักรู้ประกอบด้วยการรับรู้ (Perception) บุคคลควรมีการรับรู้ถึงเหตุการณ์หรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในสังคม ความสามารถในการทำความเข้าใจ (Comprehension) เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นโดยอาศัยข้อมูลจากประสบการณ์ที่ผ่านมา และการตีความคิดพิจารณาอย่างถูกต้องและเหมาะสมและด้านการกระทำ คือการสื่อสาร (Communication) โดยเลือกใช้ทักษะที่ถูกต้องส่วนการแก้ไขปัญหาสังคมจะเกี่ยวของกับการจัดการกับความขัดแย้งที่เกิดขึ้นในสังคมได้ และการมีส่วนร่วมในกิจกรรมของสังคม (Involvement) และปฏิบัติตนตามกฎระเบียบของสังคม

2.4.5 การวัดและประเมินผลความตระหนักรู้

มีนักการศึกษาได้แนะนำแนวทางในการการวัดและประเมินผลความตระหนักรู้ไว้หลายท่าน ดังนี้

Brown, et al. (2003) กล่าวว่า การวัดและประเมินผลความตระหนักรู้สามารถทำได้โดยใช้วิธีการที่ช่วยสะท้อนระดับการรับรู้ตนเองและสิ่งรอบตัวของบุคคล ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 แนวทางหลัก ได้แก่ การประเมินตนเอง (Self-Assessment) การสังเกตพฤติกรรม (Behavioral Observation) และการใช้แบบสอบถามหรือมาตรวัด (Survey and Scale Measurement)

1. การประเมินตนเอง (Self-Assessment) นักเรียนสามารถสะท้อนความคิดของตนเองผ่านการเขียนบันทึกสะท้อนตนเอง (Reflective Journals) หรือการทำแบบประเมินตนเอง เช่น การตอบคำถามปลายเปิดเกี่ยวกับความเข้าใจ ความรู้สึก และการเปลี่ยนแปลงทางพฤติกรรมของตนเอง

2. การสังเกตพฤติกรรม (Behavioral Observation) การวัดความตระหนักรู้สามารถทำผ่านการสังเกตพฤติกรรมของบุคคล เช่น การมีส่วนร่วมในการอภิปราย การแสดงออกทางอารมณ์และการตอบสนองต่อสถานการณ์ที่ต้องใช้การตัดสินใจ ซึ่งสามารถใช้รายการตรวจสอบพฤติกรรม (Behavioral Checklist) เป็นเครื่องมือในการประเมิน

3. การใช้แบบสอบถามหรือมาตรวัด (Survey and Scale Measurement) การใช้มาตรวัดทางจิตวิทยา เช่น Mindfulness Awareness Scale หรือ Self-Awareness Outcomes Questionnaire (SAOQ) สามารถช่วยประเมินระดับความตระหนักรู้ของบุคคลในมิติต่าง ๆ ได้ เช่น การตระหนักรู้อารมณ์ การประเมินตนเอง และการรับรู้ผลกระทบของพฤติกรรมของตนเอง

นริศ ทวีสุข (2551) กล่าวว่าการวัดและประเมินผลความตระหนักรู้สามารถทำได้โดยวิธีการดังต่อไปนี้

1. วิธีการสัมภาษณ์ (Interview) อาจเป็นการสัมภาษณ์แบบที่มีโครงสร้างแน่นอน (Structure Interview) ซึ่งเป็นการสัมภาษณ์ที่มีคำถามและคำตอบไว้ให้เลือก หรืออาจเป็นแบบไม่มีโครงสร้าง (Unstructured Interview) ซึ่งเป็นการสัมภาษณ์ที่เพียงแต่ป้อนคำถามแก่ผู้สัมภาษณ์เพียงเล็กน้อย โดยการถามตอบเป็นไปแบบอิสระ และลำดับการถามตอบอาจเปลี่ยนไปให้สอดคล้องกับสภาพการณ์และตัวผู้ถูกสัมภาษณ์

2. แบบสอบถาม (Questionnaire) แบบสอบถามอาจเป็นชนิดเปิดหรือชนิดปิดหรือผสมระหว่างเปิดกับปิดก็ได้

3. แบบสอบถามรายการ (Checklist) เป็นเครื่องวัดชนิดที่ให้ตรวจสอบว่าเป็นจริงหรือไม่จริง มีหรือไม่มี สิ่งกำหนดตามรายการอาจอยู่ในรูปของการทำเครื่องหมายตอบ หรือเลือกว่าใช่หรือ ไม่ใช่ก็ได้

อนุวัฒน์ ร่มโพธิ์ทอง (2554) กล่าวว่าการวัดและประเมินผลความตระหนักรู้ มีดังนี้

1. วิธีการสัมภาษณ์ (Interview) อาจเป็นการสัมภาษณ์ชนิดที่โครงสร้างแน่นอน (Structure Item) โดยสร้างคำถามและมีคำตอบที่เลือกเหมือน ๆ กัน แบบสอบถามชนิดเลือกตอบและคำถาม จะต้องตั้งไว้ก่อนเรียงลำดับก่อนหลังไว้อย่างดีหรืออาจเป็นแบบไม่มีโครงสร้าง (Unstructured item) ซึ่งเป็นการสัมภาษณ์ที่มีไว้แต่หัวข้อใหญ่ ๆ ให้ผู้ตอบมีเสรีภาพในการตอบมาก ๆ

2. แบบสอบถาม (Questionnaire) แบบสอบถามอาจเป็นชนิดปลายปิดหรือปลายเปิดก็ได้

3. แบบตรวจสอบรายการ (Checklist) เป็นเครื่องมือวัดชนิดที่ให้ตรวจสอบว่าเห็นด้วย ไม่เห็นด้วย หรือมีไม่มี สิ่งที่กำหนดตามรายการ อาจอยู่ในรูปของการทำเครื่องหมายตอบ หรือเลือกว่า ใช่ ไม่ใช่ ก็ได้

4. มาตรวัดอันดับคุณภาพ (Rating Scale) เครื่องมือนี้เหมาะสำหรับวัดอารมณ์และความรู้สึกที่ต้องการทราบความเข้าใจ (Intensity) ว่ามีมากน้อยเพียงไรในเรื่องนั้น

5. การเข้าใจความหมายภาษา (Semantic Differential Technique หรือ S.D.) เทคนิคการวัดโดยใช้ความหมายของภาษา เป็นเครื่องมือที่วัดได้ครอบคลุมชนิดหนึ่ง เครื่องมือวัดชนิดนี้จะประกอบด้วยเรื่องซึ่งถือเป็นสังกัป และจะมีคุณศัพท์ที่ตรงข้ามกันเป็นคู่ ๆ ประกอบสังกัปนั้นหลาย ๆ คู่ แต่ละคู่จะมี 2 ขั้ว ช่องจะห่างระหว่าง 2 ขั้วนี้ บ่งบอก ด้วยตัวเลย ถ้าใกล้ข้างใดมากก็จะมีคุณลักษณะตามคุณศัพท์ของขั้วนั้นมาก

จากการศึกษาดังกล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า การวัดและประเมินความตระหนักรู้สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การสัมภาษณ์ การทำแบบประเมิน การสังเกตพฤติกรรม และการสอบถาม การวัดและประเมินความตระหนักรู้นั้นมีความสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาให้นักเรียนนั้น เข้าใจตนเองและพัฒนาตนเอง ซึ่งในการวัดความตระหนักรู้ช่วยให้บุคคลรับรู้ถึงจุดแข็ง จุดอ่อน อารมณ์ ความคิดและพฤติกรรมของตนเอง ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของการพัฒนาและการเปลี่ยนแปลงตนเอง และยังสามารถส่งเสริมการเรียนรู้และการตัดสินใจที่ดีขึ้น บุคคลที่มีความตระหนักรู้สูงมักสามารถตัดสินใจได้อย่างมีเหตุผลและรอบคอบ การวัดระดับความตระหนักรู้ช่วยให้สามารถออกแบบแนวทางการเรียนรู้หรือการฝึกอบรมที่เหมาะสมกับบุคคลนั้น ๆ ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้เครื่องมือการวัดความตระหนักรู้โดยการใช้แบบประเมินตนเอง เพื่อให้นักเรียนสะท้อนความคิดของตนเองผ่านการการทำแบบประเมินตนเอง เช่น การตอบคำถามปลายเปิดเกี่ยวกับความเข้าใจ ความรู้สึกและการเปลี่ยนแปลงทางพฤติกรรมของตนเอง

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 งานวิจัยในประเทศ

แพรวโพยม บุณยมณี (2561) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 37 คน ที่เรียนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม (STS) และกลุ่มควบคุม 33 คน ที่เรียนแบบปกติ ใช้เครื่องมือวิจัย เช่น แบบสังเกตพฤติกรรมและแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

และ t-test ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนตามแนวคิด STS มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม

ปัณฑิตา กรรณิการ์ (2562) พัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม เพื่อเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน และศึกษาเจตคติของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ โดยกลุ่มเป้าหมายของการศึกษานี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 24 คน ณ โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดปทุมธานี เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อม แบบวัดการรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 แบบวัดผลการเรียนรู้ทางการเรียน ซึ่งค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 ค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.30 - 0.80 ค่าอานาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.2. – 0.53 และค่าความเชื่อมั่น 0.77 และแบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยระดับการรู้วิทยาศาสตร์หลังเรียนเพิ่มขึ้น 2 ระดับ และผลคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ทั้ง 3 สมรรถนะหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน 2) ผลการเรียนรู้ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นรายชั้นเรียนมีค่า Normalized gain 0.65 ซึ่งระดับเพิ่มขึ้นปานกลาง และผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นรายบุคคลอยู่ในระดับเพิ่มขึ้นปานกลางร้อยละ 62.5 และระดับเพิ่มขึ้นสูงร้อยละ 37.5 และ 3) ผลเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับดีมาก โดยผลเจตคติที่มีคะแนนสูงสุดคือด้านนักเรียนเกี่ยวกับนักเรียนได้รับโอกาสในการแสดงความคิดเห็นของตนเอง และคะแนนต่ำคือด้านกิจกรรมการเรียนรู้ เกี่ยวกับระยะเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้น้อย ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อม ทำให้นักเรียนพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ มีผลการเรียนรู้ดีขึ้น และมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้

นิลิน ปัญญาปา (2562) ศึกษาการรู้เท่าทันสื่อของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนววิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม เรื่อง สารชีวโมเลกุล และแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ตามแนววิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ที่สามารถส่งเสริมการรู้เท่าทันสื่อ โดยวิจัยเชิงปฏิบัติการ กับกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่ศึกษาอยู่ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนรัฐบาลแห่งหนึ่ง จำนวน 42 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ออกแบบตามแนววิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม จำนวน 4 แผน ใช้เวลา 8 คาบ แบบวัดการรู้เท่าทันสื่อ 2 ฉบับ ได้แก่ แบบวัดการรู้เท่าทันสื่อก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ ใบกิจกรรม บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ และตั๋วออก ผลการวิจัยพบว่า การรู้เท่าทันสื่อของนักเรียนเพิ่มขึ้นหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ และเพิ่มขึ้นในทุก ๆ องค์ประกอบ เมื่อคำนวณความก้าวหน้า

ทางการเรียนการรู้เท่าทันสื่อของนักเรียนเป็นรายบุคคล จะได้ว่า นักเรียน 34 คน (ร้อยละ 80.95) อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง (<g> เท่ากับ 0.30 – 0.70) ส่วนนักเรียนอีก 8 คน (ร้อยละ 19.05) อยู่ในเกณฑ์ต่ำ (<g> น้อยกว่า 0.30) สำหรับแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ตามแนววิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ที่สามารถส่งเสริมการรู้เท่าทันสื่อ ได้แก่ การใช้บทความหรือเหตุการณ์ที่มีความเกี่ยวข้องกับนักเรียน การที่ผู้สอนคอยกระตุ้นและให้คำปรึกษาในการตั้งคำถาม วิเคราะห์และตีความเนื้อหาสื่อ มีการอภิปรายเป็นกลุ่ม และการสร้างสื่อด้วยตนเอง

อัญชนา ชลวานิช และคณะ (2562) ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ร่วมกับวิธีการแก้ปัญหา ที่ได้มาจากวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม จำนวน 1 ห้องเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ร่วมกับวิธีการแก้ปัญหา แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระจากกัน และการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียว ผลการวิจัยพบว่าความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ร่วมกับวิธีการแก้ปัญหา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ร่วมกับวิธีการแก้ปัญหา หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ธนาวัฒน์ น้อยไธสง (2565) เปรียบเทียบความสามารถในการคิดแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) กับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนจำนวน 29 คน เครื่องมือวิจัยประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ แบบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนมีพัฒนาการสูงสุดในขั้นวิเคราะห์ปัญหา รองลงมาคือขั้นระบุปัญหา ขั้นกำหนดวิธีแก้ปัญหา และขั้นการตรวจสอบผลลัพธ์ตามลำดับ การวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง STS สามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

พรธีรา สุขเสริม และมนตรี วงษ์สะพาน (2568) พัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี

และสังคม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 1 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 28 คน ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจงจากนักเรียนห้องที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ เนื่องจากนักเรียนกลุ่มนี้มักมีศักยภาพที่ยังไม่ได้รับการพัฒนาอย่างเต็มที่ และการได้รับการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์จะช่วยให้นักเรียนเหล่านี้เข้าใจเนื้อหาได้ลึกซึ้งมากยิ่งขึ้น เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ระบบหายใจ จำนวน 7 แผน จำนวน 12 ชั่วโมง 2) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ในรูปแบบอัตนัย 3) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก 4) แบบประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม 5) แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม และ 6) แบบสัมภาษณ์นักเรียนเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม เป็นแบบสัมภาษณ์คำถามปลายเปิดที่ให้ผู้ตอบแสดงความคิดและความรู้สึกของตนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ภายหลังการจัดการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการที่ 3 ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 75 โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 75.84 2) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 75 ภายหลังการจัดการเรียนรู้ โดยนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 25.54 ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 85.12 และ 3) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด

2.5.2 งานวิจัยในต่างประเทศ

Tsai (2002) ศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม โดยมีกลุ่มเป้าหมาย คือนักเรียนเกรด 10 อายุ 16 ปี จำนวน 101 คน ในโรงเรียนสตรีของไต้หวัน โดยแบ่งนักเรียนเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกจัดการเรียนรู้แบบเดิม กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่จัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แบบบันทึกประจำวันของครู (Teacher's Journals) ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ (Interview Data) แผนผังความคิด (Concept Maps) และผลการตอบแบบสอบถามของนักเรียน (Relevant Student Questionnaire Responses) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มที่จัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมเข้าใจธรรมชาติของความรู้วิทยาศาสตร์มากกว่ากลุ่มที่สอนแบบเดิม จากการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-Depth Interviews) ทำให้เห็นว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมนั้น ยอมรับทฤษฎีการสำรวจทางวิทยาศาสตร์ และรู้ถึงความสำคัญของการสร้างข้อตกลงร่วมกัน (Social Negotiation) ในชุมชนของวิทยาศาสตร์ และผลกระทบของวัฒนธรรมที่มีต่อวิทยาศาสตร์ สามารถใช้กระบวนการและยุทธวิธีในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ดีกว่า และมีเจตคติที่ดีกว่าในการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์

Yager and Akcay (2010) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเชื่อและทัศนคติของนักเรียนที่มีต่อวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ถึงมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยมีกลุ่มเป้าหมายคือนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ถึงมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 609 คน โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลอง (เรียนด้วยแนวทาง STS) และกลุ่มควบคุม (เรียนแบบเน้นตำราเรียน) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ 1) แบบวัดทัศนคติ ความสนใจ และความเข้าใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ (ดัดแปลงจากแบบวัดของ NAEP) 2) ชุดเครื่องมือ Iowa Assessment Package สำหรับประเมินผลการเรียนรู้ใน 6 ด้านและ 3) การทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) และหลังเรียน (Post-test) เพื่อวัดการเปลี่ยนแปลงทัศนคติของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยแนวทาง STS มีทัศนคติเชิงบวกต่อวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบเน้นตำราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยไม่พบความแตกต่างในคะแนนก่อนเรียน แต่พบความแตกต่างอย่างชัดเจนหลังการทดลองในทุกระดับชั้น นอกจากนี้ แนวทาง STS สามารถพัฒนาทัศนคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ได้ทั้งในนักเรียนเพศชายและเพศหญิง โดยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างเพศในด้านการพัฒนาทัศนคติ แสดงให้เห็นว่าแนวทาง STS มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมทัศนคติทางวิทยาศาสตร์อย่างเท่าเทียมกันในนักเรียนทุกกลุ่ม

Havu and Keinonen (2010) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทัศนคติในแนวคิดเรื่องร่างกายมนุษย์บนพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม (STS) โดยมีกลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนประถมศึกษาในประเทศฟินแลนด์แห่งหนึ่ง จำนวน 30 คน โดยแทรกวิธีการแบบ STS ในการสอน โดยมีการเรียนทุกสัปดาห์ ๆ ละ 2 ชั่วโมง จำนวน 5 สัปดาห์ ซึ่งใช้วิธีการวาดภาพเพื่อเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนในเรื่องหน้าที่ของอวัยวะและระบบต่าง ๆ ของร่างกาย เครื่องมือในการวิจัยคือการสัมภาษณ์ และเก็บข้อมูลด้วยการบันทึกเทปเสียงก่อน-หลังเรียน โดยใช้การเชื่อมโยงระหว่างรูปภาพและหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ หลังจากนั้นเลือกประชากรในอันดับที่สูงมา 5 คนและอันดับที่ต่ำมา 5 คน เช่นกัน เพื่อสัมภาษณ์ความเข้าใจ ทั้งสองระดับทั้งก่อนเรียน และหลังเรียน ผลการวิจัยพบว่าก่อนการเรียนการสอนนักเรียนมีความสามารถที่จะตั้งชื่ออวัยวะต่าง ๆ ของร่างกายมนุษย์ แต่นักเรียนยังไม่มีความเข้าใจถึงวิธีการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ ภายในร่างกายรวมถึงความสัมพันธ์ในการทำงานของอวัยวะในระบบต่าง ๆ ภายในร่างกาย หลังเรียนพบว่านักเรียนมีความสามารถในการตั้งชื่ออวัยวะและสามารถอธิบายการทำงานรวมถึงความหมายได้ชัดเจนโดยเฉพาะระบบสมองและระบบการย่อยอาหารได้ถูกต้อง

Bettencourt, et al. (2011) ศึกษาปัญหา ประโยชน์ และความเข้าใจของครูชีววิทยาจำนวน 4 คน เกี่ยวกับวิธีการสอนแบบ STS กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการสัมภาษณ์ พบว่าวิธีการสอนดังกล่าว จะสร้างแรงจูงใจให้กับนักเรียนเพิ่มขึ้น และช่วยพัฒนา ทักษะ เช่น ทักษะการคิดอย่างอิสระและมีวิจารณญาณ พัฒนาการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นในบริบทที่นักเรียนสนใจ

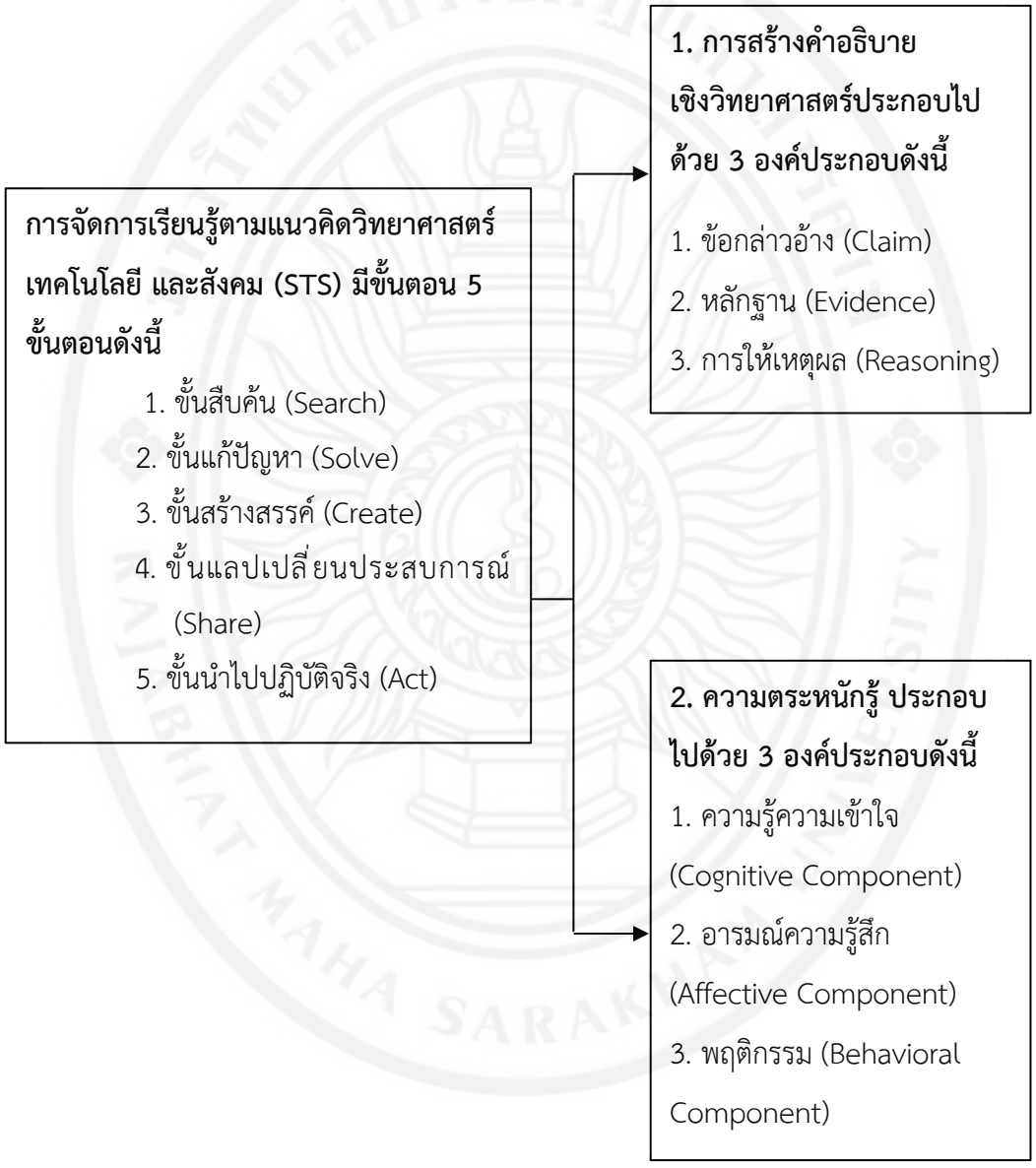
และเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตในสังคม นอกจากนี้ครูยังเชื่อว่าการสอนแบบนี้จะเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียนได้ดี แต่การจัดการเวลาเป็นข้อจำกัดในการออกแบบ ดำเนินการสอน และการประเมินนวัตกรรม ครูต้องมีส่วนร่วมอย่างมากในการเตรียมตัวกับการจัดการความคิดที่หลากหลาย และจะต้องตระหนักถึงบริบทชีวิตประจำวัน ทั้งนี้ครูเสนอว่าควรมีการฝึกอบรมครูเพื่อเข้าใจหลักสูตรมากขึ้น เนื่องจากความรู้เกี่ยวกับหลักสูตรมีความสำคัญต่อการจัดการเรียนการสอน

Chukwunta and Ibenegbu (2025) ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนแบบวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาในเรื่องพันธุศาสตร์ โดยมีกลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนที่เรียนในรายวิชาชีววิทยาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 140 คน ที่สุ่มมาจากประชากรทั้งหมด 1,264 คน ในโรงเรียนสหศึกษาของรัฐ จำนวน 45 แห่ง โดยมีการคัดเลือกโรงเรียน 2 แห่งเป็นกลุ่มทดลอง และ 2 แห่งเป็นกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ STS ส่วนกลุ่มควบคุมได้รับการสอนแบบปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องพันธุศาสตร์ (Genetics Achievement Test: GAT) ซึ่งผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยแนวทาง STS มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการสอนกับเพศของนักเรียนมีผลต่อคะแนนเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศจะเห็นได้ว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม เป็นการจัดการเรียนรู้แบบที่มุ่งเน้นการเชื่อมโยงและบูรณาการระหว่างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และบริบททางสังคมเข้าด้วยกัน โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในชีวิตประจำวัน และเข้าใจถึงผลกระทบของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมซึ่ง ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการนำการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม นี้มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาชีววิทยาแก่นักเรียน เพื่อคาดหวัง ว่าวิธีการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวนี้จะสามารถพัฒนาการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ควบคู่กับการตระหนักรู้ทางการเรียนของนักเรียนให้สูงขึ้นได้ และอยู่ในระดับที่ดีตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.6 กรอบแนวคิดการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การวิจัยเรื่องการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความตระหนักรู้ เรื่อง การควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี (STS) และสังคม มีกรอบแนวคิดการวิจัยดังนี้



ภาพที่ 2.2 กรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ในรายวิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ซึ่งผู้วิจัยได้เสนอรายละเอียดขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย ตามลำดับหัวข้อดังนี้

1. กลุ่มเป้าหมาย
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การสร้างและการหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล
6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียน วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนเมืองมหาวิชานุกูล ตำบลแวงน่าง อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม และกำลังอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 1 ห้อง รวม 9 คน ที่มีปัญหาในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ จากการประเมินโดยใช้แบบวัดการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง การควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช แบบอัตนัย จำนวน 9 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 3 ข้อ รวม 27 ข้อ ปรากฏผลดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม

คนที่	คะแนนแต่ละระดับความสามารถตามองค์ประกอบ						การแปลผล
	ข้อกล่าวอ้าง (Claim)		หลักฐาน (Evidence)		การให้เหตุผล (Reasoning)		
	คะแนน	ระดับความสามารถ	คะแนน	ระดับความสามารถ	คะแนน	ระดับความสามารถ	
1	1	ดี	1	ดี	1	ดี	ผ่าน
2	0	ควรปรับปรุง	0	ควรปรับปรุง	0	ควรปรับปรุง	ไม่ผ่าน
3	0	ควรปรับปรุง	0	ควรปรับปรุง	0	ควรปรับปรุง	ไม่ผ่าน
4	0	ควรปรับปรุง	0	ควรปรับปรุง	0	ควรปรับปรุง	ไม่ผ่าน
5	0	ควรปรับปรุง	0	ควรปรับปรุง	0	ควรปรับปรุง	ไม่ผ่าน
6	0	ควรปรับปรุง	0	ควรปรับปรุง	0	ควรปรับปรุง	ไม่ผ่าน
7	0	ควรปรับปรุง	0	ควรปรับปรุง	0	ควรปรับปรุง	ไม่ผ่าน
8	1	ดี	1	ดี	1	ดี	ผ่าน
9	0	ควรปรับปรุง	0	ควรปรับปรุง	0	ควรปรับปรุง	ไม่ผ่าน

จากตารางที่ 3.1 พบว่ามีนักเรียนที่ผ่านการประเมินในระดับดี จำนวน 2 คน และไม่ผ่านการประเมินในระดับดี จำนวน 7 คน แต่เนื่องจากนักเรียนทั้งหมดอยู่ห้องเดียวกันจึงคัดเลือกให้เป็นกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด จำนวน 9 คน

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประกอบด้วย

3.2.1 แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) เรื่องการควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช รายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ รวม 12 ชั่วโมง

3.2.2 แบบวัดการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง การควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช แบบอัตนัยจำนวน 4 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 3 ข้อ

รวมเป็นจำนวน 12 ข้อ ตามแนวคิดของ McNeil et al. (2006) จำนวน 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง (Claim) หลักฐาน (Evidence) และการให้เหตุผล (Reasoning)

2.2.3 แบบประเมินความตระหนักรู้ แบบมาตรประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 15 ข้อ ตามแนวคิดของ Breckler (1986) ประกอบด้วย 3 ด้าน ได้แก่ ความรู้ความเข้าใจ (Cognitive Component) อารมณ์ความรู้สึก (Affective Component) และพฤติกรรม (Behavioral Component)

3.3 การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การสร้างและการหาคุณภาพของเครื่องมือในการวิจัย ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับ ดังนี้

3.3.1 แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS)

ในการพัฒนาการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยสร้างแผนการจัดการเรียนรู้รายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

3.3.1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนเมืองมหาวิชานุกูล หนังสือเรียนรายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม เล่ม 3 และคู่มือครูรายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม เล่ม 3

3.3.1.2 ศึกษาทฤษฎีและหลักการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (Science, Technology, and Society: STS)

3.3.1.3 ศึกษาและกำหนดเนื้อหารายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม เรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เกี่ยวกับสาระการเรียนรู้ คำอธิบายรายวิชา ผลการเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้ ให้สอดคล้องกับตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

3.3.1.4 ออกแบบแผนการจัดการรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ตามรูปแบบของ Carin (1997) ประกอบไปด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ 5 ขั้นดังนี้

1) ขั้นสืบค้น (Search) นักเรียนร่วมกันตั้งคำถาม เสนอความคิดเรื่องที่สนใจที่ต้องการศึกษา หัวข้อที่นำเสนอนั้นมาจากการเรียนในรายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม ในเรื่องการควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช จากกิจกรรมที่ได้ทดลองหรือจากการเรียนรู้ และคำถาม

ที่นักเรียนนำเสนออาจมีมากมายหลายคำถามแต่จะเลือกเพียง 1- 2 คำถามเท่านั้นที่นำมาเป็นหลักในการศึกษา

2) ขั้นแก้ปัญหา (Solve) นักเรียนฝึกใช้วิธีทางการวิจัยในการเรียนรู้เพื่อหาคำตอบหรือตอบคำถามในหัวข้อหรือประเด็นที่ทำการศึกษา โดยนักเรียนจะเป็นผู้ลงมือปฏิบัติทั้งการเก็บรวบรวมข้อมูลการบันทึกผล

3) ขั้นสร้างสรรค์ (Create) เก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ผลของนักเรียนโดยให้นักเรียนแสดงผลการค้นพบในลักษณะของ Mind Map (แผนที่ความคิด) เพื่อจัดระเบียบความคิด วางแผนนำเสนอสิ่งที่เรียนรู้ใหม่ ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4) ขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์ (Share) นักเรียนนำเสนอผลการศึกษาค้นคว้าแก่กลุ่มเพื่อน โดยอาจนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การบรรยาย การเขียนรายงาน จัดแสดงเป็นโปสเตอร์

5) ขั้นนำไปปฏิบัติจริง (Act) นักเรียนนำผลที่ได้จากการศึกษาไปปฏิบัติหรือนำเสนอข้อค้นพบนี้แก่ผู้ที่เกี่ยวข้อง เพื่อแก้ไขปัญหา ซึ่งนักเรียนภายในกลุ่มช่วยกันเผยแพร่การนำผลงานของกลุ่มตนเองไปใช้ ในรูปแบบต่าง ๆ ผ่านช่องทางออนไลน์ ตามความถนัดของนักเรียน เช่น โปสเตอร์ คลิปวีดีโอ เป็นต้น

ผู้วิจัยเขียนแผนการจัดการรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) รายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้ละ 3 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แผนการจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) เรื่องการควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช

ผลการเรียนรู้	แผนการจัดการเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
17. สืบค้นข้อมูล อธิบายบทบาทและหน้าที่ของออกซิน ไซโทไคนิน จิบเบอเรลลิน เอทิลีน และกรดแอบไซซิก และอภิปรายเกี่ยวกับการนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 22 ฮอร์โมนพืช	3
16. ทดลอง และอธิบายเกี่ยวกับปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด สภาพพักตัวของเมล็ด และบอกแนวทางในการแก้สภาพพักตัวของเมล็ด	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 23 ปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด	3

(ต่อ)

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	แผนการจัดการเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
18. สืบค้นข้อมูล ทดลอง และอภิปรายเกี่ยวกับสิ่งเร้าภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 24 การตอบสนองของพืชในลักษณะการเคลื่อนไหว	3
18. สืบค้นข้อมูล ทดลอง และอภิปรายเกี่ยวกับสิ่งเร้าภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 25 การตอบสนองของพืชต่อสภาวะเครียด	3
รวม	4	12

3.3.1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาตรวจสอบความครอบคลุมในด้านต่าง ๆ ความสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม เช่น ด้านความตรงของเนื้อหา ความเหมาะสมของกิจกรรมใบงานด้านการใช้ภาษา ความถูกต้อง ชัดเจน เข้าใจง่าย บทบาทครูและบทบาทนักเรียน วิธีการสอน สื่อและการวัดผลประเมินผล และระยะเวลาของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้ความครอบคลุมในด้าน ต่าง ๆ ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS)

3.3.1.6 ปรับปรุงและแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ได้แก่ ปรับปรุงสถานการณ์ในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ให้ครอบคลุมในเนื้อหาเพิ่มมากขึ้น

3.3.1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และแบบประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อพิจารณาตรวจสอบคุณภาพด้านความถูกต้อง ความเหมาะสม ของแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย 5 ท่าน ดังนี้

1) รองศาสตราจารย์ ดร. กัญญารัตน์ โคจร กศ.ด.(วิทยาศาสตรศึกษา) อาจารย์ประจำสาขาภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

2) รองศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.อรัญ ชุยกระเดื่อง กศ.ด.(วิจัยและประเมินผลการศึกษา) อาจารย์ประจำสาขาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

3) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรทิพย์ อติชาติ ปร.ด.(ชีววิทยา) อาจารย์ประจำสาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาชีววิทยา

4) อาจารย์ ดร.วณิชา สาคร ปร.ด.(คอมพิวเตอร์ศึกษา) อาจารย์ประจำสาขาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีและสารสนเทศ

5) นายจิระศักดิ์ มาบุญธรรม วท.บ.(ชีววิทยา) ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนเมืองมหาวิชานุกูล ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้ชีววิทยา

ซึ่งผู้เชี่ยวชาญประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) โดยใช้แบบประเมินค่า 5 ระดับ ตามวิธีการของ Likert มีเกณฑ์การให้คะแนนความเหมาะสม (บุญชม ศรีสะอาด, 2553) ดังนี้

มีความเหมาะสมมากที่สุด	ให้คะแนน 5 คะแนน
มีความเหมาะสมมาก	ให้คะแนน 4 คะแนน
มีความเหมาะสมปานกลาง	ให้คะแนน 3 คะแนน
มีความเหมาะสมน้อย	ให้คะแนน 2 คะแนน
ไม่มีความเหมาะสม	ให้คะแนน 1 คะแนน

วิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม จากประเมินของผู้เชี่ยวชาญโดยใช้เกณฑ์การแปลความหมายของ (บุญชม ศรีสะอาด, 2560) ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย		ความหมาย
4.51 – 5.00	หมายถึง	มีความเหมาะสมมากที่สุด
3.51 – 4.50	หมายถึง	มีความเหมาะสมมาก
2.51 – 3.50	หมายถึง	มีความเหมาะสมปานกลาง
2.51 – 3.50	หมายถึง	มีความเหมาะสมน้อย
2.50 – 1.51	หมายถึง	ไม่มีความเหมาะสมเลย

ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยดังต่อไปนี้ (ดังภาคผนวก ง)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 (SD 0.41) อยู่ในระดับ เหมาะสมมาก

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 (SD 0.41) อยู่ในระดับ เหมาะสมมาก

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 (SD 0.41) อยู่ในระดับ เหมาะสมมาก

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 (SD 0.41) อยู่ในระดับ เหมาะสมมาก

3.3.1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้องสมบูรณ์ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ ปรับเกณฑ์การประเมินพฤติกรรมระหว่างเรียน ระบุคะแนนในแบบบันทึกการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และเพิ่มขั้นตอนการอธิบายสื่อการเรียนรู้

3.3.1.9 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการปรับปรุงไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเมืองมหาวิชานุกูล ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 9 คน

3.3.2 แบบทดสอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Explanation) เรื่องการควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช

แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ จำนวน 4 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 3 ข้อ รวม 12 ข้อ มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบอัตนัย ประกอบไปด้วยสถานการณ์และการให้คำตอบหรือคำอธิบายตามองค์ประกอบการสร้างคำอธิบายชิงวิทยาศาสตร์ ตามแนวคิดของ McNeil and Krajcik (2006) ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง (Claim) หลักฐาน (Evidence) และการให้เหตุผล (Reasoning) มีการดำเนินการสร้างแบบทดสอบตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

3.3.2.1 ศึกษาเอกสารผลการเรียนรู้ ตามสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 รายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม หนังสือเรียนรายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม เล่ม 3 และคู่มือครูรายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม เล่ม 3

3.3.2.2 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

3.3.2.3 กำหนดขอบข่ายเนื้อหาในเรื่อง การควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช เพื่อสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

3.3.2.4 ออกแบบร่างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แบบอัตนัย จำนวน 9 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 3 ข้อ รวม 27 ข้อ โดยครอบคลุมในการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 ด้าน ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์กับจำนวนข้อสอบ

ผลการเรียนรู้	ข้อกล่าวอ้าง (Claim)		หลักฐาน (Evidence)		การให้เหตุผล (Reasoning)		รวม	
	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	ใช้จริง	สร้าง
1. ทดลอง และอธิบายเกี่ยวกับปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด สภาพพักตัวของเมล็ดและบอกแนวทางในการแก้สภาพพักตัวของเมล็ด	3	1	3	1	3	1	9	3
2. สืบค้นข้อมูล อธิบายบทบาทและหน้าที่ของ ออกซินไซโทไคนิน จิบเบอเรลลิน เอทิลีน และกรดแอบไซซิก และอภิปรายเกี่ยวกับการนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร	3	1	3	1	3	1	9	3
3. สืบค้นข้อมูล ทดลอง และอภิปรายเกี่ยวกับ สิ่งเร้าภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช	3	2	3	1	3	2	9	6
รวม	9	4	9	4	9	4	27	12

3.3.2.5 สร้างเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ McNeill and Krajcik (2008) ในการประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ตามองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จำนวน 3 องค์ประกอบ คือข้อกล่าวอ้างหลักฐาน และการให้เหตุผล ในการสร้างเกณฑ์การประเมินจะใช้เกณฑ์การประเมินแบบรูบริกส์ 3 ระดับ ที่มีคะแนนอยู่ระหว่าง 0-2 ได้แก่ 0 คะแนน คือ ระดับควรปรับปรุง 1 คะแนน คือ ระดับดี 2 คะแนน คือ ระดับดีมาก ดังแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 เกณฑ์การประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบของ คำอธิบาย เชิง วิทยาศาสตร์	ระดับคะแนน		
	0	1	2
ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คือ ข้อยืนยันของปรากฏการณ์ที่ศึกษา	ไม่เขียนข้อกล่าวอ้าง หรือเขียนข้อกล่าวอ้าง ไม่ถูกต้อง	เขียนข้อกล่าวอ้าง ถูกต้องแต่ไม่ชัดเจน	เขียนข้อกล่าวอ้างได้ ถูกต้องและชัดเจน
หลักฐาน (Evidence) คือ ข้อมูลเชิงประจักษ์ ที่สนับสนุนข้อกล่าว อ้าง	ไม่มีการแสดงหลักฐานหรือแสดงหลักฐานไม่เหมาะสมกับคือเป็นหลักฐานที่ไม่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	แสดงหลักฐานได้เหมาะสมแต่ไม่เพียงพอและอาจมีหลักฐานบางประการที่ไม่เหมาะสม	แสดงหลักฐานได้เหมาะสมและมีจำนวน เพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
การให้เหตุผล (Reasoning) คือข้อความที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน	ไม่แสดงเหตุผลหรือแสดงเหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง	แสดงเหตุผลที่เชื่อมโยงกับข้อกล่าวอ้างแต่มีการใช้หลักฐานซ้ำและหรือใช้หลักฐานเชิงวิทยาศาสตร์บ้างแต่ไม่เพียงพอ	แสดงเหตุผลที่เป็นการเชื่อมโยงหลักฐานไปสู่ ข้อกล่าวอ้างรวมถึงใช้ หลักฐานเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่าง เหมาะสมและเพียงพอ

3.3.2.6 นำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และเกณฑ์การประเมินความสามารถการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

3.3.2.7 นำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มาปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้องสมบูรณ์ตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ได้แก่ ปรับสถานการณ์ให้มีความละเอียด ชัดเจนและครอบคลุมเนื้อหาที่ใช้ในการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น

3.3.2.8 นำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นเสนอผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยอาศัยดุลยพินิจของผู้เชี่ยวชาญซึ่งผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย 5 ท่านดังนี้

1) รองศาสตราจารย์ ดร. กัญญารัตน์ โคจร กศ.ด.(วิทยาศาสตรศึกษา) อาจารย์ประจำสาขาภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

2) รองศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.อรัญ ชุยกระเดื่อง กศ.ด.(วิจัยและประเมินผลการศึกษา) อาจารย์ประจำสาขาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

3) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรทิพย์ อติชาติ ปร.ด.(ชีววิทยา) อาจารย์ประจำสาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาชีววิทยา

4) อาจารย์ ดร.วณิชา สาคร ปร.ด.(คอมพิวเตอร์ศึกษา) อาจารย์ประจำสาขาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีและสารสนเทศ

5) นายจิระศักดิ์ มาบุญธรรม วท.บ.(ชีววิทยา) ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนเมืองมหาวิชานุกูล ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้ชีววิทยา

3.3.2.9 นำแบบวัดความสามารถในสร้างคำอธิบายเชิงทางวิทยาศาสตร์ไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหา ภาษา และประเมินความสอดคล้องของข้อสอบแต่ละข้อกับนิยามศัพท์ (Index of Congruence: IOC) โดยแบบวัดต้องมีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่าง 0.50-1.00 โดยพิจารณาเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้ (ไพศาล วรคำ, 2567)

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์

ให้คะแนน. 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์

ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ไม่ตรงตามจุดประสงค์

คัดเลือกข้อสอบที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ถึง 1.00 เป็นข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาที่ใช้ได้

3.3.2.10 นำผลการประเมินที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาความสอดคล้องของแบบวัดความสามารถในสร้างคำอธิบายเชิงทางวิทยาศาสตร์ จากนั้นผู้วิจัยทำการเลือกข้อสอบที่มีค่า IOC ระหว่าง 0.50 - 1.00 ไว้ใช้จำนวน 7 สถานการณ์ โดยตัดสถานการณ์ที่ 3 และสถานการณ์ที่ 6 ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 0.00 ออก สถานการณ์ที่คัดเลือกไว้จำนวน 7 สถานการณ์ มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 ทุกสถานการณ์ (ดังภาคผนวก ง)

3.3.2.11 นำแบบวัดและเกณฑ์การประเมินความสามารถในสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มาปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้องสมบูรณ์ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ ปรับข้อคำถามให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น ปรับสถานการณ์คำอธิบายเชิงทางวิทยาศาสตร์ ให้เข้ากับบริบทของนักเรียนเพื่อลดความซับซ้อนของข้อคำถาม

3.3.2.12 นำแบบวัดที่ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญไปทดลองใช้ (Try-Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนผดุงนารี อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม ที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย จำนวน 40 คน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 เพื่อตรวจสอบหาคุณภาพของแบบวัด

3.3.2.13 นำผลคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมาวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบวัด ดังนี้

1) วิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดความสามารถการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นรายข้อ โดยใช้สูตรของ Whitney and Sabers โดยกำหนดเกณฑ์ค่าความยาก (P_E) ตั้งแต่ 0.20 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (D) มีค่าตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ผู้วิจัยทำการคัดเลือกแบบวัดการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ไว้จำนวน 4 สถานการณ์ ได้แก่ สถานการณ์ที่ 1 สถานการณ์ที่ 4 สถานการณ์ที่ 8 และสถานการณ์ที่ 9 ซึ่งมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.38-0.65 และค่าอำนาจจำแนก (D) อยู่ระหว่าง 0.25-0.50 (ดังภาคผนวก ง)

2) นำแบบวัดที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือก จำนวน 4 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 3 ข้อ รวม 12 ข้อ มาหาค่าความเชื่อมั่นสัมประสิทธิ์แอลฟา (α-Coefficient) โดยค่าความเชื่อมั่นต้องมีค่าตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป ผลปรากฏว่าแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีค่าเชื่อมั่นเท่ากับ 0.93 (ดังภาคผนวก ง)

3.3.2.14 จัดพิมพ์แบบวัดความสามารถการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ฉบับสมบูรณ์เพื่อใช้กับกลุ่มเป้าหมายคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมหาวิชานุกูล นักเรียนจำนวน 9 คน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568

3.3.3 แบบประเมินความตระหนักรู้ถึงความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ในการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

แบบประเมินความตระหนักรู้ถึงความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ในการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน ใช้ประเมินความตระหนักรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังจบวงจรปฏิบัติการทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ ซึ่งผู้วิจัยมีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพ ดังนี้

3.3.3.1 ศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวกับการวัดความตระหนักรู้และวิธีการสร้างแบบวัดความความตระหนักรู้ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบวัดความตระหนักรู้ โดยวิเคราะห์ลักษณะข้อมูล จุดมุ่งหมายตามโครงสร้างเนื้อหา และกำหนดรูปแบบการเขียนข้อคำถามในแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale)

3.3.3.2 กำหนดขอบเขตของการวัดความตระหนักรู้ ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมิน โดยมีขอบเขตการประเมิน 3 ด้าน ดังนี้

1) ด้านความรู้ความเข้าใจ

2) อารมณ์ความรู้สึก

3) พฤติกรรม

3.3.3.3 สร้างแบบประเมินความตระหนักรู้ซึ่งครอบคลุมพฤติกรรมด้านการตระหนักรู้ ซึ่งมีลักษณะแบบประมาณค่า 5 ระดับ ประเมิน 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ความเข้าใจ ด้านอารมณ์และความรู้สึก และด้านพฤติกรรม ด้านละ 7 ข้อ รวมทั้งสิ้นจำนวน 21 ข้อ ต้องการใช้จริง 15 ข้อ ดังแสดงในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ด้านของความตระหนักรู้ถึงความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ในการนำไปใช้ในชีวิตประจำวันและจำนวนข้อคำถาม

ด้านการประเมิน	รวม	
	สร้าง	ใช้จริง
1. ด้านความรู้ความเข้าใจ	7	5
2. อารมณ์ความรู้สึก	7	5
3. พฤติกรรม	7	5
รวม	21	15

กำหนดเกณฑ์การวัดความตระหนักรู้ แบบมาตรประมาณค่า 5 ระดับ ดังนี้

เห็นด้วยอย่างยิ่ง	ให้	5 คะแนน
เห็นด้วย	ให้	4 คะแนน
ไม่แน่ใจ	ให้	3 คะแนน
ไม่เห็นด้วย	ให้	2 คะแนน
ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	ให้	1 คะแนน

3.3.3.4 นำแบบประเมินความตระหนักรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมและความชัดเจนของคำถาม และปรับปรุงแบบประเมินการทำงานตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ได้แก่ ปรับข้อคำถามในการประเมินให้มีความครอบคลุมสอดคล้องในด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมมากขึ้น

3.3.3.5 นำแบบประเมินความตระหนักรู้เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหา ภาษา และประเมินความสอดคล้องแบบประเมินแต่ละข้อกับนิยามศัพท์

(Index Congruence: IOC) โดยแบบประเมินต้องมีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.60-1.00 พิจารณาเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้ (ไพศาล วรคำ. 2567)

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์

ให้คะแนน. 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์

ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดได้ไม่ตรงตามจุดประสงค์

เลือกข้อสอบที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ถึง 1.00 เป็นข้อคำถามที่อยู่ในเกณฑ์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาที่ใช้ได้ พบว่าแบบประเมินความตระหนักรู้จำนวน 21 ข้อ มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.40 - 1.00 จึงเป็นแบบประเมินที่อยู่ในเกณฑ์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาที่ใช้ได้

3.3.3.6 นำแบบประเมินจำนวน 21 ข้อ ที่ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ ไปทดลองใช้ (Try-Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนผดุงนารี อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม ที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย จำนวน 40 คน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของแบบประเมิน

3.3.3.7 นำผลคะแนนประเมินความตระหนักรู้ถึงความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ในการนำไปใช้ในชีวิตประจำวันมาวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบประเมิน ดังนี้

1) วิเคราะห์คุณภาพของแบบประเมินความตระหนักรู้รายข้อโดยนำคะแนนมาวิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนก แล้วคัดเลือกข้อที่ผ่านเกณฑ์ มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 - 1.00 (ไพศาล วรคำ, 2567) เพื่อนำไปใช้เป็นแบบประเมินฉบับจริง จำนวน 15 ข้อ ผลปรากฏว่าแบบประเมินความตระหนักรู้จำนวน 21 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนก (D) ตั้งแต่ 0.21 - 0.52 ผู้วิจัยจึงทำการคัดเลือกแบบประเมินความตระหนักรู้ไว้ใช้ จำนวน 15 ข้อ ที่มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.42-0.57 (ดังภาคนวก ง)

2) นำแบบประเมินความตระหนักรู้ที่คัดเลือกไว้ จำนวน 15 ข้อมาวิเคราะห์หาความเชื่อมั่นของแบบประเมิน โดยใช้สูตรหาความเชื่อมั่นเชื่อมั่นตามวิธีของ Cronbach’s Alpha Coefficient Method โดยแบบประเมินต้องมีค่าความเชื่อมั่น 0.70 ขึ้นไป (บุญชม ศรีสะอาด. 2553*)* ผลปรากฏว่าแบบประเมินความตระหนักรู้ มีค่าเชื่อมั่นเท่ากับ 0.86 (ดังภาคนวก ง)

3.3.3.8 จัดพิมพ์เป็นแบบประเมินความตระหนักรู้ฉบับสมบูรณ์ เพื่อใช้กับกลุ่มเป้าหมาย คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมหาวิชานุกูล นักเรียนจำนวน 9 คน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4.1 แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม โดยมีขั้นตอนการวิจัยประกอบด้วย 4 ขั้น ตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart (1988) ได้แก่ ขั้นวางแผน (Planning) ขั้นปฏิบัติ (Action) ขั้นสังเกตการณ์ (Observation) และขั้นสะท้อนกลับ (Reflection)

3.4.2 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการขอใบจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ หมายเลขสำคัญโครงการ : HE000071 ลำดับที่ 048/2568 และเก็บรวบรวมข้อมูลในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ เวลาเรียน 12 ชั่วโมง ดำเนินการวิจัย 3 วงจรปฏิบัติการ โดยมีขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

3.4.2.1 วงจรปฏิบัติการที่ 1

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Planning)

ผู้วิจัยดำเนินการสำรวจสภาพปัญหาในปัจจุบันและสภาพแวดล้อมในการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเมืองมหาวิชานุกูล ที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 9 คน ในการสังเกตและทดลองสอน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จากการสังเกตการตอบคำถามและการทดสอบของนักเรียนที่ต้องมีการใช้เหตุผลในการหาหลักฐานข้อมูลมาสนับสนุนคำตอบหรือข้อกล่าวอ้าง พบว่านักเรียนไม่สามารถสรุปประเด็นเพื่อสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ ผู้วิจัยจึงทำการสำรวจความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบวัดการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องการควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช แบบอัตนัย จำนวน 9 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 3 ข้อ รวม 27 ข้อ เพื่อนำปัญหาที่พบมาหาแนวทางการแก้ไขปัญหา โดยผู้วิจัยได้นำคำตอบของนักเรียนมาจัดระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 3 ระดับ ได้แก่ 0 คะแนน คือ ระดับควรปรับปรุง 1 คะแนน คือ ระดับดี 2 คะแนน คือ ระดับดีมาก ผลปรากฏดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 ผลการวัดความสามารถการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน

คนที่	ความสามารถตามองค์ประกอบ					
	ข้อกล่าวอ้าง (Claim) (2 คะแนน)		หลักฐาน (Evidence) (2 คะแนน)		การให้เหตุผล (Reasoning) (2 คะแนน)	
	คะแนน	แปรผล	คะแนน	แปรผล	คะแนน	แปรผล
1	0	ควรปรับปรุง	1	ดี	1	ดี
2	1	ดี	0	ควรปรับปรุง	0	ควรปรับปรุง
3	0	ควรปรับปรุง	0	ควรปรับปรุง	0	ควรปรับปรุง
4	1	ดี	1	ดี	0	ควรปรับปรุง
5	0	ควรปรับปรุง	0	ควรปรับปรุง	0	ควรปรับปรุง
6	1	ดี	1	ดี	1	ดี
7	0	ควรปรับปรุง	0	ควรปรับปรุง	1	ดี
8	1	ดี	1	ดี	2	ดีมาก
9	0	ควรปรับปรุง	0	ควรปรับปรุง	1	ดี

จากตารางที่ 3.6 ผลการวัดความสามารถการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนของนักเรียนจำนวน 9 คน พบว่านักเรียนมีความสามารถการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ระดับดี จำนวน 0 คน ระดับปานกลางจำนวน 1 คน และระดับต่ำจำนวน 8 คน จากการศึกษาพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ขาดความสามารถในการหาข้อกล่าวอ้างและการให้หลักฐาน ซึ่งเป็นผลมาจากการขาดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ร่วมด้วย ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาหาแนวทางในการจัดการเรียนรู้รูปแบบต่าง ๆ จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และศึกษาผลการเรียนรู้ ตามสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) รายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม หนังสือเรียนรายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม เล่ม 3 และคู่มือครูรายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม เล่ม 3 รวมทั้งปรึกษากับผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนของโรงเรียนเมืองมหาวิชานุกูล และพิจารณาเลือกใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) เนื่องจากเป็นแนวทางที่ส่งเสริมให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับสถานการณ์ในชีวิตจริง กระตุ้นการคิดวิเคราะห์และพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากนั้นผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์หลักสูตร ผลการเรียนรู้ และเนื้อหาสาระเพื่อนำไปเขียนแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องการควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช ในรายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม

จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ รวม 12 ชั่วโมง เพื่อนำไปจัดการเรียนการสอนทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติ (Action)

ผู้วิจัยจัดการเรียนการสอนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม (STS) โดยมีแผนการจัดการเรียนรู้ คือแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 22 ฮอร์โมนพืช และทำการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้จากใบงานและการตอบคำถามระหว่างการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observation)

ผู้วิจัยวัดการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 โดยใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จำนวน 1 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 3 ข้อ โดยวัดทั้ง 3 ด้าน คือ ข้อกล่าวอ้าง (Claim) หลักฐาน (Evidence) และการให้เหตุผล (Reasoning) เพื่อสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนกลับ (Reflection)

ผู้วิจัยสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) โดยใช้นำผลที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มาสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ร่วมกับผลการประเมินนักเรียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้ โดยนำมาวิเคราะห์ถึงปัญหาที่พบในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อนำข้อปัญหาที่พบมาปรับปรุงและแก้ไขการจัดการเรียนรู้ที่สามารถแก้ไขปัญหานั้นๆ ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ต่อไป

3.4.2.2 วงจรปฏิบัติการที่ 2

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Planning)

ผู้วิจัยปรับปรุงและแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม จากการนำผลการวิเคราะห์ปัญหาที่พบในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 และนำข้อปัญหาที่พบมาปรับปรุงและแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ ให้สามารถแก้ไขปัญหาที่พบนั้นได้

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติ (Action)

ผู้วิจัยจัดการเรียนการสอนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) โดยมีแผนการจัดการเรียนรู้ คือแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 23 ปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด และทำการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้จากการทดลอง ใบกิจกรรม ใบงาน และการตอบคำถามระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) เช่นเดียวกับวงจรปฏิบัติการที่ 1

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observation)

ผู้วิจัยวัดการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 โดยใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จำนวน 1 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 3 ข้อ โดยวัดทั้ง 3 ด้าน คือ ข้อกล่าวอ้าง (Claim) หลักฐาน (Evidence) และการให้เหตุผล (Reasoning) เพื่อสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนกลับ (Reflection)

ผู้วิจัยสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) โดยใช้นำผลที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 มาสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ร่วมกับผลการประเมินนักเรียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้ โดยนำมาวิเคราะห์ถึงปัญหาที่พบในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อนำข้อปัญหาที่พบมาปรับปรุงและแก้ไขการจัดการเรียนรู้ที่สามารถแก้ไขปัญหานั้น ๆ ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ต่อไป

3.4.2.3 วงจรปฏิบัติการที่ 3

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Planning)

ผู้วิจัยปรับปรุงและแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม จากการนำผลการวิเคราะห์ปัญหาที่พบในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และนำข้อปัญหาที่พบมาปรับปรุงและแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ให้สามารถแก้ไขปัญหาที่พบนั้นได้

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติ (Action)

ผู้วิจัยจัดการเรียนการสอนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) โดยมีแผนการจัดการเรียนรู้คือ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 24 การตอบสนองของพืชในลักษณะการเคลื่อนไหว และแผนที่ 25 การตอบสนองของพืชต่อสภาวะเครียด และทำการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้จากใบงานและการตอบคำถามระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS)

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observation)

ผู้วิจัยวัดการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 โดยใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จำนวน 2 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 3 ข้อ รวม 6 ข้อ โดยวัดทั้ง 3 ด้าน คือ ข้อกล่าวอ้าง (Claim) หลักฐาน (Evidence) และการให้เหตุผล (Reasoning) เพื่อสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนกลับ (Reflection)

ผู้วิจัยสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) โดยใช้นำผลที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 มาสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ร่วมกับผลการประเมินนักเรียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้ โดยนำมาวิเคราะห์ถึงปัญหาที่พบในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อนำข้อปัญหาที่พบมาปรับปรุงและแก้ไขการจัดการเรียนรู้ที่สามารถแก้ไขปัญหานั้น ๆ เพื่อหาแนวทางในการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ต่อไป

3.4.2.4 การประเมินความตระหนักรู้ถึงความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ในการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

หลังสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ ผู้วิจัยประเมินความตระหนักรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้แบบประเมินความตระหนักรู้ถึงความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ในการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งมีลักษณะแบบประมาณค่า 5 ระดับ โดยสร้างแบบประเมินทั้งหมด 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ความเข้าใจ ด้านอารมณ์และความรู้สึก และด้านพฤติกรรม ด้านละ 5 ข้อ รวมทั้งสิ้นจำนวน 15 ข้อ โดยให้นักเรียนประเมินตนเอง

3.4.2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลกับเครื่องมือวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้การวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) โดยมีขั้นตอนการวิจัยประกอบด้วย 4 ขั้น ตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart (1988) ได้แก่ ขั้นวางแผน (Planning) ขั้นปฏิบัติ (Action) ขั้นสังเกตการณ์ (Observation) และขั้นสะท้อนกลับ (Reflection) จำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ โดยวงจรปฏิบัติการที่ 1 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 22 เรื่อง ฮอร์โมนพืช วงจรปฏิบัติการที่ 2 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 23 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด และวงจรปฏิบัติการที่ 3 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 24 เรื่อง การตอบสนองของพืชในลักษณะการเคลื่อนไหว และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 25 เรื่อง การตอบสนองของพืชต่อสภาวะเครียด โดยหลังการจัดการเรียนรู้ในทุกวงจรปฏิบัติการ ผู้วิจัยทำการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังจบวงจรปฏิบัติการทุกวงจรปฏิบัติการ และภายหลังสิ้นสุดการดำเนินการครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ ผู้วิจัยเก็บข้อมูลความตระหนักรู้ถึงความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ในการนำไปใช้ในชีวิตประจำวันของนักเรียนเพิ่มเติม โดยใช้แบบประเมินความตระหนักรู้ความตระหนักรู้ถึงความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ในการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน ดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 ความสัมพันธ์ระหว่างขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลกับเครื่องมือวิจัย

วงจรปฏิบัติการ	เครื่องมือวิจัย	ช่วงเวลาที่ใช้
วงจรปฏิบัติการที่ 1	1. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 22 ฮอร์โมนพืช	ระหว่างการจัดการเรียนรู้
	2. แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	หลังจบวงจรปฏิบัติการที่ 1
วงจรปฏิบัติการที่ 2	1. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 23 ปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด	ระหว่างการจัดการเรียนรู้
	2. แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	หลังจบวงจรปฏิบัติการที่ 2
วงจรปฏิบัติการที่ 3	1. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 24 การตอบสนองของพืชในลักษณะการเคลื่อนไหว	ระหว่างการจัดการเรียนรู้
	2. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 25 การตอบสนองของพืชต่อสภาวะเครียด	
	3. แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	หลังจบวงจรปฏิบัติการที่ 3
หลังจบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ	1. แบบประเมินความตระหนักรู้ถึงความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ในการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน	หลังจบวงจรปฏิบัติการทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ดังนี้

3.5.1 วิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 ระดับ ซึ่งมีคะแนนเต็มเท่ากับ 2 คะแนน ได้แก่ ระดับดีมาก (2 คะแนน) ระดับดี (1 คะแนน) และระดับควรปรับปรุง (0 คะแนน) ตามกรอบแนวคิดของ McNeill and Krajcik (2008) และกำหนดระดับคะแนนตามความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน 3 ระดับ ปรับปรุงจากงานวิจัยของ Songer, Kelcey, and Gotwals (2009) ในการแปรผลการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยทำการแบ่งอันตรภาคชั้น

เกณฑ์การแปรผลตามหลักการทางสถิติ แบ่งการแปรผลคะแนนออกเป็น 3 ระดับ โดยกำหนดเกณฑ์การผ่านการประเมินต้องอยู่ในระดับดีขึ้นไป ดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 เกณฑ์การให้คะแนนระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ด้านการประเมิน	ระดับคะแนน	ความสามารถที่แสดงออก
1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim)	0 (ควรปรับปรุง)	ข้อกล่าวอ้างไม่มีความชัดเจน ไม่เกี่ยวข้องกับคำถามทางวิทยาศาสตร์ หรือขัดแย้งกับหลักการทางวิทยาศาสตร์พื้นฐาน
	1 (ดี)	ข้อกล่าวอ้างมีความชัดเจนและตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นส่วนใหญ่ แต่อาจขาดความแม่นยำหรือการเชื่อมโยงกับหลักการทางวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจนในบางจุด
	2 (ดีมาก)	ข้อกล่าวอ้างมีความชัดเจน แม่นยำ และตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างสมบูรณ์ สอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจอย่างลึกซึ้งในปรากฏการณ์ที่ศึกษา
2. หลักฐาน (Evidence)	0 (ควรปรับปรุง)	หลักฐานที่นำมาแสดงไม่เกี่ยวข้องกับข้อกล่าวอ้าง มีความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง หรือไม่เพียงพออย่างยิ่งในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
	1 (ดี)	เลือกใช้หลักฐานเชิงประจักษ์หรือข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง แต่หลักฐานอาจยังไม่เพียงพอหรือไม่หลากหลายพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้อย่างสมบูรณ์
	2 (ดีมาก)	เลือกใช้หลักฐานเชิงประจักษ์หรือข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องและเพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้อย่างหนักแน่น หลักฐานมีความน่าเชื่อถือและถูกนำเสนออย่างเป็นระบบ

(ต่อ)

ตารางที่ 3.8 (ต่อ)

ด้านการประเมิน	ระดับคะแนน	ความสามารถที่แสดงออก
3. การให้เหตุผล (Reasoning)	0 (ควรปรับปรุง)	การให้เหตุผลไม่มีความชัดเจน ไม่สมเหตุสมผล หรือไม่มีการเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานอย่างเป็นรูปธรรม ไม่มีการอ้างอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์ หรือการอ้างอิงนั้นไม่ถูกต้องหรือไม่เกี่ยวข้อง ทำให้ไม่สามารถเข้าใจได้ว่าทำไมหลักฐานจึงสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง หรือมีความเข้าใจผิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลอย่างชัดเจน
	1 (ดี)	การให้เหตุผลมีความพยายามเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน และมีการอ้างอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์บ้าง แต่อาจยังไม่ชัดเจนหรือสมบูรณ์ในบางส่วน การเชื่อมโยงอาจยังไม่เพียงพอ หรือการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลยังไม่ครอบคลุม
	2 (ดีมาก)	การให้เหตุผลมีความชัดเจน สมเหตุสมผล และเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานได้อย่างมีตรรกะ โดยอ้างอิงหลักการหรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและเหมาะสม สามารถอธิบายได้ว่าทำไมหลักฐานจึงสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจในความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลอย่างลึกซึ้ง

3.5.2 วิเคราะห์ความตระหนักรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละองค์ประกอบของความตระหนักรู้ 5 ระดับ มีคะแนนเต็มเท่ากับ 5 คะแนน ได้แก่ มากที่สุด 5 คะแนน มาก 4 คะแนน ปานกลาง 3 คะแนน น้อย 2 คะแนน และน้อยที่สุด 1 คะแนน โดยแต่ละด้านมีคะแนนเต็ม 25 คะแนน ผู้วิจัยแบ่งอันตรภาคชั้นตามหลักการทางสถิติเพื่อทำการแปลผลคะแนนแบ่งออกเป็น 5 ระดับ ดังตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.9 การให้คะแนนระดับความตระหนักรู้ในแต่ละด้าน

คะแนนรวม	การแปลผลคะแนน	ระดับความสามารถ
5	21-25	มากที่สุด
4	16-20	มาก
3	11-15	ปานกลาง
2	6-10	น้อย
1	0-5	น้อยที่สุด

จากนั้นผู้วิจัยวิเคราะห์ความตระหนักรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยนำคะแนนของความตระหนักรู้ทั้ง 3 ด้าน ของนักเรียนมารวมกันซึ่งในแต่ละด้านของความตระหนักรู้มีคะแนนเต็ม 25 คะแนน รวมคะแนนทั้ง 3 ด้าน เท่ากับ 75 คะแนน จากนั้นนำคะแนนรวมทั้ง 3 ด้านมาจัดแบ่งอันตรภาคชั้นเพื่อแปลผลคะแนนระดับความสามารถออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับสูง 50.01 – 75.00 คะแนน ระดับปานกลาง 25.01 – 50.00 คะแนน และระดับต่ำ 0.00 – 25.00 คะแนน ดังตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.10 การให้คะแนนระดับความตระหนักรู้ทั้ง 3 ด้าน

ระดับความสามารถ	ช่วงคะแนน
ต่ำ	0.00 – 25.00
ปานกลาง	25.01 – 50.00
สูง	50.01 – 75.00

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.6.1 สถิติพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย

3.6.1.1 ร้อยละ (Percentage) ใช้สูตรดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553)

$$p = \frac{f}{N} \times 100 \quad (3\text{-}1)$$

เมื่อ p แทน ร้อยละ
F แทน ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ
N แทน ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ

3.6.1.2 ค่าเฉลี่ย (Arithmetic Mean) ใช้สูตรดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553)

$$\overline{X} = \frac{\sum_X}{N} \quad (3\text{-}2)$$

เมื่อ $\overline{X}$ แทน ค่าเฉลี่ย
$\sum X$ แทน ผลร่วมของคะแนนทั้งหมด
N แทน จำนวนนักเรียน

3.6.1.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ใช้สูตรดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553)

$$S.D = \sqrt{\frac{\sum_{(X-\overline{X})^2}}{N-1}} \quad (3\text{-}3)$$

เมื่อ $\sum$ แทน ผลรวม
$\overline{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง
X แทน จำนวนของผู้เรียน
N แทน จำนวนผู้เรียนทั้งหมด

3.6.2 สถิติที่ใช้วิเคราะห์หาคุณภาพเครื่องมือ

3.6.2.1 คุณภาพแบบวัดการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

1) หาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Validity) ของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีหาดัชนีความสอดคล้อง โดยใช้สูตรดังนี้ (ไพศาล วรคำ, 2567)

$$IOC = \frac{\sum_{R}}{N} \quad (3\text{-}4)$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์กับเนื้อหาหรือระหว่างกับจุดประสงค์

$\sum \mathrm{R}$ แทน ผลรวมคะแนนหรือความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

2) หาความยาก (Difficulty) ของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้สูตร (Whitney and Sabers, 1970) ดังนี้

$$P_E = \frac{S_u + S_L - 2(N \times X_{min})}{2N\,(X_{max} - X_{min})} \quad (3\text{-}5)$$

เมื่อ P_E แทน ดัชนีค่าความยาก

S_u แทน ผลรวมคะแนนของกลุ่มเก่ง

S_L แทน ผลรวมคะแนนของกลุ่มอ่อน

N แทน จำนวนคนผู้สอบทั้งหมดของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

X_{max} แทน คะแนนสูงสุดในข้อนั้น

X_{min} แทน คะแนนต่ำสุดในข้อนั้น

3) หาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตร ดังนี้ (Whitney and Sabers, 1970)

$$D = \frac{S_u - S_l}{N\left(X_{Max} - X_{Min}\right)} \qquad (3\text{-}6)$$

เมื่อ D แทน ค่าอำนาจจำแนก
S_u แทน ผลรวมคะแนนของกลุ่มเก่ง
S_L แทน ผลรวมคะแนนของกลุ่มอ่อน
N แทน จำนวนคนผู้สอบทั้งหมดของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน
X_{max} แทน คะแนนสูงสุดในข้อนั้น
X_{min} แทน คะแนนต่ำสุดในข้อนั้น

4) หาค่าความเชื่อมั่นของวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยการหาค่า Alpha – Coefficient ของ Cronbach ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553)

$$\alpha = \frac{K}{K-1}\left\{\frac{\sum s_{i^2}}{s_i 2}\right\} \qquad (3\text{-}7)$$

เมื่อ α แทน ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น
K แทน จำนวนข้อของเครื่องมือวัด
$\sum s_{i^2}$ แทน ผลรวมความแปรปรวนของแต่ละข้อ
S_{i^2} แทน ผลรวมความแปรปรวนของคะแนนรวม

3.6.2.2 การหาคุณภาพของแบบประเมินความตระหนักรู้

1) หาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Validity) ของแบบประเมินความตระหนักรู้ โดยใช้วิธีหาดัชนีความสอดคล้อง โดยใช้สูตรดังนี้ (ไพศาล วรคำ, 2567)

$$IOC = \frac{\sum_{R}}{N} \quad (3\text{-}7)$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์กับเนื้อหา หรือ ระหว่างกับจุดประสงค์

$\sum \mathrm{R}$ แทน ผลรวมคะแนนหรือความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

2) การหาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ของประเมินความตระหนักรู้ แบบสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวมของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร ดังนี้ (ไพศาล วรคำ, 2567)

$$r_{xy} = \frac{S_r r_{xy} - S_x}{\sqrt{S_x^2 + S_y^2 - 2 S_x S_y r_{xy}}} \quad (3\text{-}9)$$

เมื่อ r_{xy} แทน ค่าอำนาจจำแนก

S_x , S_y แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนข้อนั้น และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนรวม

S_x^2 , S_y^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนข้อนั้นและคะแนนรวมตามลำดับ

r_{xy} แทน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับ. คะแนนรวม

3) ค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินความตระหนักรู้ โดยการหาค่า Alpha – Coefficient ของ Cronbach) ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553)

$$\propto = \left[\frac{k}{k-1}\right]\left[1-\frac{\sum S_i^2}{S_t^2}\right] \qquad (3\text{-}8)$$

เมื่อ α แทน ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

K แทน จำนวนข้อของเครื่องมือวัด

$\sum S_{i^2}$ แทน ผลรวมความแปรปรวนของแต่ละข้อ

S_{i^2} แทน ผลรวมความแปรปรวนของคะแนนรวม

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยนี้เป็นรูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) ตามวงจรปฏิบัติการ Plan-Act-Observe-Reflect เพื่อศึกษาผลการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ในเรื่องการควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มเป้าหมาย ที่ศึกษาในแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ของโรงเรียนเมืองมหาวิชานุกูล ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 1 ห้องเรียน

4.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

4.1.1. เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องการควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS)

4.1.2. เพื่อศึกษาความตระหนักรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS)

4.2 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอข้อมูลผลการวิเคราะห์

เพื่อให้การเข้าใจการแปลความหมายของข้อมูล ผู้วิจัยได้กำหนดความหมายของสัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

$\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ย

S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.3 ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเชิงปฏิบัติการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้นำเสนอลำดับขั้นตอนในการวิจัย ดังนี้

4.3.1 ผลการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม (STS) วงจรปฏิบัติการที่ 1

4.3.2 ผลการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม (STS) วงจรปฏิบัติการที่ 2

4.3.3 ผลการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม (STS) วงจรปฏิบัติการที่ 3

4.3.4 สรุปผลการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม (STS) ของทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ

4.3.4 ผลการส่งเสริมความตระหนักรู้หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS)

4.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) เรื่องการควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง ผลการวิจัยเป็นดังนี้

4.4.1 ผลการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม (STS) วงจรปฏิบัติการที่ 1

4.4.1.1 ขั้นวางแผน

ผู้วิจัยดำเนินการสำรวจสภาพปัญหาในปัจจุบันและสภาพแวดล้อมในการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเมืองมหาวิชานุกูล ที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 9 คน จากการสังเกตและทดลองสอน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 โดยการสังเกตการตอบคำถามหรือการทำแบบทดสอบของนักเรียนที่ต้องมีการใช้เหตุผลในการหาหลักฐานข้อมูลมาสนับสนุนคำตอบหรือข้อกล่าวอ้าง พบว่านักเรียนไม่สามารถสรุปประเด็นเพื่อสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ ผู้วิจัยจึงทำการสำรวจความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบวัดการสร้าง

คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องการควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช แบบอัตนัย จำนวน 9 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 3 ข้อ รวม 27 ข้อ เพื่อนำปัญหาที่พบมาหาแนวทางการแก้ไขปัญหา โดยผู้วิจัยได้นำคำตอบของนักเรียนมาจัดระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 3 ระดับ ได้แก่ 0 คะแนน คือ ระดับควรปรับปรุง 1 คะแนน คือ ระดับดี 2 คะแนน คือ ระดับดีมาก ผลปรากฏดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการวัดความสามารถการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน

คนที่	ความสามารถตามองค์ประกอบ			รวม (6 คะแนน)	การแปรผล
	ข้อกล่าวอ้าง (Claim) (2 คะแนน)	หลักฐาน (Evidence) (2 คะแนน)	การให้เหตุผล (Reasoning) (2 คะแนน)		
1	0	1	1	2	ดี
2	1	0	0	1	ควรปรับปรุง
3	0	0	0	0	ควรปรับปรุง
4	1	1	0	2	ควรปรับปรุง
5	0	0	0	0	ควรปรับปรุง
6	1	1	1	3	ควรปรับปรุง
7	0	0	1	1	ควรปรับปรุง
8	1	1	2	4	ดี
9	0	0	1	1	ควรปรับปรุง

จากตารางที่ 4.1 พบว่ามีนักเรียนที่ผ่านการประเมินในระดับปานกลาง จำนวน 1 คน และระดับต่ำ จำนวน 8 คน แต่เนื่องจากนักเรียนทั้งหมดอยู่ห้องเดียวกันจึงคัดเลือกให้เป็นกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด จำนวน 9 คน

4.4.1.2 ขั้นปฏิบัติตามแผน

ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียนวงจรปฏิบัติการที่ 1 โดยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ซึ่งในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 22 มีขั้นปฏิบัติการจัดกิจกรรมดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 22 ครูอธิบายเกี่ยวกับฮอร์โมนหลักของพืชที่สร้างขึ้นมาทั้ง 5 ชนิด โดยครูยกตัวอย่างคำถาม เช่น นักเรียนเคยบ่มผลไม้หรือไม่และใช้วิธีใดในการบ่ม โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและแชร์ประสบการณ์ และใช้คำถามเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่บทเรียน เรื่อง ฮอร์โมนพืช กระตุ้นนักเรียนโดยตั้งคำถามว่า “ในการบ่มผลไม้ นักเรียนทราบไหม

ว่าผลไม้จะมีการสร้างฮอร์โมนชนิดใดมากกว่าปกติ ที่ทำให้ผลไม้สุกไวกว่าอยู่บนต้น” เพื่อนำเข้าสู่กิจกรรมขั้นแก้ปัญหาโดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม และมอบหมายให้แต่ละกลุ่มศึกษาฮอร์โมนพืชเกี่ยวข้องกับผลของฮอร์โมนกับการแสดงการงอกของพืชโดยศึกษาฮอร์โมนพืช จากนั้นครูให้นักเรียนในกลุ่มร่วมกันนำข้อมูลที่ได้จากการค้นหามาร่วมกันวิเคราะห์บทบาทและหน้าที่ของฮอร์โมนในแต่ละกลุ่มที่ได้รับมอบหมาย เขียนลงในกระดาษชาร์จโดยทำเป็นแผนผัง หรือ Mind Map และออกมานำเสนอผลที่ได้จากการศึกษาหน้าชั้นเรียน ตามหัวข้อที่กลุ่มของตนเองได้รับมอบหมายและร่วมกันอภิปรายผลกระทบของการใช้ฮอร์โมนพืช เช่น การใช้สารกระตุ้นการเจริญเติบโตต่อคุณภาพของอาหารหรือสิ่งแวดล้อม จากนั้นให้นักเรียนทำกิจกรรมโดยกำหนดสถานการณ์เพื่อให้นักเรียนได้สร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ดังนี้

“ในช่วงเทศกาลวาเลนไทน์ ร้านดอกไม้แห่งหนึ่งในจังหวัดเชียงใหม่ได้รับคำสั่งซื้อดอกกุหลาบจำนวนมากจากร้านในกรุงเทพฯ ซึ่งต้องการดอกไม้สดใหม่เพื่อจัดช่อให้ลูกค้าในวันวาเลนไทน์ โดยระยะเวลาขนส่งใช้เวลานานถึง 10–12 ชั่วโมง เจ้าของร้านกังวลว่าดอกไม้จะเหี่ยวเฉาและกลีบดอกจะร่วงก่อนถึงมือลูกค้า เพื่อแก้ปัญหานี้ เจ้าของร้านได้ทดลองรักษาความสดของดอกกุหลาบด้วยสารสังเคราะห์ 2 ชนิด คือ

- ไซโทไคนิน (BAP – Benzylaminopurine): ฮอร์โมนพืชที่ช่วยชะลอการแก่ของเซลล์
- สารยับยั้งเอทิลีน (STS – Silver Thiosulfate): สารยับยั้งฮอร์โมนเอทิลีนที่ทำให้ดอกไม้เหี่ยวและร่วง”

จากการทดลองพบว่า

กลุ่มการทดลอง	สารควบคุมการเจริญเติบโต	หลังขนส่งครบ 12 ชั่วโมง
กลุ่ม A	ไม่ใช้สารใด ๆ	เหี่ยวอย่างเห็นได้ชัด และมีการหลุดร่วงของกลีบประมาณ 60%
กลุ่ม B	แช่ก้านดอกกุหลาบในสาร Cytokinin (ไซโทไคนิน)	ยังคงความสดของกลีบได้ดี สีไม่เปลี่ยน และกลีบร่วงเพียง 20%

กลุ่ม C	พ่นดอกกุหลาบด้วย Silver Thiosulfate (STS)	ดอกไม้ยังแข็งแรง ไม่เหี่ยว กลีบไม่ร่วง และสีสดใส

เมื่อนักเรียนได้รับทราบสถานการณ์ นักเรียนต้องทำการสืบค้นหาข้อมูลเพื่อตอบคำถามตามองค์ประกอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยครูจะเป็นผู้ที่คอยให้คำแนะนำตลอดการสืบค้น จากนั้นนักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นมาสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนร่วมกัน โดยแต่ละกลุ่มจะต้องส่งตัวแทนออกมานำเสนอการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และให้อีกกลุ่มที่เป็นผู้ฟังแสดงความคิดเห็นว่าเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วย พร้อมให้เหตุผลประกอบ เมื่อสิ้นสุดกิจกรรมครูทำการสะท้อนผลการเรียนรู้ร่วมกับนักเรียน โดยอภิปรายถึงแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง พร้อมสรุปผลจากการสืบค้นองค์ประกอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง

4.4.1.3 ขั้นสังเกตการณ์

ในระหว่างการจัดการเรียนรู้วงจรปฏิบัติที่ 1 ผู้วิจัยได้สังเกตและประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม (STS) เรื่องฮอร์โมนพืช จากตอบคำถามในใบงานและการตอบคำถามระหว่างการจัดการเรียนรู้ของนักเรียน พบว่านักเรียนแต่ละกลุ่มระบุข้อกล่าวอ้างได้ แต่อธิบายให้เหตุผลได้น้อยและขาดรายละเอียดในการอธิบายเหตุผล ในส่วนของหลักฐาน พบว่านักเรียนสามารถค้นคว้าหาข้อมูลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตัวเองได้น้อย ดังต่อไปนี้

ครู : นักเรียนควรจะใช้สารใดในการชะลอการเหี่ยวของดอกกุหลาบ (ข้อกล่าวอ้าง)

กลุ่มที่ 1 : สารยับยั้งเอทิลีน (STS – Silver Thiosulfate)

กลุ่มที่ 2 : สารยับยั้งเอทิลีน

ครู : เพราะเหตุใดนักเรียนจึงคิดว่าควรใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มที่นักเรียนตอบไปในข้อแรก (การให้เหตุผล)

กลุ่มที่ 1 : จากการทดลองพบว่าดอกไม้ยังแข็งแรง ไม่เหี่ยว กลีบไม่ร่วง และสีสดใส

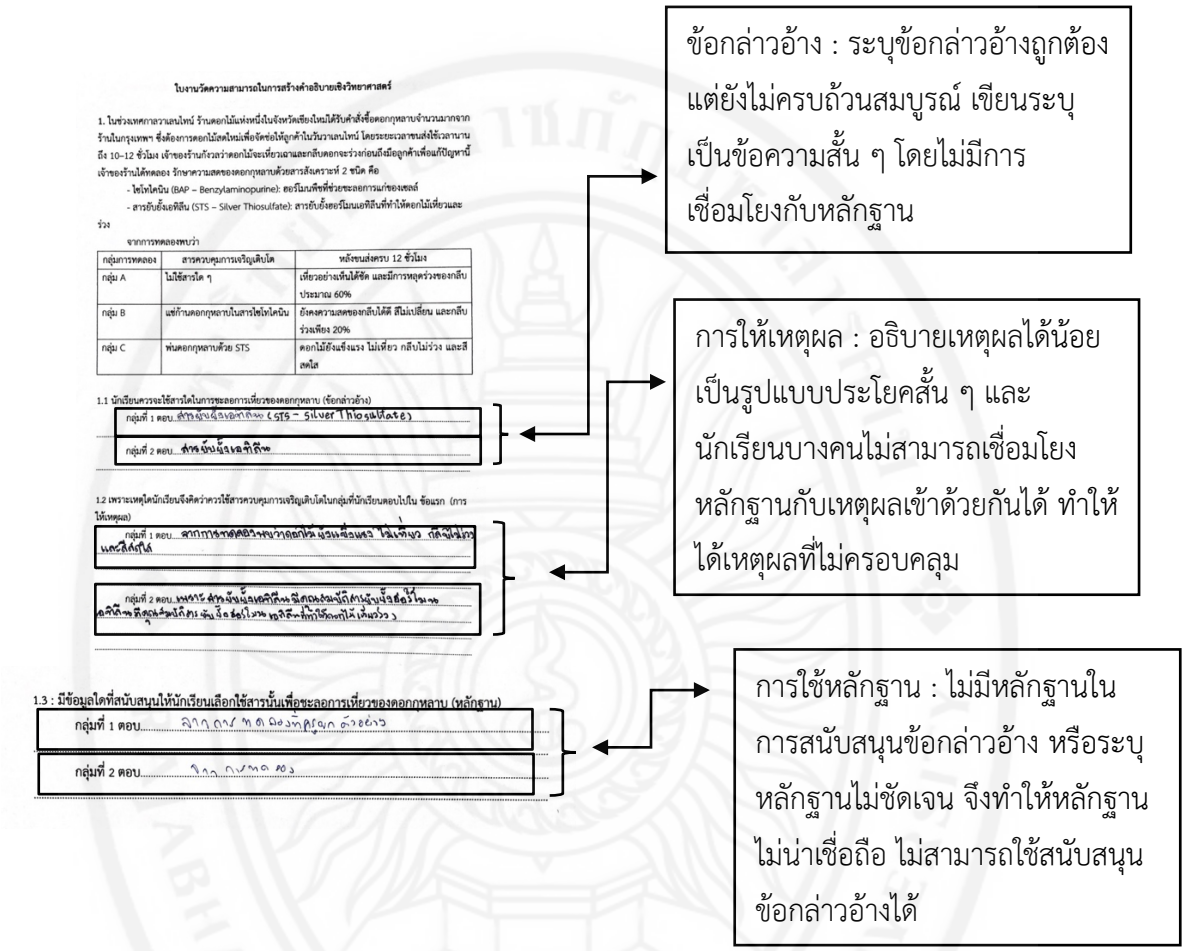
กลุ่มที่ 2 : เพราะสารยับยั้งเอทิลีนมีคุณสมบัติสารยับยั้งฮอร์โมนเอทิลีนที่ทำให้ดอกไม้เหี่ยวและร่วง

ครู : มีข้อมูลใดที่สนับสนุนให้นักเรียนเลือกใช้สารนั้นเพื่อชะลอการเหี่ยวของดอกกุหลาบ (หลักฐาน)

กลุ่มที่ 1 : จากการทดลองที่ครูยกตัวอย่าง

กลุ่มที่ 2 : จากการทดลอง

จากการตรวจใบงานการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของแต่ละกลุ่ม พบว่านักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ แต่ยังไม่ครอบคลุม อธิบายการให้เหตุผลได้น้อยและไม่มีความน่าเชื่อถือและไม่สามารถหาหลักฐานมาสนับสนุนข้อกล่าวกล่าวอ้างได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ ดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 ใบงานการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 22

เมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ทดสอบหลังจบวงจรปฏิบัติการ ครอบคลุมองค์ประกอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) 2) หลักฐาน (Evidence) 3) การให้เหตุผล (Reasoning) ผลการประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติที่ 1 แสดงผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.2 ผลการประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติที่ 1

คนที่	ความสามารถตามองค์ประกอบ						รวม (6)	แปลผล
	ข้อกล่าวอ้าง (Claim)		หลักฐาน (Evidence)		การให้เหตุผล (Reasoning)			
	คะแนน	ระดับความสามารถ	คะแนน	ระดับความสามารถ	คะแนน	ระดับความสามารถ		
1	1	ดี	1	ดี	0	ปรับปรุง	2	ควรปรับปรุง
2	0	ปรับปรุง	1	ดี	0	ปรับปรุง	1	ควรปรับปรุง
3	1	ดี	0	ปรับปรุง	1	ดี	2	ควรปรับปรุง
4	1	ดี	1	ดี	1	ดี	3	ดี
5	0	ปรับปรุง	1	ดี	1	ดี	2	ควรปรับปรุง
6	1	ดี	1	ดี	1	ดี	3	ดี
7	1	ดี	0	ปรับปรุง	1	ดี	2	ควรปรับปรุง
8	2	ดี	1	ดี	1	ดี	4	ดี
9	1	ดี	1	ดี	0	ปรับปรุง	2	ควรปรับปรุง
$\overline{X}$	0.89		0.78		0.67			
S.D	0.60		0.44		0.50			

จากตารางที่ 4.2 พบว่า นักเรียนมีระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์ จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 ไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 66.66 เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยเป็นรายด้านตามองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนได้คะแนนข้อกล่าวอ้างมากที่สุด ($\overline{X}$ = 0.89, S.D. = 0.60) ถัดมาคือการใช้หลักฐาน ($\overline{X}$ = 0.78, S.D. = 0.44) และการให้เหตุผล ($\overline{X}$ = 0.67, S.D. = 0.50) ตามลำดับ และในวงจรปฏิบัติการที่ 2 กลุ่มเป้าหมายในวงจรปฏิบัติการต่อไป คือ 6 คนที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์

4.4.1.4 ขั้นสะท้อนกลับ

ผู้วิจัยสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) โดยใช้นำผลที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มาสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ร่วมกับผลการประเมินนักเรียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้ โดยนำมาวิเคราะห์ถึงปัญหาที่พบในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อนำข้อปัญหาที่พบมาปรับปรุงและแก้ไขการจัดการเรียนรู้ที่สามารถแก้ไขปัญหานั้น ๆ ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.3 ปัญหาที่พบจากการการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และแนวทางการแก้ไขปัญหาในวงจรปฏิบัติการที่ 1

ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไขปัญหา
1. ข้อกล่าวอ้าง - นักเรียนระบุข้อกล่าวอ้างในลักษณะของข้อความสั้น ๆ ไม่มีการเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน	- ใช้คำถามกระตุ้นการคิดเพื่อให้นักเรียนเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานและเหตุผลมากขึ้น โดยเน้นให้นักเรียนอธิบายว่าคำตอบที่ระบุ มีความสัมพันธ์กับข้อมูลหรือหลักฐานอย่างไร
- นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ ของสถานการณ์หรือปัญหาที่กำหนด	- อธิบายเพิ่มเติมในประเด็นที่มีความซับซ้อน พร้อมยกตัวอย่างสถานการณ์ใกล้ตัว เพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจและสามารถนำความรู้มาใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้อย่างเหมาะสม
2. การให้เหตุผล - นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงเหตุผลและหลักฐานเข้าด้วยกันได้	- ทบทวนสถานการณ์หรือปัญหาที่กำหนดร่วมกับนักเรียน เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถระบุให้เหตุผลได้ครบถ้วนและตรงประเด็นมากยิ่งขึ้น

(ต่อ)

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไขปัญหา
- ข้อความที่นักเรียนใช้ในการอธิบายเหตุผลเป็นรูปแบบประโยคสั้น ๆ และไม่สามารถเชื่อมโยงหลักฐานกับเหตุผลเข้าด้วยกันได้	- ทบทวนสถานการณ์หรือปัญหาที่กำหนดร่วมกับนักเรียน เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถระบุให้เหตุผลได้ครบถ้วนและตรงประเด็นมากยิ่งขึ้น - ตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูลจากหลักฐาน หาความสอดคล้องกับข้อกล่าวอ้างสร้างความต่อเนื่องในการอธิบายหรือเขียนเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และอธิบายเพิ่มเติมในเนื้อหาที่มีความซับซ้อน
3. การใช้หลักฐาน - นักเรียนหาหลักฐานมาสนับสนุน ข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเองได้น้อย ไม่ครอบคลุมและนักเรียนไม่มีความมั่นใจในหลักฐานที่ตนเองศึกษาค้นคว้ามาได้ เนื่องจากคิดว่าหลักฐานนั้นไม่ถูกต้อง	- ฝึกให้นักเรียนวิเคราะห์และสรุปข้อมูลจากหลักฐานด้วยภาษาของตนเอง พร้อมเชื่อมโยงข้อมูลกับเหตุผลอย่างเป็นลำดับขั้น และให้นักเรียนเลือกใช้หลักฐานหรือข้อมูลมากกว่าหนึ่งตัวอย่างในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง เพื่อให้การอธิบายครอบคลุมประเด็นสำคัญและมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น
- นักเรียนไม่สามารถเลือกใช้ข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ครบถ้วนโดยมักยกตัวอย่างเพื่องตัวอย่างเดียวซึ่งไม่ครอบคลุมเนื้อหาหรือประเด็นที่ควรอธิบาย	- ใช้คำถามกระตุ้นความคิด เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนค้นหา วิเคราะห์ และเลือกใช้ข้อมูลที่เหมาะสม เช่นถามว่า มีข้อมูลใดบ้างที่สามารถนำมาใช้อธิบาย หรือข้อมูลใดที่ได้จากการสำรวจที่นักเรียนสามารถนำมาใช้เชื่อมโยงกับข้อกล่าวอ้างได้อย่างเป็นระบบ

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ปัญหาที่พบในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีการระบุข้อกล่าวอ้างถูกต้องแต่ยังไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ มีการเขียนระบุเป็นข้อความสั้น ๆ ไม่มีการเชื่อมโยงกับหลักฐาน และมีการเชื่อมโยงเหตุผลกับหลักฐานไม่ชัดเจน และขาดทักษะในการเขียนอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และการวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งเป็นทักษะที่สำคัญและจำเป็นในการสร้างคำอธิบาย

เชิงวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยจึงได้หาแนวทางการแก้ไขปัญหา คือ ใช้คำถามกระตุ้นการคิดเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูล พิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และเหตุผล รวมถึงฝึกให้นักเรียนอธิบายคำตอบอย่างเป็นลำดับขั้นและมีความต่อเนื่องมากขึ้น ควบคู่กับการทบทวนสถานการณ์หรือปัญหาร่วมกับนักเรียน และอธิบายเพิ่มเติมในประเด็นที่มีความซับซ้อน พร้อมยกตัวอย่างสถานการณ์ใกล้ตัวเพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้กับหลักฐานและนำมาใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้อย่างเหมาะสม ตลอดจนส่งเสริมให้นักเรียนเลือกใช้หลักฐานที่หลากหลายและวิเคราะห์ข้อมูลอย่างเป็นระบบ

4.4.2 ผลการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม (STS) วงจรปฏิบัติการที่ 2

4.4.2.1 ขั้นวางแผน

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากผลการสะท้อนกลับในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ที่พบว่านักเรียนขาดทักษะการเขียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์และทักษะการวิเคราะห์ข้อมูล มีการระบุข้อกล่าวอ้างถูกต้องแต่ยังไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ และมีการเขียนระบุเป็นข้อความสั้น ๆ โดยไม่มีการเชื่อมโยงกับหลักฐานหรือมีการเชื่อมโยงเหตุผลกับหลักฐานไม่ชัดเจน จึงทำให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ทั้งการหาหลักฐานและการให้เหตุผลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างไม่ดีเท่าที่ควร ในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ในขั้นการรวบรวมข้อมูลและการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้นำคำถามกระตุ้นมาใช้เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเชื่อมโยงหลักฐานกับเหตุผลในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ชี้นำให้นักเรียนคิดวิเคราะห์และสะท้อนความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานกับเหตุผล และทบทวนข้อกล่าวอ้างและหลักฐานของกลุ่มอื่นเพื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มของตนเองว่าแตกต่างจากของเพื่อนอย่างไร โดยผู้วิจัยอธิบายเพิ่มเติมในประเด็นที่มีความซับซ้อน พร้อมยกตัวอย่างสถานการณ์ใกล้ตัวเพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้กับหลักฐานและนำมาใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้อย่างเหมาะสม พร้อมทั้งสนับสนุนและสร้างบรรยากาศที่เปิดกว้างให้นักเรียนกล้าแสดงความคิดเห็น เน้นการแสวงหาความรู้โดยไม่ยึดติดกับความถูกผิดของคำตอบ และฝึกให้นักเรียนเขียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์อย่างมั่นใจ ดังนั้นในวงจรปฏิบัติการที่ 2 การใช้คำถามกระตุ้น จึงเป็นเครื่องมือสำคัญในการส่งเสริมทักษะการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 23 เรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ 3 ชั่วโมง จัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม (STS) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นสืบค้น (Search) 2) ขั้นแก้ปัญหา (Solve) 3) ขั้นสร้างสรรค์ (Create) 4) ขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์ (Share) และ 5) ขั้นนำไปปฏิบัติจริง (Act)

4.4.2.2 ขั้นปฏิบัติตามแผน

ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียนวงจรปฏิบัติการที่ 2 โดยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ซึ่งในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 23 มีขั้นปฏิบัติการจัดกิจกรรม ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 23 ปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด ครูตั้งคำถามเพื่อนำนักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด เช่น นักเรียนคิดว่าเมล็ดพืชต้องการปัจจัยอะไรบ้างในการงอก แล้วถามกระตุ้นนักเรียนต่อว่า ถ้าไม่มีน้ำหรืออากาศเมล็ดจะงอกหรือไม่ ทำไมถึงเป็นเช่นนั้น จากนั้นเข้าสู่บทเรียนในเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด โดยครูกำหนดสถานการณ์เพื่อให้นักเรียนได้สร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ดังนี้

> “นักวิจัยในสวนพฤกษศาสตร์แห่งหนึ่งต้องการปลูกเมล็ดพืชพันธุ์หายากที่พบในธรรมชาติ แต่พบว่าเมล็ดพืชดังกล่าวไม่งอก แม้จะมีน้ำ แสง และดินที่เหมาะสม เมื่อศึกษาข้อมูลเพิ่มเติม พบว่าเมล็ดพืชชนิดนี้มีเปลือกที่หนาและมีสภาพพักตัว (Dormancy) เพื่อความอยู่รอดในสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ นักวิจัยจึงทดลองใช้กระบวนการทางธรรมชาติเพื่อทำลายสภาพพักตัวของเมล็ด เช่น การขูดเปลือก (Scarification) และการกระตุ้นด้วยอุณหภูมิที่เหมาะสม”

ดังการทดลองต่อไปนี้

กลุ่มทดลอง	วิธีการก่อนเพาะเมล็ด	จำนวนเมล็ดที่งอกจาก 20 เมล็ด
กลุ่ม A	ไม่ทำอะไรเลย (ควบคุม)	2
กลุ่ม B	ขูดเปลือกเมล็ดเล็กน้อย (scarification)	12
กลุ่ม C	ขูดเปลือก + แช่น้ำอุ่น 40°C นาน 24 ชม.	18

เมื่อนักเรียนรับทราบสถานการณ์ นักเรียนทำการสืบค้นหาข้อมูลเพื่อตอบคำถามตามองค์ประกอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยครูจะเป็นผู้ที่คอยให้คำแนะนำตลอดการสืบค้น จากนั้นนักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นมาสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนร่วมกัน โดยแต่ละกลุ่มจะต้องส่งตัวแทนออกมานำเสนอการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และให้อีกกลุ่มที่เป็นผู้ฟังแสดงความคิดเห็นว่าเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วย พร้อมให้เหตุผลประกอบ

เมื่อสิ้นสุดกิจกรรมครูทำการสะท้อนผลการเรียนรู้ร่วมกับนักเรียน โดยอภิปรายถึงแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง พร้อมสรุปผลจากการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง

4.4.2.3 ขั้นสังเกตการณ์

ในระหว่างการจัดการเรียนรู้วงจรปฏิบัติที่ 1 ผู้วิจัยได้สังเกตและประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม (STS) ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 23 เรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด จากการทดลอง ใบกิจกรรม ใบงาน และการตอบคำถามระหว่างการจัดการเรียนรู้ของนักเรียน พบว่านักเรียนแต่ละกลุ่มมีข้อกล่าวอ้างที่แตกต่างกันตามที่นักเรียนได้ศึกษาจากใบความรู้ การให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง นักเรียนสามารถให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ดีขึ้นตามความเข้าใจของตนเองและหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง แต่ยังขาดการเชื่อมโยงกับหลักฐาน จึงทำให้คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไม่มีความน่าเชื่อถือ

ครู : จากผลการทดลอง นักเรียนคิดว่าวิธีใดมีผลต่อการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพืชพันธุ์หายากมากที่สุด? (ข้อกล่าวอ้าง)

กลุ่มที่ 1 : การขูดเปลือกเมล็ดร่วมกับการแช่น้ำอุ่นช่วยกระตุ้นให้เมล็ดพืชพันธุ์หายากงอกได้ดีที่สุด

กลุ่มที่ 2 : การขูดเปลือกเมล็ดร่วมกับการแช่น้ำอุ่นช่วยกระตุ้นให้เมล็ดพืชพันธุ์หายากงอกได้ดีที่สุด

ครู : นักเรียนคิดว่าเหตุใดวิธีขูดเปลือกและแช่น้ำอุ่นจึงช่วยให้เมล็ดงอกได้ดีขึ้น? (การให้เหตุผล)

กลุ่มที่ 1 : เมล็ดบางชนิดมีสภาพพักตัวจากการมีเปลือกหนาทำให้น้ำและออกซิเจนซึมผ่านได้น้อยการขูดเปลือกจะช่วยเปิดช่องให้ของเหลวและอากาศเข้าสู่ภายในเมล็ด การแช่น้ำอุ่นช่วยกระตุ้นกระบวนการเปลี่ยนแปลงภายใน เช่น การทำงานของเอนไซม์ ทำให้เมล็ดเริ่มงอกได้

กลุ่มที่ 2 : จากการมีเปลือกหนาทำให้น้ำผ่านได้ไม่ดีมากนักการขูดเปลือกทำให้เปลือกบางลงสามารถทำให้น้ำผ่านได้ดีมากขึ้น

ครู : นักเรียนจะใช้ข้อมูลข้อใดจากตารางมาอ้างอิงเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างข้างต้น (หลักฐาน)

กลุ่มที่ 1 : จากการทดลองกลุ่ม C ที่ขูดเปลือกและแช่น้ำอุ่นมีเมล็ดงอก 18 เมล็ดจาก 20 เมล็ด ซึ่งมากกว่ากลุ่ม B (งอก 12 เมล็ด) และกลุ่ม A (งอก 2 เมล็ด)

กลุ่มที่ 2 : จากการทดลองกลุ่ม C ที่ขูดเปลือกและแช่น้ำอุ่นมีเมล็ดงอก 18 ซึ่งมีอัตราการงอกมากกว่าการทดลองของกลุ่มอื่น ๆ

จากการตรวจใบงานการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของแต่ละกลุ่ม พบว่านักเรียนบางส่วนยังไม่สามารถเขียนอธิบายเหตุผล สนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ครบถ้วนและครอบคลุม ซึ่งเป็นผลมาจากนักเรียนขาดทักษะในการเขียนคำอธิบาย นักเรียนจึงมักจะตอบเป็นประโยคสั้น ๆ ตามความเข้าใจ ไม่มีการขยายข้อความ และในส่วนของการให้ข้อเหตุผลที่ต่างออกไป อย่างไรก็ตาม การให้เหตุผลและหลักฐานที่ใช้ในการสนับสนุนนั้น หลักฐานไม่เพียงพอและไม่สมบูรณ์ จึงส่งผลให้ขาดความน่าเชื่อ ดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 ใบงานการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 23

เมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังจบวงจรปฏิบัติการ โดยครอบคลุมองค์ประกอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ทั้ง 3 องค์ประกอบ

ได้แก่ 1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) 2) หลักฐาน (Evidence) 3) การให้เหตุผล (Reasoning) ผลการประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติที่ 2 แสดงผลดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.4 ผลการประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติที่ 2

คนที่	ความสามารถตามองค์ประกอบ						รวม (6)	แปลผล
	ข้อกล่าวอ้าง (Claim)		หลักฐาน (Evidence)		การให้เหตุผล (Reasoning)			
	คะแนน	ระดับความสามารถ	คะแนน	ระดับความสามารถ	คะแนน	ระดับความสามารถ		
1	2	ดีมาก	1	ดี	1	ดี	4	ดี
2	1	ดี	1	ดี	1	ดี	3	ดี
3	1	ดี	1	ดี	2	ดีมาก	4	ดี
4	1	ดี	2	ดีมาก	1	ดี	4	ดี
5	2	ดีมาก	1	ดี	2	ดีมาก	5	ดีมาก
6	2	ดีมาก	2	ดีมาก	1	ดี	5	ดีมาก
7	1	ดี	1	ดี	1	ดี	3	ดี
8	2	ดีมาก	2	ดีมาก	1	ดี	5	ดีมาก
9	1	ดี	1	ดี	1	ดี	3	ดี
$\overline{X}$	1.44		1.33		1.22			
S.D	0.53		0.50		0.44			

จากตารางที่ 4.4 พบว่า นักเรียนมีระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์ จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 100 เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยเป็นรายด้านตามองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนได้คะแนนข้อกล่าวอ้างมากที่สุด ($\overline{X}$ = 1.44, S.D. = 0.53) ถัดมาคือการใช้หลักฐาน ($\overline{X}$ = 1.33, S.D. = 0.50) และการให้เหตุผล ($\overline{X}$ = 1.22, S.D. = 0.44) ตามลำดับ แม้ว่านักเรียนทั้ง 9 คนผ่านเกณฑ์การ

ประเมินทุกคนในวงจรปฏิบัติการ 2 แต่ผู้วิจัยเห็นว่านักเรียนยังมีคะแนนในแต่ละด้านของความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต่ำ ผู้วิจัยจึงศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ต่อในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ว่านักเรียนจะมีคะแนนในแต่ละด้านเพิ่มขึ้นหรือไม่

4.4.2.4 ขั้นสะท้อนกลับ

ผู้วิจัยสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) โดยใช้นำผลที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 มาสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ร่วมกับผลการประเมินนักเรียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้ โดยนำมาวิเคราะห์ถึงปัญหาที่พบในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อนำข้อปัญหาที่พบมาปรับปรุงและแก้ไขการจัดการเรียนรู้ที่สามารถแก้ไขปัญหานั้น ๆ ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ต่อไป ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.5 ปัญหาที่พบจากการสังเกตพฤติกรรมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และแนวทางการแก้ไขปัญหาในวงจรปฏิบัติการที่ 2

ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไขปัญหา
1. ข้อกล่าวอ้าง - นักเรียนระบุข้อกล่าวอ้างไม่ชัดเจน ไม่ตรงประเด็นและเป็นข้อความสั้น ๆ	- ทบทวนสถานการณ์หรือคำถามที่กำหนดให้อีกครั้ง เพื่อให้นักเรียนเข้าใจลักษณะของคำตอบที่ต้องการ และสามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ตรงประเด็นมากขึ้น
- นักเรียนระบุข้อกล่าวอ้างได้สมบูรณ์ แต่ยังเขียนเหตุผลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ยังไม่ครอบคลุม	- ใช้คำถามกระตุ้นการคิด เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายเหตุผลเพิ่มเติมและเชื่อมโยงเหตุผลกับหลักฐานที่เกี่ยวข้องอย่างชัดเจน
2. การให้เหตุผล - นักเรียนอธิบายเหตุผลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง โดยสามารถเชื่อมโยงกับหลักฐานได้บางส่วน แต่ยังไม่ครอบคลุมประเด็นที่สำคัญหรือขาดความชัดเจน ทำให้คำอธิบายเหตุผลไม่สมบูรณ์และขาดความน่าเชื่อถือ	- ใช้สื่อสนับสนุนการอธิบาย การใช้แบบจำลองร่วมกับการอภิปรายในชั้นเรียน ช่วยให้นักเรียนเห็นภาพรวมของแนวคิดที่ซับซ้อน และสามารถอ้างอิงหลักฐานที่สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้างได้ชัดเจนมากขึ้น

(ต่อ)

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไขปัญหา
3. การใช้หลักฐาน - นักเรียนสามารถอธิบายหลักฐานที่ใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ แต่ยังขาดความครบถ้วนทั้งในด้านเนื้อหาและความเชื่อมโยงทางวิทยาศาสตร์ - นักเรียนอธิบายเฉพาะหลักการเบื้องต้น แต่ไม่ชัดเจน หรือระบุเพียงลักษณะของรูปร่างของเปลือกเมล็ด ไม่มีการขยายความเพิ่มเติม ทำให้การใช้หลักฐานยังไม่เพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	- ใช้สื่อประกอบร่วมกับคำถามกระตุ้นการคิดเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเลือกใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์อย่างเหมาะสมในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง เช่นการใช้กระดานสำรวจเพื่อให้นักเรียนวาดภาพหรือเขียนแผนภาพการ รวมถึงการใช้คำถามนำเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเชื่อมโยงข้อมูลวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาและหลักฐานอย่างมีเหตุผล

จากตารางที่ 4.5 พบว่า ปัญหาที่พบในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนบางคนยังระบุข้อกล่าวอ้างได้ไม่ชัดเจนและไม่ตรงประเด็นและเขียนเหตุผลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ยังไม่ครอบคลุม แม้ว่าจะสามารถหาหลักฐานมาสนับสนุนได้เพิ่มขึ้นแต่หลักฐานที่นำเสนอยังไม่ครอบคลุมและไม่ชัดเจนพอ บางส่วนยังเชื่อมโยงเหตุผลกับหลักฐานได้ไม่ดีหรือให้เหตุผลสั้นเกินไปทำให้เหตุผลไม่ครอบคลุมประเด็นที่สำคัญหรือขาดความชัดเจน ทำให้คำอธิบายเหตุผลไม่สมบูรณ์และขาดความน่าเชื่อถือ นอกจากนี้นักเรียนยังขาดทักษะการค้นคว้าหลักฐานอย่างครอบคลุมและการนำเสนอเหตุผลอย่างชัดเจน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ปัญหาเหล่านี้ส่งผลให้การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนขาดความครอบคลุมและน่าเชื่อถือ แนวทางในการแก้ปัญหา คือทบทวนสถานการณ์หรือคำถามที่กำหนดร่วมกับนักเรียนเพื่อให้นักเรียนเข้าใจประเด็นของปัญหาและสามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ตรงประเด็นและครบถ้วนมากยิ่งขึ้น พร้อมทั้งใช้คำถามกระตุ้นการคิดเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายเหตุผลเพิ่มเติม และเชื่อมโยงเหตุผลเข้ากับหลักฐานได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ผู้วิจัยยังใช้สื่อประกอบการเรียนรู้ เช่น แบบจำลอง ภาพ แผนภาพ และกิจกรรมอภิปรายในชั้นเรียน เพื่อช่วยให้นักเรียนมองเห็นความสัมพันธ์ของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ชัดเจนขึ้น รวมถึงใช้กระดานสำรวจหรือกิจกรรมวาดภาพและเขียนแผนภาพเพื่อให้นักเรียนได้ฝึกเลือกใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์อย่างเหมาะสมในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง อีกทั้งยังมีการยกตัวอย่างสถานการณ์ใกล้ตัว เพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้กับประสบการณ์จริง และนำมาใช้ในการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีเหตุผลและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

4.4.3 ผลการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม (STS) วงจรปฏิบัติการที่ 3

การดำเนินการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 มีลักษณะการดำเนินการจัดการเรียนรู้ดังนี้

4.4.3.1 ขั้นวางแผน

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากผลการสะท้อนกลับในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ที่พบว่านักเรียนบางคนยังระบุข้อกล่าวอ้างได้ไม่ชัดเจนและไม่ตรงประเด็น และเชื่อมโยงเหตุผลกับหลักฐานได้ไม่ดี หรือให้เหตุผลสั้นเกินไป ทำให้ที่นำเสนอยังไม่ครอบคลุมหรือเชื่อมโยงกับเหตุผลได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้นักเรียนบางส่วนยังให้เหตุผลในลักษณะที่สั้นและขาดความชัดเจน รวมถึงยังไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อกล่าวอ้าง เหตุผล และหลักฐานได้ ส่งผลให้การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ยังขาดความน่าเชื่อถือและไม่สมบูรณ์ ในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยจึงจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยทบทวนสถานการณ์หรือคำถามที่กำหนดร่วมกับนักเรียน เพื่อให้นักเรียนเข้าใจประเด็นของปัญหาและสามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ตรงประเด็นและครบถ้วนมากยิ่งขึ้น พร้อมทั้งใช้คำถามกระตุ้นการคิดเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายเหตุผลเพิ่มเติม และเชื่อมโยงเหตุผลเข้ากับหลักฐานได้อย่างชัดเจน และเน้นการใช้สื่อการเรียนรู้ เช่น แบบจำลอง ภาพ แผนภาพ และกิจกรรมอภิปรายในชั้นเรียน เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถมองเห็นภาพรวมของ ข้อกล่าวอ้าง เหตุผล และหลักฐานได้ชัดเจนยิ่งขึ้น และใช้เป็นเครื่องมือในการสนับสนุนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของตนอย่างมีโครงสร้าง นอกจากนี้กิจกรรมยังเน้นให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของหลักฐานการเชื่อมโยงเหตุผลกับหลักฐานอย่างเป็นระบบ และมีการเปรียบเทียบข้อกล่าวอ้างจากหลากหลาย มุมมองพร้อมทั้งสรุปและทบทวนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สะท้อนเหตุผลของตนเอง พิจารณาข้อคิดเห็นของเพื่อน และปรับเปลี่ยนความคิดตามข้อมูลที่ได้รับอย่างมีวิจารณญาณพร้อมทั้งการวัดและประเมินความตระหนักรู้ของนักเรียนหลังจบวงรอบปฏิบัติการทั้ง 3 วงรอบ โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ประกอบด้วยการจัดการเรียนรู้ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 24 ตอบสนองของพืชในลักษณะการเคลื่อนไหว

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 25 การตอบสนองของพืชต่อสภาวะเครียด

โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 24 เรื่องการตอบสนองของพืชในลักษณะการเคลื่อนไหว และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 25 เรื่องการตอบสนองของพืชต่อสภาวะเครียด โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ใช้เวลา 3 ชั่วโมง รวมทั้งหมด 6 ชั่วโมง แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม (STS) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน

ได้แก่ 1) ขั้นสืบค้น (Search) 2) ขั้นแก้ปัญหา (Solve) 3) ขั้นสร้างสรรค์ (Create) 4) ขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์ (Share) และ 5) ขั้นนำไปปฏิบัติจริง (Act)

4.4.3.2 ขั้นปฏิบัติตามแผน

ผู้วิจัยดำเนินจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียนวงจรปฏิบัติการที่ 3 ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มีขั้นปฏิบัติการจัดกิจกรรม ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 24 การตอบสนองของพืชในลักษณะการเคลื่อนไหว ครูเริ่มต้นด้วยการตั้งคำถามกระตุ้นนักเรียนโดยให้ดูรูปต้นคุณนายตื่นสายเจริญเข้าหาแสง และรูปการบานและการหุบของดอกบัวสายสีขาว ที่ครูเตรียมมาแล้วใช้คำถามถามนักเรียน ดังนี้ “ปัจจัยที่ทำให้ต้นคุณนายตื่นสายเจริญเข้าหาแสง และการบานและการหุบของดอกบัวสายสีขาวดังรูปคืออะไร” “การตอบสนองของต้นคุณนายตื่นสายมีทิศทางสัมพันธ์กับทิศทางของสิ่งเร้าที่มากระตุ้นอย่างไร” “การตอบสนองของดอกบัวสายสีขาวต่อสิ่งเร้าที่มากระตุ้นแตกต่างจากการตอบสนองของต้นคุณนายตื่นสายอย่างไร” เพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่าพืชมีการเคลื่อนไหว 2 ประเภท คือ 1) ทรอพิซึม หรือการเบนของพืช (Tropism) และ 2) แนสติกมูฟเมนต์ (Nastic Movement) หลังจากนั้นครูนำเสนอสถานการณ์ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์โดยมีสถานการณ์ดังต่อไปนี้

> “นักเรียนกลุ่มหนึ่งทำการทดลองปลูกต้นถั่วงอกในกล่องกระดาษ 3 กล่อง โดยจัดให้ได้รับแสงต่างกัน
>
> กล่องที่ 1 วางไว้กลางแจ้ง
>
> กล่องที่ 2 เจาะรูให้แสงเข้าทางด้านข้าง
>
> กล่องที่ 3 ปิดทึบไม่ให้แสงเข้าเลย
>
> หลังจาก 7 วัน นักเรียนพบว่า ถั่วงอกในกล่องที่ 2 เบนลำต้นเข้าหาทิศที่มีแสง ถั่วงอกในกล่องที่ 1 เติบโตตรงขึ้น ส่วนกล่องที่ 3 มีลำต้นซีดและยืดยาวผิดปกติ”

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 25 การตอบสนองของพืชต่อสภาวะเครียด ครูฉายภาพ/วิดีโอหรือยกตัวอย่างสถานการณ์ เช่น พืชเหี่ยวแห้งเพราะขาดน้ำ ผลผลิตลดลงเพราะอุณหภูมิสูง หรือพืชโตช้าเพราะดินเค็ม ให้นักเรียนตั้งคำถาม เช่น “ทำไมพืชถึงตอบสนองต่อสภาวะเครียดแตกต่างกัน?” “พืชมีวิธีปรับตัวต่อปัญหาเหล่านี้อย่างไร?” เพื่อนำเข้าสู่บทเรียนเรื่อง การตอบสนองของพืชต่อสภาวะเครียด โดยยกตัวอย่าง เช่น พืชบางชนิดอาจมีระบบรากที่ลึกและแผ่กว้างทำให้ดูดน้ำได้ดีในสภาวะแห้งแล้ง ขณะที่บางชนิดอาจปิดปากใบเพื่อลดการคายน้ำได้เร็วกว่า หรือผลิตสารเคมีบางอย่างเพื่อป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระในช่วงที่อุณหภูมิสูงเกินไป หลังจากนั้นครูนำเสนอสถานการณ์ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์โดยมีสถานการณ์ดังต่อไปนี้

“ในช่วงฤดูแล้ง นักเรียนได้สังเกตเห็นว่าต้นข้าวในแปลงทดลองแสดงอาการใบเหี่ยวและมีขนาดเล็กลง แม้ว่าจะยังคงมีชีวิตอยู่ ขณะเดียวกันพืชตระกูลกระบองเพชรในบริเวณใกล้เคียงกลับไม่แสดงอาการเหี่ยวเฉา นักเรียนจึงสงสัยว่าพืชมีวิธีการตอบสนองต่อภาวะขาดน้ำและความเครียดจากสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันอย่างไร”

นักเรียนจึงได้ลองทำการทดลองดังนี้

รายการ	**รายละเอียด**
พืชทดลอง	ต้นข้าว (พืชในเขตร้อนชื้น) และ กระบองเพชร (พืชในเขตร้อนแล้ง)
การปลูก	ปลูกในแปลงกลางแจ้ง ขนาดและดินเหมือนกัน
การให้น้ำ	ให้น้ำวันเว้นวันในสัปดาห์ที่ 1 จากนั้น **งดน้ำเป็นเวลา 10 วัน**
ระยะเวลาสังเกต	2 สัปดาห์
ตัวแปรที่ควบคุม	ดิน, ปริมาณแสง, อุณหภูมิ, กระถาง, เวลาในการปลูก

ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า

ลักษณะสังเกต	**ต้นข้าว**	**กระบองเพชร**
ใบ	เหี่ยว หงิกงอ เล็กลง สีซีด	เขียวเข้ม ใบอวบ ไม่มีการเหี่ยว
ลำต้น	ไม่มีการเจริญเพิ่ม	ยังคงขยายขนาดเล็กน้อย
ความชื้นในดิน	แห้งเหมือนกัน	แห้งเหมือนกัน
สภาพโดยรวม	ยังมีชีวิต แต่ชะลอการเจริญ	ปกติ

ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 24 และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 25 หลังจากนักเรียนได้รับทราบสถานการณ์ นักเรียนต้องทำการสืบค้นหาข้อมูลเพื่อตอบคำถามตามองค์ประกอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยครูเน้นย้ำถึงการใช้หลักฐานเพื่อให้นักเรียนมั่นใจในการใช้หลักฐาน

ที่หามาได้ โดยในขั้นตอนการสำรวจครูจะเป็นผู้ที่คอยให้คำแนะนำตลอดการสืบค้นข้อมูลเช่นเดิม จากนั้นนักเรียนนำข้อมูลและสื่อ กระดาษสำรวจ ที่ได้จากการสืบค้นข้อมูลมาสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนร่วมกัน โดยแต่ละกลุ่มจะต้องส่งตัวแทนออกมานำเสนอและให้อีกกลุ่มที่เป็นผู้ฟังแสดงความคิดเห็นว่าเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วย พร้อมให้เหตุผลประกอบ จบการนำเสนอครูทำการตรวจความเข้าใจเบื้องต้นของนักเรียนจากการตอบองค์ประกอบต่าง ๆ ในใบกิจกรรมทบทวนข้อกล่าวอ้างและเหตุของแต่ละกลุ่มโดยให้นักเรียนเขียนบันทึกลงในกระดาษและถามเพื่อทบทวนข้อมูล เช่น ข้อกล่าวอ้างของ นักเรียนต่างจากเพื่อนอย่างไร นักเรียนต้องการเปลี่ยนคำตอบหรือไม่เพราะอะไร

4.4.3.3 ขั้นสังเกตการณ์

ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียนวงจรปฏิบัติการที่ 3 โดยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) และสังเกตการณ์จากใบงานและการตอบคำถามระหว่างเรียนรู้ ซึ่งในแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผนมีผลการสังเกตดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 24 การตอบสนองของพืชในลักษณะการเคลื่อนไหว พบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถให้ข้อกล่าวอ้างเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของพืชทั้ง 2 แบบแตกต่างกัน โดยอ้างอิงจากข้อมูลที่ได้จากกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ทั้งนี้นักเรียนสามารถตอบข้อกล่าวอ้างได้ครบถ้วนในทุกคำถามและมีการให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่เชื่อมโยงกับหลักฐานจากการสำรวจและตรวจสอบอย่างครอบคลุมมากขึ้น ดังตัวอย่างคำถาม

ครู : จากการทดลองนักเรียนคิดว่าแสงเป็นสิ่งเร้าภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชหรือไม่? (ข้อกล่าวอ้าง)

กลุ่มที่ 1 : แสงเป็นสิ่งเร้าภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยพืชสามารถเปลี่ยนทิศทางการเจริญเติบโตเพื่อตอบสนองต่อแสง

กลุ่มที่ 2 : พืชสามารถเปลี่ยนทิศทางการเจริญเติบโตเพื่อตอบสนองต่อแสง

ครู : ทำไมต้นถั่วงอกจึงมีพฤติกรรมเบนเข้าหาแสง หรือยืดยาวผิดปกติเมื่อไม่ได้รับแสง (การให้เหตุผล)

กลุ่มที่ 1 : แสง เพราะแสงเป็นตัวกระตุ้นการกระจายตัวของฮอร์โมนออกซินในพืช เมื่อแสงมาทางด้านใด ฮอร์โมนออกซินจะสะสมทางด้านตรงข้าม ทำให้เซลล์ด้านนั้นยืดตัวมากกว่าและพืชจึงเบนไปทางแสง ส่วนในที่มืด

ฮอร์โมนออกซินกระจายทั่วต้น ทำให้พืชยืดตัวผิดปกติ และซีด เพราะขาดคลอโรฟิลล์

กลุ่มที่ 2 : แสงเป็นตัวกระตุ้นการกระจายตัวของฮอร์โมนออกซินในพืชทำให้เซลล์ด้านนั้นยืดตัวมากกว่าและพืชจึงเบนไปทางแสง ส่วนในที่มืด ฮอร์โมนออกซินกระจายทั่วต้น ทำให้พืชยืดตัวผิดปกติและซีด

ครู : ข้อมูลจากการทดลองข้อใดที่แสดงให้เห็นว่าแสงมีผลต่อทิศทางการเจริญเติบโตของพืช (หลักฐาน)

กลุ่มที่ 1 : ต้นถั่วงอกในกล่องที่ 2 เบนลำต้นไปทางรูที่มีแสงส่องเข้ามา ขณะที่ต้นถั่วงอกในกล่องที่ 3 ที่ไม่ได้รับแสงเลย กลับมีลำต้นยืดยาวและซีดจาง

กลุ่มที่ 2 : ต้นถั่วงอกในกล่องที่ 3 ที่ไม่ได้รับแสงเลยกลับมีลำต้นยืดยาและซีดจาง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 25 การตอบสนองของพืชต่อสภาวะเครียดจากการตอบคำถามของนักเรียนในชั้นเรียนพบว่า นักเรียนมีการให้ข้อกล่าวอ้างที่สมบูรณ์ทุกกลุ่ม มีการเชื่อมโยงการใช้หลักฐานและการให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างค่อนข้างครอบคลุม เนื่องจากสถานการณ์ที่กำหนดให้นั้นเป็นสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน ค่อนข้างง่าย และไม่ซับซ้อน ดังตัวอย่างการตอบคำถามต่อไปนี้

ครู : นักเรียนสามารถสรุปข้อกล่าวอ้างเกี่ยวกับพฤติกรรมของต้นข้าวได้อย่างไรเมื่อขาดน้ำ (ข้อกล่าวอ้าง)

กลุ่มที่ 1 : ต้นข้าวมีอาการใบเหี่ยวและชะลอการเจริญเติบโตเมื่อขาดน้ำจึงทำให้สรีระของพืชลดลง

กลุ่มที่ 2 : ต้นข้าวจะชะลอการเจริญเติบโตเมื่อขาดน้ำเพื่อลดการคายน้ำทำให้ตนเองอยู่รอดได้ในที่สภาวะขาดน้ำ

ครู : นักเรียนคิดว่าอะไรเป็นสาเหตุที่กระบองเพชรสามารถอยู่รอดได้ดีแม้ขาดน้ำ? (การให้เหตุผล)

กลุ่มที่ 1 : กระบองเพชรมีโครงสร้างพิเศษ เช่น ลำต้นอวบน้ำ มีปากใบเปิดเฉพาะเวลากลางคืน จึงช่วยลดการคายน้ำและสะสมน้ำไว้ใช้ได้นาน

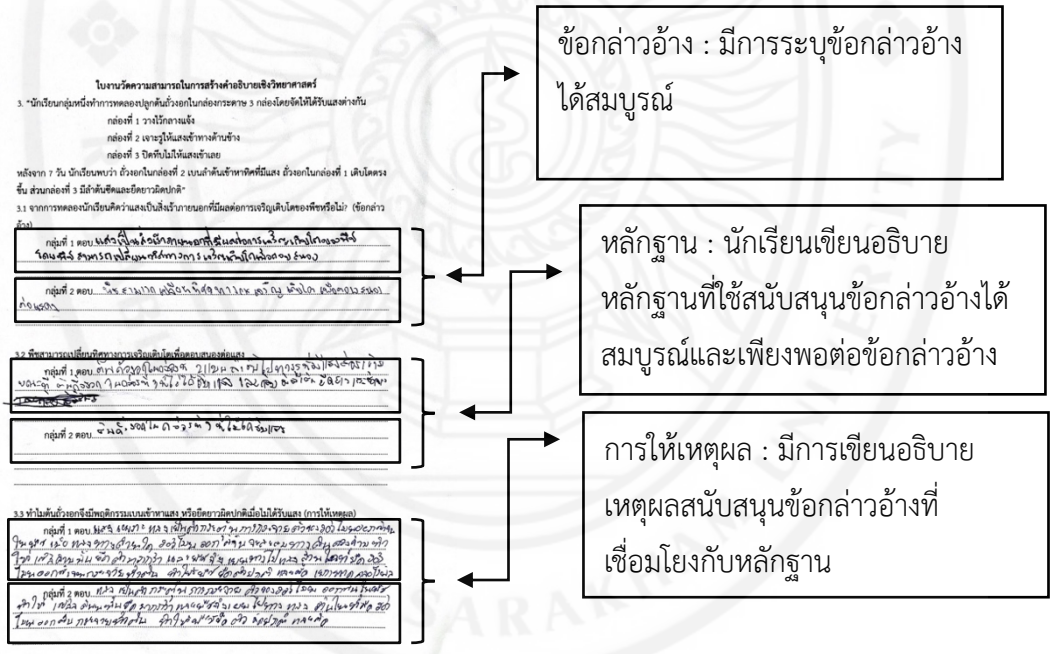
กลุ่มที่ 2 : กระบองเพชรมีการปรับตัวที่ดีเพราะเมื่อเวลาขาดน้ำจะลดรูปปากใบลงทำให้สามารถกักเก็บน้ำไว้ได้

ครู : นักเรียนพบหลักฐานใดจากการสังเกตต้นข้าวที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างว่ามีการชะลอการเจริญเมื่อขาดน้ำ? (หลักฐาน)

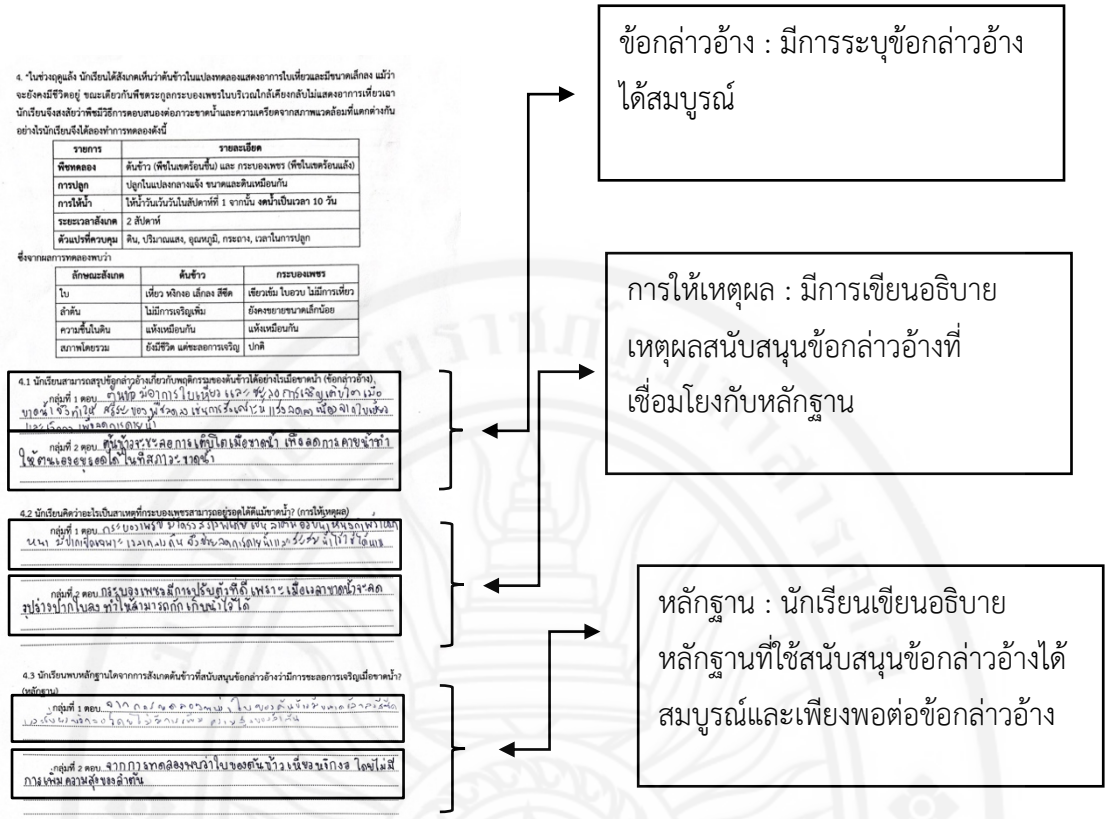
กลุ่มที่ 1 : จากการทดลองพบว่าใบของต้นข้าวมีขนาดเล็กลง สีซีด และเหี่ยวหงิกงอ โดยไม่มีการเพิ่มความสูงของลำต้น

กลุ่มที่ 2 : จากการทดลองพบว่าใบของต้นข้าวเหี่ยวหงิกงอ โดยไม่มีการเพิ่มความสูงของลำต้น

จากการตรวจใบงานการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของแต่ละกลุ่ม พบว่า นักเรียนที่ให้ข้อกล่าวอ้างแตกต่างจากกลุ่มเพื่อน มีการเปลี่ยนแปลงข้อกล่าวอ้างเดิมของตนเอง นักเรียนส่วนมากสามารถให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้มากขึ้น ในส่วนของการให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างกลับพบว่า นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดสถานาการณ์ที่ครูตั้งขึ้นมาจึงมีลักษณะเป็นเช่นนั้น และการหาหลักฐานมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างและการให้เหตุผลได้อย่างครอบคลุม จึงส่งผลให้การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละกลุ่มมีความน่าเชื่อถือมายิ่งขึ้น ดังภาพที่ 4.3 และภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.3 ใบงานการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 24



ภาพที่ 4.4 ใบงานการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 25

เมื่อสิ้นสุดทั้ง 2 แผนการเรียนรู้ผู้วิจัยได้ใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังจบวงจรปฏิบัติการ โดยครอบคลุมองค์ประกอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ทั้ง 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) 2) หลักฐาน (Evidence) 3) การให้เหตุผล (Reasoning) ผลการประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติที่ 3 แสดงผลดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.6 ผลการประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติที่ 3

คนที่	ความสามารถตามองค์ประกอบ						รวม (6)	แปลผล
	ข้อกล่าวอ้าง (Claim)		หลักฐาน (Evidence)		การให้เหตุผล (Reasoning)			
	คะแนน	ระดับความสามารถ	คะแนน	ระดับความสามารถ	คะแนน	ระดับความสามารถ		
1	2	ดีมาก	2	ดีมาก	1	ดี	5	ดีมาก
2	2	ดีมาก	1	ดี	2	ดีมาก	5	ดีมาก
3	2	ดีมาก	2	ดีมาก	1	ดี	5	ดีมาก
4	1	ดี	1	ดี	1	ดี	3	ดี
5	2	ดีมาก	1	ดี	1	ดี	4	ดี
6	1	ดี	2	ดีมาก	1	ดี	4	ดี
7	2	ดีมาก	1	ดี	1	ดี	4	ดี
8	2	ดีมาก	2	ดีมาก	2	ดีมาก	6	ดีมาก
9	1	ดี	1	ดี	1	ดี	3	ดี
$\overline{X}$	1.67		1.44		1.33			
S.D	0.50		0.53		0.50			

จากตารางที่ 4.6 พบว่านักเรียนมีระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์คิดเป็นร้อยละ 100 เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยเป็นรายด้านตามองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนได้คะแนนข้อกล่าวอ้างมากที่สุด ($\overline{X}$ = 1.67, S.D. = 0.50) ถัดมาคือการใช้หลักฐาน ($\overline{X}$ = 1.44, S.D. = 0.53) และการให้เหตุผล ($\overline{X}$ = 1.33, S.D. = 0.50) ตามลำดับ

4.4.3.4 ขั้นสะท้อนกลับ

ผู้วิจัยสะท้อนผลการเรียนรู้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม (STS) โดยนำผลที่ได้จากการวัดความสามารถในการในการสร้างคำอธิบายวิทยาศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 มาสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการสร้างคำอธิบาย

เชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น และองค์ประกอบการการสร้างคำอธิบายวิทยาศาสตร์มีการพัฒนาเพิ่มมากขึ้น แต่ยังไม่ดีเท่าที่ควรในบางองค์ประกอบ เช่น การใช้หลักฐาน และการให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง สาเหตุเนื่องมาจากนักเรียนขาดทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลและทักษะการเขียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นทักษะที่จะต้องใช้เวลาในการปรับและแก้ไขปัญหาค่อนข้างนาน ส่งผลให้การให้เหตุผลยังขาดความครอบคลุมและสมบูรณ์ นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนมักมองข้ามการให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไป แต่ให้ความสำคัญเฉพาะการให้เหตุผลสนับสนุนหลักฐานกลับเท่านั้น ปัญหาที่พบในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และแนวทางปรับปรุงและแก้ไขการจัดการเรียนรู้ที่สามารถแก้ไขปัญหานั้น ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ปัญหาที่พบจากการสังเกตพฤติกรรมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และแนวทางการแก้ไขปัญหาในวงจรปฏิบัติการที่ 3

ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไขปัญหา
1. การใช้หลักฐาน - นักเรียนเขียนอธิบายถึงหลักฐานที่ใช้สนับสนุน ข้อกล่าวอ้าง แต่ไม่เพียงพอสำหรับข้อกล่าวอ้าง	- ใช้สื่อร่วมกับการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้าง กับหลักฐานที่นำเสนอ โดยคำถามที่ใช้ เช่น "หลักฐานที่นักเรียนระบุไว้มีความเชื่อมโยงกับข้อกล่าวอ้างนักเรียนอย่างไร"
2. การให้เหตุผล -นักเรียนไม่มีการเหตุผลและหลักฐานสนับสนุนไม่เพียงพอและเหมาะสม	- ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนประเมินความชัดเจนของการเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานของตนเองอย่างสม่ำเสมอ

จากตารางที่ 4.7 พบว่าปัญหาที่พบในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนสามารถเขียนอธิบายถึงหลักฐานที่ใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้แต่หลักฐานที่นำมาใช้ยังไม่เพียงพอสำหรับการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างทำให้การใช้หลักฐานยังขาดความชัดเจนและไม่ครอบคลุมประเด็นสำคัญ ด้านการให้เหตุผล นักเรียนไม่มีการเหตุผลและมีหลักฐานสนับสนุนไม่เพียงพอและยังไม่ครอบคลุม ส่งผลให้การอธิบายขาดความน่าเชื่อถือและไม่สามารถเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานได้ แนวทางในการแก้ปัญหา คือผู้วิจัยเสนอแนะให้ใช้สื่อร่วมกับการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้าง กับหลักฐานที่นำเสนอเช่น “หลักฐานที่นักเรียนระบุไว้มีความเชื่อมโยงกับข้อกล่าวอ้างอย่างไร” เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง

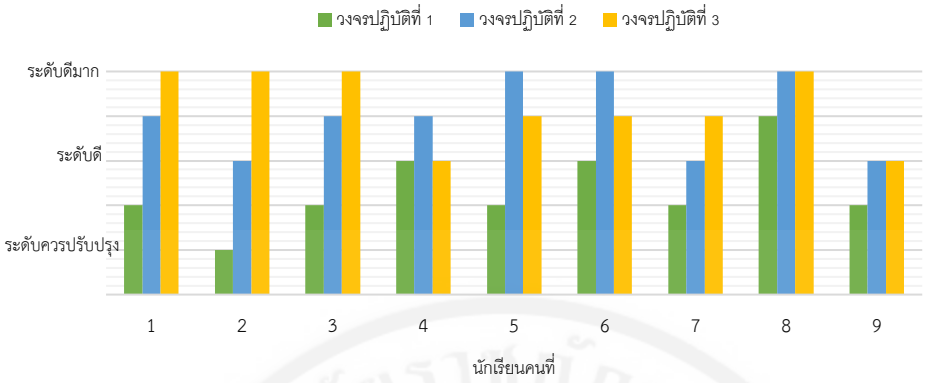
หลักฐานกับข้อกล่าวอ้างได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ควรมีการให้นักเรียนสร้างสื่อหรือแบบจำลองด้วยตนเองจากอุปกรณ์ที่กำหนด เพื่อส่งเสริมการฝึกคิดวิเคราะห์ การเชื่อมโยงข้อมูลและการเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อกล่าวอ้าง เพื่อนำมาใช้ในการอธิบายเหตุผลอย่างเหมาะสม รวมถึงมีการใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนประเมินความชัดเจนของการเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานของตนเองในแต่ละองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนสามารถให้เหตุผลและใช้หลักฐานสนับสนุนได้อย่างครอบคลุม และเข้าใจคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ตนเองสร้างขึ้นได้ดียิ่งขึ้น ทั้งนี้ นักเรียนจำเป็นต้องใช้เวลาในการเรียนรู้และพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้เกิดความชำนาญในทักษะดังกล่าว

4.4.4 สรุปผลการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังการได้รับการจักการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม ของทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ

ผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม 3 วงจรปฏิบัติการ จำนวน 4 แผน การจัดการเรียนรู้ 12 ชั่วโมง เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 9 คน ซึ่งหลังครบวงจรปฏิบัติการนักเรียนมีผลการพัฒนาระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 4.8

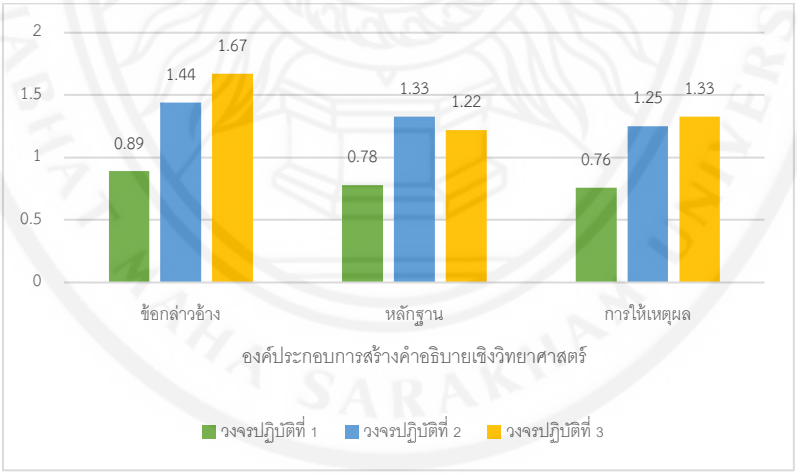
ตารางที่ 4.8 ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์รายบุคคลทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ

คนที่	วงจรปฏิบัติการ 1	วงจรปฏิบัติการ 2	วงจรปฏิบัติการ 3
1	ควรปรับปรุง	ดี	ดีมาก
2	ควรปรับปรุง	ดี	ดีมาก
3	ควรปรับปรุง	ดี	ดีมาก
4	ดี	ดี	ดี
5	ควรปรับปรุง	ดีมาก	ดี
6	ดี	ดีมาก	ดี
7	ควรปรับปรุง	ดี	ดี
8	ดี	ดีมาก	ดีมาก
9	ควรปรับปรุง	ดี	ดี



ภาพที่ 4.5 ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์รายบุคคลทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ

จากภาพที่ 4.5 จากนักเรียนจำนวน 9 คน ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์ระดับปานกลาง จำนวน 3 คน และในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีพัฒนาการระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้น โดยผ่านเกณฑ์ระดับปานกลาง จำนวน 9 คน และในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนมีระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้น โดยผ่านเกณฑ์ระดับดี จำนวน 4 คน และระดับปานกลาง จำนวน 5 คน เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยแต่ละองค์ประกอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ พบว่ามีผลการพัฒนาดังภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 ผลการพัฒนาองค์ประกอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

จากภาพที่ 4.6 พบว่านักเรียนมีการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แต่ละองค์ประกอบเพิ่มขึ้นทั้งข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล อย่างไรก็ตาม

ในส่วนของการใช้หลักฐานและการให้เหตุผลมีการพัฒนาไม่ดีเท่าที่ควร โดยพบว่านักเรียนบางคนยังขาดทักษะการคิดวิเคราะห์ ทั้งนี้ในการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม นักเรียนต้องสามารถประเมินความถูกต้องของข้อมูลและวิเคราะห์สิ่งที่เป็นหลักฐานที่น่าเชื่อถือได้ เพื่อสร้างข้อกล่าวอ้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ และพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังขาดทักษะการเขียนอธิบาย ซึ่งเป็นทักษะที่ต้องอาศัยเวลาและการฝึกฝน เห็นได้จากผลการสังเกตที่พบว่านักเรียนสามารถนำเสนอแนวคิดของกลุ่มตนเองได้ แต่นักเรียนกลับมีปัญหาในการเขียนบันทึกด้านการให้หลักฐานและการให้เหตุส่งผลให้ได้คำอธิบายสั้นและไม่ครอบคลุม แนวทางที่ผู้วิจัยใช้ในการพัฒนาการเขียนอธิบาย คือการใช้คำถามกระตุ้นความคิด เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนค้นหา วิเคราะห์ เพื่อช่วยให้นักเรียนเห็นถึงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้าง หลักฐานและการให้เหตุผล โดยจัดกิจกรรมในบริบทจริงให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับสถานการณ์รอบตัว และฝึกการประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูล

4.4.5 ผลการส่งเสริมความตระหนักรู้หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS)

หลังสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ ผู้วิจัยวัดความตระหนักรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้แบบวัดความตระหนักรู้ถึงความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ในการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบประมาณค่า 5 ระดับ สร้างแบบประเมินทั้งหมด 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ความเข้าใจ ด้านอารมณ์และความรู้สึก และด้านพฤติกรรม ด้านละ 5 ข้อ รวมทั้งสิ้นจำนวน 15 ข้อ โดยให้นักเรียนประเมินตนเอง พบว่ามีผลการประเมินดังตารางที่ 4.7 และภาพที่ 4.7

ตารางที่ 4.9 ผลการประเมินความตระหนักรู้

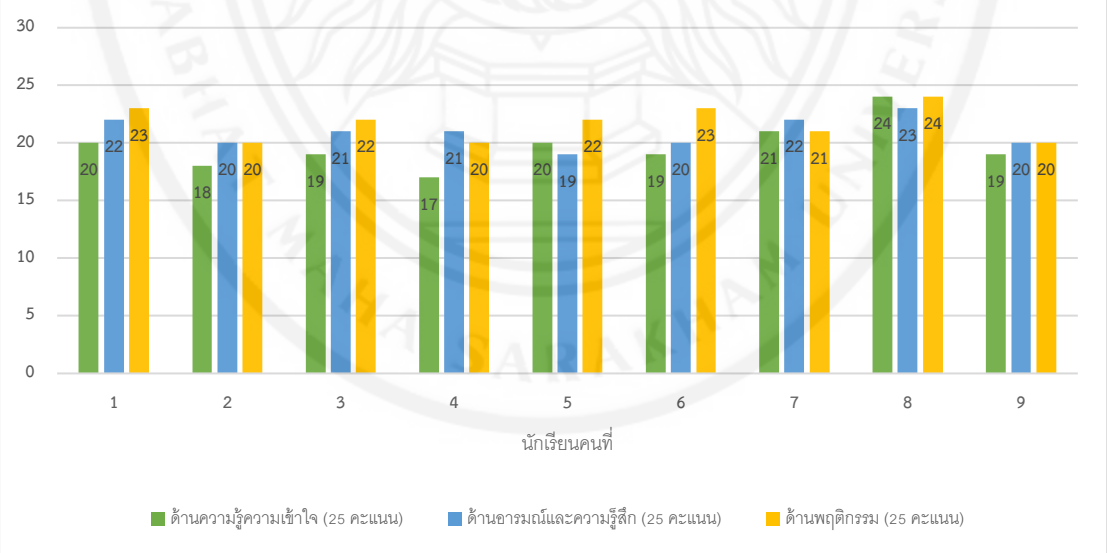
คนที่	ความสามารถตามองค์ประกอบ			รวม (75 คะแนน)	การแปรผล
	ด้านความรู้ความเข้าใจ (25 คะแนน)	ด้านอารมณ์ความรู้สึก (25 คะแนน)	ด้านพฤติกรรม (25 คะแนน)		
1	20	22	23	65	สูง
2	18	20	20	58	สูง
3	19	21	22	62	สูง
4	17	21	20	58	สูง

(ต่อ)

ตารางที่ 4.9 (ต่อ)

คนที่	ความสามารถตามองค์ประกอบ			รวม (75 คะแนน)	การแปรผล
	ด้านความรู้ความเข้าใจ (25 คะแนน)	ด้านอารมณ์ความรู้สึก (25 คะแนน)	ด้านพฤติกรรม (25 คะแนน)		
5	20	19	22	61	สูง
6	19	20	23	62	สูง
7	21	22	21	64	สูง
8	20	23	24	71	สูง
9	19	20	20	59	สูง
$\overline{X}$	19.67	20.89	21.67		
S.D	2.00	1.27	1.50		

จากตารางที่ 4.9 พบว่านักเรียนมีระดับความตระหนักรู้ผ่านเกณฑ์ระดับสูงจำนวน 9 คน โดยนักเรียนทั้งหมดมีระดับตระหนักรู้ ดังนี้ ระดับสูงจำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 100 เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยเป็นรายด้านตามองค์ประกอบของความตระหนักรู้ พบว่านักเรียนได้คะแนนด้านพฤติกรรม ($\overline{X}$ = 21.67, S.D. = 1.50) รองลงมาคือด้านด้านอารมณ์ความรู้สึก ($\overline{X}$ = 20.89, S.D. = 1.27) และด้านความรู้ความเข้าใจ ($\overline{X}$ = 19.67, S.D. = 2.00) ตามลำดับ



ภาพที่ 4.7 ผลการประเมินความตระหนักรู้

จากภาพที่ 4.7 พบว่านักเรียน 9 คน จากการประเมินความตระหนักรู้ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ความเข้าใจ ด้านอารมณ์ความรู้สึก และด้านพฤติกรรม โดยแต่ละด้านมีคะแนนเต็ม 25 คะแนน โดยรวมพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนในด้านอารมณ์และความรู้สึกกับด้านพฤติกรรมค่อนข้างสูง โดยด้านเป็นด้านพฤติกรรมที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด นักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนในระดับมากถึงมากที่สุด (20-24 คะแนน) เช่น นักเรียนคนที่ 1 คนที่ 6 คนที่ 7 และ คนที่ 8 ส่วนด้านอารมณ์และความรู้สึกนักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนอยู่ในระดับปานกลางถึงมาก (19-23 คะแนน) และด้านความรู้ความเข้าใจ เป็นด้านที่นักเรียนมีคะแนนต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับอีกสองด้าน นักเรียนส่วนใหญ่ที่มีคะแนนค่อนข้างน้อย (17-19 คะแนน) เช่น นักเรียนคนที่ 3 คนที่ 4 คนที่ 5 คนที่ 6 และคนที่ 9

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาความสามารถในสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม กลุ่มเป้าหมายคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 9 คน โรงเรียนเมืองมหาวิชานุกูล มหาสารคาม ตำบลแวงน่าง อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม ซึ่งการวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ 3 วงจรปฏิบัติการ ผลการวิจัยสามารถสรุปผลและอภิปรายผลตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. สรุป
2. อภิปรายผล
3. ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

การวิจัยเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์วิทยาศาสตร์ในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง การควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดย การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการวิจัยเชิงปฏิบัติการ 3 วงจร ได้ผลดังนี้

5.1.1 ผลการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการเป็นดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่านักเรียนมีระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 ผ่านเกณฑ์ จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 66.67 โดยนักเรียนทั้งหมดมีระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก จำนวน 0 คน คิดเป็นร้อยละ 0 ระดับดี จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 ระดับควรปรับปรุง จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 66.67 เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยเป็นรายด้านตามองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนได้คะแนนข้อกล่าวอ้างมากที่สุด ถัดมาคือการใช้หลักฐาน และการให้เหตุผล ตามลำดับ

วงจรปฏิบัติการที่ 2 พบว่านักเรียนมีระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์ จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 100 โดยนักเรียนทั้งหมดมีระดับความสามารถในการสร้าง

คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมากจำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 ระดับดี จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 66.67 เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยเป็นรายด้านตามองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนได้คะแนนข้อกล่าวอ้างมากที่สุด ถัดมาคือการใช้หลักฐาน และการให้เหตุผล ตามลำดับ

วงจรปฏิบัติการที่ 3 พบว่านักเรียนมีระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์ จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 100 คน โดยนักเรียนทั้งหมดมีระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมากจำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 44.44 ระดับดี จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 55.56 เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยเป็นรายด้านตามองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนได้คะแนนข้อกล่าวอ้างมากที่สุด ถัดมาคือการใช้หลักฐาน และการให้เหตุผลตามลำดับ

5.1.2 ผลการส่งเสริมความตระหนักรู้หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) พบว่านักเรียนทุกคนมีความตระหนักรู้อยู่ในระดับที่น่าพอใจ คิดเป็นร้อยละ 100 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่าด้านพฤติกรรมมีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด ($\overline{X}$ = 21.67, S.D. = 1.50) โดยนักเรียนส่วนใหญ่ได้คะแนนอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด (20–24 คะแนน) รองลงมาคือด้านอารมณ์และความรู้สึกมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง ($\overline{X}$= 20.89, S.D. = 1.27) โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนอยู่ในช่วงระดับปานกลางถึงมาก (19–23 คะแนน) ส่วนด้านความรู้ความเข้าใจเป็นด้านที่มีคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอีกสองด้าน ($\overline{X}$= 19.67, S.D. = 2.00) โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนอยู่ในระดับน้อย (17–19 คะแนน)

5.2 อภิปรายผล

5.2.1 การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

จากผลการวิจัยการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์โดยการจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เมื่อดำเนินการวิจัยครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ พบว่าในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์ระดับดี จำนวน 3 คน และไม่ผ่านเกณฑ์อยู่ในระดับระดับควรปรับปรุงจำนวน 6 คน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีพัฒนาการระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้นโดยผ่านเกณฑ์ทั้งหมดจำนวน 9 คน แบ่งเป็นระดับดีมาก จำนวน 3 คน และระดับดีจำนวน 6 คน ส่วนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนมีระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์โดยผ่านเกณฑ์ทั้งหมดจำนวน 9 คน แบ่งเป็นระดับดีมากจำนวน 4 คน และระดับดีจำนวน 5 คน

หลังจากสิ้นสุดทั้ง 3 ปฏิบัติการพบว่านักเรียนมีพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แต่ละองค์ประกอบเพิ่มขึ้นทั้งข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล อย่างไรก็ตามในส่วนของการใช้หลักฐานและการให้เหตุผลมีการพัฒนาไม่ดีเท่าที่ควร เนื่องจากนักเรียนบางคนยังขาดทักษะการคิดวิเคราะห์ โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม นักเรียนต้องสามารถประเมินความถูกต้องของข้อมูลและวิเคราะห์สิ่งที่เป็นหลักฐานที่น่าเชื่อถือเพื่อสร้างข้อกล่าวอ้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้นักเรียนส่วนใหญ่ยังขาดทักษะการเขียนซึ่งเป็นทักษะที่ต้องอาศัยเวลาและการฝึกฝน เห็นได้จากผลการสังเกตที่พบว่านักเรียนสามารถนำเสนอแนวคิดของกลุ่มตนเองได้ แต่นักเรียนกลับมีปัญหาในการเขียนบันทึกด้านการให้หลักฐานและการให้เหตุ ส่งผลให้ได้คำอธิบายสั้นและไม่ครอบคลุม แนวทางในการพัฒนาคือการใช้คำถามกระตุ้นความคิดเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนค้นหา วิเคราะห์ เพื่อช่วยให้นักเรียนเห็นถึงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้าง หลักฐานและการให้เหตุผล โดยจัดกิจกรรมในบริบทจริง เพื่อให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับสถานการณ์รอบตัว และฝึกการประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูล นอกจากนี้ยังพบว่ามีนักเรียนบางคนที่มีระดับคงที่ตลอดระยะเวลาดำเนินการเนื่องจากนักเรียนไม่สามารถให้หลักฐานและการให้เหตุผลเพื่อสนับสนุนหลักฐานได้ จึงส่งผลให้นักเรียนมีคะแนนรวมลดลง ประกอบกับด้วยเนื้อหาในวงจรปฏิบัติที่ 2 มีเนื้อหาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด โครงสร้างภายในของเมล็ด และความหนาความบางของเปลือกเมล็ดที่มีผลต่อการงอก ซึ่งมีเนื้อหาซับซ้อนและเขาใจยาก ต้องใช้ระยะเวลาในการศึกษาเนื้อหา

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ส่งเสริมการพัฒนาทักษะกระบวนการคิด เช่น การสังเกต การแก้ปัญหา และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การสร้างความเข้าใจในหลักการทางวิทยาศาสตร์ ที่เชื่อมโยงกับประเด็นในชีวิตจริง และ การส่งเสริมทักษะทางสังคมและจริยธรรม รวมถึงการตัดสินใจและประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อแก้ไขปัญหา ดังที่ Zoller (1993) กล่าวว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม มีการออกแบบและจัดการเรียนรู้อย่างเป็นระบบขั้นตอน โดยมีเป้าหมายสูงสุดของการจัดการเรียนรู้ คือการสร้างกลุ่มชนให้เป็นผู้ที่ความรู้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และสังคม ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร แนวคิดทฤษฎี รวมถึงหลักการ แนวทาง และขั้นตอนและกระบวนการการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมอย่างละเอียด นำมาออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นสืบค้น (Search) 2) ขั้นแก้ปัญหา (Solve) 3) ขั้นสร้างสรรค์(Create) 4) ขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์ (Share) และ 5) ขั้นนำไปปฏิบัติจริง (Act) โดยแต่ละแผนได้ผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งในการจัดการเรียนรู้จะสามารถใช้ตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนและสามารถเพิ่มพูนความรู้ใหม่ได้โดยผ่านทักษะการแก้ปัญหาการลงมือปฏิบัติและการนำไปใช้ ซึ่งกระบวนการนี้ช่วยให้นักเรียน

สามารถคิดวิเคราะห์ข้อมูลและรวบรวมข้อมูล ใช้หลักฐานและเหตุผลในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง รวมถึงการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับกลุ่มอื่น ๆ เพื่อหาข้อสรุปที่เหมาะสม ทั้งยังช่วยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการสำรวจปัญหาโดยกระบวนการจัดการเก็บข้อมูลที่ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สร้างทางเลือก และตัดสินใจในสถานการณ์จริง ดังนั้นนักเรียนจะได้พัฒนาเกี่ยวกับความคิดของตนเองให้มีความคิดสร้างสรรค์มากขึ้น และสามารถแสดงออกให้ผู้อื่นทราบได้ด้วยการแก้ปัญหา นอกจากจะใช้ความรู้และเทคนิคที่เกิดจากประสบการณ์แล้วยังต้องใช้องค์ประกอบด้านสังคม เศรษฐกิจการเมืองและความเป็นมนุษย์ร่วมด้วย ซึ่งสอดคล้องกับที่ เกียรติศักดิ์ ชินวงศ์ (2544) กล่าวว่าการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ส่วนมากจะพัฒนานักเรียนในด้านต่าง ๆ คือ 1) นักเรียนมีการอภิปรายโต้แย้งประเด็นต่าง ๆ อย่างกว้างขวางและมีความกระตือรือร้น 2) ทำให้นักเรียนเป็นผู้ตระหนักและสนใจเลือกอาชีพที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 3) นักเรียนมีความสามารถในการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ และความคิดสร้างสรรค์ที่ดี 4) นักเรียนมีความสนใจเกิดแรงจูงใจขณะเรียน ทำให้นักเรียนตระหนักถึงประเด็นสิ่งแวดล้อมและทำให้นักเรียนได้เรียนรู้มโนมติกับวิชาอื่นๆ 5) นักเรียนมีเจตคติในทางบวกและพัฒนาเจตคติในทางบวกต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ครูวิทยาศาสตร์ และห้องเรียนวิทยาศาสตร์ และ 6) นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้มโนมติทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ใหม่ได้ ในที่นี้สามารถสรุปได้ว่าประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และสังคม คือการที่นักเรียนได้รับประสบการณ์ในการศึกษาค้นคว้าหาความรู้การรู้จักคิด วิเคราะห์มีความคิดสร้างสรรค์สามารถแก้ปัญหาเชื่อมโยงข้อมูลกับสถานการณ์ ผสานแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับประสบการณ์ของนักเรียนเองและได้ปฏิสัมพันธ์ทางสังคมจากการทำงานร่วมมือกันและสามารถประยุกต์ใช้มโนมติทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ใหม่เพื่อนำมาใช้ในชีวิตประจำวันได้ สอดคล้องกับที่ สันติชัย อนุวรชัย (2553) กล่าวว่าการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งในด้านการพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาด้วยการใช้หลักฐานเชิงประจักษ์และมีเหตุผล ตลอดจนเป็นการสร้างประสบการณ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์เสมือนจริงให้กับนักเรียน เพราะได้นำเอาการปฏิบัติอันเป็นหลักสำคัญของสังคมวิทยาศาสตร์มาจัดการเรียนการสอนซึ่งเป็นการพัฒนานักเรียนทางด้านกระบวนการคิด การปฏิบัติและการสร้างคุณลักษณะแบบนักวิทยาศาสตร์

เมื่อพิจารณาตามองค์ประกอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนมีการพัฒนาขึ้นในทุกองค์ประกอบ โดยนักเรียนได้คะแนนด้านข้อกล่าวอ้างมากที่สุด ($\overline{X}$=1.67, S.D.=0.50) ถัดมาคือเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ($\overline{X}$=1.33, S.D. =0.50) การใช้หลักฐาน ($\overline{X}$=1.22, S.D. =0.44) ตามลำดับ จากผลการวิจัยที่พบว่านักเรียนมีคะแนนในด้าน

ข้อกล่าวอ้างสูงที่สุด เนื่องจากในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้เน้นให้นักเรียนระบุข้อกล่าวอ้างจากข้อมูลที่ได้สืบค้นมา ซึ่งมักมีคำถามนำหรือสถานการณ์ที่ชัดเจนเป็นแนวทางในการตอบ ส่งผลให้นักเรียนสามารถระบุคำตอบหรือข้อสรุปได้ตรงประเด็นและครบถ้วน จึงส่งผลให้นักเรียนได้คะแนนในส่วนนี้สูงกว่าด้านอื่น สอดคล้องกับที่ Sampson, Walker and Glooms (2012) กล่าวว่า ข้อกล่าวอ้างเป็นการสรุปข้อสรุป การคาดเดา คำอธิบาย หรือคำตอบอื่น ๆ ที่นักเรียนสร้างขึ้นเพื่อตอบคำถามหรือประเด็นที่กำหนดไว้

ด้านการให้ข้อกล่าวอ้าง ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่านักเรียนมีการระบุข้อกล่าวอ้างถูกต้องแต่ยังไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ ซึ่งมีการเขียนระบุเป็นข้อความสั้น ๆ ไม่มีการเชื่อมโยงกับหลักฐาน ครูจึงใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและการให้เหตุผล ข้อกล่าวอ้าง เช่น “เหตุใดนักเรียนจึงคิดว่าควรใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มที่นักเรียนตอบไปในข้อแรก” อธิบาย เพิ่มเติมในเนื้อหาที่มีความซับซ้อนเช่น เรื่อง ฮอร์โมนพืชและการนำฮอร์โมนพืชหรือฮอร์โมนพืชสังเคราะห์ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 พบว่านักเรียนมีการระบุข้อกล่าวอ้างได้สมบูรณ์แต่ยังมีการเขียนเหตุผลเพื่อสนับข้อกว่างอ้างได้ยังไม่ครอบคลุม ครูจึงทบทวนสถานการณ์ที่กำหนดให้อีกครั้งว่าต้องการคำตอบแบบใดหรือใช้คำถามเพื่อกระตุ้นการคิดของนักเรียน เช่น "นักเรียนคิดว่าการระบุเพียงแค่วิธีการที่ทำลายสภาพพักตัวของเมล็ดพืช เพียงพอในการอธิบายว่าการทำลายสภาพพักตัวของเมล็ด ทำไมจึงสามารถทำให้เมล็ดงอกได้ก่อนเมล็ดที่ไม่มีการทำลายสภาพพักตัว” และในวงจรปฏิบัติการที่ 3 พบว่านักเรียนมีการแสดงข้อกล่าวอ้างอยู่ในระดับดีเพิ่มมากขึ้นจากก่อนการจัดการเรียนรู้ โดยเฉพาะในแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในวงปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด โดยครูได้ยกตัวอย่างการทดลองโดยใช้ 3 สถานการณ์ คือการขูดเมล็ดพืชก่อนการปลูก การไม่ขูดเมล็ดพืชก่อนการปลูก และการขูดเมล็ดพืชก่อนการปลูกร่วมการการแช่เมล็ดการก่อนปลูกเป็นต้น เนื่องจากสถานการณ์เช่นนี้เป็นสถานการณ์ที่ค่อนข้างใกล้ตัวนักเรียน ทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้เพื่อใช้ในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องกับงานวิจัยของ McNeill and Krajcik (2008) ที่กล่าวว่าการใช้คำถามชี้นำและการสนับสนุนจากครูอย่างต่อเนื่องจะช่วยพัฒนาความสามารถของนักเรียนในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีความสมบูรณ์มากขึ้น ทั้งในด้านข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และเหตุผล โดยเฉพาะในด้านข้อกล่าวอ้าง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Yager, Lim, and Yager (2006) ที่กล่าวว่าการใช้ประเด็นหรือสถานการณ์ที่ใกล้ตัวและเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน จะช่วยส่งเสริมการเชื่อมโยงองค์ความรู้และพัฒนาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น

ด้านการให้เหตุผล ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่าข้อความที่ใช้ในการอธิบายเหตุผลส่วนใหญ่เป็นรูปแบบประโยคสั้น ๆ และมีนักเรียนบางคนไม่สามารถเชื่อมโยงหลักฐานกับเหตุผล

เข้าด้วยกันได้ครูจึงมีการตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูลจากหลักฐาน หาความสอดคล้องกับข้อกล่าวอ้างและสร้างความต่อเนื่องในการอธิบายหรือเขียนเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างและอธิบายเพิ่มเติมในเนื้อหาที่มีความซับซ้อน เช่น คุณสมบัติของฮอร์โมนพืช โดยอธิบายเพิ่มเติมถึงผลดีผลเสียของการใช้ฮอร์โมนพืชมากหรือน้อยเกิดความจำเป็นเกิดผลเสียต่อพืชอย่างไรบ้าง ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีความพยายามในการอธิบายเหตุผลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างโดยสามารถเชื่อมโยงกับหลักฐานได้บางส่วน อย่างไรก็ตามการเชื่อมโยงดังกล่าวยังไม่ครอบคลุมประเด็นที่สำคัญ หรือขาดความชัดเจน ทำให้คำอธิบายเหตุผลสมบูรณ์และขาดความน่าเชื่อถือ ครูจึงใช้สื่อสนับสนุนการอธิบาย การใช้แบบจำลองเปลือกของเมล็ดระหว่าง เมล็ดที่มีเปลือกบางกับเมล็ดที่มีเปลือกหนา ร่วมกับการอภิปรายในชั้นเรียน ช่วยให้นักเรียนเห็นภาพรวมของแนวคิดที่ซับซ้อน และสามารถอ้างอิงหลักฐานที่สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้างได้ชัดเจนมากขึ้น และในวงจรปฏิบัติการที่ 3 พบว่านักเรียนมีการพัฒนาเพิ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นสำรวจและตรวจสอบ ครูได้มีการสอบถามและแนะนำ นักเรียนตลอดการจัดกิจกรรม มีการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นของตนเอง มีการตอบถามและชี้แจงในข้อสงสัยและมีการจัดเตรียมสื่อการเรียนรู้สำหรับการสืบเสาะเพื่อให้นักเรียนได้เข้าใจและเห็นภาพมากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับที่ Grooms, et al. (2016) ระบุว่าการถามคำถามขณะการสืบเสาะถามคำถามเกี่ยวกับวิธีการในการได้มาซึ่งคำตอบ สนับสนุนให้คำปรึกษาคำแนะนำแก่นักเรียนและอธิบายหรือให้แนวทางในสิ่งที่นักเรียนสงสัย ช่วยให้นักเรียนสามารถให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธัญญารัตน์ สุวรรณไตรย์ และธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์ (2566) ที่พบว่านักเรียนมีคะแนนองค์ประกอบด้านข้อกล่าวอ้างและด้านการให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างอยู่ในระดับสูง เนื่องจากนักเรียนได้รับประสบการณ์มากขึ้นในกิจกรรมการโต้แย้ง ครูมีการตั้งคำถามที่เกี่ยวข้องกับปัญหาทางวิทยาศาสตร์ในแผนการเรียนการสอน ซึ่งช่วยสร้างการเชื่อมโยงระหว่างความรู้ที่มีอยู่เดิมกับความรู้ใหม่ และมีการกระตุ้นนักเรียนให้คิดและนำเสนอข้ออ้างของตนเอง รวมถึงเหตุผลที่ใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างนั้น แต่ในด้านการใช้หลักฐาน การให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปและการให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง พบว่ามีการพัฒนาไม่ดีเท่าที่ควร เนื่องจากนักเรียนบางคนยังขาดทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ และการคิดเชิงวิพากษ์ จึงทำให้ในส่วนของด้านการใช้หลักฐาน ด้านการให้ข้อโต้แย้งและด้านการให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างนั้น มีคะแนนเฉลี่ยน้อยกว่าในด้านอื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับที่ Walker and Sampson (2013) ระบุว่านักเรียนจำเป็นต้องมีความสามารถในการประเมินความถูกต้องของข้อมูล และวิเคราะห์ว่าเหตุผลใดหลักฐาน จึงน่าเชื่อถือเพื่อสร้างข้อกล่าวอ้างที่มีเหตุผลโดยนักเรียนจะได้รับสถานการ์ณและถูกตั้งคำถาม สำรวจ ค้นคว้า นำเสนอข้อมูล และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับกับผู้อื่น ซึ่งเป็นกระบวนการที่ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาทักษะในการแก้ปัญหา

อย่างเป็นระบบแทนที่จะมุ่งหาคำตอบที่ถูกต้องเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ในงานวิจัยยังพบว่า นักเรียนส่วนมากขาดทักษะในการเขียนอธิบายซึ่งเป็นทักษะที่ต้องใช้เวลาในการฝึกฝน โดยนักเรียนสามารถนำเสนอข้อมูลของกลุ่มตนเองได้ แต่เมื่อเขียนแสดงการให้เหตุผล นักเรียนไม่สามารถเขียนจับใจความและเลือกใช้ข้อมูลมาเขียนได้ มีการเขียนอธิบายค่อนข้างสั้น โดยเฉพาะในองค์ประกอบการใช้หลักฐาน การให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไป และการให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

ด้านการใช้หลักฐาน ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่านักเรียนไม่สามารถเลือกใช้ข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ครบถ้วนโดยมักยกตัวอย่างเพียงตัวอย่างเดียว ซึ่งไม่ครอบคลุมเนื้อหาหรือประเด็นที่ควรอธิบายครูจึงใช้คำถามกระตุ้นความคิด เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนค้นหา วิเคราะห์ และเลือกใช้ข้อมูลที่เหมาะสม เช่นคำถาม มีข้อมูลใดบ้างที่สามารถนำมาใช้อธิบายว่าฮอร์โมนพืชชนิดเอธิลีนสามารถยับยั้งการเหี่ยวของดอกไม้ได้ หรือ จากข้อมูล ได้จากการสำรวจ เพื่อช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงข้อมูลกับข้อกล่าวอ้างอย่างเป็นระบบ ในวงจรปฏิบัติการ 2 นักเรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายหลักฐานที่ใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ แต่ยังขาดความครบถ้วนทั้งในด้านเนื้อหาและความเชื่อมโยงทางวิทยาศาสตร์โดยมีบางกลุ่มนักเรียนที่ อธิบายเฉพาะหลักการเบื้องต้น ไม่ชัดเจน หรือระบุเพียงลักษณะของรูปร่างของเปลือกเมล็ดไม่มีการขยายความเพิ่มเติม ทำให้การใช้หลักฐานยังไม่เพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างอย่าง มีนัยสำคัญทางวิทยาศาสตร์ ครูจึงมีการใช้สื่อประกอบร่วมกับคำถามกระตุ้นการคิด ส่งเสริมให้นักเรียนเลือกใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์อย่างเหมาะสมในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง เช่นการใช้กระดานสำรวจเพื่อให้นักเรียนวาดภาพหรือเขียนแผนภาพการองค์ประกอบของเปลือกเมล็ดพืชร่วมกัน รวมถึงการใช้คำถามนำเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเชื่อมโยง ข้อมูลเช่น การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างรูปร่างของเปลือกของเมล็ดพืชอย่างมีเหตุผล และในปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนมีการพัฒนาการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น เนื่องจากในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นสืบค้นและขั้นแก้ปัญหา นักเรียนมีการสืบเสาะเพื่อหาหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง โดยครูได้ใช้สื่อร่วมในการสืบเสาะเพื่อให้นักเรียนใช้เป็นหลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเอง เช่น การทดลองเมล็ดถั่วในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน แผนผังของคุณสมบัติต่างๆ ของฮอร์โมนพืช เป็นต้น สอดคล้องกับที่ Sampson and Gleim (2009) ที่ระบุว่าการจัดเตรียมรายการวัสดุที่จำเป็นสำหรับการสืบเสาะ เช่น ตัวอย่าง แบบจำลอง สไลด์ อุปกรณ์ทดลอง ฯลฯ จะช่วยในการรวบรวมหลักฐานมาใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ดีขึ้น แต่ยังคงพบปัญหา คือ นักเรียนบางคนไม่สามารถเขียนอธิบายถึงหลักฐานที่นำมาใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้และบางส่วนสามารถอธิบายได้แต่ไม่เพียงพอสำหรับข้อกล่าวอ้าง สอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐกฤษ ทองน้อย (2560) และณัฏฐ์พธู เสริมสุข (2558) ที่พบว่าการใช้หลักฐานเป็นองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนมีพัฒนาการน้อยที่สุด

สอดคล้องกับงานวิจัย Sandoval and Millwood (2005) ที่พบว่าองค์ประกอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ การใช้หลักฐานของนักเรียนเป็นทักษะที่เกิดขึ้นได้ยาก เพราะนักเรียนต้องเข้าใจประเด็นที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์และต้องเข้าใจเนื้อหาของหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์นั้น และสอดคล้องกับ Moon, et al. (2017) ที่พบว่านักเรียนจำนวนมากสามารถใช้เหตุผลได้เพียงระดับพื้นฐาน แต่ไม่สามารถใช้หลักฐานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ มักเลือกใช้เฉพาะข้อมูลบางชุดที่ง่ายต่อการอธิบาย

5.2.2 ความตระหนักรู้

จากผลการวิจัยพบว่า ภายหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวนทั้ง 9 คน วัดความตระหนักรู้ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านอารมณ์และความรู้สึก ด้านพฤติกรรม และด้านความรู้ความเข้าใจ โดยในแต่ละด้านมีคะแนนเต็มด้านละ 25 คะแนน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนในด้านพฤติกรรมค่อนข้างสูง แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความสามารถในการนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์จริงได้ดี โดยพบว่าในด้านพฤติกรรมนักเรียนส่วนใหญ่มีทัศนคติที่ดีต่อการเรียนรู้โดยมีนักเรียนหลายคนทำคะแนนได้ในระดับมากถึงมากที่สุด (22-24 คะแนน) เช่น นักเรียนคนที่ 1, 6, 8 ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนมีความตั้งใจในการเรียนรู้ สามารถแสดงพฤติกรรมที่เหมาะสมต่อการเรียน และมีแนวโน้มในการนำความรู้ไปปรับใช้ในการดำเนินชีวิต ซึ่งถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ การพัฒนาตนเอง และการสร้างความตระหนักรู้อย่างต่อเนื่อง และด้านอารมณ์และความรู้สึกโดยมีคะแนนอยู่ในระดับปานกลางถึงมาก (19-23 คะแนน) เช่น นักเรียนคนที่ 1, 3, 4, 7, 8 ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนมีทัศนคติและความรู้สึกเชิงบวกต่อการเรียนรู้ เห็นคุณค่าและความสำคัญของเนื้อหาที่ศึกษา อีกทั้งยังสามารถเชื่อมโยงและนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ในส่วนจุดที่ต้องพัฒนาคือด้านความรู้ความเข้าใจ ซึ่งเป็นด้านที่นักเรียนมีคะแนนต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับอีกสองด้าน โดยเฉพาะนักเรียนบางคนที่มีคะแนนอยู่ในระดับปานกลางถึงน้อย (17-19 คะแนน) อาจเป็นจุดที่ต้องได้รับการส่งเสริมเพิ่มเติม คะแนนในด้านนี้มีความหลากหลายและมีบางส่วนที่ต่ำกว่าด้านอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัด (เช่น นักเรียนคนที่ 2, 4, 5, 6) แสดงให้เห็นว่านักเรียนบางคนอาจยังต้องการการเสริมสร้างความเข้าใจในเนื้อหาหลักให้ดียิ่งขึ้น เพื่อเป็นรากฐานในการพัฒนาความสามารถด้านอื่น ๆ ของนักเรียนต่อไป ให้มีความตระหนักรู้เพิ่มขึ้นในระดับที่น่าพึงพอใจ ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่มุ่งศึกษาความตระหนักรู้ของนักเรียนควบคู่ไปกับการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ความตระหนักรู้ที่เกิดขึ้นสะท้อนให้เห็นถึงการรับรู้เข้าใจ และให้ความสำคัญต่อบทบาทของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ที่มีความเชื่อมโยงกับการดำรงชีวิตของตนเองและสังคม ผลการศึกษาดังกล่าวสามารถอธิบายได้จากลักษณะของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ดังที่ Carin (1997) ได้กล่าวไว้ว่า

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) เน้นการเรียนรู้ในบริบทของประสบการณ์จริง โดยนำสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียนมาใช้เป็นจุดเริ่มต้นของการเรียนรู้ผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดของ Good (1973) ที่อธิบายว่าความตระหนักรู้เป็นผลที่เกิดจากกระบวนการทางปัญญา เริ่มจากการรับรู้ การเข้าใจ และการเรียนรู้ จนนำไปสู่การแสดงออกทางพฤติกรรม ซึ่งการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เผชิญกับสถานการณ์จริงและได้ใช้ความรู้ในการพิจารณาผลกระทบ จะช่วยส่งเสริมให้เกิดความตระหนักรู้ต่อสิ่งนั้นได้อย่างเป็นรูปธรรม และเมื่อพิจารณากระบวนการเกิดความตระหนักรู้ตามแนวคิดเชิงจิตวิทยาที่อธิบายว่าความตระหนักรู้เป็นผลมาจากกระบวนการทางปัญญาที่เริ่มจากการรับรู้ การเข้าใจ จนนำไปสู่การเรียนรู้และการแสดงพฤติกรรม ผลการศึกษาพบว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STS ได้กระตุ้นกระบวนการดังกล่าวอย่างเป็นลำดับขั้น นักเรียนได้รับสิ่งเร้าผ่านสถานการณ์ปัญหาที่ใกล้ตัว เกิดการรับรู้และทำความเข้าใจเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ จากนั้นจึงนำความรู้และประสบการณ์เดิมมาพิจารณาผลกระทบและความสำคัญของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อสังคม ซึ่งนำไปสู่การเกิดความตระหนักรู้ของนักเรียน

ความตระหนักรู้ของนักเรียนยังสะท้อนผ่านพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เปลี่ยนแปลงไป ไม่ว่าจะเป็นการให้ความสนใจต่อประเด็นทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น การแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล การตั้งคำถามเกี่ยวกับผลดีและผลกระทบของการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมถึงการแสดงความรับผิดชอบต่อการตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งสอดคล้องตามแนวคิดของ Breckler (1986) พบว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ช่วยให้นักเรียนพัฒนาองค์ประกอบทั้งสามด้านไปพร้อมกัน กล่าวคือนักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น เกิดความรู้สึกเห็นคุณค่าและความสำคัญของความรู้ที่เรียนและแสดงออกผ่านพฤติกรรมการมีส่วนร่วม การแสดงความคิดเห็น และการตัดสินใจอย่างมีเหตุผล ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ ชมพูนุช แพงวงษ์ (2549) ที่กล่าวว่าการจัดการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม จะช่วยให้นักเรียนตระหนักถึงหน้าที่ความรับผิดชอบในฐานะสมาชิกของสังคม และสามารถนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดจากผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ จากที่ได้กล่าวมาในข้างต้นแล้ว การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับสภาพปัญหาและแนวคิดกล่าวคือช่วยให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงระหว่างวิทยาศาสตร์กับชีวิตจริง ลดทัศนคติที่มองว่าวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องยากหรือไกลตัว และส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความตระหนักรู้ในบทบาทของตนเองในฐานะผู้เรียนและสมาชิกของสังคมที่ต้องใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างมีเหตุผลและมีความรับผิดชอบ

จากผลการวิจัยพบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) เป็นแนวทางการสอนที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และความตระหนักรู้ การให้เหตุผล การสื่อสาร และการทำงานร่วมกันของนักเรียน โดยเมื่อบูรณาการเข้าสู่กิจกรรมการเรียนรู้ เช่น การทดลองในห้องปฏิบัติการ การอภิปรายกลุ่ม การเขียนอธิบายหลักฐาน และการนำเสนอ ของนักเรียนนั้นได้เปิดโอกาสให้นักเรียนฝึกฝนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่อง แต่จากการประเมินองค์ประกอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคนในแต่ละ วงจรปฏิบัติการ พบว่าความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีความผันแปรโดยเฉพาะในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ซึ่งคะแนนของนักเรียนบางรายลดลงสะท้อนให้เห็นว่า ความซับซ้อนของเนื้อหาอาจส่งผลต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตาม กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ดำเนินการนั้นมีความสามารถในการส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีคุณภาพ โดยในกิจกรรมต่าง ๆ มีการใช้รายงานการทำปฏิบัติการ แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ทั้งแบบรายกลุ่มรายบุคคล และการได้ลงมือทดลองปฏิบัติจริงในการเรียนรู้ รวมถึงการใช้คำถามที่ มีแบบแผนและเป้าหมายชัดเจน มีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นให้นักเรียนคิดวิเคราะห์ เชื่อมโยงข้อมูล และหลักฐานอย่างเป็นระบบ ซึ่งส่งผลให้การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีความสมเหตุสมผลและมีโครงสร้างมากยิ่งขึ้น เพื่อให้การจัดการเรียนรู้ในลักษณะนี้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดครูควรมีความเข้าใจใน หลักการสำคัญของกระบวนการนี้ สามารถออกแบบกิจกรรมและสื่อการสอนให้สอดคล้องกับ เป้าหมายการเรียนรู้ รวมทั้งสร้างบรรยากาศในห้องเรียนที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับหลักฐาน และการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นอย่างเคารพซึ่งกันและกัน ซึ่งสอดคล้องกับ ฤกษ์ฤดี เสนเรือง (2544) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับความสามารถการแก้ปัญหาในวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยให้ผู้เรียนเรียนด้วยการสะท้อนคิด พบว่าผู้เรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ ความสามารถในการแก้ปัญหาวิทยาศาสตร์ดีขึ้น หลังจบวงจรปฏิบัติการทั้ง 3 วงจรซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความสามารถในการนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์จริงได้ดี และมีทัศนคติที่ดีต่อกระบวนการเรียนรู้หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ซึ่งสะท้อนถึงความเข้าใจและความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ อันเป็นพื้นฐานสำคัญของการเรียนรู้ตลอดชีวิต อย่างไรก็ตาม ด้านความรู้ความเข้าใจยังเป็นประเด็นที่ควรได้รับการส่งเสริมเพิ่มเติม เพื่อให้การพัฒนาความตระหนักรู้ของนักเรียนมีความรอบด้านมากยิ่งขึ้น

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะการนำไปใช้

5.3.1.1 การจัดเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่ครูต้องให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากนักเรียนจะเกิดความไม่มั่นใจในตนเอง กลัวการตอบผิดจึงทำให้ไม่กล้าที่จะนำเสนอและจะขอความคิกเห็นจากเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ครูควรมีการทบทวนข้อกล่าวอ้างของแต่ละกลุ่ม หรือมีการใช้คำถามนำ เช่น นักเรียนมีคำตอบอื่นหรือไม่ การนำเสนอของนักเรียนนั้นไม่มีผิดหรือถูกขึ้นอยู่กับหลักฐานที่นักเรียนนั้นสืบค้นมาได้ ซึ่งในขั้นนี้อาจต้องใช้เวลาในการปรับให้นักเรียนเคยชิน เนื่องจากนักเรียนไม่เคยได้รับการจัดการเรียนรู้เช่นนี้มาก่อน

5.3.1.2 ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานครูผู้สอนต้องอธิบายความหมายองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อย่างละเอียดกับนักเรียนพร้อมยกตัวอย่างเพื่อทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น

5.3.1.3 ในการวิจัยครั้งนี้พบว่านักเรียนแต่ละคนมีการเขียนอธิบายในแบบวัดความสามารถ ในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ข้อความสั้น ๆ และไม่ค่อยมีการเชื่อมโยงหรือขยายความ จึงควรปรับโจทย์ในแบบวัดให้เจาะจงมากขึ้น เช่น ให้ระบุอย่างน้อย 2 เหตุผลหรือเชื่อมโยงความคิดเห็นของตนกับประเด็นอื่น

5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

5.3.2.1 ในการวิจัยครั้งนี้พบว่านักเรียนมีการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น บางคนมีระดับที่ต่ำลงและสูงขึ้นไม่คงที่ ในการวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาปัจจัยที่ ส่งผลต่อความไม่คงที่ของพัฒนาการหรือมีการเพิ่มระยะเวลาการวิจัยเพื่อติดตามพัฒนาการของนักเรียน ในระยะยาวซึ่งขึ้นอยู่กับบริบทของโรงเรียนและความแตกต่างระหว่างบุคคล

5.3.2.2 ควรศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมร่วมกับแนวทางการสอนอื่น ๆ เช่น การจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์หรือการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning: PBL) เพื่อเปรียบเทียบผลที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความตระหนักรู้ของนักเรียน

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*.กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

เกียรติศักดิ์ ชิณวงศ์. (2544). การสอนวิทยาศาสตร์-เทคโนโลยี-สังคม (STS) โดยใช้ห้องเรียนธรรมชาติ. *วารสารวิชาการ, 4*(11), 13-27

กรมวิชาการ. (2545). *คู่มือการพัฒนาสื่อการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

กฤตกร สภาสันติกุล. (2559). ผลของกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต และการอธิบายอย่างมีขั้นตอน ที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา, 11*(1), 219–237.

กาญจนา มหาลี และชาตรี ฝ่ายคำตา. (2553). การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, 5*(1), 1–12.

ชมพูนุช แพงวงษ์. (2549). *ผลการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นตามรูปแบบการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม (STS)* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ณัฐกฤษ ทองน้อย. (2560). *การส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องระบบนิเวศ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐาน* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ:มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณัฐวิทย์ พจนตันติ. (2544). การเรียนการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม. *วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์, 2*, 226–231.

ณัฐวิทย์ พจนตันติ. (2546). *การเรียนการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม* (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณัฐวิทย์ พจนตันติ. (2548). *STS แนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม*. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ณัฏฐ์พธู เสริมสุข. (2558). *การพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องระบบนิเวศ โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ต่วนริสา ต่วนสุหลง. (2552). *ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต).ปัตตานี: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.

ทรงศิริ ชัยนา และน้อยทิพย์ ลิ้มยิ่งเจริญ. (2553). การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องโลกและการเปลี่ยนแปลงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS). *วารสารศึกษาศาสตร์ ฉบับวิจัยบัณฑิตศึกษา, 4*(4), 52–59.

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

ธนาวัฒน์ น้อยไธสง. (2565). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม เรื่องชีวิตและสิ่งแวดล้อม ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์. *วารสารศึกษาศาสตร์ มมร., 10*(1), 75–88.

ธัญญารัตน์ สุวรรณไตรย์ และธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์. (2023). การพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เรื่องทรัพยากรพลังงาน. *วารสารศิลปากรศึกษาศาสตร์วิจัย, 15*(1), 282-298.

นริศ ทวีสุข. (2551). *การวัดและประเมินผลทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ มหาลัยราชภัฏสวนดุสิต.

นิลิน ปัญญาปา. (2562). *การศึกษาการรู้เท่าทันสื่อของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรังสิต.

นฤมล ยุดาคม. (2542). การจัดประสบการณ์การเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้โมเดลการสอนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม (Science Technology and Society - STS Model). *ศึกษาศาสตร์ปริทัศน์, 3*, 69–82.

บุญชม ศรีสะอาด. (2553). *การวิจัยเบื้องต้น* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ปัณฑิตา กรรณิการ์. (2562). *การพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น เรื่อง กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS)* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรังสิต.

พจีลักษณ์ ขวัญใจ. และวัชราภรณ์ แก้วดี (2555). *ผลของการเรียนรู้โดยใช้การสืบสอบเป็นฐานตามแนวคิดของ อัลเบอร์ตาเลิร์นนิ่งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อมของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต) กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

แพรวโพยม บุณยมณี. (2561). *ผลการใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรังสิต.

พรธีรา สุขเสริม และมนตรี วงษ์สะพาน. (2568). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารวิชาการศึกษาศาสตร์ ศรีนครินทรวิโรฒ, 26*(2), 64–79.

ไพศาล วรคำ. (2567). *การวิจัยทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 15). มหาสารคาม: ตักสิลาการพิมพ์.

ภูมินทร์ พาณิชกุล, ธนิกา วศินยานุวัฒน์, และสุวรรณี เปลี่ยนรัมย์. (2569). การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาชีววิทยา เรื่องการสืบพันธุ์ของพืชดอก ผ่านการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น. ใน วันจักร น้อยจันทร์ (บ.ก.), *การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 21 เรื่องนวัตกรรมและการบูรณาการองค์ความรู้ของสหสาขาเพื่อการพัฒนาสังคมอย่างยั่งยืน* (น. 476–483). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

ยุบล ธงวิชัย. (2552). ความตระหนักและความสามารถในการคิดวิเคราะห์เรื่องอาหารกับการดำรงชีวิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 32*(3), 48–56.

ฤกษ์ฤดี เสนเรือง. (2544). *ความสามารถในการตัดสินใจและการแก้ปัญหาในวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับช่วงชั้นที่ 3 ที่เรียนโดยกลวิธีอภิปัญญา* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ลักขณา สริวัฒน์. (2557). *จิตวิทยาการศึกษา*. กรุงเทพฯ: โอ.เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์.

ลือชา ลดาชาติ. (2558). *การวิจัยเชิงคุณภาพสำหรับครูวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิจารณ์ พานิช. (2558). *ประเมินเพื่อมอบอำนาจการเรียนรู้ (Embedded Formative Assessment)*. กรุงเทพฯ: บริษัทสานอักษร.

สุกัลยา เวชสิทธิ์. (2559) *ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้ผังกราฟิกร่วมกับการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องสารในชีวิตประจำวันที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปี ที่ 6 โรงเรียนประถมศึกษาขนาดกลาง อำเภอปะเหลียน จังหวัดตรัง* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช

สุรางค์ โค้วตระกูล. (2559). *จิตวิทยาการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 12 ฉบับปรับปรุงแก้ไข). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุรีรัตน์ จุ้ยกระยาง. (2553). ผลการใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA ที่มีต่อมโนทัศน์เรื่องบรรยากาศและความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. *วารสารการศึกษาและการพัฒนาสังคม, 14*(1), 286–298.

สุภาวดี แก้วงาม. (2549). *ความสามารถในการแก้ปัญหาและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่ได้รับการสอนตามแนววิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สันติชัย อนุวรชัย. (2553). *ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สันติชัย อนุวรชัย. (2557). การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์. *วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ., 7*(2), 1–14.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2563). *แนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) เพื่อพัฒนาผู้เรียนในศตวรรษที่ 21*.กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2565). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2565)*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

อัญชนา ชลวานิช, ธนาวุฒิ ลาตวงษ์, และกิตติมา พันธ์พฤกษา. (2562). การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ร่วมกับวิธีการแก้ปัญหา. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ Veridian มหาวิทยาลัยศิลปากร (มนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์และศิลปะ), 12*(4), 1420–1438.

อนุวัฒน์ ร่มโพธิ์ทอง. (2544). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความตระหนักในปัญหาที่เกิดจากสิ่งเสพติดให้โทษของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนโดยใช้แบบเรียนเล่มเล็กเชิงวรรณกรรม (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต).กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.

อรยา แจ่มใจ. (2557). *การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยรูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบเสาะร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อัมพวา รักบิดา. (2549). ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *วารสารวิจัยทางการศึกษา*, *20*(2), 1-15.

Aikenhead, G. S. (1994). What is STS Science Teaching? In J. Solomon and G. Aikenhead (Eds.), *STS Education: International Perspectives on Reform* (pp. 47–59). New York, NY: Teachers College Press.

American Association for the Advancement of Science. (2019). *Vision and Change in Undergraduate Biology Education: A Call to Action*. Washington, DC: AAAS.

Bennett, J., Lubben, F., and Hogarth, S. (2018). Bringing Science to Life: A Synthesis of the Research Evidence on the Effects of Context-Based and STS Approaches to Science Teaching. *Science Education, 102*(5), 1031–1060.

Bettencourt, C., Velho, J. L., and Almeida, P. A. (2011). Biology Teachers' Perceptions About Science-Technology-Society (STS) Education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 15*, 3148–3152.

Bloom, B. S., Hastings, J. T., and Madaus, G. F. (1971). *Handbook on formative and Summative Evaluation of Student Learning*. New York: McGraw-Hill.

Breckler, S. J. (1986). *Attitude Structure and Function*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Brown, M. E., Treviño, L. K., and Harrison, D. A. (2005). Ethical Leadership: A Social Learning Perspective for Construct Development and Testing. *Organizational Behavior and Human Decision Processes, 97*(2), 117–134.

Brunsell, E. (2012). Designing Science Inquiry: Claim + Evidence + Reasoning = Explanation. *Edutopia*. Retrieved from https://www.edutopia.org/blog/science-inquiry-claim-evidence-reasoning-eric-brunsell.

Bybee, R. W. (2018). *STEM Education Now More Than Ever*. Virginia: NSTA Press.

Carin, A. A. (1997). *Teaching Modern Science* (7th ed.). New Jersey: Merrill.

Chukwunta, R. U. and Ibenegbu, Q. O. (2025). Effect of Science Technology and Society Instructional Approach on Secondary School Students' Achievement in Genetics. *UNIZIK Journal of Educational Research, Science and Vocational Studies*., *3*(1), 118–128.

Chiappetta, E. L. and Koballa, T. R. (2010). *Science Instruction in the Middle and Secondary Schools: Developing Fundamental Knowledge and Skills* (7th Ed.). Massachusetts: Pearson Allyn & Bacon.

Dauer, J. T. and Long, T. M. (2017). Long-term Conceptual Change in Biology Education: A Systems Thinking Approach. *CBE—Life Sciences Education, 16*(3), 52.

Etkina, E. and Mestre, J. P. (2004). *Implication of Learning Research for Teaching Science to Non-Science Major*. Pennsylvania: SENCER.

Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., and Wenderoth, M. P. (2014). Active Learning Increases Student Performance in Science, Engineering, and Mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 111*(23), 8410–8415.

Freeman, S., Quillin, K., Allison, L. A., Black, M., Podgorski, G., Taylor, E., & Carmichael, J. (2020). *Biological science* (7th ed.). New York: Pearson.

Gilbert, J. K., Boulter, C. J., and Rutherford, M. (1998). Models in Explanations, Part 1: Horses for Courses?. *International Journal of Science Education, 20*(1), 83-97.

Gilbert, J. K., Boulter, C. J., and Elmer, R. (2000). Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education. In J. K. Gilbert and C. J.

Boulter (Eds.), *Developing Models in Science Education* (pp. 3–17). Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Grooms, J., Enderle, P. J., Hutner T., Murphy, A., and Sampson V. (2016). Argument-Driven Inquiry in Lab Investigations for Grades 6–8 Physical Science. *National Science Teachers Association.* Virginia: Argument-Driven Inquiry, LLC.

Greenspan, S. and Driscoll, J. (1997). The Role of Intelligence Within a Broad Model of Personal Competence. In D. P. Flanagan, J. L. Genshaft, and P. L. Harrison (Eds.), *Contemporary Intellectual Assessment: Theories, Tests, and Issues* (pp. 131–150). New York: Guilford Press.

Good, C. V. (1973). *Dictionary of Education* (3rd Ed.). New York: McGraw-Hill.

Havu-Nuutinen, S. and Keinonen, T. (2010). The Change in Pupils' Conception of Human Body Based on Science, Technology and Society-Based Teaching. *Journal of Baltic Science Education, 9*(3), 212–222.

Hurd, P. D. (2000). *Transforming Middle School Science Education*. New York: Teachers College Press.

Kemmis, S. and McTaggart, R. (1988). *The Action Research Planner*. Australia: Deakin University.

Koffka, K. (1935). *Principles of Gestalt Psychology*. New York: Harcourt, Brace and Company.

Kolb, A. Y. and Kolb, D. A. (2017). Experiential Learning Theory as a Guide for Experiential Educators in Higher Education. *Experiential Learning & Teaching in Higher Education, 1*(1), 7–44.

Kuhn, L. and Reiser, B. (2005). *Students Constructing and Defending Evidence-Based Scientific Explanations*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching (NARST), The Fairmont Dallas Hotel, Dallas, Texas, USA.

Lutz, M. (1996). *Science/Technology/Society as Reform in Science Education*. New York: State University of New York Press.

McNeill, K. L., Lizotte, D. J., Krajcik, J., and Marx, R. W. (2006). Supporting Students' Construction of Scientific Explanations by Fading Scaffolds in Instructional Materials. *Journal of the Learning Sciences, 15*(2), 153–191.

McNeil, K. L. and Krajcik, J. (2008). Scientific Explanations: Characterizing and Evaluating the Effects of Teachers' Instructional Practices on Student Learning. *Journal of Research in Science Teaching, 45*(1), 53–78.

Moon, A., Stanford, C., Cole, R., and Towns, M. (2017). Analysis of Inquiry Materials to Explain Complexity of Chemical Reasoning in Physical Chemistry Students' Argumentation. *Journal of Research in Science Teaching, 54*(10), 1322-1346.

National Science Teachers Association (NSTA). (1993). *Science/Technology/Society: A new Effort for Providing Appropriate Science for All*. Washington, DC*: National Science Teachers Association.*

National Research Council. (1996). *The National Science Education Standard*. Washington DC: National Academy Press.

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2018). *How People Learn II: Learners, Contexts, and Cultures*. Washington, DC: National Academies Press.

Novak, A. M. and Treagust, D. F. (2017). Adjusting Claims as New Evidence Emerges: Do Students Incorporate New Evidence into Their Scientific Explanations. *Journal of Research in Science Teaching, 55*(4), 526–549.

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2009). *PISA 2006 Technical Report*. France: OECD Publishing.

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2016). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy*. France: OECD Publishing.

Rosenthal, D. B. (1989). Two Approaches to Science-Technology-Society (STS) Education. *Science Education*, *73*(5), 581–589.

Runes, D. D. (1971). *Dictionary of Philosophy*. New Jersey: Littlefield Adam.

Ruiz-Primo, M. A., Li, M., Tsai, S. P., and Schneider, J. (2010). Testing One Premise of Scientific Inquiry in Science Classrooms: Examining Students' Scientific Explanations and Student Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, *47*(5), 583-608.

Sandoval, W. A. and Millwood, K. A. (2005). The Quality of Students' Use of Evidence in Written Scientific Explanations. *Cognition and Instruction, 23*(1), 23-55.

Sampson, V., Walker, J. P,. and Grooms J. (2012). Argument-Driven Inquiry in Undergraduate Chemistry Labs: The Impact on Students' Conceptual Understanding, Argument Skills, And Attitudes Toward Science. *Journal of College Science Teaching, 41*(4), 82-89.

Tsai, C. C. (2002). A Science Teacher's Reflections and Knowledge Growth about STS Instruction After Actual Implementation. *Science Education, 86*(1), 23–41.

UNESCO. (2020). *Education for Sustainable Development: A Roadmap*. France: UNESCO

Walker, J. P. and Sampson, V. (2013). Learning to Argue and Arguing to Learn: Argument-Driven Inquiry as a Way to Help Undergraduate Chemistry Students Learn How to Construct Arguments and Engage in Argumentation During a Laboratory Course. *Journal of Research in Science Teaching, 50*(5), 561-596.

Whitney, D. R. and Sabers, D. L. (1970). *Improving Essay Examinations III: Use of Item Analysis*. Iowa City, IA: University of Iowa, University Evaluation and Examination Service.

Woody, A. I. (2015). Re-Orienting Discussions of Scientific Explanation: A Functional Perspective. *Studies in History and Philosophy of Science Part A, 52*, 79–87.

Wolman, B. B. (1973). *Dictionary of Behavioral Science*. London: Litton Educational.

Yager, R. E. (1991). The Constructivist Learning Model: Towards Real Reform in Science Education. *The Science Teacher, 58*(6), 52–57.

Yager, S. O., Yager, R. E., and Lim, G. (2006). The Advantages of an STS Approach Over a Typical Textbook Dominated Approach in Middle School Science. *School Science and Mathematics*, *106*(5), 248-260.

Yager, R. E., and Akcay, H. (2010). The Advantages of an Inquiry Approach for Science Instruction in Middle Grades. *School Science and Mathematics, 110*(1), 5–12.

Zangori, L. and Forbes, C. T. (2014). Scientific Practices in Elementary Classrooms: Third-Grade Students' Scientific Explanations for Seed Structure and Function. *Science Education, 98*(4), 614–639.

Zoller, U. (1993). Expanding the Meaning of STS and the Movement Across the Globe. In R.E. Yager (Ed.). *The Science, Technology, Society Movement* (pp. 124–137). Washington, DC: NSTA.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

หนังสือขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. รองศาสตราจารย์ ดร.กัญญารัตน์ โคจร	กศ.ด.(วิทยาศาสตรศึกษา) อาจารย์ประจำคณะศึกษาศาสตร์ สาขาภาควิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรทิพย์ อติชาติ	ปร.ด.(ชีววิทยา) อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา
3. ดร.วณิชา สาคร	ปร.ด.(คอมพิวเตอร์ศึกษา) ผู้เชี่ยวชาญด้านผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีและสารสนเทศ
4. รองศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.อรัญ ชุยกระเดื่อง	กศ.ด.(วิจัยและประเมินผลการศึกษา) ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล อาจารย์สาขาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัย ราชภัฏมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
5. นายจิระศักดิ์ มาบุญธรรม	วท.บ.(ชีววิทยา) ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนเมืองมหาวิชานุกูล มีความเชี่ยวชาญการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์



ที่ อว๐๖๑๙.๐๒/ว๕๒๗๒

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม
๔๔๐๐๐

๓๐ มิถุนายน ๒๕๖๘

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร. กัญญารัตน์ โคจร

ด้วย นางสาวกวิสรา พังไธสง รหัสนักศึกษา ๖๗๘๐๑๐๓๐๐๑๐๑ สาขาวิชาวิทยาศาสตร-ศึกษา ระดับปริญญาโท ภาคปกติ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อยู่ระหว่างศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง "การส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) " โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรรณวิไล ดอกไม้ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยบรรลุตามวัตถุประสงค์

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จึงขอเรียนเชิญท่าน เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาการวิจัย

เพื่อ ☑ ตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหา ภาษา
☑ ตรวจสอบความถูกต้องความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้และสื่อการเรียนรู้
☐ ตรวจสอบความถูกต้องด้านสถิติ การวัดและประเมินผล
☐ อื่น ๆ ระบุ.....

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา มหาวิทยาลัยฯ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความอนุเคราะห์จากท่าน และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(นายอนุสรณ์ ถูสินแก่น)
คณบดีคณะครุศาสตร์ ปฏิบัติราชการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

คณะครุศาสตร์
สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา
โทรศัพท์ ๐๙๕ ๖๑๖ ๖๒๔๓



ที่ อว๐๖๑๙.๐๒/ว๕๒๗๒

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม
๔๔๐๐๐

๓๐ มิถุนายน ๒๕๖๘

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรทิพย์ อติชาติ

ด้วย นางสาวกวิสรา พังไธสง รหัสนักศึกษา ๖๗๘๐๑๐๓๐๐๑๐๑ สาขาวิชาวิทยาศาสตร-ศึกษา ระดับปริญญาโท ภาคปกติ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อยู่ระหว่างศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง "การส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) " โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรรณวิไล ดอกไม้ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยบรรลุตามวัตถุประสงค์

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จึงขอเรียนเชิญท่าน เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาการวิจัย

เพื่อ ☑ ตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหา ภาษา
☐ ตรวจสอบความถูกต้องความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้และสื่อการเรียนรู้
☐ ตรวจสอบความถูกต้องด้านสถิติ การวัดและประเมินผล
☐ อื่น ๆ ระบุ.....

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา มหาวิทยาลัยฯ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความอนุเคราะห์จากท่าน และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(นายอนุสรณ์ ถูสินแก่น)
คณบดีคณะครุศาสตร์ ปฏิบัติราชการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

คณะครุศาสตร์
สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา
โทรศัพท์ ๐๙๕ ๖๑๖ ๖๒๔๓



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ที่ อว ๐๖๑๙.๐๒/ว๒๘๔ วันที่ ๓๐ มิถุนายน ๒๕๖๘

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

เรียน ดร. วณิชา สาคร

นางสาวกวิสรา พังไธสง รหัสนักศึกษา ๖๗๘๐๑๐๓๐๐๑๐๑ สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา ระดับปริญญาโท ภาคปกติ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อยู่ระหว่างศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง "การส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) " โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรรณวิไล ดอกไม้ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยบรรลุตามวัตถุประสงค์

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่าน เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาการวิจัย

เพื่อ ☑ ตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหา ภาษา

☐ ตรวจสอบความถูกต้องความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้และสื่อการเรียนรู้

☐ ตรวจสอบความถูกต้องด้านสถิติ การวัดและประเมินผล

☐ อื่น ๆ ระบุ.....

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(นายอนุสรณ์ ถูสินแก่น)
คณบดีคณะครุศาสตร์

RAJABHAT MAHA SARAKHAM UNIVERSITY



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ที่ อว ๐๖๑๙.๐๒/ว๒๘๔ วันที่ ๓๐ มิถุนายน ๒๕๖๘

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

เรียน ว่าที่ร้อยตรี ดร. อรัญ ชุยกระเดื่อง

นางสาวกวิสรา พังไธสง รหัสนักศึกษา ๖๗๘๐๑๐๓๐๐๑๐๑ สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา ระดับปริญญาโท ภาคปกติ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อยู่ระหว่างศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง "การส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) " โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรรณวิไล ดอกไม้ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยบรรลุตามวัตถุประสงค์

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่าน เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาการวิจัย

เพื่อ ☑ ตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหา ภาษา

☑ ตรวจสอบความถูกต้องความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้และสื่อการเรียนรู้

☑ ตรวจสอบความถูกต้องด้านสถิติ การวัดและประเมินผล

☐ อื่น ๆ ระบุ.....

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(นายอนุสรณ์ ถูสินแก่น)

คณบดีคณะครุศาสตร์



ที่ อว๐๖๑๙.๐๒/ว๕๒๗๒

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม
๔๔๐๐๐

๓๐ มิถุนายน ๒๕๖๘

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

เรียน นายจิระศักดิ์ มาบุญธรรม

ด้วย นางสาวกวิสรา พังไธสง รหัสนักศึกษา ๖๗๘๐๑๐๓๐๐๑๐๑ สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา ระดับปริญญาโท ภาคปกติ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อยู่ระหว่างศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง "การส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) " โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรรณวิไล ดอกไม้ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยบรรลุตามวัตถุประสงค์

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จึงขอเรียนเชิญท่าน เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาการวิจัย

เพื่อ ☑ ตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหา ภาษา
☑ ตรวจสอบความถูกต้องความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้และสื่อการเรียนรู้
☐ ตรวจสอบความถูกต้องด้านสถิติ การวัดและประเมินผล
☐ อื่น ๆ ระบุ.....

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา มหาวิทยาลัยฯ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความอนุเคราะห์จากท่าน และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(นายอนุสรณ์ ถูสินแก่น)
คณบดีคณะครุศาสตร์ ปฏิบัติราชการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

คณะครุศาสตร์
สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา
โทรศัพท์ ๐๙๕ ๖๑๖ ๖๒๔๓

ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 23

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม รหัสวิชา ว32243

ระชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568

หน่วยการเรียนรู้ที่ 12 เรื่อง การควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช

เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด 3 ชั่วโมง

ผู้สอน นางสาวกวิสรา พังไธสง สอนวันที่ 19 สิงหาคม 2568

มาตรฐานการเรียนรู้

สาระชีววิทยา 3. เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำของพืช การลำเลียงของพืชการสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการตอบสนองของพืช รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้

16. ทดลอง และอธิบายเกี่ยวกับปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด สภาพพักตัวของเมล็ดและบอกแนวทางในการแก้สภาพพักตัวของเมล็ด

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ดพืช เช่น น้ำ อุณหภูมิ และออกซิเจนและการนำความรู้เกี่ยวกับปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการงอกของเมล็ดและสภาพพักตัวของเมล็ดไปปรับใช้ในการปลูกพืชทางการเกษตร (K)

2 สังเกต ทดลอง และสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการงอกของเมล็ดในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันได้และปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด สภาพพักตัวของเมล็ดและบอกแนวทางในการแก้สภาพพักตัวของเมล็ด (P)

3. มีวินัย ใฝ่เรียนรู้ มุ่งมั่นในการทำงาน (A)

สาระสำคัญ

ในวัฏจักรชีวิตของพืช ตั้งแต่เมล็ดมีการงอกเป็นต้นพืช จนกระทั่งออกดอกติดผล พบว่าพืชมีการเจริญเติบโต และมีการเปลี่ยนแปลงสภาพทางสรีรวิทยา ส่วนใหญ่เป็นผลมาจากการตอบสนองของพืชต่อปัจจัยภายนอก เช่น น้ำหรือความชื้น แก๊สออกซิเจน อุณหภูมิ และแสง ซึ่งจะส่งผลต่อไปยังปัจจัยภายใน เช่น ฮอร์โมนพืชกลุ่มต่าง ๆ

สาระการเรียนรู้

วิทยาศาสตร์ (Science)

- ปัจจัยที่สำคัญต่อการงอกของเมล็ด ได้แก่ น้ำ อุณหภูมิ ออกซิเจน และแสง
- กระบวนการทางชีววิทยา เช่น การดูดน้ำของเมล็ด (Imbibition) การกระตุ้นเอนไซม์ และการเจริญเติบโตของรากและต้นอ่อน

เทคโนโลยี (Technology)

- การใช้แอปพลิเคชันบันทึกข้อมูล เช่น ตาราง Excel หรือแอปพลิเคชันวิเคราะห์การเจริญเติบโตของพืช

สังคม (Society)

- การงอกของเมล็ดเป็นจุดเริ่มต้นของการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งเกี่ยวข้องกับการผลิตอาหารและเศรษฐกิจเกษตร

กิจกรรมการเรียนรู้

รูปแบบการสอนที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ คือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม

ขั้นที่ 1 ขั้นสืบค้น (Search)

1.1 ครูพูดเปิดประเด็นเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด เช่น

- นักเรียนคิดว่าเมล็ดพืชต้องการปัจจัยอะไรบ้างในการงอก (แนวคำตอบ น้ำ, อากาศ, อุณหภูมิที่เหมาะสม)

1.2 แล้วถามกระตุ้นนักเรียนต่อว่า

- ถ้าไม่มีน้ำหรืออากาศ เมล็ดจะงอกหรือไม่ ทำไมถึงเป็นเช่นนั้น (**แนวคำตอบ** หากไม่มีน้ำ เมล็ดจะไม่สามารถเริ่มต้นกระบวนการงอกได้ น้ำมีบทบาทสำคัญในการทำให้เมล็ดพองตัวและกระตุ้นเอนไซม์ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต หากไม่มีน้ำเอนไซม์จะไม่สามารถทำงานได้ และเมล็ดจะยังคงอยู่ในสภาวะพักตัว (Dormancy) หากไม่มีออกซิเจนเมล็ดจะขาดพลังงานในการเจริญเติบโต เมล็ดต้องการออกซิเจนสำหรับกระบวนการหายใจระดับเซลล์ (Cellular Respiration) ซึ่งเป็นกระบวนการผลิตพลังงาน (ATP) ที่ใช้ในการแบ่งเซลล์และการเจริญเติบโต หากไม่มีออกซิเจนเมล็ดอาจไม่สามารถสร้างพลังงานได้เพียงพอและจะหยุดการเจริญเติบโต

สรุปได้ว่า

ไม่มีน้ำ ⟶ เมล็ดยังคงอยู่ในภาวะพักตัว ไม่สามารถเริ่มต้นกระบวนการงอกได้

ไม่มีออกซิเจน ⟶ เมล็ดอาจพองตัวและเริ่มงอกเล็กน้อย แต่จะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ต่อไป เพราะขาดพลังงาน

- นักเรียนมีแนวทางในการแก้สภาพพักตัวของเมล็ดได้อย่างไร (**แนวคำตอบ** การแช่น้ำ (Soaking in Water) แช่เมล็ดในน้ำอุ่น (~25-40°C) เป็นเวลา 12-48 ชั่วโมง ทำให้เปลือกเมล็ดอ่อนลงและดูดซึมน้ำได้ดีขึ้น การขูดหรือทำให้เปลือกเมล็ดแตก (Scarification) ขูดเปลือกด้วยกระดาษทราย มีด หรือเครื่องมือแช่กรดอ่อน ๆ เช่น กรดซัลฟิวริก เพื่อกัดเปลือกเมล็ดช่วยให้เมล็ดดูดน้ำได้ดีขึ้นและงอกง่ายขึ้น

1.3 ครูอธิบายให้นักเรียนฟังเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการพักตัวของเมล็ดและการตรวจสอบคุณภาพของเมล็ด

1.4 นักเรียนแบ่งกันเป็นคู่ช่วยกันค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด สภาพพักตัวของเมล็ด และบอกแนวทางในการแก้สภาพพักตัวของเมล็ด โดยใช้แหล่งข้อมูลจากหนังสือเรียน อินเทอร์เน็ต หรือบทความวิชาการ

ขั้นที่ 2 ขั้นแก้ปัญหา (Solve)

2.1 ครูให้นักเรียนจับคู่ จากนั้นให้แต่ละคู่ศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด สภาพพักตัวของเมล็ด และบอกแนวทางในการแก้สภาพพักตัวของเมล็ด และตอบคำถามในแบบฝึกหัดที่ 23

ขั้นที่ 3 ขั้นสร้างสรรค์ (Create)

3.1 นักเรียนทำกิจกรรม ที่ 1 เรื่อง การทำลายสภาพพักตัวของเมล็ดถั่วเขียวโดยให้แต่ละคู่ออกแบบกิจกรรมในการปลูกเมล็ดถั่วเขียว โดยนักเรียนแต่ละคู่ออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยทีส่งผลต่อการงอกของเมล็ด เช่น

- ทดลองการงอกของเมล็ดในสภาพแวดล้อมที่มีและไม่มีน้ำ
- ทดลองการแช่เมล็ดในน้ำก่อนเพราะปลูกกับไม่แช่เมล็ดในน้ำก่อนเพราะปลูก

3.2 นักเรียนปฏิบัติการทดลอง บันทึกผลการสังเกต และถ่ายภาพผลลัพธ์ในแต่ละวัน

3.3 นักเรียนในแต่ละคู่ร่วมกันนำข้อมูลที่ได้จากการทำกิจกรรมมาร่วมกันวิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด สภาพพักตัวของเมล็ด และออกแบบแอปพลิเคชันบันทึกข้อมูล เช่น ตาราง Excel หรือแอปแอปพลิเคชันวิเคราะห์การเจริญเติบโตของพืชในแต่ละกลุ่มที่ได้รับมอบหมาย เขียนลงในกระดาษชาร์จโดยทำเป็นแผนผัง หรือ Mind Map

ขั้นที่ 4 ขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์ (Share)

2.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลองจากการปฏิบัติกิจกรรมที่ 23 เรื่องการทำลายสภาพพักตัวของเมล็ดถั่วเขียว ในรูปแบบโปสเตอร์หรือสไลด์

2.2 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายสาเหตุ และวิธีการทำลายสภาพพักตัวของเมล็ด โดยใช้คำถามนำดังนี้ นอกจากสารเคมีบางชนิดที่มีผลยับยั้งการงอกของเมล็ดทำให้เมล็ดอยู่ในสภาพพักตัวแล้ว ยังมีสาเหตุอื่น ๆ อีกหรือไม่ที่ทำให้เมล็ดพักตัว และมีวิธีการทำลายสภาพพักตัวของเมล็ดได้อย่างไร (**แนวคำตอบ** 1) ความไม่สมบูรณ์ของตัวอ่อน (Immature Embryo) ตัวอ่อนของเมล็ดยังพัฒนาไม่เต็มที่ แม้จะได้รับน้ำและอุณหภูมิที่เหมาะสมพบในพืชบางชนิด เช่น กล้วย ปาล์ม 2) เมล็ดต้องการระยะเวลาพักตัวตามธรรมชาติ (After-Ripening Period) เมล็ดบางชนิดต้องผ่านช่วงพักตัวก่อนจะสามารถงอกได้ พบในข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์

ขั้นที่ 5 ขั้นนำไปปฏิบัติจริง (Act)

5.1 นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมไปทดลองเพาะเมล็ดพืชที่สนใจที่บ้าน พร้อมถ่ายภาพบันทึกการเจริญเติบโตของต้นกล้าในทุก ๆ วัน เป็นเวลา 2 สัปดาห์และจัดทำรายงานผลการเพาะเมล็ดและนำเสนอในชั้นเรียน

5.2 นักเรียนแต่ละคู่ออกมาร่วมกันอภิปรายใน เรื่องการงอกของเมล็ดเป็นจุดเริ่มต้นของการเจริญเติบโตของพืช ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตอาหารและเศรษฐกิจเกษตรที่นักเรียนจะสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ เช่น การกระตุ้นให้เมล็ดทำลายสภาพพักตัวโดยการควบคุมอุณหภูมิเพื่อให้พืชได้เจริญเติบโตและเพียงพอต่อการส่งออก

สื่อ อุปกรณ์ และแหล่งเรียนรู้

- PowerPoint เรื่องการควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช
- หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ชีววิทยา เล่ม 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- ใบความรู้ที่ 23 เรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด

การวัดและประเมินผล

รายการประเมิน	เครื่องมือ/วิธีการ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K) - การอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ดพืช เช่น น้ำ อุณหภูมิ และออกซิเจน	- การตอบคำถาม - แบบทดสอบหลังเรียน	- ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 70 ขึ้นไป
ด้านทักษะ (P) - การสังเกต ทดลอง และสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการงอกของเมล็ดในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันได้และปัจจัยต่าง ๆ	- แบบประเมินทักษะกระบวนการ - ใบงานที่ 23 การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์ - ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 70 ขึ้นไป
ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์ (A) - ความมีวินัย ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์

ความคิดเห็นของครูพี่เลี้ยง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้บันทึก

(.....)

ครูชำนาญการพิเศษ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ความคิดเห็นของฝ่ายบริหาร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ

(.....)

ผู้อำนวยการโรงเรียน

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะและแนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้บันทึก

(นางสาวกวิสรา พังไธสง)

ฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

แบบบันทึกคะแนนรายบุคคล
รายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม 3 รหัสวิชา ว32243 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 โรงเรียนเมืองมหาวิชานุกูล

เลขที่	ชื่อ- สกุล	รายการประเมิน			คะแนนรวม (23 คะแนน)	คะแนนเก็บ (2 คะแนน)
		ใบงานที่ 23 (5 คะแนน)	แบบประเมินทักษะกระบวนการ (9 คะแนน)	แบบประเมินคุณลักษณะที่พึงประสงค์(9 คะแนน)		
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						

ลงชื่อ.....ผู้บันทึก
(นางสาวกวิสรา พังไธสง)
นักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู
วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

แบบประเมินทักษะกระบวนการ
รายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม 3 รหัสวิชา ว32243 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 โรงเรียนเมืองมหาวิชานุกูล

ที่	ชื่อ-สกุล	รายการประเมิน			คะแนนรวม (9 คะแนน)	ผลการประเมิน	
		การสังเกต(3 คะแนน)	ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (3 คะแนน)	การทดลอง(3 คะแนน)		ผ่าน	ไม่ผ่าน
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							

ลงชื่อ.....ผู้บันทึก
(นางสาวกวิสรา พังไธสง)
นักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู
วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

เกณฑ์การวัดและประเมินผลด้านทักษะกระบวนการ
ใบกิจกรรมที่ 23

รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน			
	3	2	1	0
การสังเกต	- นักเรียนสามารถสังเกตรายละเอียดของสิ่งที่ศึกษาได้อย่างครบถ้วนและถูกต้อง - นักเรียนสามารถจำแนกความแตกต่างของรายละเอียดที่สังเกตได้และเชื่อมโยงรายละเอียดที่สังเกตเข้ากับความรู้เดิมหรือประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องได้	- นักเรียนสามารถแยกแยะความแตกต่างระหว่างข้อเท็จจริงและความคิดเห็นได้บ้าง แต่อาจมีความสับสนในบางครั้ง - นักเรียนสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่สังเกตเห็นกับความรู้เดิมได้บ้าง แต่อาจไม่ครอบคลุม	- นักเรียนสามารถแยกแยะความแตกต่างระหว่างข้อเท็จจริงและความคิดเห็นได้บ้าง แต่อาจมีความสับสนในบางครั้ง - นักเรียนสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่สังเกตเห็นกับความรู้เดิมได้บ้าง แต่อาจไม่ลึกซึ้งหรือครอบคลุม	- นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงสิ่งที่สังเกตเห็นกับความรู้เดิมหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องได้ - นักเรียนสังเกตรายละเอียดของสิ่งที่ศึกษาได้เพียงผิวเผินหรือมีความคลาดเคลื่อนมาก
การทดลอง	- สามารถออกแบบการทดลองเองได้และสามารถใช้อุปกรณ์ทดลองได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพบันทึกข้อมูลอย่างเป็นระบบ และสามารถเก็บข้อมูลหลายชุดเพื่อลดความคลาดเคลื่อน	- มีการวางแผนและสามารถตั้งสมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับการทดลองได้ปรับเปลี่ยนขั้นตอนการทดลองบางส่วนได้เพื่อให้เหมาะสม	- มีการวางแผนและสามารถตั้งสมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับการทดลองได้ปรับเปลี่ยนขั้นตอนการทดลองบางส่วนได้เพื่อให้เหมาะสมบางครั้ง	- การวางแผนทำตามขั้นตอนที่กำหนดได้ แต่ยังไม่สามารถออกแบบการทดลองเองได้เข้าใจแนวคิดพื้นฐานของการทดลอง แต่ยังไม่สามารถตั้งสมมติฐานที่ชัดเจนได้

รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน		
	1	2	3
ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	**ข้อกล่าวอ้าง (Claim)** ระบุข้อยืนยันที่ชัดเจน ถูกต้อง สอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา และครอบคลุมประเด็นสำคัญทุกด้าน **หลักฐาน (Evidence)** อ้างอิงข้อมูลเชิงประจักษ์ที่เกี่ยวข้องโดยตรง มีความน่าเชื่อถือ และมีการอธิบายความสัมพันธ์ของข้อมูลอย่างครบถ้วน **การให้เหตุผล (Reasoning)** แสดงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานอย่างชัดเจน โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและเหมาะสม	**ข้อกล่าวอ้าง (Claim)** ระบุข้อยืนยันที่สอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ แต่ยังขาดความครอบคลุมหรือรายละเอียดบางประเด็น **หลักฐาน (Evidence)** อ้างอิงข้อมูลเชิงประจักษ์ที่เกี่ยวข้องในระดับหนึ่ง แต่ยังขาดการแสดงความชัดเจนหรือมีบางส่วนที่ไม่สมบูรณ์ **การให้เหตุผล (Reasoning)** แสดงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานได้ แต่ยังไม่สมบูรณ์ หรือการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ยังขาดความแม่นยำ	**ข้อกล่าวอ้าง (Claim)** ระบุข้อยืนยันที่ไม่ชัดเจน ไม่ถูกต้อง หรือไม่สอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา **หลักฐาน (Evidence)** ใช้ข้อมูลเชิงประจักษ์ที่เกี่ยวข้องเพียงบางส่วน หรือมีข้อผิดพลาดในการเชื่อมโยงกับข้อกล่าวอ้าง **การให้เหตุผล (Reasoning)** ขาดการเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน หรือการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผิดพลาด ไม่เหมาะสม

เกณฑ์การให้คะแนน :

ระดับ 3	7-9 คะแนน	มีพฤติกรรม ดี
ระดับ 2	4-6 คะแนน	มีพฤติกรรม พอใช้
ระดับ 1	0-3 คะแนน	มีพฤติกรรม ปรับปรุง

เกณฑ์การประเมินผล :

นักเรียนจะต้องผ่านเกณฑ์ระดับประเมิน 2 ขึ้นไปถือว่าผ่านเกณฑ์

แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์
รายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม 3 รหัสวิชา ว32243 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 โรงเรียนเมืองมหาวิชานุกูล

คำชี้แจง ให้ผู้สอนทำเครื่องหมาย ✔ ลงในช่องที่ตรงกับความเป็นจริง

ที่	ชื่อ-สกุล	รายการประเมิน												รวม 9 คะแนน
		ความมีวินัย				ความใฝ่เรียนรู้				ความมุ่งมั่นในการทำงาน				
		3	2	1	0	3	2	1	0	3	2	1	0	
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														

ลงชื่อ.....ผู้บันทึก
(นางสาวกวิสรา พังไธสง)
นักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู
วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

เกณฑ์การวัดและประเมินผลด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

รายการประเมิน	คุณลักษณะของนักเรียน			
	3	2	1	0
1. ความมีวินัย	- มีความตรงต่อเวลา มีความซื่อสัตย์สุจริต - มีควารับผิดชอบมีความตั้งใจที่จะทำงาน - มีเคารพในสิทธิของผู้อื่น - มีระเบียบและปฏิบัติตามกฎเกณฑ์ - มีความอดทนขยันหมั่นเพียร - รู้จักเสียสละ รู้จักกาลเทศะ	- มีความซื่อสัตย์สุจริต - มีความตั้งใจที่จะทำงาน - มีความรับผิดชอบ - มีความอดทนขยันหมั่นเพียร - รู้จักเสียสละ - เห็นอก เห็นใจผู้อื่น	- มีความตั้งใจที่จะทำงาน - รู้จักเสียสละ - มีความซื่อสัตย์สุจริต	- ไม่มีความตั้งใจที่จะทำงาน - ไม่มีความรับผิดชอบ - ปฏิบัติตากฎเกณฑ์ - ไม่เคารพในสิทธิของผู้อื่น
2. ความใฝ่เรียนรู้	- เอาใจใส่และมีความพยายามในการเรียนรู้ - ตั้งใจในการเรียนรู้ - เข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ - มีการบันทึกความรู้ในระหว่างเรียน	- เข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ - เอาใจใส่และมีความพยายามในการเรียนรู้ - มีการบันทึกความรู้ในระหว่างเรียน	- เข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ บางครั้ง - เอาใจใส่และมีความพยายามในการเรียนรู้ - มีการบันทึกความรู้ในระหว่างเรียนบางครั้งคราว	- ไม่เข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ - ไม่มีการบันทึกความรู้ในระหว่างเรียน

รายการประเมิน	คุณลักษณะของนักเรียน			
	3	2	1	0
3. ความมุ่งมั่นในการทำงาน	- เอาใจใส่ต่อการปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย - มีความตั้งใจและรับผิดชอบในการทำงานให้สำเร็จ - มีการปรับปรุงและพัฒนาการทำงานด้วยตนเอง	- ทุ่มเท อดทน ไม่ย่อท้อต่อปัญหาในการทำงาน - มีการปรับปรุงและพัฒนาการทำงานด้วยตนเอง - เอาใจใส่ต่อการปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย	- ทุ่มเท อดทน ไม่ย่อท้อต่อปัญหาในการทำงาน	- นักเรียนไม่ ทุ่มเท อดทน ย่อท้อต่อปัญหาในการทำงาน

เกณฑ์การให้คะแนน :

ระดับ 3	7-9 คะแนน	มีพฤติกรรม ดี
ระดับ 2	4-6 คะแนน	มีพฤติกรรม พอใช้
ระดับ 1	0-3 คะแนน	มีพฤติกรรม ปรับปรุง

เกณฑ์การประเมินผล :

นักเรียนจะต้องผ่านเกณฑ์ระดับประเมิน 2 ขึ้นไปถือว่าผ่านเกณฑ์

ใบกิจกรรมที่ 23

การศึกษาการทำลายสภาพพักตัวของเมล็ดถั่วเขียว

รายชื่อสมาชิกในกลุ่มที่.....ชั้น.....

ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....

ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....

จุดประสงค์

1. อธิบายเกี่ยวกับปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด และสภาพพักตัวของเมล็ด
2. อธิบายแนวทางในการทำลายสภาพพักตัวของเมล็ด

เวลาที่ใช้ (โดยประมาณ) 1 ชั่วโมง

วัสดุอุปกรณ์

รายการ	ปริมาณต่อกลุ่ม
1. เมล็ดถั่วเขียว	1 ถุง
2. ทิชชู	1 ม้วนต่อห้อง
3 ตะกร้า	2 อัน
4. กระชอน	1 อัน
5. น้ำสะอาด	1 อัน

การดำเนินงาน

1. นำเมล็ดถั่วเขียวมาประมาณ จำนวนกลุ่มละ 20 เมล็ด จากถุงเดียวกัน
2. หลังจากนั้นแบ่งเมล็ดถั่วเขียวออกเป็น 2 กลุ่ม เป็นกลุ่มที่แช่เมล็ดในน้ำก่อนปลูก 8 ชั่วโมง ก่อนปลูกและกลุ่มที่ไม่แช่เมล็ดในน้ำก่อนปลูก
3. นำทิชชูชุบน้ำให้หมาด ๆ แล้วนำไปวางไว้ในตะกร้า หลังจากนั้นใส่เมล็ดถั่วเขียวลงไปในตะกร้าเพาะปลูกโดยไม่ให้เมล็ดทับกัน และเขียนชื่อกำกับบนตะกร้าเพาะปลูกว่า ตะกร้าไหนล้างและแช่เมล็ดก่อนปลุก และตะกร้าไหนไม่แช่เมล็ดก่อนปลุก
4. เพาะปลูกเป็นเวลา 1 สัปดาห์ โดยบันทึกผลและถ่ายรูปลักษณะการเปลี่ยนแปลงในทุก ๆ วัน

ตารางบันทึกรูปภาพระหว่างการเพาะปลูก

จำนวนวัน	กลุ่มที่แช่เมล็ดในน้ำก่อนปลูก	กลุ่มที่ไม่แช่เมล็ดในน้ำก่อนปลูก
1		
2		
3		
4		
5		

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. การงอกของเมล็ดถั่วเขียวทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

2. เพราะเหตุใดการแช่เมล็ดในน้ำก่อนการนำมาเพาะปลูกกับการไม่แช่เมล็ดเมล็ดในน้ำก่อนการนำมาเพาะปลูก จึงทำให้การงอกของเมล็ดถั่วเขียวทั้งสองกลุ่มแตกต่างกัน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เฉลย

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

จากการศึกษาการทำลายสภาพพักตัวของเมล็ดถั่วเขียวโดยเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่แช่เมล็ดในน้ำก่อนปลูก 8 ชั่วโมง กับกลุ่มที่ไม่ได้แช่เมล็ดก่อนปลูก พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนในด้านอัตราการงอกและระยะเวลาที่ใช้ในการงอก เมล็ดที่ผ่านการแช่น้ำก่อนปลูกมีแนวโน้มงอกได้เร็วกว่ากลุ่มที่ไม่ได้แช่ เนื่องจากน้ำมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นกระบวนการงอกของเมล็ด ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับหลักการทางชีววิทยาที่ว่า การงอกของเมล็ดต้องอาศัยน้ำเป็นปัจจัยสำคัญ เนื่องจากน้ำช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ กระตุ้นการขยายตัวของเซลล์ และทำให้การหายใจระดับเซลล์เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งส่งผลให้ต้นอ่อนสามารถเจริญเติบโตได้เร็วขึ้น จากผลการทดลองดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า การแช่เมล็ดถั่วเขียวในน้ำก่อนปลูกเป็นวิธีที่ช่วยลดระยะเวลาพักตัวของเมล็ดและเพิ่มอัตราการงอก ทำให้ต้นกล้าเจริญเติบโตได้เร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

คำถามท้ายการทดลอง

1. การงอกของเมล็ดถั่วเขียวทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร

กลุ่มที่แช่เมล็ดในน้ำก่อนปลูก 8 ชั่วโมงจะมีการงอกเร็วกว่าและอัตราการงอกสูงกว่า เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้แช่น้ำ เนื่องจากน้ำช่วยกระตุ้นกระบวนการทางชีวภาพที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนโดยเปลือกเมล็ดอ่อนตัว ทำให้รากงอกออกมาได้ง่ายขึ้น ส่วนเมล็ดที่ไม่ได้แช่น้ำเมล็ดต้องใช้เวลาในการดูดซับน้ำจากดินเอง ทำให้กระบวนการงอกเริ่มต้นช้ากว่า

2. เพราะเหตุใดการแช่เมล็ดในน้ำก่อนการนำมาเพาะปลูกกับการไม่แช่เมล็ดเมล็ดในน้ำก่อนการนำมาเพาะปลูก จึงทำให้การงอกของเมล็ดถั่วเขียวทั้งสองกลุ่มแตกต่างกัน

เมล็ดที่ถูกแช่น้ำก่อนปลูกสามารถดูดซึมน้ำได้อย่างรวดเร็ว ทำให้กระบวนการเมแทบอลิซึม, การทำงานของเอนไซม์, การขยายตัวของเซลล์ และการเจริญเติบโตของต้นอ่อนเกิดขึ้นได้เร็วกว่า ส่งผลให้เมล็ดงอกได้เร็วและมีอัตราการงอกสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้แช่น้ำก่อนปลูก เนื่องจากน้ำช่วยให้เซลล์ของเมล็ดขยายตัว และเริ่มต้นกระบวนการแบ่งเซลล์น้ำเป็นตัวกระตุ้นให้เซลล์ภายในเมล็ดขยายตัวและเริ่มต้นกระบวนการแบ่งเซลล์เพื่อสร้างต้นอ่อน ส่วนในกลุ่มที่ไม่ได้แช่เมล็ด น้ำต้องซึมผ่านเปลือกที่แข็งทีละน้อย ทำให้การขยายตัวของเซลล์ช้ากว่ากลุ่มที่ได้รับน้ำตั้งแต่แรก

ใบงานที่ 23 การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
เรื่อง ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด สภาพพักตัวของเมล็ด
และบอกแนวทางในการแก้สภาพพักตัวของเมล็ด

1. ในแปลงปลูกพืชทดลอง นักเรียนพบว่าเมล็ดพืชชนิดเดียวกันบางส่วนงอกในเวลา 3 วัน แต่บางส่วนไม่งอกแม้ผ่านไป 7 วัน ทั้งที่อยู่ในแปลงเดียวกัน

1.1 อธิบายกลไกทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการงอกของเมล็ด เช่น บทบาทของน้ำ ออกซิเจน และอุณหภูมิ 2 คะแนน (ข้อกล่าวอ้าง)

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

1.2 จงยกตัวอย่างปัจจัยใดที่อาจมีผลต่อการงอกของเมล็ดในแปลงนี้ ? (หลักฐาน) 2 คะแนน

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

1.3 เสนอแนวทางปรับปรุงปัจจัยแวดล้อมในแปลงเพื่อเพิ่มอัตราการงอกของเมล็ด (การให้เหตุผล) 2 คะแนน

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

เฉลย

1. ในแปลงปลูกพืชทดลอง นักเรียนพบว่าเมล็ดพืชชนิดเดียวกันบางส่วนงอกในเวลา 3 วัน แต่บางส่วนไม่งอกแม้ผ่านไป 7 วัน ทั้งที่อยู่ในแปลงเดียวกัน

1.1 อธิบายกลไกทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการงอกของเมล็ด เช่น บทบาทของน้ำ ออกซิเจน และอุณหภูมิ 5 คะแนน (ข้อกล่าวอ้าง)

แนวทางปรับปรุงปัจจัยแวดล้อมในแปลงเพื่อเพิ่มอัตราการงอก

1. เพิ่มความชื้นในดิน รดน้ำให้ดินมีความชื้นสม่ำเสมอ แต่ไม่ควรให้น้ำขังเพื่อป้องกันการขาดออกซิเจน
2. ปรับโครงสร้างดิน พรวนดินให้ร่วนซุย เพื่อให้ดินสามารถระบายอากาศได้ดีและออกซิเจนสามารถเข้าถึงเมล็ดได้
3. ควบคุมอุณหภูมิ คลุมดินด้วยฟางหรือวัสดุอินทรีย์ เพื่อรักษาความชื้นและลดความผันผวนของอุณหภูมิในดิน
4. จัดการเมล็ดก่อนปลูก ใช้เทคนิค Scarification (ขูดเปลือก) หรือ Soaking (แช่น้ำ) เพื่อกระตุ้นการงอก และตรวจสอบคุณภาพเมล็ดก่อนปลูก เพื่อคัดแยกเมล็ดที่ไม่สมบูรณ์

1.2 จงยกตัวอย่างปัจจัยใดที่อาจมีผลต่อการงอกของเมล็ดในแปลงนี้? (หลักฐาน) 2 คะแนน

ปัจจัยที่อาจมีผลต่อการงอกในแปลงปลูก

1. ความชื้นในดิน: เมล็ดบางส่วนอาจอยู่ในบริเวณที่ดินแห้งหรือไม่มีน้ำเพียงพอ และความชื้นไม่สม่ำเสมออาจทำให้เมล็ดงอกในเวลาที่ต่างกัน
2. ความหนาแน่นของดิน: ดินที่แน่นเกินไปอาจทำให้ออกซิเจนเข้าถึงเมล็ดได้ยากเมล็ดที่อยู่ในบริเวณที่ดินระบายอากาศไม่ดีจะใช้เวลานานในการงอก
3. อุณหภูมิในแปลง: ความแตกต่างของอุณหภูมิในบริเวณต่าง ๆ ของแปลง เช่น บริเวณที่ได้รับแสงแดดมากกว่า อาจส่งผลต่อการงอก
4. สภาพเมล็ด: เมล็ดบางส่วนอาจมีสภาพพักตัว (Dormancy) ที่ยังไม่ถูกทำลาย เช่น เปลือกหนาเกินไปหรือยังขาดสิ่งเร้าที่เหมาะสม

1.3 เสนอแนวทางปรับปรุงปัจจัยแวดล้อมในแปลงเพื่อเพิ่มอัตราการงอกของเมล็ด (การให้เหตุผล) 3 คะแนน

การงอกของเมล็ดเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนและต้องอาศัยปัจจัยแวดล้อมที่เหมาะสมเพื่อกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงจากระยะพักตัว (Dormancy) ไปสู่การเจริญเติบโตของต้นอ่อนโดยน้ำมีบทบาทกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ต่าง ๆ เช่น อะไมเลส (Amylase) เพื่อย่อยแป้งเป็นน้ำตาลที่ใช้เป็นพลังงานสำหรับการเจริญเติบโตหากดินในแปลงปลูกแห้งเกินไปหรือไม่มีความชื้นเพียงพอ เมล็ดจะไม่สามารถดูดน้ำได้เพียงพอ และกระบวนการงอกจะหยุดลงและอุณหภูมิที่เหมาะสมช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยอาหารสำรองในเมล็ดอุณหภูมิที่สูงหรือต่ำเกินไปอาจยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ทำให้เมล็ดไม่งอกและเมล็ดพืชบางชนิดต้องการช่วงอุณหภูมิที่เฉพาะเจาะจงเพื่อกระตุ้นการงอก เช่น พืชเขตอบอุ่นต้องการอุณหภูมิต่ำในระยะหนึ่ง (Vernalization)

ภาคผนวก ค

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมลู



แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง

1.แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่ง ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือ

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim)
2. หลักฐาน (Evidence)
3. การให้เหตุผล (Reasoning)

2. แบบวัดนี้เป็นข้อสอบอัตนัยแบบเขียนตอบแต่ละสถานการณ์ มีคำถามย่อยสถานการณ์ละ 3 ข้อ คิดคะแนนสถานการณ์ละ 6 คะแนน

3. ก่อนทำแบบวัดให้นักเรียนเขียนชื่อ นามสกุล ชั้น เลขที่ ลงในกระดาษคำตอบให้ชัดเจน

1. ฟาร์มเกษตรแห่งหนึ่งต้องการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตพืชหลากหลายชนิด เช่น ข้าว มะเขือเทศ และกล้วย โดยใช้ฮอร์โมนพืชสังเคราะห์หรือควบคุมกระบวนการทางธรรมชาติของฮอร์โมนพืชเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตและควบคุมการเก็บเกี่ยว โดยฮอร์โมนพืช 5 กลุ่ม ได้แก่ ออกซิน ไซโทไคนิน จิบเบอเรลลิน เอทิลีน และกรดแอบไซซิก มีคุณสมบัติดังนี้

- ออกซิน (Auxin) การออกราก ยืดตัวเซลล์ ควบคุมยอด
- ไซโทไคนิน (Cytokinin) กระตุ้นการแบ่งเซลล์ ชะลอความแก่
- จิบเบอเรลลิน (Gibberellin) เร่งการงอกและการออกดอก
- เอทิลีน (Ethylene) ควบคุมการสุกและหลุดร่วงของผล
- กรดแอบไซซิก (ABA) ควบคุมการปิดปากใบและตอบสนองต่อความเครียด

และเจ้าของฟาร์มได้ทำการทดลองเกี่ยวกับการใช้ฮอร์โมนทั้ง 5 กลุ่มนี้ ผลปรากฏว่า

การทดลองที่ 1

วัตถุประสงค์: ชะลอความแก่ของใบเพื่อเพิ่มระยะเวลาการสังเคราะห์แสง

กลุ่มทดลอง	**การปฏิบัติ**	**ผลลัพธ์หลัง 10 วัน**
กลุ่มควบคุม	ไม่ใช้สาร	ใบเริ่มเหลืองและร่วง 40%
กลุ่มทดลอง	พ่น BAP (ไซโทไคนิน) ทุก 2 วัน	ใบยังเขียวสด ร่วงเพียง 5%

การทดลองที่ 2

วัตถุประสงค์: เร่งการออกดอกให้เร็วกว่าปกติ

กลุ่มทดลอง	**การปฏิบัติ**	**ระยะเวลาจนออกดอก**
กลุ่มควบคุม	ไม่ใช้สาร	75 วันหลังปลูก
กลุ่มทดลอง	พ่น GA3 ทุก 5 วัน	62 วันหลังปลูก (เร็วขึ้น 13 วัน)

การทดลองที่ 3

วัตถุประสงค์: เพิ่มความทนแล้งในสภาวะขาดน้ำ

กลุ่มทดลอง	**การปฏิบัติ**	**ผลการอยู่รอดหลังขาดน้ำ 5 วัน**
กลุ่มควบคุม	ไม่ใช้สาร	เหี่ยวเฉา 60% รอด 40%
กลุ่มทดลอง	พ่น ABA ก่อนขาดน้ำ	เหี่ยว 20% รอด 80%

1.1 ถ้าเจ้าของฟาร์มแห่งนี้ต้องการเพิ่มผลผลิตในการปลูกข้าวที่กำลังขาดน้ำ เจ้าของฟาร์มแห่งนี้ควรใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มใด (ข้อกล่าวอ้าง)

.....

.....

.....

.....

.....

1.2 ข้อมูลใดบ้างที่สนับสนุนให้เจ้าของฟาร์มใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มนั้น? (หลักฐาน)

.....

.....

.....

.....

.....

1.3 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงคิดว่าเจ้าของฟาร์มแห่งนี้ควรใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มที่นักเรียนตอบไปใน ข้อที่ 1.1 (การให้เหตุผล)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. เกษตรกรในจังหวัดหนึ่งต้องการเพิ่มผลผลิตของพืชในฟาร์ม เช่น ข้าวโพดและดอกทานตะวัน โดยให้พืชเจริญเติบโตเร็วขึ้นและให้ผลผลิตที่มีคุณภาพ เกษตรกรสังเกตว่าปัจจัยจากสิ่งแวดล้อม โดยแสงแดด ความชื้น และทิศทางลม มีผลต่อการเติบโตของพืชในไร่ ดังผลการทดลองต่อไปนี้

พืช	**แปลงทดลอง**	**ความสูงเฉลี่ย (ซม.)**	**จำนวนดอก/ต้น**	**น้ำหนักผลผลิต/ต้น (กรัม)**
ข้าวโพด	A (แสงแดดเต็มวัน)	135	–	250
ข้าวโพด	B (ควบคุมความชื้น)	150	–	290
ข้าวโพด	C (ลดแรงลม)	128	–	240
ดอกทานตะวัน	A (แสงแดดเต็มวัน)	140	10	85
ดอกทานตะวัน	B (ควบคุมความชื้น)	125	8	78
ดอกทานตะวัน	C (ลดแรงลม)	120	6	70

2.1 ปัจจัยใดที่ส่งผลให้ดอกทานตะวันเจริญเติบโตเร็วที่สุดในฟาร์มทดลอง (ข้อกล่าวอ้าง)

.....

.....

.....

.....

.....

2.2 หลังปลูกดอกทานตะวัน 8 สัปดาห์ พบว่าพืชในแปลงที่ได้รับแสงเต็มวันมีจำนวนดอกเฉลี่ย 10 ดอกต่อต้น ในขณะที่แปลงที่ลดแรงลมมีเพียง 4 ดอกต่อต้น ข้อมูลนี้บ่งบอกอะไร (หลักฐาน)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2.3 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงคิดว่าปัจจัยกลุ่มที่นักเรียนตอบไปใน ข้อที่ 1.1 ส่งผลให้ดอกทานตะวันเติบโตเร็วที่สุด (การให้เหตุผล)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. นักเรียนกลุ่มหนึ่งทำการทดลองเพื่อศึกษาบทบาทของปลายรากในกระบวนการเจริญเติบโตของรากพืช โดยแบ่งเมล็ดถั่วเขียวออกเป็น 2 กลุ่ม โดยมีผลการทดลองดังต่อไปนี้

ตัวอย่างผลการทดลองของเมล็ดถั่วเขียว

กลุ่มที่	การทดลอง	สังเกตการเปลี่ยนแปลง
1	เมล็ดพืชที่ไม่ตัดปลายรากออก	รากโค้งเข้าหาแรงโน้มถ่วงของโลก
2	เมล็ดพืชที่ตัดปลายรากออก	รากไม่โค้งเข้าหาแรงโน้มถ่วงของโลก

ตัวอย่างผลการทดลอง



ไม่ตัดปลายราก ตัดปลายราก ไม่ตัดปลายราก ตัดปลายราก

ปลายรากถั่วเขียวเมื่อเริ่มการทดลอง **ปลายรากถั่วเขียวหลังการทดลอง 3 วัน**

หลังจากปล่อยให้เมล็ดงอกและสังเกตผลการเจริญเติบโต พบว่า รากของกลุ่มที่ 1 เจริญเติบโตในทิศทางลงสู่แรงโน้มถ่วงของโลก ขณะที่กลุ่มที่ 2 รากไม่สามารถเจริญเติบโตในทิศทางที่แน่นอนได้

3.1 จากการทดลองนี้ นักเรียนคิดว่า "ปลายราก" มีบทบาทอย่างไรในการเจริญเติบโตของรากพืช? (ข้อกล่าวอ้าง)

.....

.....

.....

.....

.....

3.2 นักเรียนสังเกตเห็นอะไรจากการเปรียบเทียบเมล็ดถั่วเขียวที่ตัดและไม่ตัดปลายราก? (หลักฐาน)

.....

.....

.....

.....

3.3 เพราะเหตุใดการตัดปลายรากจึงส่งผลให้รากไม่เจริญเติบโตในทิศทางที่แน่นอน? (การให้เหตุผล)

.....

.....

.....

.....

.....



แบบประเมินความตระหนักรู้

คำชี้แจง

1.แบบประเมินตระหนักรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่ง ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือ

1. ความรู้ความเข้าใจ (Cognitive Awareness)
2. อารมณ์ความรู้สึก (Affective Awareness)
3. พฤติกรรม (Behavioral Awareness)

2. ให้นักเรียนอ่านข้อความแต่ละข้อพิจารณาว่าตรงกับความรู้สึกหรือความคิดเห็นของนักเรียนในระดับใดและทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความรู้สึกหรือความคิดเห็นที่เป็นจริงของนักเรียน

เกณฑ์การประเมิน

เห็นด้วยอย่างยิ่ง	ให้	5 คะแนน
เห็นด้วย	ให้	4 คะแนน
ไม่แน่ใจ	ให้	3 คะแนน
ไม่เห็นด้วย	ให้	2 คะแนน
ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	ให้	1 คะแนน

3. ก่อนทำแบบวัดให้นักเรียนเขียนชื่อ นามสกุล ชั้น เลขที่ ลงในกระดาษคำตอบให้ชัดเจน

แบบประเมินความตระหนักรู้

ที่	รายการประเมิน	คะแนนประเมิน				
		5	4	3	2	1
ด้านความรู้ความเข้าใจ						
1.	ฉันเข้าใจว่าออร์โมนพืชมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของพืช					
2.	ฉันรู้ว่าออร์โมนไซโตไคนินมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์ในพืช					
3.	ฉันเข้าใจกลไกการตอบสนองของพืชต่อสิ่งเร้าภายนอกเช่น การโน้มเข้าหาแสง					
4.	ฉันสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างออร์โมนหลายชนิดในการควบคุมการเจริญเติบโตของพืช					
5.	ฉันรู้ว่าสารควบคุมการเจริญเติบโตที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้นสามารถนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้อย่างไร					
อารมณ์ความรู้สึก						
6.	ฉันรู้สึกสนใจเมื่อได้เรียนรู้เรื่องการควบคุมการเจริญเติบโตของพืช					
7.	ฉันรู้สึกว่าความรู้เกี่ยวกับออร์โมนพืชมีความสำคัญต่อการเกษตร					
8.	ฉันมีความรู้สึกอยากศึกษาเรื่องกลไกการตอบสนองของพืชเพิ่มเติม					
9.	ฉันเห็นว่าการรู้จักใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตเป็นเรื่อง ที่ควรส่งเสริม					
10.	ฉันรู้สึกว่าความรู้ด้านนี้สามารถช่วยให้ฉันมีความเข้าใจ พืชรอบตัวได้มากขึ้น					
พฤติกรรม						
11.	ฉันตั้งใจเรียนรู้เรื่องการควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในห้องเรียน					
12.	ฉันหาข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับออร์โมนพืชจากแหล่งอื่นนอกเหนือจากในห้องเรียน					
13.	ฉันนำความรู้เรื่องออร์โมนพืชไปใช้ในการทดลองหรือ กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับพืช					
14.	ฉันสามารถเลือกใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตอย่างเหมาะสมในสถานการณ์ที่กำหนด					
15.	ฉันมีพฤติกรรมที่สะท้อนให้เห็นถึงความเข้าใจในการควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เช่น การดูแลพืชตามหลักวิทยาศาสตร์					

ภาคผนวก ง

คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ตารางที่ ง.1 ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม

รายการประเมิน	แผนจัดการเรียนรู้ที่ 1					แผนจัดการเรียนรู้ที่ 2					แผนจัดการเรียนรู้ที่ 3					แผนจัดการเรียนรู้ที่ 4				
	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1. จุดประสงค์การเรียนรู้																				
1.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5
1.2 ระบุจุดประสงค์การเรียนรู้ได้ชัดเจน	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5
1.3 ระบุจุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุมทั้งด้านความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะ	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5
1.4 สามารถวัดและประเมินผลได้	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5
2. สาระสำคัญ																				
2.1 สอดคล้องกับมาตรฐานและผลการเรียนรู้	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5
2.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ในหลักสูตร	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5
2.3 กระชับ	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5
2.4 มีความหมายชัดเจน เข้าใจง่ายกับระดับชั้นของผู้เรียน (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5)	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5

(ต่อ)

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

รายการประเมิน	แผนจัดการเรียนรู้ที่ 1					แผนจัดการเรียนรู้ที่ 2					แผนจัดการเรียนรู้ที่ 3					แผนจัดการเรียนรู้ที่ 4				
	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
3. สาระการเรียนรู้																				
3.1 เป็นไปตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในหลักสูตร	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5
3.2 สอดคล้องกับตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5
3.3 มีความถูกต้องชัดเจน	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5
3.4 กำหนดเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาเรียน	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5
3.5 ความยากง่ายเหมาะสมกับวัยผู้เรียน	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5
4. กิจกรรมการเรียนรู้																				
4.1 มีการบูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม โดยนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปตัดสินใจเกี่ยวกับปัญหาและประเด็นต่าง ๆ ในสังคม	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5
4.2 ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ มีเหตุผล แก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และให้นักเรียนสามารถตัดสินใจได้บนพื้นฐานของข้อมูลที่มีอยู่	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5

(ต่อ)

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

รายการประเมิน	แผนจัดการเรียนรู้ที่ 1					แผนจัดการเรียนรู้ที่ 2					แผนจัดการเรียนรู้ที่ 3					แผนจัดการเรียนรู้ที่ 4				
	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
4.3 ส่งเสริมให้นักเรียนเป็นพลเมืองที่มีความรู้ความเข้าใจด้านวิทยาศาสตร์ และมีส่วนร่วมในการพัฒนาสังคมอย่างยั่งยืน	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5
4.4 ส่งเสริมให้นักเรียนมีความตระหนักถึงผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5
4.5 ส่งเสริมให้นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ใหม่ได้	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5
4.6 ส่งเสริมการมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมของนักเรียน	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5
4.7 ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5
4.8 เหมาะสมกับวัยและความสามารถของนักเรียน	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5
5. สื่อ อุปกรณ์ และแหล่งการเรียนรู้																				
5.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5
5.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้และการวัดประเมินผล	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5

(ต่อ)

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

รายการประเมิน	แผนจัดการเรียนรู้ที่ 1					แผนจัดการเรียนรู้ที่ 2					แผนจัดการเรียนรู้ที่ 3					แผนจัดการเรียนรู้ที่ 4				
	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
5.3 ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5
5.4 มีความถูกต้องและเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5
5.5 กระตุ้นความสนใจของนักเรียน	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5
6. การวัดและประเมินผล																				
6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5
6.2 วัดและประเมินผลสิ่งที่ระบุไว้ได้	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5
6.3 วัดได้ครอบคลุมสาระการเรียนรู้	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5
6.4 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินมีความเหมาะสม	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5
6.5 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินมีความหลากหลาย	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5
เฉลี่ยรวมทั้งหมด	4.80					4.80					4.80					4.80				
ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.41					0.41					0.41					0.41				
แปลความหมาย	เหมาะสมมาก					เหมาะสมมาก					เหมาะสมมาก					เหมาะสมมาก				

จากตารางที่ ง.1 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม เรื่อง การควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช จำนวน 4 แผนการเรียนรู้ จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พบว่า มีค่าความเหมาะสมเท่ากับ 4.80 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.41 ทุกแผนการจัดการเรียนรู้ แปลผลได้ว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมในระดับเหมาะสมมากทุกแผน

ตารางที่ ง.2 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์กับจุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่องการควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ข้อสอบข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					รวม	ค่าเฉลี่ย	สรุปผล
	1	2	3	4	5			
สถานการณ์ที่ 1								
1.1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
1.2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
1.3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
สถานการณ์ที่ 2								
2.1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
2.2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
2.3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
สถานการณ์ที่ 3								
3.1	0	+1	-1	0	0	0	0.00	ไม่สอดคล้อง
3.2	0	+1	-1	0	0	0	0.00	ไม่สอดคล้อง
3.3	0	+1	-1	0	0	0	0.00	ไม่สอดคล้อง
สถานการณ์ที่ 4								
4.1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
4.2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
4.3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
สถานการณ์ที่ 5								
5.1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
5.2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
5.3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
สถานการณ์ที่ 6								
6.1	0	+1	-1	0	0	0	0.00	ไม่สอดคล้อง
6.2	0	+1	-1	0	0	0	0.00	ไม่สอดคล้อง
6.3	0	+1	-1	0	0	0	0.00	ไม่สอดคล้อง

(ต่อ)

ตารางที่ ง.2 (ต่อ)

ข้อสอบ ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					รวม	ค่าเฉลี่ย	สรุปผล
	1	2	3	4	5			
สถานการณ์ที่ 7								
7.1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
7.2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
7.3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
สถานการณ์ที่ 8								
8.1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
8.2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
8.3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
สถานการณ์ที่ 9								
9.1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
9.2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
9.3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง

จากตารางที่ ง.2 เมื่อนำแบบวัดการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบค่าค่าดัชนีความสอดคล้องวัดการการสร้างคำอธิบายวิทยาศาสตร์ผลการประเมินพบว่า แบบวัดการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.00-1.00 ผู้วิจัยจึงทำการคัดเลือกแบบวัดการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ไว้จำนวน 7 สถานการณ์ โดยตัดสถานการณ์ที่ 3 และสถานการณ์ที่ 6 ออก ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 0.00 ออก สถานการณ์ที่คัดเลือกไว้มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 ทุกสถานการณ์

ตารางที่ ง.3 ค่าอำนาจจำแนก (D) และค่าความยาก (P) แบบวัดการสร้างคำอธิบายเชิง วิทยาศาสตร์ เรื่องการควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืชสำหรับนักเรียนชั้น. มัธยมศึกษาปีที่ 5

ข้อสอบข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก (D)	ค่าความยาก (P_E)	สรุปผล
สถานการณ์ที่ 1			
1.1	0.30	0.55	ใช้ได้
1.2	0.30	0.45	ใช้ได้
1.3	0.30	0.50	ใช้ได้
สถานการณ์ที่ 2			
2.1	0.25	0.53	ใช้ได้
2.2	0.30	0.50	ใช้ได้
2.3	0.25	0.58	ใช้ได้
สถานการณ์ที่ 4			
4.1	0.50	0.65	ใช้ได้
4.2	0.40	0.50	ใช้ได้
4.3	0.25	0.38	ใช้ได้
สถานการณ์ที่ 5			
5.1	0.50	0.55	ใช้ได้
5.2	0.60	0.60	ใช้ได้
5.3	0.25	0.43	ใช้ได้
สถานการณ์ที่ 7			
7.1	0.30	0.55	ใช้ได้
7.2	0.30	0.45	ใช้ได้
7.3	0.35	0.63	ใช้ได้
สถานการณ์ที่ 8			
8.1	0.40	0.40	ใช้ได้
8.2	0.30	0.50	ใช้ได้
8.3	0.25	0.58	ใช้ได้

(ต่อ)

ตารางที่ ง.3 (ต่อ)

ข้อสอบข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก (D)	ค่าความยาก (P_E)	สรุปผล
สถานการณ์ที่ 9			
9.1	0.50	0.55	ใช้ได้
9.2	0.30	0.45	ใช้ได้
9.3	0.35	0.48	ใช้ได้

จากตารางที่ ง.3 แบบวัดการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 7 สถานการณ์ จำนวน 21 ข้อ มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.38-0.60 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.25-0.66 ผู้วิจัยจึงทำการคัดเลือกแบบวัดการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ใช้จำนวน 4 สถานการณ์ ได้แก่ สถานการณ์ที่ 1 สถานการณ์ที่ 4 สถานการณ์ที่ 8 และสถานการณ์ที่ 9 ซึ่งมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.38-0.65 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.25-0.50

ตารางที่ ง.4 ค่าเชื่อมั่นของแบบวัดทั้งฉบับตามวิธีของ Cronbach's Alpha Coefficient Method ของวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

สถานการณ์ที่	S_t^2
1	1.31
4	1.47
8	0.84
9	0.81
k	27
$\sum S_i^2$	10.01
S_t^2	95.33
α	0.93

หาค่าเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบวัดการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่คัดเลือกไว้จำนวน 4 สถานการณ์ตามวิธีของ Cronbach's Alpha Coefficient Method ดังนี้

$$\alpha = \left[\frac{k}{k-1}\right]\left[1-\frac{\sum S_i^2}{S_t^2}\right]$$

เมื่อ α แทน ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

k แทน จำนวนข้อของเครื่องมือวัด

$\sum S_{i^2}$ แทน ผลรวมความแปรปรวนของแต่ละข้อ

S_{i^2} แทน ผลรวมความแปรปรวนของคะแนนรวม

$$\alpha = \left[\frac{27}{27-1}\right]\left[1-\frac{10.01}{95.33}\right]$$

$$\alpha = 0.93$$

สรุปได้ว่า แบบวัดการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.93

ตารางที่ ง.5 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) และค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินความตระหนักรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ข้อสอบข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					รวม	ค่าเฉลี่ย	สรุปผล
	1	2	3	4	5			
ด้านที่ 1								
1.	+1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
2.	+1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
3.	+1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
4.	+1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
5.	+1	0	1	1	1	4	0.80	สอดคล้อง
6.	0	0	0	1	1	2	0.40	ไม่สอดคล้อง
7.	+1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง

(ต่อ)

ตารางที่ ง.5 (ต่อ)

ข้อสอบ ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					รวม	ค่าเฉลี่ย	สรุปผล
	1	2	3	4	5			
ด้านที่ 2								
8.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
9.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
10.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
11.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
12.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
13.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
14.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง
ด้านที่ 3								
15.	+1	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
16.	+1	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
17.	+1	+1	0	+1	+1	+1	0.80	สอดคล้อง
18.	+1	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
19.	+1	+1	+1	+1	0	+1	0.80	สอดคล้อง
20.	+1	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
21.	+1	0	+1	0	+1	+1	0.60	สอดคล้อง

จากตารางที่ ง.5 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินความตระหนักรู้ จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พบว่าแบบประเมินความตระหนักรู้ทั้ง 21 ข้อ มีความสอดคล้องจำนวน 20 ข้อ มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.60 ถึง 1.00 และไม่สอดคล้องจำนวน 1 ข้อ มีค่า IOC คือ 0.04 ผู้วิจัยจึงปรับแก้ข้อคำถามที่ไม่สอดคล้องก่อนนำไปทดลองใช้หาค่าคุณภาพ

ตารางที่ ง.6 ค่าอำนาจจำแนก (r_{xy}) ของแบบประเมินวัดความตระหนักรู้สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก (r_{xy})	สรุปผล
ด้านที่ 1		
1	0.46	ใช้ได้
2	0.42	ใช้ได้
3	0.42	ใช้ได้
4	0.45	ใช้ได้
5	0.42	ใช้ได้
6	0.44	ใช้ได้
7	0.57	ใช้ได้
ด้านที่ 2		
8	0.40	ใช้ได้
9	0.50	ใช้ได้
10	0.42	ใช้ได้
11	0.43	ใช้ได้
12	0.21	ใช้ได้
13	0.52	ใช้ได้
14	0.29	ใช้ได้
15	0.53	ใช้ได้
ด้านที่ 3		
16	0.42	ใช้ได้
17	0.48	ใช้ได้
18	0.43	ใช้ได้
19	0.35	ใช้ได้
20	0.42	ใช้ได้
21	0.48	ใช้ได้

จากตารางที่ ง.8 แบบประเมินความตระหนักรู้ ทั้ง 21 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.21 ถึง 0.52 ผู้วิจัยจึงทำการคัดเลือกแบบประเมินความตระหนักรู้ไว้จำนวน 15 ข้อ ที่มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.42-0.57

ตารางที่ ง.7 ค่าเชื่อมั่นของแบบวัดทั้งฉบับตามวิธีของ Cronbach's Alpha Coefficient Method ของวัดแบบประเมินความตระหนักรู้

ด้านที่	S_i^2
1	5.17
2	8.61
3	9.39
k	21
$\sum S_i^2$	149.69
S_t^2	804.07
$\propto$	0.86

หาค่าเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบแบบประเมินความตระหนักรู้ จำนวน 15 ข้อ ตามวิธีของ Cronbach's Alpha Coefficient Method ดังนี้

$$\propto = \left[\frac{k}{k-1}\right]\left[1-\frac{\sum S_i^2}{S_t^2}\right]$$

เมื่อ $\propto$ แทน ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

k แทน จำนวนข้อของเครื่องมือวัด

$\sum S_{i^2}$ แทน ผลรวมความแปรปรวนของแต่ละข้อ

S_{i^2} แทน ผลรวมความแปรปรวนของคะแนนรวม

$$\propto = \left[\frac{21}{21-1}\right]\left[1-\frac{149.69}{804.07}\right]$$

$$\propto = 0.86$$

สรุปได้ว่า แบบประเมินความตระหนักรู้มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.86

การเผยแพร่ผลงานวิจัย

กวิสรา พังไธสง และพรรณวิไล ดอกไม้. (2569). การส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, 20*(2), พฤษภาคม-สิงหาคม.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นางสาวกวิสรา พังไธสง

ประวัติการศึกษา

พุทธศักราช 2567 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) ชีววิทยา
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พุทธศักราช 2569 ปริญญาโทครุศาสตรมหาบัณฑิต (ค.ม.) สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม