

การส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ
ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การตอบสนองของพืช

มธุละดา วีระพันธ์

การศึกษาค้นคว้าอิสระ เสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
พฤษภาคม 2564
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ
ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การตอบสนองของพืช

มธุละดา วีระพันธ์

การศึกษาค้นคว้าอิสระ เสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
พฤษภาคม 2564
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

อาจารย์ที่ปรึกษาและหัวหน้าภาควิชาการศึกษาได้พิจารณาการค้นคว้าอิสระ เรื่อง “การส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การตอบสนองของพืช” เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยรัตนนคร



.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีย์พร สว่างเมฆ)

อาจารย์ที่ปรึกษา



.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อังคณา อ่อนธานี)

หัวหน้าภาควิชาการศึกษา

พฤษภาคม 2564

ประกาศคุณูปการ

การศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรียพร สว่างเมฆ อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษาค้นคว้าอิสระ ที่ได้ให้ความรู้ คำปรึกษา แนะนำ ให้ข้อคิดเห็น ตลอดจนเสนอแนะแนวทางในการวิจัยด้วยความเอาใจใส่อย่างดีเยี่ยมตลอดมา และคณะกรรมการทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำ ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนการศึกษาค้นคว้าอิสระสำเร็จสมบูรณ์ได้ อีกทั้งยังช่วยเป็นแรงผลักดันให้ผู้วิจัยสามารถก้าวข้ามอุปสรรคต่างๆ ที่เกิดขึ้นตลอดระยะเวลาที่การศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ได้แก่ ดร.สุรียา ชานู อาจารย์ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร นายสุเมธ แก้วทอง ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียน เชียงกลาง "ประชาพัฒนา" จังหวัดน่าน และนางรัฐพร ธิเสนา ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียน ศรีสวัสดิ์วิทยาคารจังหวัดน่าน จังหวัดน่าน ที่ได้กรุณาตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย โดยให้ ข้อเสนอแนะต่างๆ เป็นอย่างดี และขอขอบพระคุณผู้บริหารโรงเรียนศรีสวัสดิ์วิทยาคารจังหวัดน่าน ตลอดจนครูอาจารย์และนักเรียนที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านในการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดี

เหนือสิ่งอื่นใดขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และทุกคนในครอบครัวที่ห่วงใยและให้กำลังใจ ช่วยเหลือสนับสนุนการศึกษาแก่ผู้วิจัยมาด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาการศึกษาทุกท่าน และขอใจเพื่อนนิสิต ปริญญาโทที่เป็นส่วนหนึ่งในการให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา

คุณประโยชน์ใดๆ อันพึงมีจากการวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแต่บิดา มารดา ครูอาจารย์ และสถาบันการศึกษาที่ได้ให้การศึกษาคดีแก่ผู้วิจัยตลอดมา

หวังเป็นอย่างยิ่งว่าการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ได้ต่อไป

มธุละดา วีระพันธ์

ชื่อเรื่อง	การส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การตอบสนองของพืช
ผู้ศึกษาค้นคว้า	มธุละดา วีระพันธ์
ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรียพร สว่างเมฆ
ประเภทสารนิพนธ์	การศึกษาค้นคว้าอิสระ กศ.ม. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2563
คำสำคัญ	สะเต็มศึกษา กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ การตอบสนองของพืช

บทคัดย่อ

การวิจัยปฏิบัติการมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และผลการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การตอบสนองของพืช ในปีการศึกษา 2563 ผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวน 35 คน รูปแบบการวิจัยเป็นวิจัยปฏิบัติการ จำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ เครื่องมือวิจัยประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ แบบบันทึกการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ตรวจสอบข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิธีสามเส้า ผลการวิจัยพบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมต้องเน้นให้ผู้เรียนได้ร่วมกันระบุปัญหา สืบค้นข้อมูลเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหา ร่วมกันวางแผนออกแบบและสร้างชิ้นงานมีการอภิปรายร่วมกันในทุกขั้นตอนรวมถึงสะท้อนผลร่วมกัน ซึ่งขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ 1) การระบุปัญหา 2) การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง 3) การวางแผนและพัฒนา 4) การทดสอบและประเมินผล และ 5) การนำเสนอผลลัพธ์ นอกจากนี้ยังพบว่า สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนมีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือเพิ่มขึ้นทุกสมรรถนะโดยส่วนใหญ่มีสมรรถนะอยู่ในระดับสูง

Title PROMOTING COLLABORATIVE PROBLEM SOLVING
COMPETENCIES WITH LEARNING MANAGEMENT
ACCORDING TO STEM EDUCATION THROUGH
AN ENGINEERING DESIGN PROCESS FOR MATHAYOMSUKSA 5
STUDENT, ABOUT PLANT RESPONSE

Authors Matulada Weerapan

Advisor Assistant Professor Sureeporn Sawangmek , Ph.D.

Academic Paper Independent Study M.Ed. (Science Education) in Science
Education, Naresuan University, 2020

Keywords STEM Education, Engineering Design Processes, Collaborative
Problem-Solving Competencies, Plant Response.

Abstract

The objectives of the operational research are to study learning management approaches to promote competency in solving problems with cooperation through learning management according to STEM education through the engineering design process. The results of learning management are Mathayomsuksa 5 students on plant response in the academic year 2020, 35 participants. The research tools consist of a lesson plan, record form reflecting the results of learning management, competency observation form, and the collaborative problem solving competencies assessment form with content analysis examining the qualitative data with the Triangulation method. The results found that the approaches can promote competency in solving problems through learning management based on STEM education through engineering design process. The learners identified problems, searched for information to find solutions, designed and created products, discussed at every stage and reflected on the results. The learning process consists of 5 steps: 1) identify problems, 2) find relevant concepts, 3) plan and development, 4) test and evaluation, and 5) present the results. It was also found that the approaches encourage the students to have more collaborative problem-solving competencies. Most of them have a high level of performance.

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ.....	1
	ความเป็นมาของปัญหา.....	1
	คำถามวิจัย.....	7
	จุดประสงค์การวิจัย.....	7
	ขอบเขตของการวิจัย.....	7
	นิยามศัพท์เฉพาะ.....	8
	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	9
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
	กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตร แกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.....	11
	หลักสูตรสถานศึกษา.....	15
	การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education).....	19
	สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ.....	49
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	67
3	วิธีดำเนินการวิจัย.....	72
	รูปแบบการวิจัย.....	72
	ผู้เข้าร่วมวิจัย.....	75
	เครื่องมือในการวิจัย.....	76
	การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	86
	การวิเคราะห์ข้อมูล.....	88

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิจัย.....	91
คำถามวิจัยข้อที่ 1 การจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบ ร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การตอบสนองของพืช ควรมีการจัดการ เรียนรู้อย่างไร.....	91
คำถามวิจัยข้อที่ 2 ผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การตอบสนองของพืช มีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือหรือไม่ อย่างไร.....	146
5 บทสรุป.....	167
สรุปผลการวิจัย.....	167
อภิปรายผลการวิจัย.....	171
ข้อเสนอแนะ.....	182
บรรณานุกรม.....	184
ภาคผนวก.....	191
ประวัติผู้วิจัย.....	253

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	แสดงโครงสร้างรายวิชาชีววิทยา 3.....	17
2	แสดงสรุปการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาตามการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในรูปแบบต่างๆ.....	45
3	แสดงเมตริกสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของ PISA 2015.....	52
4	แสดงเกณฑ์การประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของ PISA 2015...	55
5	แสดงรูปแบบการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ.....	60
6	แสดงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาตามกระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ.....	65
7	แสดงสถานการณ์ประกอบแผนการจัดการเรียนรู้.....	80
8	แสดงสรุปแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ.....	84
9	แสดงการเก็บรวบรวมข้อมูลตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม ศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการ แก้ปัญหาแบบร่วมมือ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การ ตอบสนองของพืช.....	86
10	แสดงการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อศึกษาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.....	88
11	แสดงสรุปปัญหาที่เกิดขึ้นในวงจรปฏิบัติที่ 1 เพื่อนำไปปรับปรุงแผนการจัด กิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติที่ 2.....	103
12	แสดงสรุปปัญหาที่เกิดขึ้นในวงจรปฏิบัติที่ 2 เพื่อนำไปปรับปรุงแผนการจัด กิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติที่ 3.....	120
13	แสดงสรุปปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางแก้ไขในวงจรปฏิบัติที่ 3	133
14	สรุปผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การตอบสนองของพืช ในขั้นตอนที่ 1 การระบุปัญหา (Identify a challenge).....	134

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
15	สรุปผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การตอบสนองของพืชในขั้นตอนที่ 2 การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Imagine).....	136
16	สรุปผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การตอบสนองของพืชในขั้นตอนที่ 3 การวางแผนและพัฒนา (Plan and develop).....	138
17	สรุปผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การตอบสนองของพืชในขั้นตอนที่ 4 การทดสอบและประเมินผล (Test and evaluation).....	140
18	สรุปผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การตอบสนองของพืชในขั้นตอนที่ 5 การนำเสนอผลลัพธ์ (Present the solution).....	142
19	แสดงผลการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียนในแต่ละสมรรถนะ.....	146

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	แสดงวงจรกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะ.....	32
2	แสดงวงจรกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบการใช้การวิจัยเป็นฐาน.....	34
3	แสดงวงจรกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบการใช้ปัญหาเป็นฐาน.....	35
4	แสดงวงจรกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบการใช้การทำโครงการ.....	37
5	แสดงวงจรกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของสถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.....	39
6	แสดงวงจรกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ National Research Council...	40
7	แสดงวงจรกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ Robert.....	42
8	แสดงวงจรกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ Billiar, Hubelbank, Oliva and Camesano.....	44
9	แสดงวงจรกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ Engineering is Elementary...	44
10	ขั้นตอนการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติ.....	74
11	แสดงตัวอย่างการระบุปัญหาของสถานการณ์ เรื่อง การตอบสนองของพืชกับ เอทิลีน ในใบบันทึกกิจกรรมของผู้เรียน (G1).....	94
12	แสดงตัวอย่างการระบุปัญหาของสถานการณ์ เรื่อง การตอบสนองของพืชกับ เอทิลีน ในใบบันทึกกิจกรรมของผู้เรียน (G2).....	94
13	แสดงตัวอย่างการแบ่งหน้าที่ของผู้เรียนในใบบันทึกกิจกรรมของผู้เรียน (G1).....	95
14	แสดงตัวอย่างการหาแนวทางหรือวิธีการที่จะช่วยชะลอการสุกของกล้วยน้ำว่า ที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ที่กำหนดให้ของผู้เรียน (G3).....	96
15	แสดงตัวอย่างผลงานที่ผู้เรียนได้ออกแบบบรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว่า จากสถานการณ์ที่กำหนดให้.....	97
16	แสดงตัวอย่างขณะที่ผู้เรียนวางแผนและพัฒนาสร้างชิ้นงาน บรรจุภัณฑ์ชะลอ การสุกของกล้วยน้ำว่าตามที่ได้ออกแบบไว้.....	98
17	แสดงตัวอย่างขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพ บรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของ กล้วยน้ำว่า ของผู้เรียน.....	98

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
18	แสดงตัวอย่างการนำเสนอผลงานของผู้เรียน.....	99
19	แสดงตัวอย่างการระบุความรู้ทางด้านสะเต็มศึกษาของผู้เรียน.....	100
20	แสดงตัวอย่างการระบุความรู้ไปใช้ประโยชน์ในทางกรเกษตรของผู้เรียน.....	100
21	แสดงการอภิปรายร่วมกันถึงปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ของผู้เรียน เรื่อง การตอบสนองของพืชต่อความชื้น ในวงจรปฏิบัติการที่ 2...	109
22	แสดงการระบุปัญหาของสถานการณ์ เรื่อง การตอบสนองของพืชกับความชื้น ในใบบันทึกกิจกรรมของผู้เรียน (G4) ในวงจรปฏิบัติการที่ 2.....	109
23	แสดงผู้เรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่างๆ ที่หลากหลาย เพื่อนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด เรื่อง การตอบสนอง ของพืชต่อความชื้น ในวงจรปฏิบัติการที่ 2.....	110
24	แสดงตัวอย่างแนวทางในการแก้ไขปัญหาจากโจทย์สถานการณ์ที่กำหนด เรื่อง การตอบสนองของพืชต่อความชื้น ในวงจรปฏิบัติการที่ 2.....	111
25	แสดงตัวอย่างการออกแบบโรงเรือนเพาะชำจำลองที่สามารถควบคุมความชื้น ได้อย่างสม่ำเสมอของผู้เรียนก่อนสร้างชิ้นงานจริง (G2) ในวงจรปฏิบัติการที่ 2	112
26	แสดงตัวอย่างวัสดุอุปกรณ์ที่ผู้เรียนใช้ในการสร้างโรงเรือนเพาะชำจำลองที่สามารถ ควบคุมความชื้นได้อย่างสม่ำเสมอของผู้เรียน (G1) ในวงจรปฏิบัติการที่ 2...	112
27	แสดงตัวอย่างขั้นตอนในการพัฒนาโรงเรือนเพาะชำจำลองที่สามารถควบคุม ความชื้นได้อย่างสม่ำเสมอของผู้เรียน (G3) ในวงจรปฏิบัติการที่ 2.....	113
28	แสดงตัวอย่างการคำนวณต้นทุนที่ใช้ในการทำโรงเรือนเพาะชำจำลองที่สามารถ ควบคุมความชื้นได้อย่างสม่ำเสมอของผู้เรียน (G2) ในวงจรปฏิบัติการที่ 2.....	113
29	แสดงตัวอย่างโรงเรือนเพาะชำจำลองที่สามารถควบคุมความชื้นได้อย่างสม่ำเสมอ ของผู้เรียน (G3) ในวงจรปฏิบัติการที่ 2.....	113
30	แสดงตัวอย่างการทดสอบและประเมินผลโรงเรือนเพาะชำจำลองที่สามารถ ควบคุมความชื้นได้อย่างสม่ำเสมอของผู้เรียน (G4) ในวงจรปฏิบัติการที่ 2...	114

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
31 แสดงตัวอย่างการนำเสนอผลลัพธ์ของโรงเรียนเพาะชำจำลองที่สามารถควบคุม ความชื้นได้อย่างสม่ำเสมอของผู้เรียน (G4) ในวงจรปฏิบัติการที่ 2.....	115
32 แสดงตัวอย่างการนำความรู้ที่ได้จากการจัดกิจกรรมโรงเรียนเพาะชำจำลอง ที่สามารถควบคุมความชื้นได้อย่างสม่ำเสมอไปประยุกต์ใช้ทางการเกษตร ของผู้เรียน (G1) ในวงจรปฏิบัติการที่ 2.....	116
33 แสดงตัวอย่างการระบุความรู้ทางด้านสะเต็มศึกษาทั้ง 4 สาขาที่เกี่ยวข้อง โรงเรียนเพาะชำจำลองที่สามารถควบคุมความชื้นได้อย่างสม่ำเสมอ ของผู้เรียน (G2).....	116
34 แสดงการอภิปรายร่วมกันถึงปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ของผู้เรียน เรื่อง การตอบสนองของพืชต่อฮอร์โมนพืชสังเคราะห์ใน วงจรปฏิบัติการที่ 3.....	124
35 แสดงการระบุปัญหาของสถานการณ์ เรื่อง การตอบสนองของพืชต่อฮอร์โมนพืช สังเคราะห์ ในใบบันทึกกิจกรรมของผู้เรียน (G3) ในวงจรปฏิบัติการที่ 3.....	124
36 แสดงผู้เรียนร่วมกันสืบค้นหาแนวทางในการแก้ไขปัญหากับการให้ฮอร์โมน ออกซินสังเคราะห์กับการเกิดรากของกิ่งปักชำในโรงเรียนเพาะเลี้ยงกล้า ปักชำควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ของผู้เรียน (G5) ในวงจรปฏิบัติการ ที่ 3.....	125
37 แสดงการสืบค้นแนวทางที่สามารถนำไปใช้ในการแก้ไขปัญหากจากสถานการณ์ ที่กำหนด ของผู้เรียน (G2) ในวงจรปฏิบัติการที่ 3.....	126
38 แสดงตัวอย่างการออกแบบโรงเรียนเพาะเลี้ยงกล้าปักชำควบคุมอุณหภูมิ และความชื้น ของผู้เรียน (G1) ก่อนสร้างชิ้นงานจริง ในวงจรปฏิบัติการที่ 3..	127
39 แสดงผู้เรียน (G1) ร่วมมือกันสร้างโรงเรียนเพาะเลี้ยงกล้าปักชำควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นตามที่ได้ออกแบบไว้เพื่อนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหากจาก สถานการณ์กำหนด ในวงจรปฏิบัติการที่ 3.....	127

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
40	แสดงตัวอย่างการทดสอบและประเมินผลโรงเรียนเพาะเลี้ยงกล้าปักษ์ควบคุม อุณหภูมิและความชื้นเพื่อนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหามาจากสถานการณ์ กำหนด ของผู้เรียน (G4) ในวงจรปฏิบัติการที่ 3.....	128
41	แสดงตัวอย่างการนาเสนอผลลัพธ์ของโรงเรียนเพาะเลี้ยงกล้าปักษ์ควบคุม อุณหภูมิและความชื้นของผู้เรียน (G2) ในวงจรปฏิบัติการที่ 3.....	129
42	แสดงตัวอย่างการวิธีการแก้ไขปรับปรุงโรงเรียนเพาะเลี้ยงกล้าปักษ์ควบคุม อุณหภูมิและความชื้นของผู้เรียน (G3) ในวงจรปฏิบัติการที่ 3.....	129
43	แสดงตัวอย่างการนาความรู้ที่ได้จากการจัดกิจกรรมโรงเรียนเพาะเลี้ยงกล้าปักษ์ ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นไปประยุกต์ใช้ทางการเกษตร ของผู้เรียน (G3) ในวงจรปฏิบัติการที่ 3.....	129
44	แสดงตัวอย่างการระบุความรู้ทางด้านสะเต็มศึกษาทั้ง 4 สาขาที่เกี่ยวข้อง โรงเรียนเพาะเลี้ยงกล้าปักษ์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ของผู้เรียน (G4)..	130
45	แสดงสมรรถนะย่อยค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกภายในกลุ่ม ตามกระบวนการจัดการเรียนรู้.....	148
46	ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิก ภายในกลุ่มระดับสูงของผู้เรียน S5 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563).....	149
47	ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิก ภายในกลุ่มระดับกลางของผู้เรียน S12 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563).....	149
48	แสดงสมรรถนะย่อยแบ่งปันข้อมูลและทำความเข้าใจในปัญหาร่วมกัน ตามกระบวนการจัดการเรียนรู้.....	149
49	ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยแบ่งปันข้อมูลและทำความเข้าใจในปัญหา ร่วมกันระดับสูงของผู้เรียน S3 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563).....	150
50	ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยแบ่งปันข้อมูลและทำความเข้าใจในปัญหา ร่วมกันระดับกลางของผู้เรียน S34 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563).....	150

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
51	แสดงสมรรถนะย่อยสื่อสารร่วมกันเพื่อระบุถึงปัญหาและการดำเนินงานภายใน กลุ่มตามกระบวนการจัดการเรียนรู้.....	151
52	ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยสื่อสารร่วมกันเพื่อระบุถึงปัญหาและ การดำเนินงานภายในกลุ่มระดับสูงของผู้เรียน S21 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563).....	151
53	ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยสื่อสารร่วมกันเพื่อระบุถึงปัญหาและการ ดำเนินงานภายในกลุ่มระดับกลางของผู้เรียน S6 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563).....	152
54	แสดงสมรรถนะย่อยตรวจสอบและแก้ไขความเข้าใจร่วมกัน ตามกระบวนการจัดการเรียนรู้.....	152
55	ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยตรวจสอบและแก้ไขความเข้าใจร่วมกัน ระดับสูงของผู้เรียน S5 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563).....	153
56	ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยตรวจสอบและแก้ไขความเข้าใจร่วมกัน ระดับกลางของผู้เรียน S11 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563).....	153
57	แสดงสมรรถนะย่อยระบุเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา ตามกระบวนการจัดการเรียนรู้.....	154
58	ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยระบุเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการ แก้ปัญหาระดับสูงของผู้เรียน S17 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563).....	154
59	ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยระบุเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการ แก้ปัญหาระดับกลางของผู้เรียน S2 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563).....	155
60	แสดงสมรรถนะย่อยระบุและอธิบายภาระงานที่ต้องปฏิบัติให้เสร็จในการ แก้ปัญหาตามกระบวนการจัดการเรียนรู้.....	155
61	ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยระบุและอธิบายภาระงานที่ต้องปฏิบัติ ให้เสร็จในการแก้ปัญหาระดับสูงของผู้เรียน S8 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563).....	156

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
62	ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยระบุและอธิบายภาระงานที่ต้องปฏิบัติ ให้เสร็จในการแก้ปัญหาระดับกลางของผู้เรียน S23 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563).....	156
63	แสดงสมรรถนะย่อยวางแผนออกแบบและดำเนินงานในการแก้ปัญหา ตามกระบวนการจัดการเรียนรู้.....	157
64	ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยวางแผนออกแบบและดำเนินงานในการ แก้ปัญหาระดับสูงของผู้เรียน S14 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563).....	157
65	ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยวางแผนออกแบบและดำเนินงานในการ แก้ปัญหาระดับกลางของผู้เรียน S2 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563).....	158
66	แสดงสมรรถนะย่อยตรวจสอบผลการดำเนินงานและประเมินผลความสำเร็จ ของงานในการแก้ปัญหาตามกระบวนการจัดการเรียนรู้.....	158
67	ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยตรวจสอบผลการดำเนินงานและประเมินผล ความสำเร็จของงานในการแก้ปัญหาระดับสูงของผู้เรียน S10 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563).....	159
68	ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยตรวจสอบผลการดำเนินงานและประเมินผล ความสำเร็จของงานในการแก้ปัญหาระดับกลางของผู้เรียน S28 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563).....	159
69	แสดงสมรรถนะย่อยเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเองและของสมาชิกในกลุ่ม ตามกระบวนการจัดการเรียนรู้.....	160
70	ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเองและของ สมาชิกในกลุ่มระดับสูงของผู้เรียน S16 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563).....	160
71	ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเองและของ สมาชิกในกลุ่มระดับกลางของผู้เรียน S34 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563).	161
72	แสดงสมรรถนะย่อยปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย ตามกระบวนการ จัดการเรียนรู้.....	161

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
73	ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย ระดับสูงของผู้เรียน S22 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563).....	162
74	ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย ระดับกลางของผู้เรียน S29 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563).....	162
75	แสดงสมรรถนะย่อยอธิบายและประพุดิตนตามกฎของกลุ่มที่ได้ตั้งไว้ ตามกระบวนการจัดการเรียนรู้.....	163
76	ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยอธิบายและประพุดิตนตามกฎของกลุ่ม ที่ได้ตั้งไว้ระดับสูงของผู้เรียน S1 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563).....	163
77	ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยอธิบายและประพุดิตนตามกฎของกลุ่ม ที่ได้ตั้งไว้ระดับกลางของผู้เรียน S22 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563).....	164
78	แสดงสมรรถนะย่อยให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกัน ตามกระบวนการจัดการเรียนรู้.....	164
79	ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นข้อปรับปรุง ในการทำงานร่วมกันระดับสูงของผู้เรียน S10 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563).....	165
80	ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นข้อปรับปรุง ในการทำงานร่วมกันระดับกลางของผู้เรียน S29 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563).....	165

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

ปัจจุบันสังคมโลกในยุคศตวรรษที่ 21 มีการเปลี่ยนแปลงในด้านต่างๆ ทั้งด้านวิทยาการและความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตของคนในสังคมอย่างรวดเร็วและซับซ้อนมากขึ้นทำให้แต่ละประเทศตื่นตัวไม่สามารถปิดกั้นตัวเองอยู่ตามลำพังได้ต่อไปต้องร่วมมือและพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน อีกทั้งแนวโน้มของปัญหาในปัจจุบันมีความซับซ้อนมาก จำเป็นต้องอาศัยความรู้ทักษะและกระบวนการกลุ่มมาช่วยในการแก้ปัญหาหากแต่ละคนในกลุ่มมีความรู้ความเข้าใจในขั้นตอนหรือกระบวนการแก้ไขปัญหาก็จะสามารถช่วยกันแก้ไขปัญหามีความยุ่งยากซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ความสำคัญของทักษะการแก้ปัญหาและความร่วมมือของเด็กและเยาวชนรุ่นใหม่ในศตวรรษที่ 21 มีความสอดคล้องกับความสำคัญของการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ซึ่งเป็นการรวมกันของทักษะการทำงานร่วมกันและทักษะที่จำเป็นในการแก้ปัญหา (OECD, 2013)

อีกทั้งแนวโน้มของปัญหาในปัจจุบันมีความซับซ้อนมากขึ้นทำให้ปัญหาไม่สามารถแก้ไขได้ในทันทีและการแก้ไขปัญหาก็เพียงลำพังเป็นไปได้ยากมากขึ้น จำเป็นต้องอาศัยความรู้ทักษะและกระบวนการกลุ่มหรือเป็นทีมมาช่วยในการแก้ปัญหาหากแต่ละคนในกลุ่มมีความรู้ความเข้าใจในขั้นตอนหรือกระบวนการแก้ไขปัญหาก็จะสามารถช่วยกันแก้ไขปัญหามีความยุ่งยากซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ (วรจกณา ทองนพคุณ, 2554)

ดังนั้นการจัดการศึกษาในนานาชาติจึงมุ่งเน้นการเรียนรู้เพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาที่ซับซ้อนดังตัวอย่างเช่น ประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยุคใหม่ ที่เรียกว่า Next Generation Science Standard (NGSS) ในปี ค.ศ. 2013 พบว่าสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึง คือ มิติทางสังคมและวัฒนธรรมในการเรียนวิทยาศาสตร์ จนกระทั่งส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้องค์ความรู้ในการแก้ปัญหาสังคมที่มีความซับซ้อน (NGSS, 2013) นอกจากนี้ Wahl (2017) ยังได้เสนอถึงผลของเทคโนโลยีต่ออันตรายย้อนกลับทางสุขภาพและสุขภาพต่อมนุษย์โดยอาศัยพื้นฐานความคิดที่คำนึงถึงความสัมพันธ์ที่โยงใยของสรรพสิ่งในธรรมชาติในการแก้ปัญหาอย่างยั่งยืน แนวคิดเรื่องการแก้ปัญหาอย่างยั่งยืนโดยอาศัยองค์ความรู้ทางเศรษฐกิจสังคม สิ่งแวดล้อมสอดคล้องกับการบูรณาการ เรื่อง การตอบสนองของพืช ในการจัดการเรียนรู้

ซึ่งเป็นการผสมผสานหลายศาสตร์ไม่เพียงเฉพาะวิทยาศาสตร์สาขาต่างๆ เท่านั้นแต่ยังมุ่งเน้นให้ผู้เรียนคำนึงถึงการพัฒนานวัตกรรมและเทคโนโลยีที่เหมาะสมต่อสังคมและวัฒนธรรม

คณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานของประเทศไทย จึงได้กำหนดทักษะในการแก้ปัญหาและการทำงานร่วมกับผู้อื่นเป็นส่วนหนึ่งขององค์ประกอบทักษะชีวิตที่สำคัญที่ต้องเกิดขึ้นกับผู้เรียนที่จะสร้างและพัฒนาเป็นภูมิคุ้มกันชีวิตให้กับเด็กและเยาวชนเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงและสภาพปัญหาที่เกิดขึ้น ทั้งในปัจจุบันและเตรียมความพร้อมสำหรับอนาคตและเพื่อให้มีศักยภาพที่จะแข่งขันกับประเทศอื่นๆ ทั่วโลกได้ ความสำคัญของทักษะการแก้ปัญหาและความร่วมมือที่มีต่อเด็กและเยาวชนรุ่นใหม่ในศตวรรษที่ 21 มีความสอดคล้องกับความสำคัญของการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ซึ่งเป็นการรวมกันของทักษะการทำงานร่วมกันและทักษะที่จำเป็นในการแก้ปัญหาของ OECD (2013) ที่กล่าวไว้ว่า สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือมีความสำคัญและจำเป็นทั้งในการจัดการศึกษาและการทำงาน

เนื่องจากในการประเมิน PISA ปี 2003 และปี 2012 ที่ผ่านมามีการประเมินการแก้ปัญหาจากสถานการณ์โดยเป็นการแก้ปัญหาส่วนบุคคล ซึ่งไม่สามารถเกิดขึ้นได้ในทันทีและเห็นได้ชัดแต่การแก้ปัญหาแบบร่วมมือนั้นแต่ละบุคคลจะแบ่งปันความเข้าใจ ความพยายาม และการทำงานร่วมกันเพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ต่างๆ การแก้ปัญหาแบบร่วมมือมีข้อดีมากกว่าการแก้ปัญหาส่วนบุคคล เนื่องจากช่วยให้มีสมาชิกในการทำงานที่มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น มีการรวบรวมข้อมูลมุมมองและประสบการณ์จากสมาชิกแต่ละคน อีกทั้งยังมีความคิดสร้างสรรค์และคุณภาพของการแก้ปัญหาที่เพิ่มขึ้นจากความคิดของสมาชิกในกลุ่มคนอื่นๆ ด้วย (OECD, 2013) การประเมินสมรรถนะของนักเรียนนอกเหนือจากการรู้การอ่าน การรู้คณิตศาสตร์ และการรู้วิทยาศาสตร์ คือ การประเมินการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ (Collaborative problem solving) ซึ่งปรากฏใน PISA 2015 โดยนักเรียนแต่ละคนในกลุ่มร่วมกันทำความเข้าใจ พยายามและทำงานร่วมกันเพื่อแก้ไขสถานการณ์ที่เป็นปัญหา นักเรียนแต่ละคนต้องมีส่วนร่วมในการแสวงหาข้อมูลจากแหล่งต่างๆ และเปลี่ยนความคิด มุมมองและประสบการณ์ เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์และมีคุณภาพ (OECD, 2013) ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบันมีความเกี่ยวข้องกันระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตตลอดจนบทบาทและความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตและความเป็นอยู่ของมนุษย์ในด้านการอนุรักษ์ ด้านการผลิตอาหารอย่างยั่งยืน ด้านการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ ด้านสุขภาพของมนุษย์ ด้านการเกษตรที่เกี่ยวข้องกับพืชผลทางการเกษตรของเกษตรมีความซับซ้อนการแก้ปัญหาดังกล่าวจึงต้องอาศัยการทำงานเป็นกลุ่มเพื่อร่วมกันระดมความคิดในการทำความเข้าใจปัญหาและต้องมีการสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลเพื่อหา

แนวทางในการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดมาใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์หนึ่งๆ อีกทั้งในการแก้ปัญหา จำเป็นต้องอาศัยความรู้ในหลายๆ ศาสตร์สาขาวิชา (วิศรุต เลาะวิถึ, 2013) จึงจำเป็นต้องมีคนที่มีความรู้ในด้านต่างๆ มาทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มเพื่อช่วยกันแก้ปัญหาซึ่งต่างจากการแก้ปัญหาคนเดียว เนื่องจากการแก้ปัญหาคนเดียวอาจทำให้มองเห็นปัญหาจำกัด ส่งผลให้แก้ปัญหาไม่มีประสิทธิภาพเท่าใดนัก เมื่อเทียบกับการแก้ปัญหาแบบร่วมมือกันที่เกิดจากการระดมความคิดของหลายๆ คนจึงทำให้มีมุมมองหลายด้านและสามารถหาแนวทางในการแก้ปัญหาได้มาก (OECD, 2013)

อย่างไรก็ตามพบว่าผลการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของ Programme for International Student Assessment หรือ PISA 2015 ประเทศไทยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 436 ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของ OECD (PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561, น. 3) และจากการที่นักเรียนมีสมรรถนะในการแก้ปัญหาแบบร่วมมืออยู่ในระดับพื้นฐานจนถึงต่ำกว่ามาตรฐานชี้ให้เห็นถึงนักเรียนไทยมีระบบทางความคิดต่ำ ความสามารถในการจัดการกับปัญหาและการทำงานร่วมกันเป็นทีมต่ำและยังเป็นการบ่งบอกถึงคุณภาพการศึกษาของประเทศไทย รวมถึงความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจและประชาคมโลกซึ่งต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน

สอดคล้องกับสภาพบริบทโรงเรียนที่ผู้วิจัยสอน ในกิจกรรมการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนทำงานกลุ่มเพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานตามที่กำหนด พฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 รายวิชาชีววิทยา ที่ได้จากการสังเกต พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างสมาชิกในกลุ่มได้เมื่อต้องทำงานเป็นกลุ่มขาดการทำความเข้าใจ พยายามและทำงานร่วมกันเพื่อแก้ไขสถานการณ์ปัญหาที่ต้องทำงานร่วมกัน ขาดแบ่งปันข้อมูลภายในกลุ่ม มีการสื่อสารหรือมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมกลุ่มค่อนข้างน้อย สมาชิกในกลุ่มไม่ช่วยกันทำงาน มีสมาชิกภายในกลุ่มเพียงไม่กี่คนที่ต้องทำงาน ชิ้นหรือผลการปฏิบัติไม่เป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน เพราะไม่มีการสร้างเป้าหมายและวางแผนก่อนการทำงานและมักไม่แบ่งหน้าที่กันในการทำงานอย่างชัดเจน ไม่วางแผนในการทำงานเมื่อเกิดปัญหาภายในกลุ่มการแก้ไขปัญหาไม่เป็นระบบ ทำให้ผลลัพธ์ของงานไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควรซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนยังขาดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงได้วิเคราะห์เนื้อหาในบทเรียนวิชาชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่สามารถนำมาจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนได้จากการวิเคราะห์พบว่า เนื้อหาเรื่องการตอบสนองของพืช มีความเกี่ยวข้องกับชีวิตจริงของนักเรียน

เป็นอย่างมาก เนื่องจากการเป็นการศึกษาเกี่ยวกับการตอบสนองของพืชต่อสิ่งแวดล้อม การเคลื่อนไหวที่เกิดเนื่องจากการเจริญเติบโต สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เนื้อหาเกี่ยวกับเรื่องพืชเป็นสิ่งที่อยู่ใกล้ตัวนักเรียน ดังนั้น การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในบทเรียนนี้จึงเหมาะสมที่จะจัดในรูปแบบที่เน้นการลงมือปฏิบัติให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนการแก้สถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองของพืชในลักษณะต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันหรือที่นักเรียนพบเห็นได้เป็นประจำปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับพืชเศรษฐกิจ หรือพืชผักสวนครัวที่ปลูกไว้สำหรับรับประทานหรือส่งขายตามท้องตลาดสาเหตุของปัญหามักมาจากหลายปัจจัย สอดคล้องกับ กรมวิชาการเกษตร (สยามรัฐออนไลน์, 2562) พบว่า สภาพอากาศร้อนสลับฝนส่งผลให้มังคุดสุกแก่เร็ว ผลผลิตล้นตลาดราคาตกต่ำ และปัญหาที่สำคัญในการส่งออกผลไม้สดของไทย ได้แก่ การเน่าเสียการสูญเสียคุณภาพของผลผลิตก่อนที่จะส่งถึงตลาดปลายทาง การยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้มีหลายวิธี เช่น การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ การใช้สารเคลือบผิว การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (modified atmosphere) และ การใช้สารดูดซับเอทิลีน เนื่องจากตัวการที่ทำให้ผลไม้เกิดกระบวนการสุก คือ เอทิลีน (มนทิณี กมลธรรม : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2013) ซึ่งการแก้ปัญหาเพียงคนเดียวอาจไม่ประสบความสำเร็จต้องอาศัยความร่วมมือจากการทำงานเป็นกลุ่มและเพื่อให้ให้นักเรียนตระหนักเห็นคุณค่าของการนำความรู้ที่ได้จากการจัดกิจกรรมไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงได้ สอดคล้องกับ Barron (2000) ที่กล่าวว่า การร่วมมือรวมพลัง (Collaboration) เป็นรูปแบบหลักของกิจกรรมของมนุษย์ โดยต้องอาศัยความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์เชิงลึก (Deeper scientific understanding) เช่น การเรียนรู้ในโรงเรียนเกิดขึ้นผ่านการทำงานเป็นทีม (Team-based project) ผ่านการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนเพื่อจัดเรียงการเรียนรู้ใหม่ นำสู่การมีส่วนร่วมเชิงลึกในเนื้อหาวิชาและสนับสนุนให้เกิดการแก้ปัญหาอย่างสำเร็จ โดยการเรียนรู้จะมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อนักเรียนทำงานร่วมกันกับสมาชิกในกลุ่มเพื่อพัฒนาแนวทางแก้ปัญหา (Daigle, Doran, & Pardue, 1996)

แนวทางการส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ซึ่งถือได้ว่าเป็นสมรรถนะที่สำคัญต่อนักเรียนในศตวรรษที่ 21 ในอดีตที่ผ่านมา นักการศึกษาหลายท่านได้ทำการศึกษาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือตลอดจนวิธีการที่จะส่งเสริมให้นักเรียนมีสมรรถนะดังกล่าว ดังที่ Hese, et al. (2015 as cited in Care and Griffin, 2014, p.317) กล่าวว่า สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือจะเกิดขึ้นกับนักเรียนได้จำเป็นต้องให้นักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมและร่วมแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ กับบุคคลอื่น โดยองค์ประกอบที่สำคัญในการส่งเสริมสมรรถนะดังกล่าวประกอบด้วย ความรู้ที่นักเรียนมีและบริบททางสังคมที่นักเรียนเผชิญอยู่ นอกจากนี้สมรรถนะการ

แก้ปัญหาแบบร่วมมือเป็นสมรรถนะที่ครอบคลุมความสามารถในการจัดการกับปัญหาที่มีความซับซ้อน ไม่แน่นอนและมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาต้องอาศัยการร่วมมือกันในการแก้ปัญหาให้ประสบผลสำเร็จ อาจกล่าวได้ว่าเป็นสมรรถนะที่มีบทบาทสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ในสังคมปัจจุบัน ในบริบทของการจัดการเรียนรู้ในยุคศตวรรษที่ 21

การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการในศตวรรษที่ 21 ที่สามารถช่วยส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนได้ วิธีการหนึ่ง คือ สะเต็มศึกษา (STEM Education) ซึ่งเป็นการสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาขาวิชา (Interdisciplinary integration) ระหว่างศาสตร์สาขาต่างๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science : S) เทคโนโลยี (Technology : T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineer : G) และ คณิตศาสตร์ (Mathematics : M) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติและวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัวเพื่อให้นักเรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า และการพัฒนาสิ่งต่างๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน เพราะในการทำงานจริงหรือในชีวิตประจำวัน ต้องใช้ความรู้หลายด้านในการทำงานทั้งสิ้น นอกจากนี้สะเต็มศึกษายังเป็นการส่งเสริมการพัฒนาทักษะที่สำคัญในโลกยุคปัจจุบันหรือทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 (พรทิพย์ ศิริภักทราชัย, 2013, น. 50) การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ Engineering Design Process (EIE) ซึ่งเริ่มต้นด้วยการกำหนดสถานการณ์ที่เป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในโลกปัจจุบัน จากนั้นจึงค่อยนำเข้าสู่กระบวนการ 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นการตั้งคำถาม (Ask) เพื่อระบุว่าอะไรคือปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่ได้กล่าวไว้และมีข้อจำกัดของวิธีการแก้ปัญหาในสถานการณ์ดังกล่าวคืออะไร ขั้นการคิด (Imagine) โดยการระดมสมองกันภายในกลุ่ม และเลือกวิธีการออกแบบที่ดีที่สุดสำหรับสถานการณ์นั้น ขั้นการวางแผน (Plan) ด้วยการวาดแผนผังและรวบรวมวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นขั้นการผลิต (Create) ทำตามแผนและทดสอบขั้นปรับปรุง (Improve) ปรับปรุงว่าจะทำอย่างไรเพื่อสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างนั้นทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยวนกลับไปตั้งแต่ขั้นแรกอีกครั้งหนึ่ง (Lakose, 2015 ; Reeve, 2016) สอดคล้องกับงานวิจัยของ จรุงพงษ์ ชลสินธุ์ (2559) ได้ศึกษาเรื่องการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ผลการวิจัยพบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมืออยู่ในระดับกลางเพราะผู้เรียนได้รับความรู้และมีประสบการณ์ในการเรียนรู้ไม่เท่ากัน แต่เมื่อทำงานเป็นกลุ่มพบว่าผู้เรียนสามารถแก้ไขปัญหได้ดีแต่มีอุปสรรคเมื่อลองแก้ปัญหาด้วยตนเอง แต่อย่างไรก็ได้มีข้อเสนอแนะการใช้สถานการณ์ปัญหาควรสอดคล้องต่อชีวิตจริงของนักเรียน นักเรียนควรได้เรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง รวมทั้งควรเปิดโอกาสให้นักเรียนทุกคนได้มีส่วน

ร่วมในกระบวนการจัดการเรียนรู้แบ่งบทบาทหน้าที่ที่ความความรู้ความสามารถของสมาชิกในกลุ่ม และจากงานวิจัยของชนกกานต์ เนตรรัศมี (2560) พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในรายวิชาเคมี ยังพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียนให้เกิดอยู่ในระดับสูงไม่ได้ ทั้งหมดควรใช้กิจกรรมที่หลากหลายเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจร่วมมือในการดำเนินกิจกรรมจนทำให้พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมืออยู่ในระดับสูงทั้งหมด

ปัจจุบันมีงานวิจัยจำนวนน้อยที่บ่งชี้ถึงการประยุกต์ใช้สะเต็มศึกษาที่สอดคล้องกับหลัก และทฤษฎีทางชีววิทยาแม้ว่าจะเป็นวิชาพื้นฐานสำคัญในการต่อยอดเพื่อสร้างเทคโนโลยีต่างๆ เช่น การเกษตร และเทคโนโลยีชีวภาพ (Putwattana, 2018) สำหรับในบริบทของการนำสะเต็มศึกษาไปใช้ในวิชาชีววิทยา พบว่า แม้ครูชีววิทยาจะสะท้อนถึงประโยชน์ของการนำแนวทางสะเต็มศึกษาในแง่ที่ว่าช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจปัญหาที่ซับซ้อนในโลกแห่งความจริงมากขึ้น อย่างไรก็ตามยังขาดแนวทางที่จะช่วยสนับสนุนในการจัดการเรียนการสอนเพื่อใช้ในการออกแบบการเรียนสะเต็มศึกษา (Wahid & Talib, 2017)

จากความสำคัญดังกล่าวจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาที่เอื้อให้นักเรียนได้รับความรู้ควบคู่ไปกับการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาผ่านการสร้างผลงาน เพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ที่ท้าทายและเกี่ยวข้องกับชีวิตจริงแนวคิดหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อเอื้อให้นักเรียนได้รับการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา คือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นการบูรณาการ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี เน้นการนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหา ในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในสังคมโลกโดยการพัฒนาวีธีการหรือสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์ในการ แก้ไขปัญหาซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการทำงาน นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้ ดังกล่าวยังช่วยให้นักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่าง 4 สาขาวิชา กับชีวิตจริงและการทำงาน โดยไม่เน้นการท่องจำแต่เป็นการสร้างความเข้าใจทฤษฎีผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการ พัฒนาทักษะการคิดแก้ปัญหา การหาข้อมูล การวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ๆ รวมทั้งการนำข้อค้นพบ ไปใช้หรือบูรณาการกับชีวิตจริง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) และ ควรนำกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มาประยุกต์ใช้ในหลายๆ วิชาหลากหลายสถานการณ์เพื่อพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือของนักเรียนให้อยู่ในระดับสูง

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาผ่านการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 รายวิชาชีววิทยา เรื่อง การตอบสนองของพืช ให้อยู่ในระดับสูงทั้งหมดได้

คำถามวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การตอบสนองของพืชควรมีการจัดการเรียนรู้อย่างไร
2. ผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การตอบสนองของพืช มีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือเป็นอย่างไร

จุดประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การตอบสนองของพืช
2. เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การตอบสนองของพืช

ขอบเขตของการวิจัย

1. ผู้เข้าร่วมวิจัย
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดน่าน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 โดย การเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 1 ห้องเรียน ทั้งหมด 35 คน

2. ขอบเขตเนื้อหา

2.1 วิทยาศาสตร์ (Science) คือ ความรู้ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การตอบสนองของพืช ตามสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้แก่ เรื่อง การตอบสนองของพืชต่อเอทิลีน การตอบสนองของพืชต่อความชื้น การตอบสนองของพืชต่อฮอร์โมนพืชสังเคราะห์ และการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะและแก้ปัญหา

2.2 เทคโนโลยี (Technology) คือ ความรู้ ความเข้าใจในเทคโนโลยีและกระบวนการ เทคโนโลยีการออกแบบและสร้างสิ่งของเครื่องใช้ หรือวิธีการตามกระบวนการเทคโนโลยีอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ รวมถึงการเลือกใช้เทคโนโลยีในทางสร้างสรรค์หรือพัฒนาชิ้นงานในเรื่องการตอบสนองของพีช

2.3 วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) คือ กระบวนการที่ใช้ในการวางแผนและออกแบบชิ้นงานเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา จำนวน 5 ขั้นตอน คือ 1) การระบุปัญหา 2) การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง 3) การวางแผนและพัฒนา 4) การทดสอบและประเมินผล และ 5) การนำเสนอผลลัพธ์

2.4 คณิตศาสตร์ (Mathematic) คือ ความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ ตลอดจนการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์เข้ากับศาสตร์อื่นๆ เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบและแก้ปัญหาเกี่ยวกับ เรื่อง การตอบสนองของพีช

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ (Collaborative problem solving) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการเข้าร่วมแก้ปัญหาผ่านกระบวนการแก้ปัญหาแบบกลุ่ม โดยการแบ่งปันความเข้าใจ ความรู้ ทักษะที่มีและการช่วยเหลือกันในกลุ่มในการแก้ปัญหา โดยแสดงออกถึงสมรรถนะหลัก 3 ด้าน คือ

1.1 การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน (Establishing and maintaining shared understanding) คือ ความสามารถในการระบุนความรู้ร่วมกัน ระบุนมุมมองของกลุ่มร่วมกัน และแบ่งปันความเข้าใจปัญหาร่วมกัน สามารถสื่อสารกับเพื่อร่วมทีมเกี่ยวกับสิ่งที่ทำหรือลงมือทำ

1.2 การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา (Taking appropriate action to solve the problem) คือ ความสามารถในการระบุนวิธีแก้ปัญหาร่วมกันเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาอย่างเหมาะสมเข้าใจปัญหารู้แนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสมเพื่อให้บรรลุเป้าหมายมีการสื่อสารในกลุ่มระหว่างทำงานร่วมกัน โดยการอธิบาย การอภิปราย การให้เหตุผลและการโต้แย้ง

1.3 การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม (Establishing and maintain team organization) คือ ความสามารถในการเข้าใจบทบาทหน้าที่ทั้งของตนเองและสมาชิกในกลุ่ม รวมทั้งเฝ้าติดตามและรักษากฎระเบียบที่มีร่วมกัน มีการสื่อสารและถ่ายทอดข้อมูลที่สำคัญในการแก้ปัญหาโดยตั้งอยู่บนฐานความรู้และทักษะของแต่ละบุคคล

2. การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม หมายถึง การจัดการกระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาแบบบูรณาการประกอบด้วย เนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ผสมกับแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยใช้ การออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ได้จากการสังเคราะห์ขั้นตอนของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

2.1 การระบุปัญหา เป็นขั้นที่ผู้เรียนแต่ละกลุ่มต้องช่วยกันทำความเข้าใจสถานการณ์เกี่ยวกับการตอบสนองของพืชที่ครูกำหนด โดยต้องระบุว่าปัญหาคืออะไร มีสาเหตุมาจากอะไร รวมถึงจะมีวิธีการอย่างไรในการแก้ปัญหา

2.2 การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง เป็นขั้นที่ผู้เรียนร่วมกันหาวิธีการแก้ปัญหาทั้งหมด โดยการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ จากนั้นนำข้อมูล แนวคิด หรือวิธีการที่ตนหามาได้มา แบ่งปันกับสมาชิกในกลุ่มแล้วร่วมกันอภิปรายเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดเพื่อที่จะใช้ในการออกแบบและสร้างชิ้นงานเกี่ยวกับการตอบสนองของพืช

2.3 การวางแผนและพัฒนา ในขั้นนี้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะต้องร่วมกันออกแบบชิ้นงานเกี่ยวกับการตอบสนองของพืชตามสถานการณ์และเงื่อนไขที่ครูกำหนดโดยใช้ความรู้จากที่ได้ สืบค้นข้อมูลมาผ่านการวาดภาพและแสดงรายละเอียดข้อมูลที่จำเป็นของชิ้นงาน จากนั้นผู้เรียน แต่ละกลุ่มจะต้องช่วยกันสร้างชิ้นงานตามที่ได้ออกแบบไว้

2.4 การทดสอบและประเมินผล เป็นขั้นที่ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะต้องนำชิ้นงานที่สร้างขึ้น มาทดสอบว่ามีประสิทธิภาพหรือสามารถแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้หรือไม่ หากชิ้นงานที่สร้างขึ้นผลการทดสอบไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มต้องร่วมมือกัน ปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีประสิทธิภาพและมีข้อบกพร่องน้อยที่สุด

2.5 การนำเสนอผลลัพธ์ ในขั้นนี้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะต้องมานำเสนอผลการทดสอบ ประสิทธิภาพของชิ้นงานที่สร้างขึ้นให้กับเพื่อนกลุ่มอื่นๆ ในห้องเรียนรวบรวมทั้งมีการซักถาม ให้ข้อเสนอแนะจากเพื่อนกลุ่มอื่นๆ จากครูผู้สอนถึงแนวทางในการนำไปปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานต่อไป

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้แนวทางการเพื่อพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การตอบสนองของพืช

2. เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวกับการใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมกับเนื้อหาหรือรายวิชาอื่นต่อไป

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยปฏิบัติการเพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การตอบสนองของพืช ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งมีรายละเอียดตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1. กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551

2. หลักสูตรสถานศึกษา

- 2.1 วิสัยทัศน์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
- 2.2 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน
- 2.3 คุณลักษณะอันพึงประสงค์
- 2.4 คำอธิบายรายวิชาชีววิทยา 3
- 2.5 โครงสร้างรายวิชาชีววิทยา 3

3. การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education)

- 3.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา
- 3.2 ความเป็นมาของแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
- 3.3 การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
- 3.4 แนวคิดและลักษณะที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
- 3.5 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับสะเต็มศึกษา

4. สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

- 4.1 ความหมายของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ
- 4.2 วิธีประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ
- 4.3 การวิเคราะห์การเกิดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในกระบวนการ

ออกแบบเชิงวิศวกรรม

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- 5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ
- 5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

1. เป้าหมายของวิทยาศาสตร์

ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเอง มากที่สุดเพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้จากวิธีการสังเกตการสำรวจตรวจสอบการทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการแนวคิดและองค์ความรู้การจัดการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายที่สำคัญ ดังนี้

- 1.1 เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎี และกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์
- 1.2 เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์และข้อจำกัดในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์
- 1.3 เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางเทคโนโลยี
- 1.4 เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน
- 1.5 เพื่อนำความรู้ ความเข้าใจ ในวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต
- 1.6 เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการความสามารถในการแก้ปัญหาและการจัดการทักษะในการสื่อสารและความสามารถในการตัดสินใจ
- 1.7 เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรมจริยธรรมและค่านิยมในการใช้ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

2. เรียนรู้อะไรในชีวิตวิทยา

ชีวิตวิทยาเรียนรู้เกี่ยวกับการศึกษาชีวิตวิทยาสารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิตเซลล์ ของสิ่งมีชีวิตพันธุกรรมและการถ่ายทอดวิวัฒนาการความหลากหลายทางชีวภาพโครงสร้างและ การทำงานของส่วนต่างๆ ในพืชดอก ระบบและการทำงานในอวัยวะต่างๆ ของสัตว์และมนุษย์และ สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

3. สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม

สาระชีววิทยา

3.1 เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตการศึกษาชีวิตวิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์สาร ที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิตปฏิกิริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตกล้องจุลทรรศน์โครงสร้างและ หน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์การแบ่งเซลล์และการหายใจระดับเซลล์

3.2 เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมการถ่ายทอดยีนบนโครโมโซมสมบัติ และหน้าที่ของสารพันธุกรรมการเกิดมิวเทชันเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอหลักฐานข้อมูลและแนวคิด เกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ภาวะสมดุลของฮาร์ดีไวน์เบิร์ก การเกิดสปีชีส์ใหม่ ความ หลากหลายทางชีวภาพกำเนิดของสิ่งมีชีวิตความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตและอนุกรมวิธานรวมทั้ง นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3.3 เข้าใจส่วนประกอบของพืชการแลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำของพืชการลำเลียง ของพืชการสังเคราะห์ด้วยแสงการสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโตและการตอบสนองของ พืชรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3.4 เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์และมนุษย์รวมทั้งการหายใจและการแลกเปลี่ยน แก๊ส การลำเลียงสารและการหมุนเวียนเลือดภูมิคุ้มกันของร่างกายการขับถ่ายการรับรู้และการ ตอบสนองการเคลื่อนที่การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโตฮอโมนกับการรักษาคุณภาพและ พฤติกรรมของสัตว์รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3.5 เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับระบบนิเวศกระบวนการถ่ายทอดพลังงานและการ หมุนเวียนสารในระบบนิเวศความหลากหลายของไบโอมการเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตใน ระบบนิเวศประชากรและรูปแบบการเพิ่มของประชากรทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมปัญหา และผลกระทบที่เกิดจากการใช้ประโยชน์และแนวทางการแก้ไขปัญหา

4. ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม

4.1 สาระชีววิทยา

สาระที่ 3 เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำของพืช การลำเลียงของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการ ตอบสนองของพืช รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4.2 ผลการเรียนรู้

สาระชีววิทยา สาระที่ 3 ประกอบด้วยผลการเรียนรู้ทั้งหมดจำนวน 18 ข้อ สำหรับผลการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับ เรื่องการตอบสนองของพืช สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 5 ที่ผู้วิจัยนำมาใช้ในการศึกษาวิจัย ประกอบด้วยผลการเรียนรู้จำนวน 2 ข้อ คือ

ข้อที่ 17. สืบค้นข้อมูลอธิบายบทบาทและหน้าที่ของออกซิน ไทโทโคนิน จิบเบอ เรลลิน เอทิลีนและกรดแอบไซซิกและอธิบายเกี่ยวกับการนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร

ข้อที่ 18. สืบค้นข้อมูลทดลองและอธิบายเกี่ยวกับสิ่งเร้าภายนอกที่มีผลต่อการ เจริญเติบโตของพืช

4.3 สารการเรียนรู้เพิ่มเติม

4.3.1 พืชสร้างสารควบคุมการเจริญเติบโตหลายชนิดที่ส่วนต่างๆ ซึ่งสารนี้เป็นสิ่งเร้าภายในที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น ออกซิน ไซโทไคนิน จิบเบอเรลลิน เอทิลีน และกรดแอบไซซิก

4.3.2 แสงสว่าง แรงโน้มถ่วงของโลก สารเคมีและน้ำ เป็นสิ่งเร้าภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

4.3.3 ความรู้เกี่ยวกับการตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายใน และสิ่งเร้าภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชสามารถนำมาประยุกต์ใช้ควบคุมการเจริญเติบโตของพืชเพิ่มผลผลิตและยืดอายุผลผลิตได้

5. แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

5.1 ด้านความรู้

5.1.1 บทบาทและหน้าที่ของออกซิน ไซโทไคนิน จิบเบอเรลลิน เอทิลีน และกรดแอบไซซิก จากการสืบค้น ข้อมูล การอภิปรายร่วมกันและการทำแบบทดสอบ

5.1.2 การนำสารเคมีสังเคราะห์ที่มีสมบัติเหมือนกับ สารควบคุมการเจริญเติบโตที่พืชสร้างขึ้นมาใช้ ประโยชน์ทางการเกษตรจากการสืบค้นข้อมูล และการอภิปรายร่วมกัน

5.1.3 สิ่งเร้าภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชจากการสืบค้นข้อมูลการอภิปรายร่วมกันและจากการทำแบบทดสอบ

5.2 ด้านทักษะ

5.2.1 การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อจากการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอ

5.2.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ความร่วมมือการทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำจากการทำการทดลองและการอภิปรายร่วมกัน

5.3 ด้านจิตวิทยาาสตร์

5.3.1 การใช้วิจารณญาณจากการสังเกตพฤติกรรมในการอภิปรายร่วมกัน

5.3.2 จิตวิทยาาสตร์ด้านต่างๆ จากการสังเกตพฤติกรรม ในการอภิปรายร่วมกันและการทำการทดลอง

6. คุณภาพผู้เรียน

6.1 เข้าใจโครงสร้างและส่วนประกอบของพืชทั้งรากลำต้นและใบการแลกเปลี่ยนแก๊ส การคายน้ำการลำเลียงน้ำและธาตุอาหารการลำเลียงอาหารการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช

กระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์และการปฏิสนธิของพืชดอกการเกิดผลและเมล็ดบทบาทของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชและการประยุกต์ใช้และการตอบสนองของพืช

6.2 ระบุปัญหา ตั้งคำถามที่จะสำรวจตรวจสอบโดยมีการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ สืบค้นข้อมูลจากหลายแหล่งตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้หลายแนวทางตัดสินใจเลือก ตรวจสอบสมมติฐานที่เป็นไปได้

6.3 ตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ที่แสดงให้เห็นถึงการใช้ความคิดระดับสูงที่สามารถสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับหรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบออกแบบวิธีการสำรวจตรวจสอบตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ได้อย่างเหมาะสมมีหลักฐานเชิงประจักษ์เลือกวัสดุอุปกรณ์รวมทั้งวิธีการในการสำรวจตรวจสอบอย่างถูกต้องทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพและบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบ

6.4 วิเคราะห์แปลความหมายข้อมูลและประเมินความสอดคล้องของข้อมูลเพื่อตรวจสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงวิธีการสำรวจตรวจสอบจัดทำข้อมูลและนำเสนอข้อมูลด้วยเทคนิควิธีที่เหมาะสมสื่อสารแนวคิดความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบโดยการพูดเขียนจัดแสดงหรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจโดยมีหลักฐานอ้างอิงหรือมีทฤษฎีรองรับ

6.5 แสดงถึงความสนใจมุ่งมั่นรับผิดชอบและซื่อสัตย์ในการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้เครื่องมือและวิธีการที่ให้ได้ผลถูกต้องเชื่อถือได้มีเหตุผลและยอมรับได้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้

6.6 แสดงถึงความพอใจและเห็นคุณค่าในการค้นพบความรู้พบคำตอบหรือแก้ปัญหาได้ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์แสดงความคิดเห็นโดยมีข้อมูลอ้างอิงและเหตุผลประกอบเกี่ยวกับผลของการพัฒนาและการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรมต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

6.7 เข้าใจความสัมพันธ์ของความรู้วิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อการพัฒนาเทคโนโลยีประเภทต่างๆ และการพัฒนาเทคโนโลยีที่ส่งผลให้มีการคิดค้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ก้าวหน้าผลของเทคโนโลยีต่อชีวิตสังคมและสิ่งแวดล้อม

6.8 ตระหนักถึงความสำคัญและเห็นคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวันใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการดำรงชีวิตและการประกอบอาชีพแสดงความชื่นชมภูมิใจยกย่องอ้างอิงผลงานชิ้นงานที่เป็นผลมาจาก

ภูมิปัญญาท้องถิ่นและการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัยศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมทำโครงการหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ

6.9 แสดงความซาบซึ้งห่วงใยมีพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้และรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่าเสนอตัวเองร่วมมือปฏิบัติกับชุมชนในการป้องกันดูแลรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของท้องถิ่น

หลักสูตรสถานศึกษา

1. วิสัยทัศน์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มุ่งให้ผู้เรียน มีความสามารถในการเรียนรู้ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ กระบวนการแก้ปัญหา โดยใช้ทักษะกระบวนการทางด้านวิทยาศาสตร์ รวมทั้งพัฒนาผู้เรียนให้มีเจตคติ คุณธรรม จริยธรรม ค่านิยมที่เหมาะสมต่อวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อม

2. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและกิจกรรมพัฒนาผู้เรียน มุ่งเน้นเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีสมรรถนะหรือความสามารถด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.1 ความสามารถในการสื่อสาร มีความสามารถในการรับและส่งสาร มีวัฒนธรรมในการใช้ภาษาสามารถถ่ายทอดความคิด ความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึกและทัศนะของตนเอง เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารและประสบการณ์ อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้งการเจรจาต่อรองเพื่อขจัดและลดปัญหาความขัดแย้งต่างๆ มีความสามารถในการเลือกรับ หรือไม่รับข้อมูลข่าวสารด้วยหลักเหตุผลและความถูกต้อง ตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่จะมีต่อตนเองและสังคม

2.2 ความสามารถในการคิด มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีวิจารณญาณและคิดอย่างเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

2.3 ความสามารถในการแก้ปัญหา มีความสามารถในการแก้ปัญหาและเผชิญปัญหาได้อย่างถูกต้องเหมาะสม บนพื้นฐานของหลักเหตุผล หลักคุณธรรม บนข้อมูลสารสนเทศต่างๆ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่างๆ ในสังคมสามารถแสวงหาความรู้ และประยุกต์ความรู้เพื่อใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหามีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเองสังคมและสิ่งแวดล้อม

2.4 ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต มีความสามารถในการเรียนรู้ด้วยตนเอง เรียนรู้อย่างต่อเนื่อง มีทักษะในการดำรงชีวิต ทักษะการทำงาน และทักษะในการอยู่ร่วมกันในสังคม ทักษะการสร้างเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคลสามารถจัดการปัญหาและความขัดแย้งต่างๆ ได้อย่างเหมาะสมสามารถปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและสภาพแวดล้อมและรู้จักหลีกเลี่ยงการแสดงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ที่จะส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น

2.5 ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี มีความสามารถในการเลือกและใช้เทคโนโลยีในด้านต่างๆ อย่างเหมาะสมทั้งเพื่อการเรียนรู้ การสื่อสาร การทำงานและการแก้ปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์ ถูกต้องเหมาะสมและมีคุณธรรม

2.6 ความสามารถในการทำงานเป็นทีม มีความสามารถในการเป็นทั้งผู้นำและผู้ตามที่ดี รู้จักบทบาทและหน้าที่ของตนเองสามารถปรับตัวเข้ากับสถานการณ์ใหม่ๆ และสิ่งแวดล้อมใหม่ๆ ได้ สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ รู้จักสังเกตคนรอบข้างและเพื่อนร่วมงานรู้จักใช้จุดดีและจุดแข็งของแต่ละคนให้เป็นประโยชน์ได้สามารถบริหารความขัดแย้งได้ มีจิตวิทยาในการทำงานร่วมกับคนอื่น

2.7 ความสามารถในการใช้ภาษาอังกฤษ สามารถใช้ภาษาอังกฤษในการค้นคว้าหาความรู้การเรียนรู้ การประชุมสัมมนา การเจรจาต่อรองและการทำงานร่วมกับชาวต่างชาติได้อย่างคล่องแคล่ว มีประสิทธิภาพสมวัย ทั้งด้านการพูด การอ่าน และการเขียน

2.8 ความสามารถในการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สามารถใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อหาคำตอบของปัญหาหรือสร้างองค์ความรู้

3. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

- 3.1 มีความรักชาติ ศาสน์ กษัตริย์
- 3.2 มีความภูมิใจในความเป็นไทย
- 3.3 มีจิตสาธารณะ
- 3.4 มีวินัยและมีความซื่อสัตย์สุจริต
- 3.5 มุ่งมั่นในการทำงานและดำรงชีวิตอยู่อย่างพอเพียง
- 3.6 ใฝ่เรียน ใฝ่รู้ รักการอ่านและการค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง
- 3.7 เห็นคุณค่าและความสำคัญของการวิจัยและการประดิษฐ์คิดค้น
- 3.8 ดำรงชีวิตอยู่อย่างพอเพียง

4. คำอธิบายรายวิชาชีววิทยา 3

ศึกษา วิเคราะห์ โครงสร้างเนื้อเยื่อและหน้าที่ส่วนลำต้นและรากของพืช การเจริญเติบโตของส่วนลำต้น ราก ของพืช โครงสร้างของดอก การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอก การถ่ายละอองเรณู การปฏิสนธิ และวิวัฒนาการของพืช การเกิดผล เมล็ด และการงอกของเมล็ด โครงสร้างและหน้าที่ของใบ การค้นคว้าเกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงแรงวัตถุที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ปัจจัยบางประการที่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง การแลกเปลี่ยนก๊าซ การคายน้ำ การลำเลียงสารในพืช การควบคุมการเจริญเติบโตของพืช และการตอบสนองของพืชต่อสิ่งแวดล้อม

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจ ตรวจสอบ การสังเกต การสืบค้นข้อมูล การอภิปราย สรุปเพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้มีความสามารถในการตัดสินใจนำความรู้ไปใช้ในชีวิตของตนเองดูแลรักษา สิ่งมีชีวิตอื่นเผื่อระวังและพัฒนาสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และ ค่านิยม

5. โครงสร้างรายวิชาชีววิทยา 3

โครงสร้างรายวิชาชีววิทยา 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระชีววิทยา เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำของพืช การลำเลียงของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการ ตอบสนองของพืช รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตาราง 1 แสดงโครงสร้างรายวิชาชีววิทยา 3

ชื่อหน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
โครงสร้างและการ เจริญเติบโตของพืชดอก	1. อธิบายเกี่ยวกับชนิดและลักษณะของเนื้อเยื่อพืช และเขียนแผนผังเพื่อสรุปชนิดของเนื้อเยื่อพืช 2. สังเกต อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างภายใน ของรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและรากพืชใบเลี้ยงคู่จาก การตัดตามขวาง 3. สังเกต อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างภายใน ของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่	15

ตาราง 1 (ต่อ)

ชื่อหน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
	จากการติดตามขวาง	
	4. สังเกต และอธิบาย	
การลำเลียงของพืช	5. สืบค้นข้อมูล สังเกต และอธิบายการแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำของพืช 6. สืบค้นข้อมูลและอธิบายกลไกการลำเลียงน้ำและธาตุอาหารของพืช 7. สืบค้นข้อมูล อธิบายความสำคัญของธาตุอาหาร และยกตัวอย่างธาตุอาหารที่สำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช 8. อธิบายกลไกการลำเลียงอาหารในพืช	9
การสังเคราะห์ด้วยแสง	9. สืบค้นข้อมูลและสรุปการศึกษาที่ได้จากการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ในอดีตเกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง 10. อธิบายขั้นตอนที่เกิดขึ้นในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช C3 11. เปรียบเทียบกลไกการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ ในพืช C3 พืช C4 และ พืช CAM 12. สืบค้นข้อมูล อภิปรายและสรุปปัจจัยความเข้มของแสง ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ และอุณหภูมิที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช	15
การสืบพันธุ์ของพืชดอก	13. อธิบายวัฏจักรชีวิตแบบสลับของพืชดอก 14. อธิบายและเปรียบเทียบกระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมียของพืชดอก และอธิบายการปฏิสนธิของพืชดอก 15. อธิบายการเกิดเมล็ดและการเกิดผลของพืชดอก	9

ตาราง 1 (ต่อ)

ชื่อหน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
	<p>โครงสร้างของเมล็ดและผล และยกตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากโครงสร้างต่างๆ ของเมล็ดและผล</p> <p>16. ทดลอง อธิบาย และอภิปรายเกี่ยวกับปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด สภาพพักตัวของเมล็ด และบอกแนวทางในการแก้สภาพพักตัวของเมล็ด</p>	
การควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช	<p>17. สืบค้นข้อมูล อธิบายบทบาทและหน้าที่ของออกซิน ไซโทไคนิน จิบเบอเรลลิน เอทิลีน และกรดแอบไซซิก และอภิปรายเกี่ยวกับการนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร</p> <p>18. สืบค้นข้อมูล ทดลอง และอภิปรายเกี่ยวกับสิ่งร่าภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช</p>	12

จากคำอธิบายรายวิชาและโครงสร้างรายวิชาชีววิทยา 3 ตามหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนแห่งนี้ ผู้วิจัยเลือกข้อมูลหน่วยการเรียนรู้ การควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช เรื่อง การตอบสนองของพืชต่อเอทิลีน การตอบสนองของพืชต่อความชื้น และการตอบสนองของพืชต่อฮอร์โมนพืชสังเคราะห์ เพื่อนำมาใช้ในการศึกษาวิจัยและกำหนดสถานการณ์ปัญหาให้กับผู้เรียน

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education)

1. ความหมายของสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษา คือ การสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาขาวิชา (Interdisciplinary Integration) ระหว่างศาสตร์สาขาต่างๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้นักเรียนนำความรู้ทุกแขนงวิชามาใช้ในการแก้ปัญหาและพัฒนาสิ่งต่างๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบันซึ่งอาศัยการจัดการเรียนรู้ที่ครูหลายสาขาร่วมมือกันเพราะในการทำงานจริงหรือในชีวิตประจำวันต้องใช้

ความรู้หลายด้านในการทำงานทั้งสิ้น ไม่ได้แยกใช้ความรู้เป็นส่วนต่างๆ นอกจากนี้สะเต็มศึกษายังเป็นการส่งเสริมการพัฒนาทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21 อีกด้วย (Dejarnette, et al., อ้างอิงใน พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556, น. 50)

เขมวดี พงศานนท์ (2557) ได้กล่าวว่า สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Science Literacy) การรู้เรื่องเทคโนโลยี (Technology Literacy) การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (Mathematics Literacy) และการรู้เรื่องวิศวกรรม (Engineering Literacy) เข้าด้วยกัน และอธิบายความหมายแต่ละส่วนไว้ ดังนี้

1. การรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Science Literacy) หมายถึง ความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา โลกดาราศาสตร์และอวกาศ) และความสามารถที่จะเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาต่างๆ และมีทักษะปฏิบัติการเชิงวิทยาศาสตร์

2. การรู้เรื่องเทคโนโลยี (Technology Literacy) หมายถึง ความเข้าใจและความสามารถในการใช้งานและเข้าถึงเทคโนโลยี

3. การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (Mathematics Literacy) หมายถึง ความสามารถในการวิเคราะห์ให้เหตุผล และการประยุกต์แนวคิดทางคณิตศาสตร์เพื่อนำมาอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ต่างๆ รวมถึงสามารถใช้คณิตศาสตร์ช่วยในการวินิจฉัยและตัดสินใจอีกด้วย

4. การรู้เรื่องวิศวกรรม (Engineering Literacy) หมายถึง ความเข้าใจในการพัฒนา หรือที่มาของการนำเทคโนโลยีมาใช้ โดยใช้องค์ความรู้เชิงวิศวกรรม ความรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

National Academy of Engineering and National Research Council, 2009 as cited in the Californians Dedicated to Education Foundation (2014, p. 9-10) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษา คือ การบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นวิธีการแบบสหวิทยาการควบคู่กับการนำไปใช้ในชีวิตจริงกับการเรียนรู้โดยมีปัญหามาเป็นฐานโดยสะเต็มศึกษาจะเป็นการบูรณาการทั้งสี่สาขาวิชาเพื่อเชื่อมโยงวิธีการสอน และวิธีการเรียนรู้ให้เข้าด้วยกัน ซึ่งทั้งสี่สาขาวิชาสามารถอธิบายได้ดังนี้

วิทยาศาสตร์: การศึกษาธรรมชาติของโลก รวมถึงกฎของธรรมชาติซึ่งประกอบไปด้วย ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และการนำข้อเท็จจริง หลักการ แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับทุกสาขาวิชาไปใช้โดยวิทยาศาสตร์เป็นองค์ความรู้ที่มีการสะสมมาอย่างยาวนาน และมีกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่จะช่วยให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ ซึ่งองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นจะช่วยแนะแนวทางกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

เทคโนโลยี: เทคโนโลยีประกอบด้วยระบบที่รวมถึงการดำเนินงานของผู้คน และองค์ความรู้ กระบวนการ และอุปกรณ์ที่จะช่วยสร้างและดำเนินการเกี่ยวกับสิ่งประดิษฐ์ทางเทคโนโลยี แม้ว่าในประวัติศาสตร์มนุษย์ได้สร้างเทคโนโลยีขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการของพวกเขาซึ่งในปัจจุบันส่วนมากเทคโนโลยีที่ทันสมัย เป็นผลผลิตของวิทยาศาสตร์ วิศวกรรม และเครื่องมือทางเทคโนโลยีที่ถูกใช้ในทั้งสองสาขาวิชา

วิศวกรรม: เป็นทั้งองค์ความรู้เกี่ยวกับการออกแบบ การสร้างผลิตภัณฑ์ที่มนุษย์ทำขึ้นและกระบวนการในการแก้ปัญหา ซึ่งกระบวนการนี้ คือ การออกแบบภายใต้ข้อจำกัดหนึ่งข้อจำกัด คือ กฎของธรรมชาติหรือวิทยาศาสตร์ ส่วนข้อจำกัดอื่นๆ ได้แก่ เวลา เงิน วัสดุที่มีหาได้กฎระเบียบด้านสิ่งแวดล้อม การผลิตและการทำซ้ำ ซึ่งวิศวกรรมจะใช้แนวคิดจากวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือทางเทคโนโลยี

คณิตศาสตร์: การศึกษารูปแบบและความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ ตัวเลข และพื้นที่ซึ่งแตกต่างจากด้านวิทยาศาสตร์ที่จะมีหลักฐานเชิงประจักษ์พยานที่จะช่วยยืนยัน ซึ่งในวิชาคณิตศาสตร์จะมีหลักฐานที่สามารถนำมายืนยันได้โดยผ่านข้อโต้แย้งทางตรรกะตามสมมติฐานพื้นฐาน ซึ่งรวมถึงตัวเลขและการคำนวณ พีชคณิต ฟังก์ชัน เรขาคณิต สถิติ และความน่าจะเป็น โดยคณิตศาสตร์จะถูกใช้ในทางด้านวิทยาศาสตร์ วิศวกรรม และเทคโนโลยีอีกด้วย

สำหรับสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ได้ให้ความหมาย สะเต็มศึกษา คือ แนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ในวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการทำงาน ช่วยผู้เรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่างสี่สาขาวิชากับชีวิตจริงและการทำงาน การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นเพียงการท่องจำทฤษฎี หรือกฎทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจทฤษฎี หรือกฎเหล่านั้นผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิด ตั้งคำถาม แก้ปัญหา การหาข้อมูล และวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ๆ พร้อมทั้งสามารถนำข้อค้นพบนั้นไปใช้หรือบูรณาการกับชีวิตประจำวันได้ (ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557)

สุพรรณิ ชาญประเสริฐ (2557) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาดังนี้ สะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ โดยที่การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจะต้องมีการบูรณาการพฤติกรรมที่ ต้องการหรือคาดหวังให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนเข้ากับการเรียนรู้เนื้อหาด้วยพฤติกรรมเหล่านี้รวมถึงการกระตุ้นให้เกิด

ความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การคิดอย่างมีเหตุ มีผลในเชิงตรรกะ รวมถึงทักษะของการเรียนรู้หรือการทำงานแบบร่วมมือ

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าสะเต็มศึกษา (STEM Education) หมายถึง การจัดการเรียนรู้แบบสหวิทยาการที่มีการบูรณาการศาสตร์สาขาวิชาสี่สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) โดยนำองค์ความรู้ของศาสตร์ทั้งสี่มาเชื่อมโยงกันเพื่อนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง หรือใช้ในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ตามความต้องการของมนุษย์ ซึ่งปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นไม่สามารถแก้ไขได้ด้วยศาสตร์ความรู้เพียงสาขาใดสาขาหนึ่งเท่านั้น เพราะในโลกของความเป็นจริงนั้น จำเป็นที่จะต้องอาศัยองค์ความรู้ต่างๆ มาบูรณาการเข้าด้วยกันในการดำเนินชีวิตและการทำงาน

1. ความเป็นมาของแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษา มีจุดเริ่มต้นมาจากประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งพบว่าขีดความสามารถของเยาวชนในประเทศไม่ได้เป็นอันดับหนึ่งในหลายๆ ด้านดังที่เคยเป็นมาในขณะที่หลายๆ ประเทศทั่วโลกมีความก้าวหน้าไปมากโดยพบว่าผลการทดสอบโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Program for International Student Assessment หรือ PISA) และการทดสอบด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ระดับสากล (Trends in International Mathematics and Science Study หรือ TIMSS) ของเยาวชนในประเทศสหรัฐอเมริกานั้นต่ำกว่าหลายประเทศ ซึ่งคะแนนวิชาวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ลดลง แสดงให้เห็นถึงความถดถอยของการจัดการศึกษาในปี ค.ศ. 2006 เมื่อเทียบกับปี ค.ศ. 2003 รวมทั้งรายงานของ Kappan ที่ประเมินผลว่านักเรียนอเมริกันทำคะแนนได้ต่ำที่สุดในโจทย์แก้ปัญหา นอกจากนี้ ประเทศสหรัฐอเมริกามีนักเรียนและนักศึกษาที่สนใจเรียนทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ลดจำนวนลง ประชากรวัยทำงานทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์มีจำนวนน้อยลงในผลการศึกษาระบุว่าประชากรระดับคุณภาพ ที่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอกด้านวิทยาศาสตร์ และกำลังทำงานนั้นส่วนใหญ่เป็นคนต่างชาติมากกว่าเป็นชาวอเมริกันเอง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการขาดแคลนทรัพยากรมนุษย์ ส่งผลให้เกิดปัญหาด้านเศรษฐกิจตามมา ดังนั้น นโยบายการศึกษาแบบสะเต็มศึกษาจึงเป็นแนวทางที่จะช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวได้ โดยรัฐบาลสหรัฐอเมริกาคาดหวังว่าจะช่วยยกระดับผลการทดสอบต่างๆ เช่น PISA ให้สูงขึ้น และส่งผลให้ประชากรมีคุณภาพ และจะเป็นแนวทางหนึ่งในการส่งเสริมทักษะที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 (21st Century skills) (พรทิพย์ ศิริภักทธาชัย, 2556, น. 51)

นอกจากประเทศสหรัฐอเมริกาแล้วในประเทศอื่นๆ ต่างก็ตื่นตัวและให้ความสนใจในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เช่น ในประเทศจีน โดยในปี พ.ศ. 2558 ประเทศจีนจะผลิตบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หรือ STEM Degree ประมาณ 3.5 ล้านคน ซึ่งไม่รวมในระดับปริญญาโทและปริญญาเอก ซึ่งแสดงถึงความสำคัญของสถานการณ์และความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ในอนาคต (พรทิพย์ ศิริภัทรราชย์, 2556, น. 51) ส่วนในประเทศไทยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้เห็นถึงความสำคัญของการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาจึงได้นำเสนอยุทธศาสตร์เพื่อจะส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ที่บูรณาการวิศวกรรมศาสตร์ สู่การใช้ประโยชน์ในการประกอบวิชาชีพ และการศึกษาดลอดชีวิตให้กับนักเรียนไทย (สถาบัน ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556, น. 4)

คณะกรรมการส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีมติเห็นชอบให้สถาบันการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีดำเนินโครงการสะเต็มศึกษา (STEM Education) โดยมีแผนดำเนินงาน ดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556, น. 5)

1. พ.ศ. 2556 จัดตั้งคณะทำงานและศูนย์สะเต็มศึกษา (STEM Academy) ใน 10 จังหวัด และแต่ละจังหวัดจะมีจำนวน 3 โรงเรียน รวม 30 โรงเรียน รวมทั้งประชาสัมพันธ์สร้างเครือข่ายกับหน่วยงานต่างๆ พัฒนากิจกรรมสะเต็มตลอดจนพัฒนาครูและบุคลากรสะเต็ม เพื่อสร้างแนวทางการดำเนินงานและวัดผลสะเต็มศึกษาให้เป็นรูปธรรมและหลังจากนั้นจึงจะ得以ขยายไปสู่กว้างต่อไป

2. พ.ศ. 2557 จัดให้มีการประเมินผลโครงการนำร่อง เพื่อพัฒนาเป็นแผนแม่บท (Master Plan) และแผนที่นำทาง (Roadmap) ประกอบการยกร่างนโยบายแห่งชาติ เสนอต่อรัฐบาลและเตรียมการขยายผลในทุกจังหวัด

3. พ.ศ. 2558 เริ่มจัดตั้ง iSTEM เป็นศูนย์กลางกระจายสื่อการสอนผ่านทางอินเทอร์เน็ต และร้านสะดวกซื้อเพื่อสนับสนุนสะเต็มศึกษาและจัดตั้ง STEM Hall of Fame เพื่อยกย่องเชิดชูเกียรติ นักเรียน นักศึกษา ครูอาจารย์ และทูตสะเต็ม (ผู้เชี่ยวชาญ)

มนตรี จุฬาวัดมณฑล (2556, น. 14) ได้กล่าวถึง เหตุผลหลักที่ประเทศไทยต้องเปลี่ยนวิธีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาเป็นแบบสะเต็มศึกษา มีดังต่อไปนี้

1. ความรู้และความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของเยาวชนไทยยังด้อยกว่านานาชาติ แม้ว่าสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจะได้ดำเนินงานตาม

วัตถุประสงค์ของการจัดตั้งแล้วก็ตาม แต่ก็เป็นที่ทราบกันว่าประเทศไทยยังมีขีดความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ด้อยกว่าหลายประเทศ เช่น เกาหลี สิงคโปร์ และจีน ถึงแม้ว่านักเรียนไทยสามารถชิงเหรียญรางวัลในการแข่งขันโอลิมปิกวิชาการ แต่การทดสอบความรู้และทักษะด้านการอ่านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์โดย PISA และ TIMSS แสดงให้เห็นว่าเยาวชนไทยยังแพ้เยาวชนอีกหลายประเทศ สาเหตุหลักเกิดจากการเรียนแบบท่องจำแต่ขาดทักษะในการคิดวิเคราะห์และสังเคราะห์

2. ประเทศไทยต้องการหลุดพ้นจากการเป็นประเทศที่มีรายได้ปานกลาง ในอดีตประเทศไทยเคยเป็นประเทศที่มีรายได้ต่ำแต่ปัจจุบันไทยเป็นประเทศที่มีรายได้ปานกลาง โดยการพัฒนาที่อาศัยค่าแรงราคาถูกและทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่มากมายในประเทศในอนาคตข้างหน้าค่าแรงของไทยกำลังเพิ่มสูงขึ้นและทรัพยากรเริ่มขาดแคลน ดังนั้นประเทศไทยต้องยกระดับรายได้ให้สูงขึ้นอีก ในปี พ.ศ. 2555 สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติได้นำเสนอการบูรณาการยุทธศาสตร์ประเทศ (Country Strategy) เพื่อให้ไทยหลุดพ้นจากการเป็นประเทศที่มีรายได้ปานกลาง ไทยจะต้องเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน ความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและทักษะในการสร้างนวัตกรรมเป็นสิ่งที่คนรุ่นใหม่จำเป็นต้องได้รับการพัฒนา

3. กำลังคนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไม่สามารถรองรับการแข่งขันในอนาคต ข้อมูลจากสำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ แสดงว่าในปี 2554 ประเทศไทยมีกำลังแรงงาน 39 ล้านคน แต่มีเพียง 3 ล้านคน หรือต่ำกว่าร้อยละ 10 ของแรงงานทั้งหมดที่เป็นกำลังคนที่ทำงานโดยอาศัยความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หรือกำลังคนด้านสะเต็ม (STEM workforce) ในจำนวนนี้ร้อยละ 89 สำเร็จการศึกษาต่ำกว่าปริญญาตรี

สรุป ความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education) เกิดขึ้นที่ประเทศสหรัฐอเมริกา เนื่องจากผลการทดสอบ PISA และ TIMSS ของนักเรียนสหรัฐอเมริกาได้คะแนนน้อยและนักเรียนสหรัฐอเมริกาไม่สามารถนำความรู้ในเนื้อหาที่เรียนมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ และประกอบกับบุคลากรในการทำงานทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์มีน้อยความต้องการกำลังคนด้านสะเต็มศึกษามีมากขึ้น รัฐบาลสหรัฐอเมริกาจึงเห็นถึงความสำคัญของการนำการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามาใช้เพื่อช่วยส่งเสริมให้เยาวชนมีความรู้ในเนื้อหาที่เรียนและนำความรู้ที่ได้ไปพัฒนาหรือประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงรวมถึงการประดิษฐ์หรือสร้างนวัตกรรมต่างๆ

เป็นการเตรียมพร้อมผู้เรียนให้เป็นประชากร ที่มีคุณภาพส่งเสริมทักษะที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21

3. การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

มีนักการศึกษาได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ดังนี้ คาร์เลย์ (Carley, 2012, p.3) ได้ให้ความหมายสะเต็มศึกษาไว้ว่า คือ การรวมกันของ วิชาวิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และคณิตศาสตร์ (M) ให้กลายเป็น หลักสูตรในห้องเรียน

เบียร์เนอร์ และคณะ (Breiner, et al., 2012) ได้ให้ความหมายสะเต็มศึกษา ไว้ว่า เกี่ยวข้องกับการนำสาขาวิชาต่างๆ ที่แยกกันของวิชาวิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และคณิตศาสตร์ (M) มารวมกันเป็นหนึ่ง ดังนั้น จึงเป็นการเรียนการสอน ที่บูรณาการสาขาวิชาต่างๆ เข้าด้วยกันอย่างลงตัว โดยมีจุดมุ่งหมายในการบูรณาการสาขาวิชาต่างๆ เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2556, น. 3) ได้ให้ความหมายสะเต็มศึกษา ไว้ว่าคือ แนวทางในการจัดการศึกษาที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการ หรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการทำงาน

พรทิพย์ ศิริภักทธาชัย (2556, น. 50) ได้ให้ความหมายสะเต็มศึกษา ว่าเป็นการจัดการเรียนการสอนที่บูรณาการข้ามกลุ่มสาระระหว่าง 4 สาขาวิชา คือ วิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineer: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติและวิธีการสอนของแต่ละสาขามาผสมผสานกันเพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า และการพัฒนาสิ่งต่างๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบันซึ่งอาศัยการจัดการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนหลายสาขาร่วมมือกัน เพราะในการทำงานจริงหรือในชีวิตประจำวันนั้นต้องใช้ความรู้หลายด้านในการทำงาน

สถาบันวิจัยและพัฒนา ได้ให้ความหมายสะเต็มศึกษาว่า คือ การสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชาหรือศาสตร์สาขาต่างๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineer: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) โดยมีเป้าหมายก็คือ ให้เกิดการเรียนรู้และชอบในสิ่งที่เป็นวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้เรียนรู้และทดลองทำจริงและสามารถนำความรู้ที่เรียนมาใช้ในการแก้ปัญหา ค้นคว้าและพัฒนาสิ่งต่างๆ ได้ตามสถานการณ์ปัจจุบันโดยมีการส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงการที่มุ่งแก้ไข้ปัญหา

ที่พบเห็นในชีวิตจริงเพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ นำไปสู่การสร้างนวัตกรรมผู้เรียนที่มีประสบการณ์ในการทำกิจกรรมหรือโครงการสะเต็มจะมีความพร้อมที่จะไปปฏิบัติงานที่ต้องใช้องค์ความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ในภาคการผลิตและการบริการที่สำคัญต่ออนาคตของประเทศ เช่น การเกษตร อุตสาหกรรม การพลังงาน การจัดการสิ่งแวดล้อมการบริการสุขภาพ การคมนาคม และลอจิสติกส์ เป็นต้น (สถาบันวิจัยและพัฒนา, 2556)

สรุป ความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนการสอนที่บูรณาการศาสตร์ความรู้จากสี่สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เข้าด้วยกันโดยมีจุดประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชาสามารถนำองค์ความรู้จากทั้งสี่สาขาวิชามาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริง

4. แนวคิดและลักษณะที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

พรทิพย์ ศิริภักตราชัย (2556, น. 50) ได้สรุปแนวคิดและลักษณะที่สำคัญของสะเต็มศึกษาไว้ดังนี้

1. เป็นการบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และคณิตศาสตร์ (M) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติและวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามารวมกันอย่างลงตัว กล่าวคือ

วิทยาศาสตร์ (S) เป็นวิชาที่เน้นเกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติ โดยนักการศึกษา มักชี้แนะให้อาจารย์ ครูผู้สอนใช้วิธีการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการสืบเสาะ (Inquiry-based Science Teaching) กิจกรรมการสอนแบบแก้ปัญหา (Scientific Problem-based Activities) ซึ่งเป็นกิจกรรมที่เหมาะสมกับผู้เรียน และการสอนวิทยาศาสตร์ในสะเต็มศึกษาจะทำให้นักเรียนสนใจ มีความกระตือรือร้นรู้สึกท้าทายและเกิดความมั่นใจในการเรียน ส่งผลให้ผู้เรียนสนใจที่จะเรียนในสาขาวิทยาศาสตร์ในระดับขั้นที่สูงขึ้นและประสบความสำเร็จในการเรียน

เทคโนโลยี (T) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา ปรับปรุงพัฒนาสิ่งต่างๆ หรือกระบวนการต่างๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์โดยผ่านกระบวนการทำงานทางเทคโนโลยีที่เรียกว่า Engineering Design หรือ Design Process ซึ่งคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะ ดังนั้น เทคโนโลยีจึงมิได้หมายถึงคอมพิวเตอร์หรือ ICT ตามที่คนส่วนใหญ่เข้าใจ

วิศวกรรมศาสตร์ (E) เป็นวิชาที่ว่าด้วยการคิดสร้างสรรค์ พัฒนานวัตกรรมต่างๆ โดยให้นักเรียน นักศึกษาใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีช่วยในการพัฒนา

ซึ่งคนส่วนใหญ่มักเข้าใจว่าเป็นวิชาที่สามารถเรียนได้ยาก แต่จากการศึกษาวิจัยพบว่าแม้แต่เด็กอนุบาลก็สามารถเรียนได้ดีเช่นกัน

คณิตศาสตร์ (M) เป็นวิชาที่ไม่ได้หมายถึงการนับจำนวนเท่านั้น แต่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบอื่นที่สำคัญ คือ กระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking) ซึ่งได้แก่ การเปรียบเทียบ การจำแนก/จัดกลุ่ม การ จัดแบบรูปและการบอกรูปร่างและคุณสมบัติและเกี่ยวกับภาษาทางคณิตศาสตร์ เด็กจะสามารถถ่ายทอดความคิดหรือความเข้าใจความคิดรวบยอด (Concept) ทางคณิตศาสตร์ได้โดยใช้ภาษาคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร เช่น มากกว่า น้อยกว่า เล็กกว่า ใหญ่กว่า เป็นต้น และการส่งเสริมการคิดคณิตศาสตร์ขั้นสูง (Higher-Level Math Thinking) จากกิจกรรมการเล่นของเด็กหรือการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน

2. เป็นการบูรณาการที่สามารถจัดการเรียนการสอนได้ในทุกระดับชั้นตั้งแต่ชั้นอนุบาลจนถึงมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยพบว่าในประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดเป็นนโยบายทางการศึกษาให้แต่ละรัฐนำสะเต็มศึกษามาใช้ผลจากการศึกษาพบว่า ครูผู้สอนใช้วิธีการสอนแบบ Project-based Learning, Problem-based Learning, Design-based Learning ทำให้นักเรียนสามารถสร้างสรรค์พัฒนาชิ้นงานได้ดีและถ้าครูผู้สอนสามารถใช้สะเต็มศึกษาในการสอนได้เร็วเท่าใดจะยิ่งช่วยเพิ่มความสามารถและศักยภาพผู้เรียนได้มากขึ้นเท่านั้น ซึ่งในขณะนี้ในบางรัฐของประเทศสหรัฐอเมริกามีการนำสะเต็มศึกษาไปสอนตั้งแต่วัยก่อนเรียน (Preschool) ด้วย

3. เป็นการสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการด้านต่างๆ อย่างครบถ้วนและสอดคล้องกับแนวการพัฒนาคนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 เช่น

3.1 ด้านปัญญา ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชา

3.2 ด้านทักษะการคิด ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิด โดยเฉพาะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ เป็นต้น

3.3 ด้านคุณลักษณะผู้เรียนมีทักษะการทำงานกลุ่ม ทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพการเป็นผู้นำตลอดจนการยอมรับคำวิพากษ์วิจารณ์ของผู้อื่น

มนตรี จุฬาววัฒนทล (2556, น. 16) ได้สรุปลักษณะที่สำคัญของสะเต็มศึกษาเป็นวิธีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ในทุกระดับชั้น ตั้งแต่ชั้นอนุบาล ประถมศึกษา มัธยมศึกษา ไปจนถึงอาชีวศึกษาและระดับอุดมศึกษา โดยไม่เน้นเพียงการท่องจำสูตรหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์หรือสมการคณิตศาสตร์เพียงอย่างเดียวแต่สะเต็มศึกษาจะฝึกให้ผู้เรียนรู้จักวิธีคิด การตั้งคำถาม แก้ปัญหาและสร้างทักษะการหาข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อค้นพบ

ใหม่ๆ ทำให้ผู้เรียนรู้จักนำองค์ความรู้จากวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์สาขาต่างๆ มาบูรณาการกันเพื่อมุ่งแก้ปัญหาสำคัญๆ ที่พบในชีวิตจริง

ดังนั้น สะเต็มศึกษาจึงมักเน้นการทำโครงการแก้ปัญหาหรือสร้างนวัตกรรมใหม่โดยวิธีบูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ก่อให้เกิดเทคโนโลยีที่ใช้ประโยชน์ ส่วนวิศวกรรมในสะเต็มศึกษาระดับโรงเรียน หมายถึง การสร้างการดัดแปลง การทำต้นแบบรวมถึงการออกแบบกระบวนการผลิต หรือการบริการโดยการประยุกต์ความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีไม่ได้จำกัดเฉพาะวิศวกรรมสาขาที่เรียนในคณะวิศวกรรมศาสตร์ในสถาบันอุดมศึกษาเท่านั้น

อภิสิทธิ์ ธงไชย (2556, น. 35-37) ได้สรุปลักษณะที่สำคัญของสะเต็มศึกษา ไว้ดังนี้

สะเต็มศึกษา หรือ STEM Education เป็นคำย่อมาจาก วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) อย่างไรก็ตามเมื่อกล่าวถึงคำว่า สะเต็ม จะพบว่า นักการศึกษาที่มีความเข้าใจที่แตกต่างกันออกไปค่อนข้างหลากหลาย โดยเฉพาะคำว่าเทคโนโลยี และวิศวกรรม (Technology and Engineering) จึงได้สรุปความหมายและแนวทางในการใช้คำว่าวิศวกรรมศาสตร์สำหรับระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานที่ปรากฏในประเทศสหรัฐอเมริกาไว้ ดังนี้

วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) ในที่นี้จะมีความหมายเกี่ยวกับการออกแบบ (design) วางแผน (planning) การแก้ปัญหา (problem solving) การใช้องค์ความรู้จากศาสตร์ต่างๆ มาสร้างสรรค์ผลงานภายใต้ข้อจำกัดหรือเงื่อนไข (constraints and criteria) ที่กำหนดโดยส่วนมากเรามักจะพูดถึงการออกแบบว่ากระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (Engineering design process) ซึ่งจะเห็นได้ว่า วิศวกรรมในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานที่กล่าวถึงนั้นไม่ได้มีความหมายลุ่มลึกจนทำให้ยากต่อการปฏิบัติในระดับชั้นเรียนแต่อย่างใด หากแต่เป็นการนำเอาองค์ความรู้ โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างสรรค์ผลงานและเชื่อมโยงกับโลกแห่งความเป็นจริงเท่านั้นซึ่งถือได้ว่าเป็นคำใหม่ที่ปรากฏในการศึกษาระดับขั้นพื้นฐาน ดังนั้น จึงนำเสนอความหมายของเทคโนโลยีและวิศวกรรมตามที่ใช้กันทั้งในประเทศต้นตำหรับอย่างสหรัฐอเมริกาหรือแม้กระทั่งสิ่งที่เคยเป็นอยู่ในประเทศไทย

กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมนี้เป็นเพียงกระบวนการทำงานที่จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจถึงการทำงานอย่างเป็นขั้นตอนรู้จักการวางแผน การแก้ปัญหา เข้าใจถึงกระบวนการที่ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ใหม่ของวิศวกรที่ต้องมีการวางแผนการทำงาน การทดสอบ ปรับปรุงแก้ไข การคิดค้นหาแนวทางที่หลากหลายเพื่อทดสอบวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งจะเห็นได้ว่ากระบวนการนี้จะคล้ายกันกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องมีปัญหาหรือข้อสงสัย การตั้งสมมติฐานการ

ออกแบบการทดลอง และการลงข้อสรุป โดยจุดต่างที่สำคัญของระหว่างกระบวนการทางวิศวกรรม และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ การออกแบบทางเลือกเพื่อแก้ปัญหาที่หลากหลาย แล้ววิเคราะห์แนวทางที่เหมาะสมที่สุดซึ่งอาจมิใช่แนวทางที่ถูกต้องที่สุด (optimum rather than right) ซึ่งเกิดขึ้นในกระบวนการทางวิศวกรรม นอกจากนี้ กระบวนการทางวิศวกรรมเน้นที่การประยุกต์ใช้องค์ความรู้เพื่อแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์ผลงานออกมา ในขณะที่กระบวนการทางวิทยาศาสตร์มักมุ่งไปที่การได้มาซึ่งคำตอบของข้อสงสัยหรือองค์ความรู้ที่เป็นทฤษฎีเท่านั้น

อย่างไรก็ตาม กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หรือแนวทางการสืบเสาะหาความรู้ (inquiry) ยังคงต้องใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เช่นเดิม เพียงแต่การเรียนการสอนในชั้นเรียนควรให้มีการลงมือปฏิบัติด้วยการสร้างสรรค์ชิ้นงานซึ่งอาจเป็นลักษณะของโครงการ (project-based learning) การใช้ปัญหาเป็นฐาน (problem based learning) ให้มากขึ้นและเน้นการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง จะทำให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของการเรียนรู้ทฤษฎีและสามารถนำองค์ความรู้จากศาสตร์ต่างๆ มาบูรณาการกันเพื่อแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ๆ

เทคโนโลยี (Technology) ตามแนวทางของสะเต็มศึกษา การศึกษาด้านเทคโนโลยี ในประเทศสหรัฐอเมริกาที่มีการจัดการเรียนรู้วิชาเทคโนโลยีศึกษา หรือ Technology Education ซึ่งเป็นวิชาที่เกี่ยวกับการเข้าใจเทคโนโลยีโดยกว้าง (technology literacy) มุ่งเน้นให้รู้จักการสร้างสรรค์และแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ (Systems thinking) ซึ่งโดยรวมแล้วจะเป็นการรวมแนวคิดของเทคโนโลยีโดยทั่วไปกับการออกแบบทางวิศวกรรมเข้าด้วยกัน ในขณะที่การศึกษาด้านวิศวกรรมนั้นจะปรากฏในระดับมหาวิทยาลัยมากกว่า ส่วนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานก็มีอยู่บ้าง โดยอาจใช้ชื่อเรียกต่างกันไปและขึ้นอยู่กับความพร้อมของแต่ละสถานศึกษาแต่ไม่ได้เป็นมาตรฐานหรือกรอบหลักสูตรที่ชัดเจนจะถูกรวมไว้ในวิชาเทคโนโลยีศึกษามากกว่าและปรากฏบ้างในบางโครงการพิเศษ เช่น Engineering By Design (EDb), Innovation invention and inquiry (1) ซึ่งทั้งหมดนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการ Project Lead the Way หรือบางแห่งอาจใช้ โปรแกรมที่เรียกว่า Engineering is Elementary (EIE)

การศึกษาด้านเทคโนโลยีในประเทศไทย ความหมายเทคโนโลยีตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาออกแบบและเทคโนโลยี เทคโนโลยี หมายถึง การนำความรู้ ทักษะ และทรัพยากรมาสร้างสิ่งของเครื่องใช้ หรือวิธีการโดยผ่านกระบวนการเพื่อแก้ปัญหาสนองความต้องการหรือเพิ่มความสามารถในการทำงานของมนุษย์ อย่างไรก็ตามในหลักสูตรจะเรียกว่าสาระการออกแบบและเทคโนโลยี ซึ่งถูกรวมไว้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ผสมกับบริบทของประเทศไทย

และแนวคิดของคำว่า การออกแบบ ตามแนวทางของอังกฤษและแนวคิดด้านเทคโนโลยีศึกษาของอเมริกาจึงทำให้แนวกิจกรรมการเรียนรู้มีส่วนที่แตกต่างจาก technology education ในอเมริกาอยู่บ้าง วิชาการออกแบบและเทคโนโลยี (Design and Technology) มีเป้าหมายที่จะพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีเพื่อดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้กระบวนการเทคโนโลยีเพื่อแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ โดยออกแบบและสร้างผลิตภัณฑ์หรือวิธีการอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ มีการบูรณาการกับศาสตร์อื่นอย่างเหมาะสม เห็นคุณค่าและเลือกใช้เทคโนโลยีโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิตสังคมและสิ่งแวดล้อมโดยรวม แนวคิดของเทคโนโลยีและวิศวกรรมเข้าด้วยกันเพื่อการบูรณาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการของมนุษย์ด้วยการสร้างสรรค์ผลงาน นวัตกรรม รวมถึงระบบหรือวิธีการทั้งนี้ยังเป็นการฝึกให้ผู้เรียนได้มองเห็นถึงความเชื่อมโยง ของการเรียนรู้กับชีวิตจริงและยังนำไปสู่การมองเห็นแนวทางการประกอบอาชีพในอนาคต

เทคโนโลยีและวิศวกรรมโดยความหมายทั่วไปอาจมีข้อแตกต่างกันอยู่บ้าง กล่าวคือ วิศวกรรมจะมุ่งเน้นที่กระบวนการทำงานหรือแก้ปัญหา ในขณะที่เทคโนโลยีจะเป็นผลจากการพัฒนาปรับปรุงของวิศวกรรม อย่างไรก็ตามในการจัดการเรียนการสอนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานนั้นจะไม่ได้แยกกันอย่างชัดเจนจะผนวกเอาแนวคิดของทั้งสองศาสตร์เข้าด้วยกันโดยการบูรณาการกับศาสตร์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องโดยเฉพาะวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ซึ่งรวมเรียกว่า STEM หรืออาจจะผนวกกับศิลปะกลายเป็น STEAM โดยทั้งหมดนี้มีเป้าหมาย เพื่อการเสริมสร้างทักษะสำคัญของโลกในศตวรรษที่ 21 นั่นเอง

สรุป แนวคิดและลักษณะที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา คือ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นำวิธีการสอนของทั้งสี่สาขาวิชามารบูรณาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สามารถนำไปใช้ได้กับนักเรียนในทุกระดับชั้นของการศึกษาเป็นการเตรียมความพร้อมของผู้เรียนเพื่อเข้าสู่อาชีพทางด้านสะเต็มศึกษา และเป็นการพัฒนาทักษะที่จำเป็นของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21

5. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับสะเต็มศึกษา

จากลักษณะของสะเต็มศึกษาจะเห็นได้ว่า เป็นการบูรณาการสาขาวิชาต่างๆ ทั้งสี่สาขาวิชา โดยการใช้ทั้งองค์ความรู้และทักษะในเชิงปฏิบัติการ ดังนั้นจะเห็นได้ว่ามีรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีความสอดคล้องกับแนวคิดสะเต็มศึกษาดังนี้ (สกนธ์ชัย ชะนูนันท์, 2559) ดังนี้ คือ

5.1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (Inquiry-based learning)

การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักคิดด้วยตนเอง รู้จักค้นคว้าหาเหตุผลและสามารถนำองค์ความรู้ที่นำมาแก้ปัญหาได้โดยการนำเอาวิธีการต่างๆ ของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ นอกจากนี้ยังเป็นการเรียนเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อีกด้วย ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะมีดังนี้

ขั้นที่ 1: การสร้างความสนใจ (Engage)

ในขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการเรียนรู้ที่จะนำเข้าสู่บทเรียนโดยจุดประสงค์ที่สำคัญของขั้นตอนนี้คือ การทำให้ผู้เรียนสนใจใคร่รู้ ในกิจกรรมที่จะนำเข้าสู่บทเรียนนี้ ควรจะเชื่อมโยงประสบการณ์การเรียนรู้เดิมกับปัจจุบันเข้าด้วยกัน ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนสนใจจดจ่อที่จะศึกษาความคิดรวบยอด กระบวนการหรือทักษะและเริ่มคิดเชื่อมโยงความคิดรวบยอด กระบวนการหรือทักษะกับประสบการณ์เดิม

ขั้นที่ 2: การสำรวจและค้นหา (Explore)

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่จะทำให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ร่วมกันในการสร้าง และพัฒนาความคิดรวบยอดกระบวนการและทักษะ โดยจะต้องมีการให้เวลาและให้โอกาสแก่ผู้เรียนในการทำกิจกรรมการสำรวจ และค้นหาสิ่งที่ผู้เรียนต้องการเรียนรู้ตามความคิดเห็นผู้เรียนแต่ละคน หลังจากนั้นผู้เรียนแต่ละคนจะได้อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับการคิดรวบยอด กระบวนการและทักษะในระหว่างที่ผู้เรียนทำกิจกรรมสำรวจและค้นหา ซึ่งนี่จะเป็นโอกาสที่ผู้เรียนจะได้ตรวจสอบหรือเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความคิดรวบยอดของผู้เรียนที่ยังไม่ถูกต้องและไม่สมบูรณ์โดยการให้ผู้เรียนอธิบาย และยกตัวอย่างเกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้เรียน

ขั้นที่ 3: การอธิบาย (Explain)

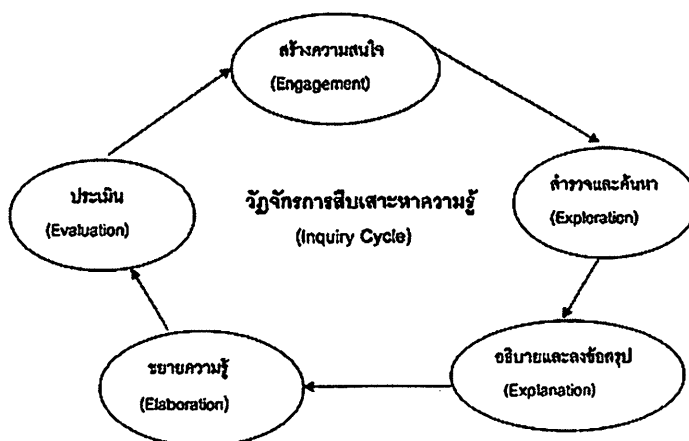
ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนได้พัฒนาความสามารถในการอธิบาย ความคิดรวบยอดที่ได้จากการสำรวจและค้นหา โดยผู้สอนนั้นควรให้โอกาสแก่ผู้เรียนได้อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันเกี่ยวกับทักษะหรือพฤติกรรมการเรียนรู้ เพราะการอธิบายนั้นต้องการให้ผู้เรียนได้ใช้ข้อสรุปร่วมกันในการเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้ในช่วงเวลาที่เหมาะสมนี้ผู้สอนควรชี้แนะผู้เรียนเกี่ยวกับการสรุปและการอธิบายรายละเอียด แต่จะต้องเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง เพราะผู้เรียนจะได้พัฒนาความสามารถในการอธิบายด้วยตัวผู้เรียนเอง บทบาทของผู้สอนเพียงแต่ชี้แนะผ่านทางกิจกรรมเพื่อให้ผู้เรียนมีโอกาสอย่างเต็มที่ในการพัฒนาความรู้ความเข้าใจในความคิดรวบยอดให้ชัดเจนในที่สุดผู้เรียนควรจะอธิบายความคิดรวบยอดได้อย่างเข้าใจ โดยเชื่อมโยงประสบการณ์ความรู้เดิมและสิ่งที่เรียนรู้เข้าด้วยกัน

ขั้นที่ 4: การขยายความรู้ (Elaborate)

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนได้ยืนยันและขยายหรือเพิ่มเติมความรู้ ความเข้าใจ ในความคิดรวบยอดให้กว้างขวางและลึกซึ้งยิ่งขึ้นอีกทั้งยังเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะ และปฏิบัติตามที่ผู้เรียนต้องการในกรณีที่ผู้เรียนไม่เข้าใจหรือยังสับสนอยู่ หรืออาจจะเข้าใจเฉพาะ ข้อสรุปที่ได้จากการปฏิบัติการสำรวจและค้นหาเท่านั้น ดังนั้นควรจะมีการให้ประสบการณ์ใหม่ เพื่อผู้เรียนจะได้พัฒนาความรู้ความเข้าใจในความคิดรวบยอดให้กว้างขวางและลึกซึ้งขึ้นโดย เป้าหมายที่สำคัญของขั้นนี้ คือ ผู้สอนควรชี้แนะให้ผู้เรียนได้นำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันจะทำให้ผู้เรียนเกิดความคิดรวบยอด กระบวนการและทักษะเพิ่มขึ้น

ขั้นที่ 5: การประเมินผล (Evaluate)

ขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะได้รับข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับการอธิบายความรู้ความเข้าใจ ของตนเอง ระหว่างการเรียนการสอนในขั้นนี้ของรูปแบบการสอน ผู้สอนจะกระตุ้นหรือส่งเสริมให้ผู้เรียน ประเมินความรู้ความเข้าใจ และความสามารถของตนเองและผู้สอนยังสามารถประเมินความรู้ ความเข้าใจและพัฒนาทักษะของผู้เรียนได้อีกด้วย



ภาพ 1 แสดงวงจรกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะ

ที่มา: BSCS 2006

5.2 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้การวิจัยเป็นฐาน (Research-based learning)

การจัดการเรียนรู้ที่ใช้การวิจัยเป็นฐาน (Research-based Learning หรือ RBL) หมายถึง การนำกระบวนการวิจัยหรือผลการวิจัยมาเป็นพื้นฐานในการจัดการเรียนรู้หรือนำเอากระบวนการวิจัยมาเป็นเครื่องมือในการแสวงหาความรู้ เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะ กระบวนการวิจัยและการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง โดยผู้สอนหรือครูใช้วิธีการสอนที่หลากหลาย

อันนำไปสู่การสร้างคุณลักษณะที่พึงประสงค์ให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน ขั้นตอนและกระบวนการเรียนรู้ของรูปแบบการเรียนรู้ที่ใช้การวิจัยเป็นฐานจะมีทั้งหมด 8 ขั้น ซึ่งในทุกขั้นตอนนั้นผู้เรียนจะเป็นผู้ดำเนินการทั้งหมดแต่จะได้รับความช่วยเหลือจากผู้สอนอย่างใกล้ชิดในทุกขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1: เลือกหัวข้อวิจัยที่จะศึกษาวิจัย

ในขั้นนี้ผู้สอนจะต้องให้ผู้เรียนเลือกหัวข้อวิจัยที่ต้องการศึกษาด้วยตนเอง โดยผู้สอนจะทำหน้าที่แค่ช่วยแนะว่าหัวข้อที่ผู้เรียนเลือกมานั้นเหมาะสมหรือไม่เพียงใด

ขั้นที่ 2: สืบหาข้อมูลเบื้องต้น

ขั้นนี้ผู้เรียนจะทำการสืบหาข้อมูลต่างๆ เพื่อนำมาทำวิจัย ผู้สอนอาจจะมีการแนะแนวทางในการหาข้อมูลเพิ่มเติมให้กับผู้เรียน

ขั้นที่ 3: กำหนดประเด็นหัวข้อที่จะวิจัย

ขั้นนี้ผู้สอนจะต้องช่วยให้ผู้เรียนสามารถระบุปัญหาการวิจัยได้ชัดเจน โดยสอนและฝึกทักษะ กระสังเกตุปัญหา ตั้งคำถาม รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ปัญหาและระบุปัญหาที่แท้จริง

ขั้นที่ 4: ตั้งสมมติฐาน/คาดคะเนคำตอบ

ขั้นนี้ผู้สอนจะต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถตั้งสมมติฐาน โดยฝึกให้ผู้เรียนรู้จักวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล หาสาเหตุคาดเดาคำตอบของปัญหาอย่างมีหลักการและมีหลักฐานรองรับและตั้งสมมติฐานที่เหมาะสม

ขั้นที่ 5: การออกแบบการวิจัย/วิธีการหาข้อมูล

ในขั้นนี้ผู้สอนจะต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพิสูจน์ทดสอบสมมติฐาน โดยสอนและฝึกให้ผู้เรียนได้เรียนรู้กระบวนการและวิธีการในการออกแบบการพิสูจน์หรือทดสอบสมมติฐานที่เหมาะสมกับศาสตร์ของเรื่องที่วิจัย

ขั้นที่ 6: การรวบรวมข้อมูล

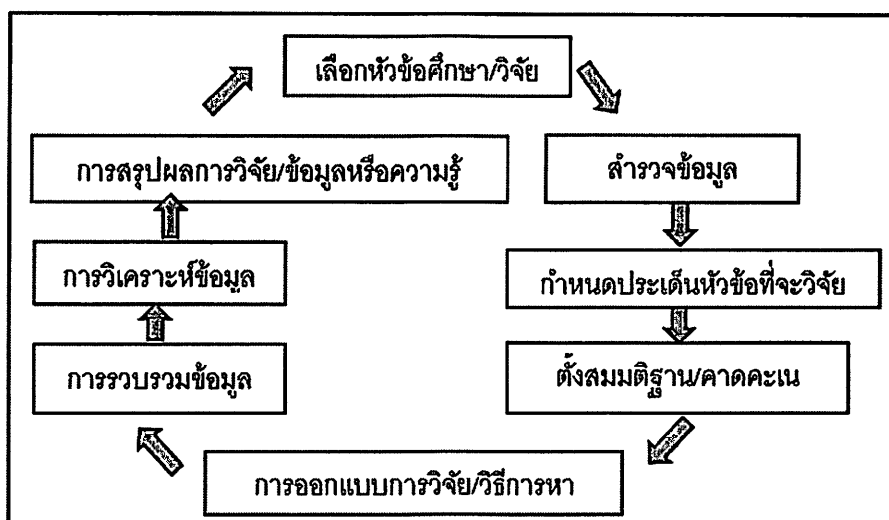
ผู้สอนจะต้องช่วยให้ผู้เรียนสามารถรวบรวมข้อมูลได้ โดยสอนและฝึกให้ผู้เรียนรู้จักวิธีการแสวงหาข้อมูล วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิธีการสร้างเครื่องมือที่เหมาะสมกับเรื่องที่ทำการวิจัย

ขั้นที่ 7: การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้สอนจะต้องส่งเสริมสนับสนุนให้ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้โดยสอน และฝึกให้ผู้เรียนรู้จักกับวิธีที่เหมาะสมกับศาสตร์ของเรื่องที่วิจัยในการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้สถิติต่างๆ การกำหนดเกณฑ์ประเมินและการนำเสนอข้อมูล

ขั้นที่ 8: การสรุปผลการวิจัย/ข้อมูลหรือความรู้

ผู้สอนจะต้องส่งเสริมสนับสนุนให้ผู้เรียนสามารถสรุปผลได้ โดยสอนและฝึกให้ผู้เรียนรู้จักวิธีการสรุปข้อมูลและการตอบสมมติฐาน



ภาพ 2 แสดงวงจรกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบการใช้การวิจัยเป็นฐาน
ที่มา: สกนธ์ชัย ชะนูนันท์, 2559

5.3 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based learning)

การจัดการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning: PBL) เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เริ่มต้นจากปัญหาที่เกิดขึ้นโดยสร้างความรู้จากกระบวนการทำงานกลุ่ม ตัวปัญหาจะเป็นจุดตั้งต้นของกระบวนการเรียนรู้และเป็นตัวกระตุ้นการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา ด้วยเหตุผล และการสืบค้นหาข้อมูลเพื่อเข้าใจกลไกของตัวปัญหา รวมทั้งวิธีการแก้ปัญหา ซึ่งรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ดีได้ว่าเป็นเครื่องมือในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามเป้าหมายเน้นการให้ผู้เรียนเผชิญสถานการณ์ปัญหาจริงหรือสภาพการณ์ให้ผู้เรียนเผชิญปัญหา สำนักวิจัยมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย (2553) ได้กำหนดขั้นตอนในการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดปัญหา

ในขั้นตอนการกำหนดปัญหา (Problem) ผู้สอนแบ่งกลุ่มนักเรียนเพื่อร่วมกันระบุปัญหา จากโจทย์ที่ได้รับมอบหมายให้มีความชัดเจน

ขั้นตอนที่ 2 การระดมสมอง

ในขั้นตอนการระดมสมอง (Brain storming) จากกลุ่มนักเรียนที่แบ่งไว้ในขั้นตอนที่ 1 จะเริ่มเข้าใจปัญหาให้มากขึ้นโดยการแตกปัญหาออกเป็นประเด็นย่อยๆ เชื่อมโยงปัญหาโดยใช้ "ความรู้เดิม" ก่อน

ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์ปัญหา

ในขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหา (Problem analysis) เริ่มต้นจากการให้กลุ่มนักเรียนวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้เหตุผลซึ่งให้กลุ่มนักเรียนกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้เพื่อค้นหาข้อมูลที่จะอธิบายผลการวิเคราะห์ที่ตั้งไว้ นักเรียนสามารถบอกได้ว่าความรู้ส่วนใดรู้แล้ว ส่วนใดต้องกลับไปทบทวน ส่วนใดยังไม่รู้หรือจำเป็นต้องไปค้นคว้าเพิ่มเติม

ขั้นตอนที่ 4 การวางแผนการศึกษาค้นคว้า

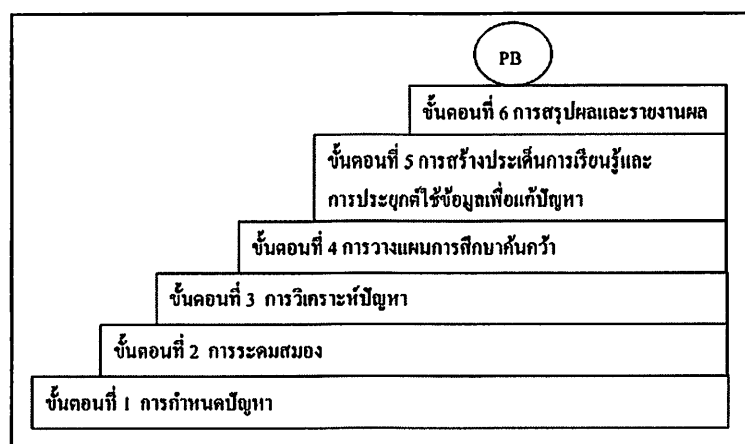
ในขั้นตอนการวางแผนการศึกษาค้นคว้า (Planning) นักเรียนได้วางแผนการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลความรู้จากแหล่งต่างๆ การจัดสรรแบ่งงานกันของนักเรียนในกลุ่ม

ขั้นตอนที่ 5 การสร้างประเด็นการเรียนรู้และประยุกต์ใช้ข้อมูลเพื่อแก้ปัญหา

ในขั้นตอนการสร้างประเด็นการเรียนรู้และประยุกต์ใช้ข้อมูลเพื่อแก้ปัญหา (Learning and application) โดยกลุ่มนักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาซึ่งเป็น “ความรู้ใหม่” เป็น input ของการแก้ปัญหา ซึ่งคาดว่าส่วนหนึ่งจะประกอบด้วยแนวคิดหลักการหรือทฤษฎีที่ต้องการให้นักเรียนได้เรียนรู้ในหน่วยการสอนนั้นๆ รวมทั้งคำตอบบางส่วนที่ได้จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ในขั้นตอนนี้ผู้สอนมีบทบาทที่ต้องศึกษาแหล่งข้อมูลต่างๆ ก่อนมอบหมายให้นักเรียนไปค้นคว้าแล้วตรวจสอบข้อมูลที่นักเรียนได้รวบรวมมาว่าสอดคล้องกับสิ่งที่ต้องการให้นักเรียนเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาและเพียงพอสำหรับการแก้ปัญหาแล้วหรือยัง) จากนั้นกลุ่มนักเรียนทำการวิเคราะห์สังเคราะห์และประยุกต์ใช้ข้อมูลสำหรับการแก้ปัญหาที่ได้กำหนดไว้จนได้ผลลัพธ์ (Output) ซึ่งเป็นคำตอบสำหรับปัญหา

ขั้นตอนที่ 6 การสรุปผลและรายงานผล

ในขั้นตอนสุดท้ายเป็นการสรุปและรายงานผล (Summary and report) เป็นสิ่งที่ได้เรียนรู้



ภาพ 3 แสดงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ที่มา: สำนักวิจัยมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย, 2553

5.4 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้การทำโครงการเป็นฐาน (Project-based learning)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน มุ่งเน้นพัฒนาผู้เรียนในด้านทักษะและกระบวนการเรียนรู้และพัฒนาผู้เรียนให้สามารถเรียนรู้โดยการชี้นำตนเอง ซึ่งผู้เรียนจะได้ฝึกฝนการสร้างองค์ความรู้โดยผ่านกระบวนการคิดด้วยการแก้ปัญหาอย่างมีความหมายต่อผู้เรียนก่อให้เกิดการเรียนรู้เป็นกระบวนการตลอดชีวิต (lifelong process) ซึ่งดุซงกี โยเหลา และคณะ (2557) แนวคิดที่ปรับจากการศึกษาการจัดการเรียนรู้ แบบ PBL ที่ได้จากโครงการสร้างชุดความรู้เพื่อส่งเสริมทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ของเด็กและเยาวชน : จากประสบการณ์ความสำเร็จของโรงเรียนไทย มีทั้งหมด 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นให้ความรู้พื้นฐาน

ครูให้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการทำโครงการก่อนการเรียนรู้ เนื่องจากการทำโครงการมีรูปแบบและขั้นตอนที่ชัดเจนและรัดกุม ดังนั้นนักเรียนจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีความรู้เกี่ยวกับโครงการไว้เป็นพื้นฐานเพื่อใช้ในการปฏิบัติขณะทำงานโครงการจริงในขั้นแสวงหาความรู้

ขั้นที่ 2 ขั้นกระตุ้นความสนใจ

ครูเตรียมกิจกรรมที่จะกระตุ้นความสนใจของนักเรียน โดยต้องคิดหรือเตรียมกิจกรรมที่ดึงดูดให้นักเรียนสนใจใคร่รู้ถึงความสนุกสนานในการทำโครงการหรือกิจกรรมร่วมกันโดยกิจกรรมนั้นอาจเป็นกิจกรรมที่ครูกำหนดขึ้น หรืออาจเป็นกิจกรรมที่นักเรียนมีความสนใจต้องการจะทำอยู่แล้ว ทั้งนี้ในการกระตุ้นของครูจะต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนเสนอจากกิจกรรมที่ได้เรียนรู้ผ่านการจัดการเรียนรู้ของครูที่เกี่ยวข้องกับชุมชนที่นักเรียนอาศัยอยู่หรือเป็นเรื่องใกล้ตัวที่สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง

ขั้นที่ 3 ขั้นจัดกลุ่มร่วมมือ

ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มกันแสวงหาความรู้ ใช้กระบวนการกลุ่มในการวางแผนดำเนินกิจกรรม โดยนักเรียนเป็นผู้ร่วมกันวางแผนกิจกรรมการเรียนรู้ของตนเอง โดยระดมความคิดและหารือแบ่งหน้าที่เพื่อเป็นแนวทางปฏิบัติร่วมกัน หลังจากที่ได้ทราบหัวข้อสิ่งที่ตนเองต้องเรียนรู้ในภาคเรียนนั้นๆ เรียบร้อยแล้ว

ขั้นที่ 4 ขั้นแสวงหาความรู้

ในขั้นแสวงหาความรู้มีแนวทางปฏิบัติสำหรับผู้เรียนในการทำกิจกรรม ดังนี้ นักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมโครงการตามหัวข้อที่กลุ่มสนใจ ผู้เรียนปฏิบัติหน้าที่ของตนตามข้อตกลงของกลุ่ม พร้อมทั้งร่วมมือกันปฏิบัติกิจกรรม โดยขอคำปรึกษาจากครูเป็นระยะเมื่อมีข้อสงสัยหรือปัญหาเกิดขึ้นผู้เรียนร่วมกันเขียนสรุปรายงานจากโครงการที่ตนปฏิบัติ

ขั้นที่ 5 ขั้นสรุปสิ่งที่เรียนรู้

ครูให้นักเรียนสรุปสิ่งที่เรียนรู้จากการทำกิจกรรม โดยครูใช้คำถาม ถามนักเรียนนำไปสู่การสรุปสิ่งที่เรียนรู้

ขั้นที่ 6 ขั้นนำเสนอผลงาน

ครูให้นักเรียนนำเสนอผลการเรียนรู้ โดยครูออกแบบกิจกรรมหรือจัดเวลาให้นักเรียนได้เสนอสิ่งที่ตนเองได้เรียนรู้ เพื่อให้เพื่อนร่วมชั้น และนักเรียนอื่นๆ ในโรงเรียนได้ชมผลงานและเรียนรู้กิจกรรมที่นักเรียนปฏิบัติในการทำโครงการ



ภาพ 4 แสดงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน

ที่มา: ดุษฎี โยเหลาและคณะ, 2557: 20-23

5.5 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เป็นการเรียนรู้ที่ผนวกวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม เพื่อที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้ ความเข้าใจ และพัฒนาความรู้ความสามารถในด้านวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีเพื่อนำมาออกแบบชิ้นงาน ซึ่งชิ้นงานนั้นสามารถนำมาแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวันได้ซึ่งกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีขั้นตอนดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557)

ขั้นที่ 1: การระบุปัญหา (Identify a challenge)

ขั้นตอนนี้เริ่มต้นจากการที่ผู้แก้ปัญหาตระหนักถึงสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวัน และจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (innovation) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวในการแก้ปัญหา ในชีวิตจริงบางครั้งคำถามหรือปัญหาที่เราระบุ อาจประกอบด้วยปัญหาย่อยในขั้นตอนของการระบุปัญหา ผู้แก้ปัญหามustพิจารณาปัญหาหรือกิจกรรมย่อยที่ต้องเกิดขึ้นเพื่อประกอบเป็นวิธีการในการแก้ปัญหาใหญ่ด้วย

ขั้นที่ 2: การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (explore ideas)

ขั้นตอนนี้จะทำการรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาดังกล่าว ในการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องผู้แก้ปัญหามักมีการดำเนินการในขั้นตอนนี้ผู้แก้ปัญหามustพิจารณาแนวคิดหรือความรู้ทั้งหมดที่สามารถใช้แก้ปัญหา และจดบันทึกแนวคิดไว้เป็นทางเลือกและหลังจากการรวบรวมแนวคิดเหล่านั้นแล้ว จึงประเมินแนวคิดเหล่านั้นโดยพิจารณาถึงความเป็นไปได้ ความคุ้มค่า ข้อดีและจุดอ่อนและความเหมาะสมกับเงื่อนไขและขอบเขตของปัญหาแล้วจึงเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

ขั้นที่ 3: การวางแผนและพัฒนา (plan and develop)

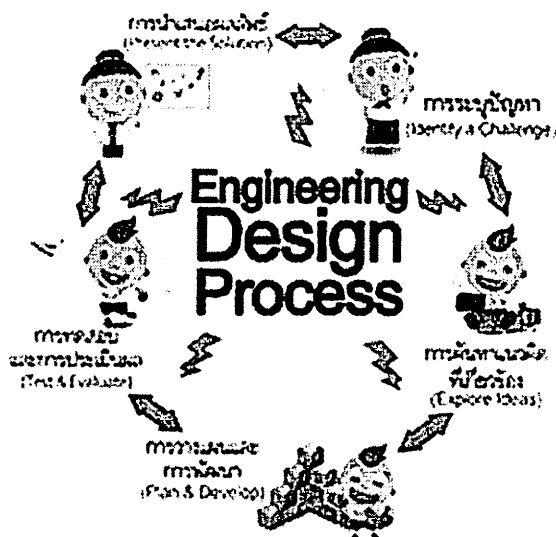
การวางแผนการดำเนินงาน โดยผู้แก้ปัญหามustกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงานรวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยให้ชัดเจนในขั้นตอนของการพัฒนา ผู้แก้ปัญหามustวาดแบบและพัฒนาต้นแบบ (prototype) ของผลผลิตเพื่อใช้ในการทดสอบแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4: การทดสอบและประเมินผล (test and evaluate)

เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา ผลที่ได้จากการทดสอบและประเมินอาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น การทดสอบและประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้งในกระบวนการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 5: การนำเสนอผลลัพธ์ (present the solution)

หลังจากการพัฒนาปรับปรุง ทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว ผู้แก้ปัญหามustนำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชน โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจจากขั้นตอนทั้ง 5 ขั้นสามารถเขียนเป็นแผนภาพได้ดังภาพ 5



ภาพ 5 แสดงวงจรกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของสถาบันส่งเสริม
การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557

ทางด้าน National Research Council หรือ NRC ก็ได้เสนอขั้นตอนในการจัดการเรียน การเรียนรู้แบบสะเต็มด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน (NRC, 2012 อ้างอิงในสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) ได้แก่

ขั้นที่ 1: ระบุปัญหา (Problem Identification)

เป็นการทำความเข้าใจปัญหา วิเคราะห์เงื่อนไข หรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหาเพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2: รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)

เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ข้อดีและข้อจำกัด

ขั้นที่ 3: ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)

เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง เพื่อการออกแบบชิ้นงาน หรือ วิธีการ ในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากรข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

ขั้นที่ 4: วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)

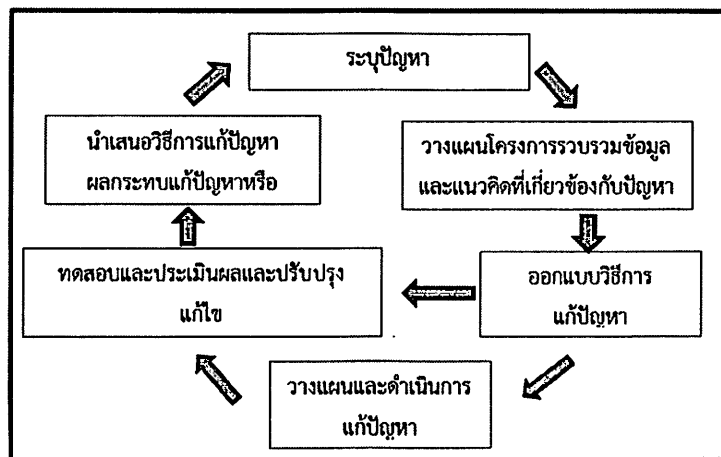
เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการแล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือ พัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 5: ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement)

เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้อาจนำมาใช้ในการปรับปรุง และพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

ขั้นที่ 6: นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)

เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงาน หรือ การพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป



ภาพ 6 แสดงวงจรกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ National Research Council ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557

นอกจากนี้ Robert (2013 อ้างอิงใน สิริวิภา กิจเกื้อกูล, 2557, น. 104-109) ได้ทำการศึกษารวมรวบแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของนักการศึกษามากมายจนทำให้ได้วิธีการออกแบบหน่วยเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา 8 ขั้นตอน

ขั้นที่ 1: เลือกสาระการเรียนรู้หลัก (Select Central Standards)

เป็นขั้นตอนของการวิเคราะห์หลักสูตร เลือกมาตรฐาน/ตัวบ่งชี้/สาระการเรียนรู้หลักของหลักสูตรสะเต็มศึกษา เพื่อให้ได้ขอบเขตของสาระการเรียนรู้แกนกลางหรือเนื้อหาหลักและตัวบ่งชี้ที่บอกถึงจุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ซึ่งเมื่อผู้สอนเลือกเนื้อหา/ตัวบ่งชี้ สาระการเรียนรู้ของสาขาวิชาใดวิชาหนึ่งเป็นหลักเสร็จเรียบร้อยแล้วก็นำสาขาวิชาที่เหลือทั้งสามเป็นสาระการเรียนรู้เสริมหรือรอง เช่น เลือกเรื่องการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์เป็นหลัก ดังนั้น สาระการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีจะเป็นส่วนรอง

ขั้นที่ 2: เชื่อมโยงปัญหาในชีวิตประจำวัน (Align with a Problem)

เป็นการคิดเชื่อมโยงว่าสาระการเรียนรู้เนื้อหาที่เลือกในขั้นที่ 1 สามารถอิงเข้ากับบริบทใดหรือปัญหาใดในสังคมได้บ้าง เช่น มลพิษ สิ่งแวดล้อม ภัยพิบัติทางธรรมชาติ เป็นต้น

ขั้นที่ 3: เลือกสาระการเรียนรู้รองที่สนับสนุนสาระการเรียนรู้หลัก (Support Central Standards with Supplemental Standards)

เมื่อเลือกเนื้อหาหลักในขั้นที่ 1 และวิเคราะห์เชื่อมโยงกับปัญหาในขั้นที่ 2 ได้แล้ว ในขั้นที่ 3 นี้ผู้สอนจะต้องเลือกเนื้อหา/ตัวบ่งชี้/สาระการเรียนรู้ในสาขาวิชาที่เหลืือว่าจะมีสาระการเรียนรู้รองเรื่องใด ช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียนบรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้หลักที่กำหนดไว้ในขั้นที่ 1 ตัวอย่างสาระการเรียนรู้รอง อาทิเช่น สาระเกี่ยวกับเรื่องโครงสร้างของโลก (วิทยาศาสตร์) การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น การแก้ปัญหา การพิสูจน์และการสื่อสาร (คณิตศาสตร์)

ขั้นที่ 4: จัดการเรียนรู้ตามสาระการเรียนรู้ที่เลือกไว้ทั้งหมด (Instruct STEM Standards)

ผู้สอนวิเคราะห์สาระการเรียนรู้ที่เลือกไว้ทั้งหมด จากนั้นนำมาตั้งเป็นจุดประสงค์การเรียนรู้การจัดการเรียนรู้ต้องยึดสาระการเรียนรู้หลักที่ได้จากขั้นที่ 1 เป็นสำคัญสำหรับสาระการเรียนรู้รองให้จัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนได้เข้าใจเนื้อหาสามารถนำเนื้อหาเหล่านี้ไปใช้ให้เกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์การเรียนรู้หลัก

อย่างไรก็ตามการจัดการเรียนรู้แต่ละแผนบทเรียนอาจไม่จำเป็นต้องให้ครบทั้ง 4 สาขาวิชา แต่ให้พิจารณาภาพรวมว่าเมื่อจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้นทั้งหน่วยการเรียนรู้แล้ว ผู้เรียน จะได้เรียนรู้ครบทั้ง 4 สาขาวิชา

ขั้นที่ 5: สนับสนุนให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม (Engage Student Participation)

ผู้สอนจัดกิจกรรมกลุ่มให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ เช่น ตั้งคำถามที่นำไปสู่การออกแบบและพัฒนาาระบบเตือนภัยพิบัติที่จะช่วยให้ประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้น สามารถหลีกเลี่ยงหรือหนีภัยพิบัติได้ทันเวลา ในขั้นนี้ผู้เรียนจะได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์การคิดแก้ปัญหาและได้ลงมือปฏิบัติเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์หลัก (ตามทีเลือกไว้ในขั้นที่ 1) ผนวกกับการได้ใช้ความรู้รอง (ทีเลือกไว้ในขั้นที่ 3) เพื่อการแก้ปัญหาในชีวิตจริงทีเชื่อมโยงไว้ ในขั้นที่ 2) ในการลงมือปฏิบัติ ผู้สอนจำเป็นต้องเตรียมวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ให้พร้อมมีการกำหนดเวลาการทำงานและมีการตรวจสอบความคิดของผู้เรียน เช่น อาจตั้งคำถามให้ผู้เรียนอธิบายสิ่งที่ ออกแบบไว้และพยายามไม่ให้ผู้เรียนหลงประเด็น และต้องให้ผู้เรียนจดบันทึกการทำงานของกลุ่ม

ขั้นที่ 6: แก้ไขปรับปรุงชิ้นงานการออกแบบ (Troubleshoot the Designs)

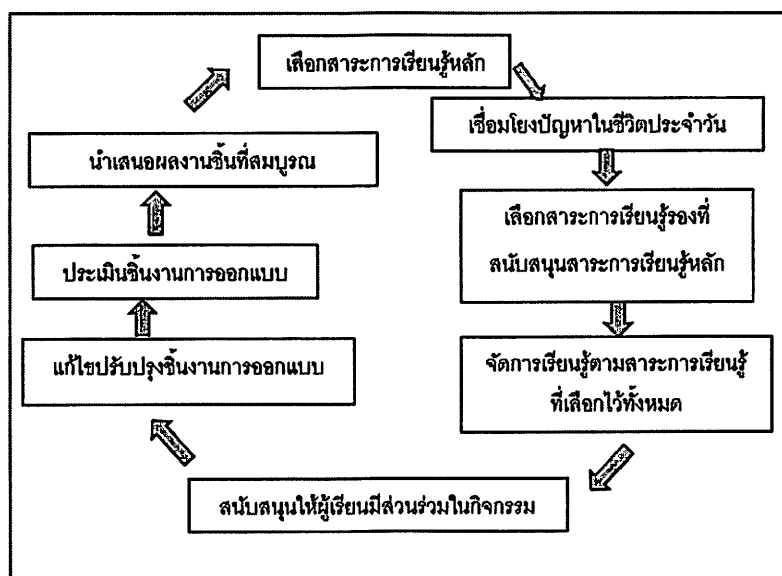
ผู้สอนจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้นำเสนอผลงานการออกแบบ (เช่น ระบบเตือนภัยพิบัติ) หน้าชั้นเรียนจากนั้นกระตุ้นให้ผู้เรียนกลุ่มอื่นๆ ตั้งคำถามและให้ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับผลงานนั้น ซึ่งผู้เรียนจะต้องบันทึกข้อเสนอแนะของผู้สอนและเพื่อนไว้เพื่อการปรับปรุงแก้ไขผลงานในขั้นนี้ ผู้เรียนจะได้ฝึกการคิดวิจารณ์ญาณควบคู่ไปด้วย

ขั้นที่ 7: ประเมินชิ้นงานการออกแบบ (Evaluate the Designs)

หลังการปรับปรุงแก้ไขผลงานในขั้นที่ 6 ผู้สอนและผู้เรียนดำเนินการตรวจให้คะแนน ชิ้นงานตามประเด็นที่กำหนดไว้

ขั้นที่ 8: นำเสนอผลงานชิ้นที่สมบูรณ์ (Present Completed Projects)

ในขั้นนี้ผู้สอนจัดเตรียมสถานที่หรือตู้แสดงผลงานให้ผู้เรียนนำผลงานแสดงต่อบุคคลทั่วไป อาทิเช่น เพื่อน พ่อแม่ผู้ปกครอง ครูอาจารย์และชุมชน การจัดแสดงอาจทำตอนท้ายปีการศึกษาหรือภาคเรียนโดยอาจวางแสดงไว้ตลอดภาคเรียนถัดไป ทั้งนี้เพื่อช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียน มีความภูมิใจและพยายามที่จะปรับปรุงผลงานในครั้งต่อไป



ภาพ 7 แสดงวงจรกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ Robert
ที่มา: Robert, 2013 อ้างอิงใน สิริวิภา กิจเกื้อกูล, 2557, น. 104-109

Billiar, Hubelbank, Oliva and Camesano (2014 อ้างอิงใน สิริินภา กิจเกื้อกุล 2558, น. 205) ทำการวิจัยเพื่อประยุกต์ใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ (Engineering Design Process) โดยออกแบบในส่วนของบทเรียนและกิจกรรมการเรียนรู้ กระบวนการออกแบบเชิงกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ตั้งอยู่บนฐานของกระบวนการแก้ปัญหา ประกอบด้วย 8 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1: ระบุปัญหาความต้องการ ระบุหัวข้อ/องค์ความรู้ที่สนใจ และกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้สำหรับผู้เรียน

ขั้นที่ 2: ศึกษาวิจัยจัดลำดับเป้าหมายและข้อจำกัด ศึกษาค้นคว้าหาเทคนิควิธีการจัดการเรียนรู้ วิเคราะห์บริบทของการจัดการเรียนรู้ (เช่น ผู้เรียน โรงเรียน) จัดลำดับจุดประสงค์การเรียนรู้ และวิเคราะห์ข้อจำกัดในการจัดการเรียนรู้ตามสภาพจริง

ขั้นที่ 3: หาวิธีการแก้ปัญหาที่จะเป็นไปได้ หาแนวทางการจัดการเรียนรู้หลากหลายวิธีที่เหมาะสมกับสภาพจริง

ขั้นที่ 4: เลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดภายใต้ข้อจำกัดเลือกแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ดีที่สุดเหมาะสมกับบริบท จุดประสงค์ และสภาพจริงของการจัดการเรียนรู้

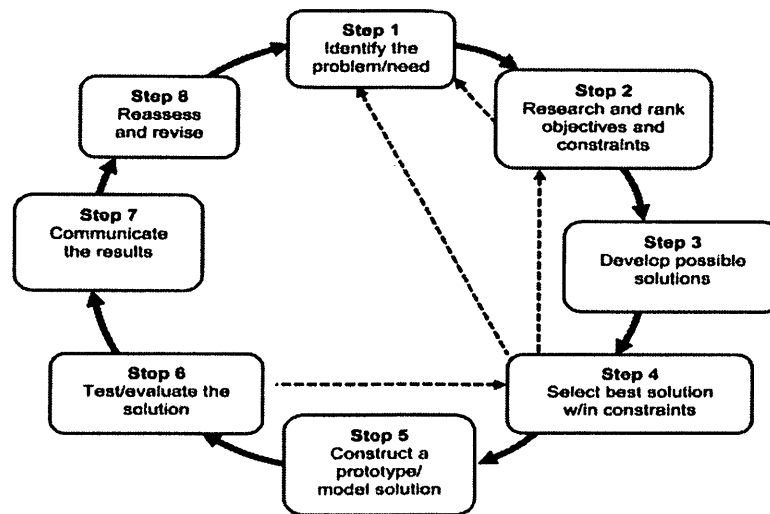
ขั้นที่ 5: สร้างโมเดล หรือรูปแบบของการแก้ปัญหาร่างหน่วยการเรียนรู้

ขั้นที่ 6: ทดสอบ/ประเมินผลการใช้รูปแบบทดสอบหน่วยการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นโดยนำไปใช้ในชั้นเรียนจริง

ขั้นที่ 7: นำเสนอ/สื่อสารผลการประเมินนำเสนอและอภิปรายผลการใช้หน่วยการเรียนรู้กับเพื่อน ผู้บริหารและผู้สนใจ เพื่อรับการสะท้อนผลและคำแนะนำ

ขั้นที่ 8: ปรับปรุงแก้ไขรูปแบบของการแก้ปัญหา ปรับปรุงแก้ไขหน่วยการเรียนรู้ตามผลการประเมิน การสะท้อนผลและคำแนะนำ

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ทั้ง 8 ขั้นนี้ เป็นองค์ความรู้ส่วนหนึ่งที่กล่าวไว้ในหลักสูตรของรัฐแมสซาชูเซตส์ (Massachusetts) ที่ต้องการให้ผู้สอนนำไปประยุกต์ใช้เป็นโมเดลการจัดการเรียนรู้ (Instructional Model) ซึ่งมีขั้นตอนดำเนินไปตามเข็มนาฬิกาหมุนขวาไปตามหัวลูกศรเส้นทึบ (-) อาจมีบางขั้นตอนที่สามารถย้อนกลับได้ตามหัวลูกศรเส้นประ (- -) ซึ่งรายละเอียดของการประยุกต์ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์

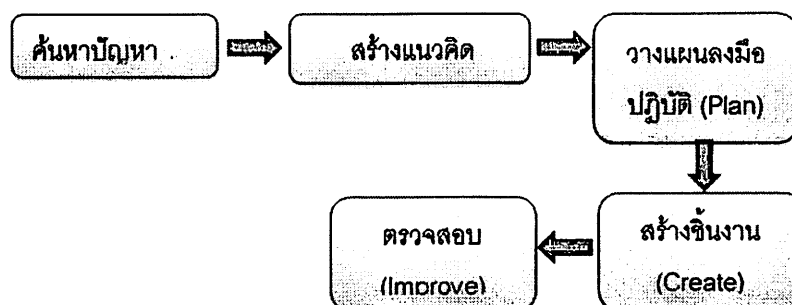


ภาพ 8 แสดงวงจรกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ

Billiar, Hubelbank, Oliva and Camesano

ที่มา: Billiar, et al., 2014 อ้างอิงใน สิริินภา กิจเกื้อกูล, 2558 น. 205

พิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์บอสตัน ประเทศสหรัฐอเมริกา (Museum of Science, Boston) ได้มีการคิดค้นโครงการพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยี (Engineering and technological literacy) หรือเรียกว่า Engineering is Elementary (EIE) เพื่อวิจัยและพัฒนาหลักสูตรมาตรฐานและนำหลักสูตรนี้ไปใช้ในชั้นเรียน โดยกำหนดให้มีการบูรณาการแนวความคิดด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยี และทักษะทางวิทยาศาสตร์ซึ่งจะใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ดังภาพ 9 (Ron Schachter, 2012)



ภาพ 9 แสดงวงจรกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ Engineering is Elementary

ที่มา: Ron Schachter, 2012

จากแผนภาพมีรายละเอียดของแต่ละขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1: ค้นหาปัญหา (Ask) ในขั้นนี้ผู้เรียนต้องระบุว่าปัญหาคืออะไร มีวิธีการอย่างไร และมีข้อจำกัดอะไร

ขั้นที่ 2: สร้างแนวคิด (Imagine) ผู้เรียนจะร่วมกันระดมความคิดหาวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ทั้งหมด หลังจากนั้นจึงเลือกแนวทางที่ดีที่สุดมา

ขั้นที่ 3: วางแผนลงมือปฏิบัติ (Plan) ในขั้นนี้จะให้ผู้เรียนวาดแผนภาพ รวมถึงทำรายการสิ่งของที่ต้องการ

ขั้นที่ 4: สร้างชิ้นงาน (Create) ขั้นนี้ผู้เรียนจะได้ลงมือปฏิบัติชิ้นงานตามที่ได้วางแผนไว้ จากนั้นจึงนำไปทดสอบเพื่อดูประสิทธิภาพของชิ้นงาน

ขั้นที่ 5: ตรวจสอบ (Improve) สำหรับในขั้นนี้จะเป็นตรวจสอบดูว่าชิ้นงานของผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาได้สำเร็จหรือไม่ หากชิ้นงานของผู้เรียนไม่ประสบผลสำเร็จผู้เรียนจะต้องนำชิ้นงานไปปรับปรุงแก้ไขอีกครั้ง

ตาราง 2 แสดงสรุปการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาตามการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในรูปแบบต่างๆ

สสวท. (2557)	National Research Council (2012)	Robert (2013)	Billiar, Hubelbank, Okiva and Camesano (2014)	Ron Schachter (2012)
ขั้นที่ 1: การระบุปัญหา	ขั้นที่ 1: ระบุปัญหา	ขั้นที่ 1: เลือกสาระการเรียนรู้ หลัก	ขั้นที่ 1: ระบุปัญหา/ความ ต้องการ	ขั้นที่ 1: ค้นหาปัญหา
ขั้นที่ 2: การค้นหาแนวคิด ที่เกี่ยวข้อง	ขั้นที่ 2: รวบรวมข้อมูล และแนวคิด ที่เกี่ยวข้องกับ ปัญหา	ขั้นที่ 2: เชื่อมโยงปัญหา ในชีวิตประจำวัน	ขั้นที่ 2: ศึกษาวิจัยลำดับ เป้าหมายและ ข้อจำกัด	ขั้นที่ 2: สร้างแนวคิด
ขั้นที่ 3: การวางแผน และพัฒนา	ขั้นที่ 3: ออกแบบวิธีการ แก้ปัญหา	ขั้นที่ 3: เลือกสาระการเรียนรู้ รองที่สนับสนุนสาระ การเรียนรู้หลัก	ขั้นที่ 3: หาวิธีการแก้ปัญหา ที่จะเป็นไปได้	ขั้นที่ 3: วางแผนลงมือ ปฏิบัติ

ตาราง 2 (ต่อ)

สสวท. (2557)	National Research Council (2012)	Robert (2013)	Billiar, Hubelbank, Okiva and Camesano (2014)	Ron Schachter (2012)
ขั้นที่ 4: การทดสอบและ ประเมินผล	ขั้นที่ 4: วางแผนและ ดำเนินการ แก้ปัญหา	ขั้นที่ 4: จัดการเรียนรู้ตาม สาระการเรียนรู้ ที่เลือกไว้ทั้งหมด	ขั้นที่ 4: เลือกวิธีการ แก้ปัญหาที่ดีที่สุด ภายใต้ข้อจำกัด	ขั้นที่ 4: สร้างชิ้นงาน
ขั้นที่ 5: การนำเสนอ ผลลัพธ์	ขั้นที่ 5: ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไข วิธีการแก้ปัญหา หรือชิ้นงาน	ขั้นที่ 5: สนับสนุนให้ผู้เรียน มีส่วนร่วมใน กิจกรรม	ขั้นที่ 5: สร้างโมเดลหรือ รูปแบบของการ แก้ปัญหา	ขั้นที่ 5: ตรวจสอบ
	ขั้นที่ 6: นำเสนอวิธีการ แก้ปัญหา ผลการ แก้ปัญหาหรือ ชิ้นงาน	ขั้นที่ 6: แก้ไข/ปรับปรุง ชิ้นงานการ ออกแบบ	ขั้นที่ 6: ทดสอบ/ ประเมินผลการใช้ รูปแบบ	
		ขั้นที่ 7: ประเมินชิ้นงานการ ออกแบบ	ขั้นที่ 7: นำเสนอ/สื่อสาร ผลการประเมิน	
		ขั้นที่ 8: นำเสนอผลงานชิ้น ที่สมบูรณ์	ขั้นที่ 8: ปรับปรุงแก้ไข รูปแบบของการ แก้ปัญหา	

จากการศึกษาวิเคราะห์รูปแบบกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา
นั้นมีหลายวิธีที่นักการศึกษาหลายท่านได้นำเสนอมาในข้างต้นจะเห็นได้ว่ารูปแบบการจัดการ
เรียนรู้แบบสืบเสาะ (Inquiry-based learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้สร้างองค์
ความรู้เดิมเข้ากับสิ่งที่จะเรียนรู้ส่วนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้การวิจัยเป็นฐาน (Research-based

learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาทักษะกระบวนการวิจัยและการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง สำหรับการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based learning) จะเน้นให้ผู้เรียนเผชิญสถานการณ์ปัญหาจริงและการจัดการเรียนรู้ที่ใช้การทำโครงการมากกว่าการปฏิบัติเป็นชิ้นงาน (Project-based learning) จะมุ่งเน้นให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะและกระบวนการเรียนรู้ผ่านการทำโครงการโดยงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกการจัดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเนื่องจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นการสร้างชิ้นงานเพื่อนำไปแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวัน ลักษณะสำคัญของการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมมีดังนี้

- 1) เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในบริบทของสถานการณ์จริงภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดต่างๆ
- 2) วิธีการแก้ปัญหาสามารถบรรลุสิ่งที่ต้องการได้จริงภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดเหล่านั้น
- 3) อาจมีวิธีการแก้ปัญหาได้หลายวิธีและควรมีกระบวนการเพื่อหาวิธีที่ให้ประสิทธิภาพมากที่สุด (อลงกตใหม่ดวง, 2557) ซึ่งสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่ต้องนำความรู้ในศาสตร์ต่างๆ มาใช้ในการออกแบบชิ้นงานเพื่อนำมาแก้ปัญหาไขปัญหาในชีวิตประจำวัน (สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) ดังนั้นจะเห็นว่าการนำกระบวนการเชิงออกแบบทางวิศวกรรมมาประยุกต์ใช้กับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาจะสามารถส่งเสริมและพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียนได้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (สสวท, 2557) โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา (Identify a challenge) ขั้นที่ 2 การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore ideas) ขั้นที่ 3 การวางแผนและพัฒนา (Plan and develop) ขั้นที่ 4 การทดสอบและประเมินผล (Test and evaluation) และขั้นที่ 5 การนำเสนอผลลัพธ์ (Present the solution) เนื่องจากเป็นขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมต่อเนื้อหารายวิชาชีววิทยา เรื่อง การตอบสนองของพืช เหมาะสมกับระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้และสามารถช่วยส่งเสริมพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้จุดเด่นที่ชัดเจนข้อหนึ่งของการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา คือ การผนวกแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีของผู้เรียน กล่าวคือ ในขณะที่ผู้เรียนทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และ เทคโนโลยี ผู้เรียนต้องมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันเพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจาก กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (NRC, 2012 อ้างอิงใน ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557)

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาตามการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ Engineering is Elementary (EIE) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นที่ 1: ค้นหาปัญหา (Ask) 2015

ในขั้นนี้ผู้สอนจะนำเสนอบริบทสถานการณ์ที่มีความสำคัญและเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของผู้เรียนซึ่งมีความสอดคล้องกับเนื้อหาในรายวิชาจากนั้นผู้เรียนในแต่ละกลุ่มจะร่วมกันอภิปรายและระบุปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ว่าคืออะไร มีลักษณะเป็นอย่างไรจะมีวิธีการในการแก้ไขปัญหาได้อย่างไร รวมถึงบอกปัจจัยที่สามารถใช้ในการแก้ไขปัญหาได้โดยการระบุปัญหา ผู้สอนควรจะให้ผู้เรียนค้นหาปัญหากด้วยตนเองตามความสนใจของผู้เรียนเป็นหลัก

ขั้นที่ 2: สร้างแนวคิด (Imagine)

ในขั้นนี้ผู้เรียนจะทำการศึกษาแนวคิดจากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องหรือจากสื่อออนไลน์ ตามปัญหาและวิธีการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนได้ระบุไว้ในขั้นที่ 1 เพื่อที่ผู้เรียนจะได้ทำความเข้าใจ และนำแนวทางที่ศึกษามานั้นมาหาวิธีการแก้ไขปัญหาในขั้นต่อไปได้ ซึ่งในขั้นนี้ผู้สอนจะทำหน้าที่ในสนับสนุนให้ผู้เรียนได้ใช้ความคิด หรือจินตนาการเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างอิสระโดยไม่กำหนดขอบเขตของการแก้ปัญหาให้ผู้เรียน

ขั้นที่ 3: เลือกแนวคิดที่ดีที่สุด (Plan)

ในขั้นนี้ผู้เรียนแต่ละคนในกลุ่มจะนำเสนอแบ่งปันข้อมูลความรู้และวิธีการแก้ปัญหาของตนเองให้แก่เพื่อสมาชิกในกลุ่ม จากนั้นผู้เรียนจะช่วยกันระดมความคิดร่วมกันเพื่อหาแนวทางแก้ไขปัญหาที่เป็นไปได้ที่ดีที่สุดและเหมาะสมที่สุดที่จะใช้ในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงข้อจำกัดและปัจจัยต่างๆ ให้ครอบคลุมทั้งหมด

ขั้นที่ 4: วางแผนลงมือปฏิบัติ (Create)

ในขั้นนี้ผู้เรียนจะร่วมมือกันวางแผน ออกแบบ วิธีการแก้ปัญหาและสร้างชิ้นงาน

ขั้นที่ 5: ตรวจสอบและปรับปรุง (Improve)

สำหรับในขั้นนี้จะเป็นตรวจสอบดูว่าชิ้นงานของผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาได้สำเร็จ หรือไม่ หากชิ้นงานของผู้เรียนไม่ประสบผลสำเร็จ ผู้เรียนจะต้องนำชิ้นงานไปปรับปรุงแก้ไขอีกครั้งตามคำแนะนำของสมาชิกในกลุ่มและกลุ่มอื่นและจากผู้สอนแนะนำ

แนวทางการจัดกิจกรรมที่สอดคล้องกับแนวคิดสะเต็มศึกษาไปจัดกิจกรรมในชั้นเรียนสามารถทำได้โดยการนำไปสอดแทรกในเนื้อหาภายในรายวิชาที่มีชั่วโมงสำหรับการทำกิจกรรมด้วยโดยการที่ผู้สอนควรจะต้องพิจารณาวัตถุประสงค์ และตัวชี้วัดในการเรียนแล้วค่อยดำเนินการนำกิจกรรมเข้ามาสอดแทรกให้เหมาะสมกับบทเรียน หรือนำกิจกรรมสะเต็มศึกษาไปจัด

ในรายวิชาเลือกเสรี โดยวิชานั้นอาจจะเป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับการทำโครงการหรือแก้ปัญหาพิเศษ หรือจะเป็นการนำสะสมเต็มศึกษาไปจัดไว้ในกิจกรรมนอกห้องเรียน เป็นต้น

สรุปได้ว่า จากแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสะสมเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ Engineering is Elementary (EIE) ผู้วิจัยได้เลือกการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะสมเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (สสวท.2557) ที่สอดคล้องกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ Engineering is Elementary (EIE) โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา (Identify a challenge) ขั้นที่ 2 การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore ideas) ขั้นที่ 3 การวางแผนและพัฒนา (Plan and develop) ขั้นที่ 4 การทดสอบและประเมินผล (Test and evaluation) และขั้นที่ 5 การนำเสนอผลลัพธ์ (Present the solution) เนื่องจากมีขั้นตอนที่จะทำให้ผู้เรียนได้รู้จักวางแผนในการแก้ปัญหาและทำงานร่วมกันอย่างเป็นระบบได้

สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

ในทุกๆ วัน ทุกคนมักจะมีการแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวันทั้งในชีวิตส่วนตัว หรือหน้าที่การงาน โดยเฉพาะในการทำงานซึ่งปัญหาต่างๆ ที่เกิดจากการเผชิญปัญหาจากสภาพแวดล้อมในการทำงานทุกคนต้องเผชิญกับปัญหาที่หลากหลายซึ่งจำเป็นที่จะต้องตัดสินใจกับคนอื่นๆ ในการทำงานหากมีปัญหากเกิดขึ้นถ้าหากมีเพียงคนใดคนหนึ่งคิดแก้ปัญหาเพียงคนเดียว การแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นก็ทำได้แต่ก็มีข้อจำกัด คือ มันอาจไม่มีประสิทธิภาพเนื่องจากมีวิธีการคิดหาแนวทางแก้ไขปัญหานั้นมีน้อยไม่มีแนวคิดที่หลากหลายอีกทั้งยังทำให้ไม่มีโอกาสได้ปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นทางออกที่ดีที่สุด (Rod Windle and Suzanne Warren, n.d.) ดังนั้นในการแก้ปัญหาหนึ่งๆ จึงควรจะให้ผู้คนหลายๆ ฝ่ายมาร่วมคิด การแก้ปัญหาด้วยกัน เพราะว่าจะช่วยให้แนวทางที่หลากหลายในการแก้ไขปัญหานั้น อีกทั้งยังสามารถช่วยและตกลงกันเพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากที่สุด จึงกล่าวได้ว่า การแก้ปัญหาแบบร่วมมือเป็นสมรรถนะที่สำคัญที่สุดสำหรับทุกคน เพราะทุกคนล้วนต้องมีการเผชิญกับปัญหาในแต่ละวันแทบทั้งสิ้น ในทางด้านการศึกษาที่เช่นกันจะเห็นได้ว่าสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือเป็นทักษะที่มีความสำคัญในศตวรรษที่ 21 อีกด้วย ซึ่งสมรรถนะมีความสำคัญต่อผู้เรียนเพราะเป็นทักษะที่มีความสำคัญต่อการศึกษาและการทำงานร่วมกันของผู้เรียน ยกตัวอย่างเช่นการทำงานกลุ่มของผู้เรียน การทำปฏิบัติการ เป็นต้น นอกเหนือจากที่จะ สำคัญต่อผู้เรียนแล้วยังสำคัญต่อตลาดแรงงานด้วย (OECD, 2013)

1. ความหมายของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือเป็นทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 นี้ ซึ่งถือเป็นหนึ่งในหลายๆ ทักษะที่ต้องการให้เกิดกับตัวผู้เรียนและมุ่งหวังให้ผู้เรียนสามารถใช้ทักษะการแก้ปัญหานี้ในการแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้นทั้งในบทเรียนและชีวิตจริงได้อย่างเหมาะสม โดยความหมายของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือนี้ก็ได้มีนักการศึกษาหลายท่าน รวมถึงองค์กรที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาได้ให้คำนิยามไว้ ดังนี้

Hese, et al., 2015 as cited in Care and Griffin (2015, p. 371) ได้ให้นิยามสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ คือ ทักษะที่เกิดขึ้นต่อเมื่อบุคคลหนึ่งๆ ไม่สามารถแก้ไขปัญหได้ด้วยตัวคนเดียวจำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือจากบุคคลอื่น และผู้แก้ปัญหาสามารถใช้ทรัพยากรและทักษะที่หลากหลายในการเผชิญกับปัญหา แก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ซับซ้อนได้โดยสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือนั้นจะมีโครงสร้างด้วยกัน 5 ส่วน คือ ผู้ร่วมมือ มุมมองของผู้แก้ปัญหา การควบคุมทางสังคม การควบคุมการทำงาน และการสร้างองค์ความรู้ภายใต้องค์ประกอบ 2 องค์ประกอบ คือ องค์ความรู้และบริบททางสังคม

O'neil, Chung and Chuang's, 2003 as cited in Care and Griffin (2015, p.371) ได้ให้นิยามสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ คือ ทักษะที่ซับซ้อนที่ใช้องค์ความรู้และสมรรถนะทางสังคมในการแก้ปัญหาโดยใช้ความเชื่อมโยงระหว่างทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ทักษะการแก้ปัญหา การตัดสินใจ และทักษะการร่วมมือ ซึ่งกระบวนการแก้ปัญหาก็ทำให้เกิดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

OECD (2013) PISA 2015 กำหนดความหมายของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ คือ ความสามารถของบุคคลในการเข้าร่วมแก้ปัญหาผ่านกระบวนการแก้ปัญหาแบบกลุ่ม โดยการแบ่งปันความเข้าใจ ความรู้ ทักษะที่มีและการช่วยเหลือกันในกลุ่มในการแก้ปัญหาโดยมีสมรรถนะหลัก ดังนี้

1. การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน (Establishing and maintaining shared understanding) คือ ความสามารถในการระบุมุมมองร่วมกัน ระบุมุมมองของกลุ่มร่วมกัน และแบ่งปันความเข้าใจปัญหาร่วมกัน

2. การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา (Taking appropriate action to solve the problem) คือ ความสามารถในการระบุวิธีแก้ปัญหาร่วมกันเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาอย่างเหมาะสม

3. การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม (Establishing and maintain team organization) คือ ความสามารถในการเข้าใจบทบาทและหน้าที่ทั้งของตนเองและสมาชิกในกลุ่ม ในการแก้ปัญหา โดยตั้งอยู่บนฐานของความรู้และทักษะของแต่ละบุคคล

สรุปได้ว่า สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือกันเป็นทักษะการแก้ปัญหาที่ต้องใช้ความร่วมมือจากบุคคลในสังคม เช่น ครู เพื่อน ผู้ปกครอง เป็นต้น ในการแก้ไขปัญหาที่มีความซับซ้อนภายใต้บริบทของสังคมในกระบวนการแก้ปัญหานั้นผู้แก้ปัญหาก็ต้องใช้สมรรถนะต่างๆ มากมายอาศัยความเชื่อมโยงระหว่างทักษะต่างๆ เช่น ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ทักษะการแก้ปัญหา สมรรถนะการตัดสินใจ สมรรถนะการสื่อสารและสมรรถนะการร่วมมือ อีกทั้งผู้แก้ปัญหานั้นจะต้องมีสมรรถนะทางสังคมแล้วจะต้องสามารถสร้างองค์ความรู้และใช้ องค์ความรู้ในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมในการแก้ปัญหานั้นจะเกิดขึ้นได้ต้องมาจากการร่วมมือกันของกลุ่มของผู้แก้ปัญหามาไม่ใช่เกิดจากตัวผู้แก้ปัญหาคงใดคนหนึ่งเท่านั้น

2. วิธีประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

ในการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาและสมรรถนะการร่วมมือกันยังเป็นการประเมินในลักษณะแยกกันในขณะที่ลักษณะของการแก้ปัญหาแบบร่วมมือกันประกอบไปด้วย การแก้ปัญหาและการร่วมมือ ดังนั้น การประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือกันจะต้องเป็นการประเมินที่ครอบคลุมทั้งสมรรถนะการแก้ปัญหาและสมรรถนะการร่วมมือ ในปัจจุบันก็ได้มีการริเริ่มวิจัยเพื่อประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือมากขึ้น ดังที่ Krkovic, et al. (2014 as cited in Valerie, et al., 2014, p.96) ได้ระบุไว้ว่า สิ่งที่จะต้องนำมาพิจารณาในการสร้างแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ได้แก่ ความเป็นมาตรฐานของแบบประเมินลักษณะของผู้ร่วมมือ (แบบคอมพิวเตอร์หรือมนุษย์) การสื่อสารระหว่างผู้แก้ปัญหาอย่างไรและวิธีเก็บ และวิเคราะห์ข้อมูลทำได้อย่างไร

ณ ปัจจุบันได้มีรูปแบบการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมืออยู่ 2 วิธี ได้แก่ การประเมินแบบมนุษย์-ตัวแทนหรือคอมพิวเตอร์ (human-agent) และการประเมินแบบ มนุษย์-มนุษย์ (human-human) ในการประเมินแบบแรกนั้นผู้เข้าร่วมประเมินจะต้องทำการแก้ปัญหาร่วมกับตัวแทน (agent) ซึ่งก็คือ คอมพิวเตอร์ การประเมินลักษณะนี้นั้นได้ถูกนำมาใช้ในการประเมิน PISA ในปี 2015 นี้ ซึ่งการประเมินในลักษณะมนุษย์-ตัวแทนนั้น การตอบสนองของตัวแทนต่อผู้เข้าร่วมประเมินจะเป็นการตอบสนองในลักษณะเดียวกัน ทำให้มั่นใจได้ว่าการประเมินแบบนี้ค่อนข้างจะมีความเป็นมาตรฐานและการให้คะแนนมีความเหมาะสม (Graesser, Jeon and Dufty. 2008 as cited in Valerie, et al., 2014, p.97) ในขณะที่การประเมินอีกแบบนั้นได้ถูกนำมาใช้ประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในโครงการ

ของ ACT21s (Griffin, Care, and McGaw, 2011 as cited in Valerie, et al., 2014, p.97) ได้เปรียบเทียบการประเมินทั้งสองแบบว่าการประเมินแบบมนุษย์-ตัวแทนนั้น ไม่ว่าผู้เข้าร่วมประเมินจะร่วมมือกันแก้ไขปัญหามากกว่า 2 คน หรือแม้แต่ทำการแก้ปัญหาเพียงคนเดียว สถานการณ์ที่ผู้เข้าร่วมประเมินเผชิญนั้นจะมีความถูกต้องอีกทั้งผู้เข้าร่วมสามารถหาข้อมูลในเชิงลึกได้จากกระบวนการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เนื่องจากผู้ร่วมมือหรือตัวแทนนั้น เป็นคอมพิวเตอร์ อย่างไรก็ตามการประเมินในลักษณะมนุษย์-มนุษย์ จะเป็นวิธีที่ค่อนข้างมีขีดจำกัด เช่น การประเมินที่ไม่ได้มาตรฐานการสนทนาหรือการสื่อสารระหว่างผู้เข้าร่วมประเมินและผู้ร่วมมือนั้นเป็นการสนทนาในลักษณะปลายเปิด ซึ่งเป็นเรื่องยากมากในการที่จะเปลี่ยนการสนทนาหรือการสื่อสารเหล่านั้นให้ออกมาเป็นคะแนนได้

2.1 การประเมินแบบมนุษย์ตัวแทน (คอมพิวเตอร์) (human-agent)

จาก Draft PISA collaborative problem solving framework 2015 ได้มีกรอบแนวทางการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ โดยแสดงเป็นตารางเมตริกแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างสมรรถนะการแก้ปัญหาส่วนบุคคลจาก PISA 2012 กับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ใน PISA 2015 นี้ (OECD, 2013) ดังตาราง 3

ตาราง 3 แสดงเมตริกสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของ PISA 2015

ทักษะกระบวนการ	การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน (1)	การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา (2)	การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม (3)
ระบุและเข้าใจปัญหา (A)	การค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกในทีม	การค้นพบรูปแบบของการมีปฏิสัมพันธ์แบบร่วมมือในการแก้ปัญหา ตลอดจนบรรลุเป้าหมาย	เข้าใจบทบาทในการแก้ปัญหา
การแสดงรูปแบบและสัญลักษณ์ (B)	แสดงการสร้างและแบ่งปันความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา	ระบุและอธิบายภาระงานที่ต้องทำให้เสร็จ	อธิบายบทบาทหน้าที่ของตนเองและทีม (การสื่อสาร/กฎระเบียบของการอยู่ร่วมกัน)

ตาราง 3 (ต่อ)

ทักษะกระบวนการ	การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน (1)	การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา (2)	การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม (3)
การวางแผนและดำเนินงาน (C)	การสื่อสารร่วมกันกับสมาชิกในทีมในการดำเนินงานเพื่อการแก้ปัญหา	การออกแบบแผนในการแก้ปัญหา	การทำตามกฎที่สร้างร่วมกัน (เช่น ทำให้สมาชิกในทีมทำงานตามหน้าที่ของตนเอง)
ตรวจสอบและสะท้อนผล (D)	ตรวจสอบและแก้ไขความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา	ตรวจสอบผลของการดำเนินงานและประเมินความสำเร็จของการแก้ปัญหา	ให้ข้อเสนอแนะและการปรับปรุงบทบาทหน้าที่ของทีม

อธิบายสมรรถนะหลักในการแก้ปัญหาแบบร่วมมือตามแนวทางของ PISA 2015 โดยสำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2558)

1. การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน

ผู้เรียนสามารถระบุองค์ความรู้ที่ตรงกัน ทุกคนรับรู้ว่าปัญหาคืออะไร (mutual knowledge; what each other knows about the problem) สามารถระดมมุมมอง แนวคิดของผู้มีส่วนร่วมในการทำงานร่วมกันร่วมกันสร้างร่วมของสภาพปัญหาและกิจกรรม รวมถึงความสามารถของผู้เรียนในการติดตาม การใช้ความสามารถ องค์ความรู้และมุมมองในการมีปฏิสัมพันธ์กับ ผู้ร่วมงานในการปฏิบัติภาระงาน

นอกจากนี้ กระบวนการสำคัญเน้นที่ความสำคัญของการสร้างจุดยืนร่วมกัน คือ การสื่อสารเพื่อให้บรรลุความสำเร็จซึ่งถือเป็นทักษะที่จำเป็นสำหรับเรื่อง CPS ผู้เรียนสามารถสร้างติดตาม และแบ่งปันความเข้าใจอย่างยั่งยืนในการแก้ปัญหาภาระงาน โดยการรับผิดชอบในการค้นหาข้อมูล ส่งต่อข้อมูลที่สำคัญเพื่อให้งานสำเร็จ การสร้างหรือแบ่งปันต่อรองความหมายร่วมกัน ตรวจสอบสิ่งที่ผู้อื่นรู้ และลงมือปฏิบัติเพื่อเติมเต็มความรู้ส่วนที่ขาด ทักษะเหล่านี้รวมถึงความมีสติตระหนักรู้ (self-awareness) ของผู้เรียนในเรื่องที่เกี่ยวกับประสิทธิภาพในการทำ ภาระงาน การตระหนักรู้ถึงจุดแข็งและจุดอ่อนของตนเองที่เกี่ยวข้องเชื่อมโยงสัมพันธ์กับภาระงาน และรู้ถึงจุดแข็งและจุดอ่อนของคนในทีม

2. การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา

ผู้เรียนสามารถระบุประเภทของกิจกรรม CPS ที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหาและปฏิบัติการแก้ปัญหาตามขั้นตอนที่เหมาะสมเพื่อบรรลุผลลัพธ์ รวมถึงมีความพยายามในการทำความเข้าใจข้อจำกัดที่บีบคั้น สร้างเป้าหมายของทีมเพื่อความสำเร็จในการแก้ปัญหาลงมือปฏิบัติ ภาระงานและติดตามตรวจสอบความสัมพันธ์ภายในกลุ่มและเป้าหมายของปัญหา

การปฏิบัติงานเหล่านี้อาจรวมถึงการกระทำเพื่อการสื่อสาร เช่น การอธิบาย การตรวจสอบความถูกต้อง การต้อรอง การประนีประนอม การอภิปรายโต้เถียง การโต้แย้ง ฯลฯ เพื่อแลกเปลี่ยนถ่ายโอนข้อมูลและแนวคิดมุมมองที่มีความซับซ้อนและเพื่อบรรลุการหาทางออกที่สร้างสรรค์หรือเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

มีข้อจำกัดและกฎที่แตกต่างกันมากมายในการส่งเสริมกิจกรรม CPS แต่ละประเภท เช่น jigsaw problems (แต่ละคนมีความรู้ที่แตกต่างกันนำมาแลกเปลี่ยนกันเพื่อได้ข้อมูลที่สมบูรณ์) การทำงานร่วมกัน (collaborative work) และการอภิปรายถกเถียงกันเพื่อการตัดสินใจ (argumentative debates in decision making) นักแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่มีประสิทธิภาพจะต้องตระหนักถึงข้อจำกัดเหล่านี้ ปฏิบัติตามข้อตกลงที่เกี่ยวข้องกับปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอน และประเมินผลความสำเร็จของแผนการแก้ปัญหา

3. การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม

ทีมจะไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพหากขาดการจัดการกลุ่มที่ดี และการปรับโครงสร้างให้เข้ากับปัญหาที่เกิดขึ้น ผู้เรียนจะต้องเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเองและผู้อื่นในทีมเดียวกัน อยู่บนพื้นฐานของความรู้ที่ว่าสมาชิกคนใดในทีมมีความถนัดอะไร ปฏิบัติตามกฎของกลุ่ม คอยตรวจสอบการทำงาน ตามโครงสร้างของกลุ่ม สามารถปรับเปลี่ยนเปลี่ยนแปลงเพื่อมิให้เกิดปัญหาในการสื่อสารระหว่างสมาชิก มิให้เกิดการแตกหัก สามารถจัดการกับอุปสรรคที่ทำให้เกิดปัญหา มีมุมมองและการปฏิบัติในแง่บวกที่ดี

การแก้ปัญหบบางสถานการณ์ต้องใช้ผู้นำกลุ่มที่มีความเข้มแข็ง ในขณะที่ปัญหาบางอย่างต้องใช้วิธีการประชาธิปไตยในการจัดการ ผู้เรียนที่มีสมรรถนะต้องสามารถดำเนินการตามขั้นตอนเพื่อให้แน่ใจว่า คนในทีมสามารถทำหน้าที่ของตนเสร็จสมบูรณ์ตาม ภาระงาน และมีการสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลที่สำคัญอันรวมไปถึงการให้ข้อมูลสะท้อนกลับและการสะท้อนผลความสำเร็จของการจัดการของกลุ่มในกระบวนการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

แนวทางการวัดและประเมินผลสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือใน PISA 2015
(OECD, 2013) แสดงดังตาราง 4

ตาราง 4 แสดงเกณฑ์การประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของ PISA 2015

ทักษะ กระบวนการ	ระดับต่ำ	ระดับกลาง	ระดับสูง
การสร้างและเก็บ รักษาความเข้าใจ ที่มีร่วมกัน (1)	1. ผู้เรียนมีการระบุ ปัญหาและองค์ความรู้ ที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหา หรือมีการสืบค้นข้อมูล เพื่อแก้ปัญหาได้น้อยมาก หรือไม่มีความสอดคล้อง ต่อบริบท และ สถานการณ์ที่เผชิญ	1. ผู้เรียนสามารถระบุ ปัญหาและองค์ความรู้ ที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหา สามารถสืบค้นข้อมูลเพื่อ สร้างองค์ความรู้เพื่อการ แก้ปัญหาที่สอดคล้อง กับบริบทและสถานการณ์ ที่เผชิญได้บางส่วน	1. ผู้เรียนสามารถระบุ ปัญหาและ องค์ความรู้ที่จำเป็น ต่อการแก้ปัญหา สามารถสืบค้นข้อมูล เพื่อสร้างองค์ความรู้ เพื่อการแก้ปัญหา ที่สอดคล้องตาม บริบทและ สถานการณ์ที่เผชิญ ได้อย่างเหมาะสม ครบถ้วน
	2. ผู้เรียนสามารถแบ่งปัน ความรู้ความเข้าใจและ มุมมองที่มี ต่อปัญหาของ ตนเอง กับกลุ่มได้น้อย มากหรือไม่มีความ สอดคล้องกับบริบทและ สถานการณ์ที่เผชิญ	2. ผู้เรียนสามารถแบ่งปัน ความรู้ความเข้าใจและ มุมมองที่มีต่อปัญหา ของตนเองกับกลุ่ม ที่สอดคล้องกับบริบท และสถานการณ์ที่เผชิญ ได้บางส่วน	2. ผู้เรียนสามารถ แบ่งปันความรู้ความ เข้าใจแลมุมมองที่มี ต่อปัญหาของตนเอง กับกลุ่มได้อย่าง เหมาะสมครบถ้วน สอดคล้องต่อบริบท และสถานการณ์ ที่เผชิญ

ตาราง 4 (ต่อ)

ทักษะ กระบวนการ	ระดับต่ำ	ระดับกลาง	ระดับสูง
	3. ผู้เรียนสามารถ ตรวจสอบความผิดพลาด หรือความเคลื่อนที่เกิดขึ้น จากการสื่อสารหรือการ แบ่งปันความเข้าใจ ร่วมกันได้น้อยมากหรือไม่ มีความสอดคล้องต่อ บริบทและสถานการณ์ ที่เผชิญ	3. ผู้เรียนสามารถ ตรวจสอบความ ผิดพลาดหรือความ คลาดเคลื่อน ที่เกิดขึ้นจากการสื่อสาร หรือการแบ่งปันความ เข้าใจร่วมกันและมีความ สอดคล้องต่อบริบทและ สถานการณ์ที่เผชิญ บางส่วน	3. ผู้เรียนสามารถ ตรวจสอบความผิดพลาด หรือความคลาดเคลื่อน ที่เกิดขึ้นจากการสื่อสาร หรือการแบ่งปันความ เข้าใจร่วมกันและ สามารถทำการแก้ไข ร่วมกับกลุ่มเพื่อหาทาง ออกร่วมกันได้อย่าง เหมาะสมครบถ้วน สอดคล้องต่อบริบทและ สถานการณ์ที่เผชิญ
การเลือก วิธีดำเนินการ ที่เหมาะสมในการ แก้ปัญหา (2)	1. ผู้เรียนกำหนด เป้าหมายในการ แก้ปัญหา วางแผนในการ แก้ปัญหาได้น้อยมากหรือ เป็นการแก้ปัญหาใน ลักษณะลองผิดลองถูก หรือเป็นการแก้ปัญหา ที่ไม่มีความสอดคล้อง ต่อบริบทและสถานการณ์ ที่เผชิญ	1. ผู้เรียนสามารถ กำหนดเป้าหมาย ในการแก้ปัญหาและ วางแผนในการ แก้ปัญหาผ่านการ ร่วมมือกันในกลุ่มที่มี ความสอดคล้องต่อ บริบทและสถานการณ์ ที่เผชิญบางส่วน	1. ผู้เรียนสามารถกำหนด เป้าหมายในการ แก้ปัญหาและวางแผน ในการแก้ปัญหาผ่านการ ร่วมมือกันในกลุ่ม คำนึงถึงข้อจำกัดและ เงื่อนไขของปัญหาและมี ความสอดคล้องต่อบริบท และสถานการณ์ที่เผชิญ อย่างเหมาะสมครบถ้วน
	2. ผู้เรียนระบุแนว ทางการแก้ปัญหาได้น้อย มากหรือไม่มีความ สอดคล้องต่อบริบทและ สถานการณ์ที่เผชิญ	2. ผู้เรียนสามารถระบุ แนวทางการแก้ปัญหา ได้ผ่านการร่วมมือกันใน กลุ่มและมีความ สอดคล้องต่อบริบทและ สถานการณ์ที่เผชิญได้	2. ผู้เรียนสามารถระบุ แนวทางการแก้ปัญหา ที่ดีที่สุดอันจะนำไปสู่ การบรรลุเป้าหมายหรือ ความสำเร็จในการ แก้ปัญหาได้อย่างมี

ตาราง 4 (ต่อ)

ทักษะ กระบวนการ	ระดับต่ำ	ระดับกลาง	ระดับสูง
		บางส่วน	ประสิทธิภาพผ่านการ ร่วมมือกันในกลุ่มและ มี ความสอดคล้องต่อบริบท และสถานการณ์ที่เผชิญ อย่างเหมาะสมครบถ้วน
	3. ผู้เรียนดำเนินการ แก้ปัญหาตามแผน ที่วางไว้อย่างไม่เหมาะสม	3. ผู้เรียนสามารถ ดำเนินการแก้ปัญหา ตามแผนที่วางไว้และมี ความสอดคล้องต่ บริบทและสถานการณ์ ที่เผชิญบางส่วน	3. ผู้เรียนสามารถ ดำเนินการแก้ปัญหาตาม แผนที่วางไว้ได้อย่าง เหมาะสมครบถ้วนและมี ความสอดคล้องต่อบริบท และสถานการณ์ที่เผชิญ
	4. ผู้เรียนไม่สามารถ ตรวจสอบความผิดพลาด หรือผลจากการการ ดำเนินการแก้ปัญหาของ กลุ่มได้	4. ผู้เรียนสามารถ ตรวจสอบความ ผิดพลาดหรือผลจาก การดำเนินการ แก้ปัญหาและประเมิน ความสำเร็จของวิธีการ แก้ปัญหาของกลุ่มได้	4. ผู้เรียนสามารถ ตรวจสอบความผิดพลาด หรือผลจากการ ดำเนินการแก้ปัญหาและ ประเมินความสำเร็จของ วิธีการแก้ปัญหาของกลุ่ม
การสร้างและรักษา ระเบียบ ของกลุ่ม (3)	1. ผู้เรียนไม่สามารถระบุ หน้าที่การทำงานของ ตนเองและสมาชิกภายใต้ ความแตกต่างของ สมาชิกได้	1. ผู้เรียนสามารถระบุ หน้าที่การทำงานของ ตนเองแลสมาชิก ภายใต้ความแตกต่าง ของสมาชิกบางคนได้	1. ผู้เรียนสามารถระบุ หน้าที่การทำงานของ ตนเองและสมาชิกภายใต้ ความแตกต่างของ สมาชิกแต่ละคนและ ปฏิบัติหน้าที่นั้นได้อย่าง เหมาะสมครบถ้วน สอดคล้องต่อบทบาทและ สถานการณ์ ที่เผชิญ

ตาราง 4 (ต่อ)

ทักษะ กระบวนการ	ระดับต่ำ	ระดับกลาง	ระดับสูง
	2. ผู้เรียนปฏิบัติตาม หน้าที่ข้อตกลงของกลุ่ม อย่างไม่เหมาะสมมีการ ทำงานคนเดียวเป็นหลัก	2. ผู้เรียนสามารถปฏิบัติ ตามหน้าที่ข้อตกลงของ กลุ่มได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องต่อบทบาทและ สถานการณ์ที่เผชิญ	2. ผู้เรียนสามารถปฏิบัติ ตามหน้าที่ข้อตกลงของ กลุ่มสามารถตรวจสอบ และแจ้งเตือนสมาชิกใน กลุ่มให้ปฏิบัติหน้าที่ ที่ได้รับมอบหมายได้ อย่างเหมาะสม สอดคล้องต่อบทบาทและ สถานการณ์ที่เผชิญ
	3. ผู้เรียนไม่มีการรายงาน ปัญหาอันเกิดจากการ ทำงานของตนเองและ สมาชิกไม่มีการวางแผน หรือแสดงความพยายาม ในการปรับเปลี่ยน โครงสร้างหน้าที่การ ทำงานของกลุ่มเมื่อเกิด ปัญหาหรือมีสมาชิกไม่ ปฏิบัติตามหน้าที่ที่ได้รับ มอบหมายหรือแสดง ความพยายามที่จะผลักร ภาระหน้าที่การทำงาน ของตนเองให้กับสมาชิก คนอื่น ๆ	3. ผู้เรียนสามารถรายงาน ปัญหาอันเกิดจากการ ทำงานของตนเองและ สมาชิก สามารถร่วมกัน วางแผนหรือปรับเปลี่ยน หน้าที่การทำงานขอ ตนเองและสมาชิกเมื่อ เกิดปัญหา อุปสรรค หรือ เมื่อสมาชิกในกลุ่มปฏิบัติ หน้าที่ไม่สอดคล้อง หรือไม่เป็นไปตามแผนที่ วางไว้	3. ผู้เรียนสามารถรายงาน ปัญหาอันเกิดจากการ ทำงานของตนเองและ สมาชิก ร่วมกันวางแผน หรือปรับเปลี่ยนหน้าที่ การทำงานของตนเอง และสมาชิกเมื่อเกิด ปัญหา หรือเมื่อสมาชิก ในกลุ่มปฏิบัติหน้าที่ไม่ เป็นไปตามแผนที่วางไว้ ให้การช่วยเหลือและ ยอมรับการช่วยเหลือ จากสมาชิกในกลุ่มเพื่อ ไม่ให้เกิดความขัดแย้ง การแตกหัก หรืออุปสรรค ต่อการแก้ปัญหาของกลุ่ม ได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องต่อบริบทและ สถานการณ์ที่เผชิญ

2.2 การประเมินแบบมนุษย์ มนุษย์ (human-human)

คือ การประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในโครงการประเมินและการเรียนการสอนทักษะในศตวรรษที่ 21 (ACT21S) ซึ่งเป้าหมายของโครงการนี้ คือ การค้นคว้าและสร้างรูปแบบการประเมินแบบใหม่เพื่อเป็นแนวทางในการประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 (Patrick Griffin, 2014) และจาก Care and Griffin (2014) ได้นำเสนอแนวทางการประเมินทักษะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การประเมินด้านความรู้และการประเมินด้านสังคมซึ่งการประเมินด้านความรู้จะแบ่งออกเป็น 6 ระดับ โดยแต่ละระดับการประเมินด้านความรู้มี รายละเอียดดังตาราง 5

ตาราง 5 แสดงรูปแบบการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

ระดับ	องค์ความรู้			สังคม	
	การทำงาน	การสร้างองค์ความรู้	การมีส่วนร่วม	การให้ความร่วมมือ	การทำงานร่วมกัน
6	ผู้เรียนมีการวางแผนการทำงานอย่างเป็นระบบ สามารถวิเคราะห์ปัญหาได้ สามารถหาข้อมูลวิเคราะห์ สังเคราะห์ ตรวจสอบข้อมูล และเลือกใช้ข้อมูลเป็น สามารถรู้ได้ว่าข้อมูลไหน มีประโยชน์ต่องานและ ข้อมูลไหนไม่มีประโยชน์ มีความตระหนักต่อภาระงานที่ได้รับ และสามารถทำงานให้สำเร็จภายใน ระยะเวลาที่กำหนดได้	ผู้เรียนสามารถเข้าใจ ลักษณะและ องค์ประกอบของ ปัญหาได้อย่างดี สามารถสร้างองค์ ความรู้และหาแนวทาง ในการแก้ปัญหาได้ อย่างหลากหลาย		การมีการสื่อสารระหว่างเพื่อนใน กลุ่มเกี่ยวกับปัญหาได้อย่างเข้าใจ มีการร่วมมือกันหาแนวทางหรือวิธี สำหรับการแก้ปัญหาที่เหมาะสม ที่สุดและมีกระบวนการแก้ปัญหาที่มี ประสิทธิภาพ	ผู้เรียนมีการแบ่งหน้าที่ การทำงานอย่างชัดเจน สามารถบริหารจัดการ การทำงานการ แก้ปัญหาร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้การแก้ปัญหา หรือการทำงานประสบความสำเร็จ ผู้เรียนแต่ละคนสามารถประเมิน และแสดงความสามารถ ของตนเอง รู้จุดอ่อน จุดแข็ง ทั้งของตนเอง และของเพื่อนในกลุ่มได้

ตาราง 5 (ต่อ)

ระดับ	องค์ความรู้			สังคม	
	การทำงาน	การสร้างองค์ความรู้	การมีส่วนร่วม	การให้ความร่วมมือ	การทำงานร่วมกัน
5	ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์ปัญหาได้ มีการวางแผนการทำงานในระดับดีมีการตั้งเป้าหมายที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และประสบการณ์ที่ตนเองได้รับและมี การจดบันทึกข้อมูลที่มีประโยชน์และอาจมีประโยชน์และอาจมี ประโยชน์ในอนาคต สำหรับการแก้ปัญหา	ผู้เรียนสามารถระบุสาเหตุและผลกระทบของปัญหาได้และสามารถหาวิธีแก้ปัญหาดได้อย่างเหมาะสม ทั้งในปัญหาระดับทั่วไป ไปจนถึงระดับที่มีความซับซ้อน ผู้เรียนสามารถปรับปรุงแก้ไขสมมติฐานที่ตนเองตั้งไว้ สามารถหาวิธีตรวจสอบและพิสูจน์สมมติฐานนั้นได้อย่างเหมาะสม	ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นในการทำงานตั้งใจฟังและยอมรับความช่วยเหลือต่างๆ ไม่ว่าจะจากเพื่อนในกลุ่มหรือผู้สอน ผู้เรียนมีการปรึกษาและพูดคุยกันในกลุ่มเกี่ยวกับการทำงาน และการแก้ปัญหาร่วมกันมากกว่าการทำงาน ตัวคนเดียว	ผู้เรียนให้ความร่วมมือและยอมรับความเห็นจากเพื่อนในกลุ่มแต่ไม่ปรับปรุง หรือเปลี่ยนแปลง เป้าหมายในการทำงานมีการร่วมมือกันทำงานและแก้ปัญหาร่วมกันได้อย่างเหมาะสม	ผู้เรียนมีความพยายามในการแก้ปัญหาบนความแตกต่างทางความคิดและความเข้าใจของเพื่อนในกลุ่มได้ ผู้เรียนมีการแสดงความคิดเห็นร่วมกัน สามารถดิชมรมถึงบอกข้อจำกัดของเพื่อนในกลุ่มและข้อจำกัดของเพื่อนในกลุ่มและข้อจำกัดของ ปัญหาตลอดจนปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการทำงานได้อย่างเหมาะสม

ตาราง 5 (ต่อ)

ระดับ	การทำงาน	องค์ความรู้		สังคม	
		การสร้างองค์ความรู้	การมีส่วนร่วม	การให้ความร่วมมือ	การทำงานร่วมกัน
4	ผู้เรียนมีการนำวิธีการแก้ปัญหามาลองผิดลองถูกมีการประยุกต์ดัดแปลงในเชิงลองผิดลองถูกและค่อยๆ มีการสืบค้นอย่างเป็นระบบมากขึ้น มีการตั้งเป้าหมายในการทำงานและการแก้ปัญหาค่อนข้างแคบและมีข้อจำกัดโดยจะมองแค่การแก้ปัญหาย่อยให้สำเร็จก่อนแล้วค่อยไปวางแผนหาวิธีแก้ปัญหาอื่นๆต่อไปมีความเข้าใจปัญหาแค่ระดับพื้นฐานเท่านั้นและยังขาดการวิเคราะห์ปัญหาการวางแผนเพื่อแก้ปัญหาการหาวิธีแก้ปัญหา	ผู้เรียนสามารถระบุถึงความเชื่อมโยงและรูปแบบของปัญหาโดยใช้ข้อมูลที่มีและสามารถหาวิธีแก้ปัญหาในระดับทั่วไปได้	ผู้เรียนแสดงให้เห็นถึงวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย	ผู้เรียนมีการแก้ไขปรับปรุงจากการสื่อสารร่วมกันกับเพื่อนในกลุ่มเพื่อนำมาพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาใหม่ขึ้นและมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลข้อคิดเห็นร่วมกัน	ผู้เรียนมีการแสดงความคิดเห็นและแบ่งปันข้อมูลสำหรับการทำงานและแก้ปัญหาให้กับเพื่อนในกลุ่มตามความสามารถของตนเอง มีการแบ่งปันความเข้าใจร่วมกันและตระหนักถึงความสามารถและข้อจำกัดในการทำงานของตนเอง

ตาราง 5 (ต่อ)

ระดับ	องค์ความรู้			สังคม	
	การทำงาน	การสร้างองค์ความรู้	การมีส่วนร่วม	การให้ความร่วมมือ	การทำงานร่วมกัน
3	ผู้เรียนทราบว่าจำเป็นจะต้องมีข้อมูลมากกว่านี้เพื่อที่จะแก้ปัญหาและทำการค้นคว้ารวบรวมข้อมูลมากเท่าที่จะหาได้ แต่ก็ยังตระหนักได้ว่าข้อมูลที่ตนเองนั้นอาจจะยังไม่เพียงพอจึงการจัดสรรแบ่งปันข้อมูลเหล่านั้นกับเพื่อน	ผู้เรียนเริ่มเห็นความเชื่อมโยงของข้อมูลต่างๆ เพื่อการแก้ปัญหาร่วมกันกับเพื่อน	ผู้เรียนแสดงให้เห็นถึงความพยายามในการแก้ปัญหา การปรึกษาพูดคุยกันในกลุ่ม การสื่อสารในเรื่องที่ตนเองได้รับ เช่น คำชี้แนะ คำสั่ง เป็นต้น	ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำความเข้าใจปัญหา ร่วมกับเพื่อนในกลุ่ม	ผู้เรียนจะมีส่วนร่วมในการทำงานที่ต่อเมื่อภาระงานนั้นเกี่ยวข้องกับงานที่ตนเองได้รับมาเท่านั้น
2	ผู้เรียนมีการวิเคราะห์ปัญหาอย่างจำกัดและใช้เพียงข้อมูลที่มีอยู่ในมือหรือใช้ข้อมูลจากที่ผู้สอนสอนเท่านั้น ผู้เรียนแสดงให้เห็นการใช้ข้อมูลที่มีอยู่ได้อย่างมีประสิทธิภาพการตั้งเป้าหมายในการทำงานและการแก้ปัญหา	ผู้เรียนมีการตรวจสอบสมมติฐานโดยใช้ข้อมูลที่ผู้เรียนมี สามารถระบุสาเหตุและผลกระทบที่เป็นไปได้มีการตรวจสอบซ้ำเพื่อความมั่นใจและการได้มาซึ่งข้อมูลเพิ่มเติม	ผู้เรียนมีส่วนร่วมเฉพาะเมื่อได้รับความช่วยเหลือมีการสื่อสารในกลุ่มแค่ช่วงแรกๆ ผู้เรียนมีความตระหนักในหน้าที่ของตนและเพื่อนในกลุ่ม และมีการส่งข้อมูลหรือแบ่งปันข้อมูลเฉพาะที่เกี่ยวข้องให้กับ	ผู้เรียนไม่มีการตอบสนองต่อการมีส่วนร่วมของเพื่อนในกลุ่มหรือต้องใช้เวลานานกว่าผู้เรียนจะยอมมีส่วนร่วมกับเพื่อนในตกลุ่มและมีแนวโน้มที่	ผู้เรียนทำงานคนเดียวเป็นหลักทำตามหน้าที่ของตนเองเท่านั้น และมีความตระหนักถึงความสามารถและขีดจำกัดในการทำงานของตนเอง

ตาราง 5 (ต่อ)

ระดับ	องค์ความรู้		สังคม	
	การทำงาน	การสร้างองค์ความรู้	การมีส่วนร่วม	การให้ความร่วมมือ
	เป็นไปอย่างมีข้อจำกัด	เพื่อการแก้ปัญหา	เพื่อนในกลุ่มตามหน้าที่ ของตนเพื่อให้การ ทำงานดำเนินต่อไปได้	จะปฏิเสธการร่วมมือใดๆ จากเพื่อนในกลุ่ม
1	ผู้เรียนไม่สามารถวิเคราะห์ ปัญหาได้ การทำงานการ สืบค้นข้อมูลเป็นไปอย่าง สะเปะสะปะ ไม่เป็นระบบ ไม่มีความพยายามที่จะ แก้ปัญหา วิธีแก้ปัญหา อย่างไม่หลากหลาย มีความ พยายามที่จะแก้ปัญหาด้วย วิธีใดวิธีหนึ่ง	ผู้เรียนมีความพยายามในการ แก้ปัญหาโดยใช้วิธีเดิมซ้ำๆ ซึ่งขาดแคลนหลักฐานที่ น่าเชื่อถือขาดความเข้าใจใน ปัญหาผู้เรียนมีการหาข้อมูล เป็นรายบุคคล และทำตาม ที่ผู้สอนสอนเท่านั้น	ผู้เรียนมีการทำงานและ การแก้ปัญหาด้วยตัวคน เดียวผู้เรียนมีมีการสื่อสาร พูดคุยปรึกษากันในกลุ่ม เลย ไม่มีการทำงาน ร่วมกันในกลุ่มไม่มีการ แบ่งปันข้อมูลร่วมกัน การ สื่อสารระหว่างกันเกิดขึ้น แค่ตอนรับงานหรือรับ ปัญหามาแล้วเท่านั้น	

3. การวิเคราะห์การเกิดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เน้นการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ Engineering is Elementary (EIE)

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เน้นการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ Engineering is Elementary (EIE) มีทั้งหมด 5 ขั้นตอน ซึ่งแต่ละขั้นได้ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของ PISA 2015 ซึ่งมีสมรรถนะย่อย คือ 1) การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน 2) การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา และ 3) การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม

ตาราง 6 แสดงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ
ขั้นที่ 1 ค้นหาปัญหา	1. การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน
ขั้นที่ 2 สร้างแนวคิด	1. การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน 2. สร้างและรักษาระเบียบกลุ่ม
ขั้นที่ 3 เลือกแนวคิดที่ดีที่สุด	1. การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา
ขั้นที่ 4 วางแผนลงมือปฏิบัติ	1. การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน 2. การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา 3. การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม
ขั้นที่ 5 ตรวจสอบและปรับปรุง	1. การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน 2. การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา 3. การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม

จากตาราง 6 แสดงการวิเคราะห์สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเชิงออกแบบทางวิศวกรรม ดังนี้

สมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกันสมรรถนะนี้จะเกิดในขั้นที่ 1 ค้นหาปัญหา ขั้นที่ 2 สร้างแนวคิด ขั้นที่ 4 วางแผนลงมือปฏิบัติ และขั้นที่ 5 ตรวจสอบและปรับปรุง ทั้ง 4 ขั้นนี้เป็นขั้นที่ส่งเสริมสมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน เนื่องจากผู้เรียนจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจและการมองสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นเหมือนกัน พร้อมทั้งร่วมกันแบ่งปันข้อมูลให้กันและกันอีกทั้งต้องสามารถระบุปัญหาาร่วมกันได้ว่าปัญหาคืออะไร และต้องทำความเข้าใจถึงปัญหาหรือสาเหตุของปัญหาว่าคืออะไร มีลักษณะอย่างไรร่วมกัน อีกทั้งยังต้อง

หาหนในการแก้ไขปัญหาร่วมกันได้ซึ่งทั้งหมดนี้ทุกคนจะต้องมีความคิดเห็นไปในทิศทางเดียวกันทั้งหมดเพราะต้องเกิดจากการอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่ม

สำหรับสมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาจะเกิดขึ้นชั้นที่ 3 เลือกแนวคิดที่ดีที่สุด ชั้นที่ 4 วางแผนลงมือปฏิบัติ และชั้นที่ 5 ตรวจสอบและปรับปรุง โดยในชั้นที่ 3 และชั้นที่ 4 หลังจากที่ผู้เรียนได้ระบุนปัญหาร่วมกันแล้วผู้เรียนจะต้องมีการเลือกหาแนวคิดที่ดีที่สุดที่จะใช้ในการแก้ปัญหา โดยต้องมีการคำนึงถึงปัจจัยภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ อีกด้วย รวมถึงในการวางแผนลงมือปฏิบัติงาน ผู้เรียนจะต้องมีการร่วมกันเลือกและวางแผนเพื่อหาแนวทางในการดำเนินงานที่เหมาะสมมากที่สุด และการออกแบบชิ้นงานที่จะใช้ในการแก้ไขปัญหาก็ได้ซึ่งทั้งสองขั้นนี้จะช่วยส่งเสริมสมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาสำหรับในชั้นที่ 5 หลังจากที่ผู้เรียนได้ร่วมกันนำชิ้นงานมาตรวจสอบ หลังจากที่ตรวจสอบแล้วถ้าชิ้นงานของผู้เรียนไม่ประสบผลสำเร็จ จะต้องมีการแก้ไขปรับปรุงเกิดขึ้น ในขั้นนี้ผู้เรียนก็จะร่วมกันปรึกษาและวางแผนเพื่อหาแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงผลงานให้มีประสิทธิภาพ และประสบผลสำเร็จมากยิ่งขึ้น ซึ่งในขั้นนี้ก็จะส่งเสริมสมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาเช่นกัน

สำหรับสมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม ในสมรรถนะนี้จะเกิดขึ้นในชั้นที่ 2 สร้างแนวคิด ชั้นที่ 4 วางแผนลงมือปฏิบัติ และชั้นที่ 5 ตรวจสอบ ทั้งสามขั้นนี้จะช่วยส่งเสริมสมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม เนื่องจากในการทำงานของแต่ละขั้นผู้เรียนจะต้องมีการวางแผน และกำหนดบทบาทหน้าที่ของสมาชิกภายในกลุ่มได้อย่างเหมาะสมว่าแต่ละคนนั้นจะมีหน้าที่ในการปฏิบัติอะไร โดยการคำนึงถึงความสามารถของแต่ละบุคคลเพื่อจะช่วยให้แต่ละคนปฏิบัติงานตามความสามารถของตนเองได้ เพื่อที่จะทำให้การดำเนินงานของกลุ่มเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น อีกทั้งในการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มนี้ ผู้เรียนทุกคนจำเป็นต้องปฏิบัติตาม หน้าที่ของตนเอง รวมถึงปฏิบัติตามข้อตกลงที่มีร่วมกันของกลุ่มและถ้าหากเกิดปัญหาขึ้นภายในกลุ่ม สมาชิกทุกคนจะต้องร่วมกันช่วยหาทางในการแก้ไขปัญหามาในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้

สรุปได้ว่า สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในข้างต้น การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ Engineering is Elementary (EIE) สามารถส่งเสริมให้เกิดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ

จรรยาพงษ์ ชลสินธุ์ (2559) ได้ศึกษาเรื่องการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ซึ่งเป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติ ขั้นสังเกต และขั้นสะท้อนผล โดยมีเครื่องมือวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบบันทึกสะท้อนผล แบบทดสอบ และบันทึกประจำวัน สำหรับผลการวิจัยพบว่าขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ควรจะมีการสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ก่อนที่จะให้ผู้เรียนเข้าสู่บูรณาการกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม อีกทั้งยังต้องมีการสรุปและประเมินผลเพิ่มเติม ซึ่งการบูรณาการกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ผู้วิจัย ได้กล่าวสรุปประกอบไปด้วย 8 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นระบุปัญหา 2) ขั้นศึกษาปัญหา 3) ขั้นพัฒนาวิธี แก้ปัญหาที่เป็นไปได้ 4) ขั้นเลือกวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุด 5) ขั้นสร้างชิ้นงาน 6) ขั้นทดสอบและประเมินวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ 7) ขั้นนำเสนอวิธีแก้ปัญหา และ 8) ขั้นปรับปรุงแก้ไข นอกจากนี้ยังพบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมืออยู่ในระดับกลาง เพราะผู้เรียนได้รับความรู้และมีประสบการณ์ในการเรียนรู้ไม่เท่ากัน แต่เมื่อทำงานเป็นกลุ่มพบว่าผู้เรียนสามารถแก้ไขปัญหาก็ได้แต่มีอุปสรรคเมื่อลองแก้ปัญหาด้วยตนเอง

จำรัส อินทลาภาพร (2558) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ช่วยให้ครูสามารถจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการใน 3 สาระ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ การงานอาชีพและเทคโนโลยี โดยสร้างเป็นหน่วยการเรียนรู้เดียวกันซึ่งช่วยลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหาในแต่ละสาระ และลดเวลาในการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน และการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21 ได้แก่ 1) ทักษะการคิดวิเคราะห์ 2) ทักษะการแก้ปัญหา 3) ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 4) ทักษะการสร้างนวัตกรรม และ 5) ทักษะการออกแบบ

พัชราพร มิณูชรัญณ์ (2557) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิค STAD ที่มีต่อสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 40 คน ผลการศึกษาค้นคว้า พบว่า 1) ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิค STAD พบว่า สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบของนักเรียน

ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิค STAD มีคะแนนหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิค STAD หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 80 พบว่า สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิค STAD มีคะแนนหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ธีรญา ไชยเดช (2559) ได้ทำวิจัยเรื่องวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์โดยใช้เครื่องมือวิจัย ได้แก่ แบบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ แบบสังเกตการณ์แก้ปัญหาแบบร่วมมือ และอนุทินสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่าก่อนการจัดการเรียนรู้สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียนอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำและปานกลาง แต่หลังจากจัดการจัดการเรียนรู้แบบวิจัยเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาพบว่าผู้เรียนมีสมรรถนะในระดับสูง

5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ

Tawfik, Trueman and Trueman (2014) ได้ทำการศึกษาการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ Problem-Based Learning และ Service Learning ในวิชาชีววิทยา ให้กับนักเรียนที่ไม่ใช่สาขาวิทยาศาสตร์โดยต้องการให้นักเรียนได้เรียนรู้แนวคิดทางชีววิทยาโดยที่ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในโครงการทำความสะอาดทะเลสาบภายในมหานครชิคาโก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ การทดสอบก่อนเรียน การทดสอบหลังเรียน และคะแนนการสอบปลายภาค ที่จะประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียน การสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ Problem-Based Learning และ Service Learning ผลการวิจัย พบว่า การจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ Problem-Based Learning และ Service Learning ทำให้ผลคะแนนการเรียนรู้ของนักเรียนเพิ่มสูงขึ้นจากคะแนนผลการทดสอบก่อนเรียน พบว่านักเรียนได้คะแนน 34.5% และหลังเรียนได้คะแนน 56.7% และผล t-test ยังแสดงว่า การบูรณาการระหว่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ Problem-Based Learning และ Service Learning ทำให้ผลคะแนนของนักเรียนมีนัยสำคัญทางสถิติที่ดีขึ้นกว่าปีที่ผ่านมา

Shieh and Chang (2014) ได้ทำการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในการสร้างเรือจากของเหลือใช้ในกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบ ภาคปฏิบัติ (Hand-on activities) และโครงการวิทยาศาสตร์งานวิจัยเป็นแบบเชิงปริมาณ เครื่องมือวิจัย ได้แก่ ชิ้นงาน แบบสัมภาษณ์ แบบสังเกต และรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรม ผลจากการศึกษาพบว่าการจัดกิจกรรมแบบภาคปฏิบัติเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทำการทดลอง ลองผิด ลองถูก และแบบโครงการวิทยาศาสตร์ไม่เพียงแต่เป็นการช่วยให้ผู้เรียนมีพัฒนาการด้านความคิดสร้างสรรค์ที่เพิ่มขึ้นแต่ยังส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาที่เพิ่มสูงขึ้น อีกทั้งยังส่งผลให้ผู้เรียนมีความตระหนักถึงความสำคัญและคุณค่าของความร่วมมือในการทำกิจกรรมร่วมกัน อย่างไรก็ตาม ความสำเร็จของกลุ่มในการที่จะแก้ปัญหาให้สำเร็จด้วยกันขึ้นอยู่กับระดับความรู้และความสามารถของผู้เรียนแต่ละกลุ่มซึ่งถือว่าเป็นความแตกต่างระหว่างตัวบุคคล นอกจากนี้ความใส่ใจความมุ่งมั่นพยายามในการแก้ปัญหาให้สำเร็จของกลุ่มก็มีผลต่อความสำเร็จในการทำกิจกรรมหากกลุ่มมีความมุ่งมั่นพยายามสูงก็มีโอกาสที่จะประสบความสำเร็จในการทำกิจกรรมหรือแก้ปัญหาที่สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ

Yi Lin, et al. (2015) ได้ศึกษาระบบการประเมินผลเพื่อทำการประเมินทักษะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ (CPS) ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา โดยมีการประเมินอยู่ 8 ช่วง และมีนักวิจัย 4 คนที่ได้เข้าร่วมในการศึกษาคั้งนี้ โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการวัดจะเป็นเกณฑ์เดียวกับที่ OECD ได้กำหนดไว้ ซึ่งในการประเมินจะใช้ระบบคอมพิวเตอร์ในการประเมินตามเกณฑ์ที่กำหนดโดยปัญหาที่ใช้ในการทดสอบผู้เรียนยกตัวอย่าง เช่น การออกแบบชั้นวางของ การใช้ไมโครเวฟ และการสร้างบ้าน เป็นต้น โดยผู้เข้าร่วมวิจัยจะเป็นผู้เรียนชาวไต้หวันที่ศึกษาอยู่ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 222 คน ซึ่งในการประเมินจะดูสมรรถนะการแก้ไขปัญหแบบร่วมมือของผู้เรียนซึ่งมี 3 สมรรถนะย่อย ได้แก่ การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกันการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาและการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่มซึ่งพบว่าระบบการประเมินมีขั้นตอนยุ่งยากแต่ก็เป็นที่น่าพึงพอใจสำหรับผู้ที่ใช้ซึ่งระบบนี้สามารถใช้ในการประเมินผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพและผู้เรียนแสดงออกถึงสมรรถนะทั้งสามนี้อย่างมีนัยสำคัญ

Chen L, et al. (2019) การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่อาจส่งผลกระทบต่อการเรียนรู้และการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ (CPS) ในด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ (STEM) รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยสำคัญในการศึกษา STEM รวมถึงกลยุทธ์การเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้และตรวจสอบความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพ

การเรียนรู้และการรับรู้ CPS ตามลำดับ แหล่งข้อมูลหลายแหล่งรวมถึงการทดสอบการเรียนรู้ ข้อเสนอแนะแบบสอบถามและบันทึกการเรียนรู้ได้รับการรวบรวมและตรวจสอบตามวิธีการวิเคราะห์การเรียนรู้ พบความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญสำหรับพฤติกรรมการเรียนรู้ของการใช้เครื่องหมายอย่างมีประสิทธิภาพการเรียนรู้และการรับรู้ CPS ในการอภิปรายกลุ่มในขณะที่ความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับปัจจัยบางประการของกลยุทธ์การเรียนรู้ STEM และพฤติกรรมการเรียนรู้ผลลัพธ์บ่งบอกถึงความสำคัญของวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการใช้กลยุทธ์การเรียนรู้และเครื่องมือการทำงานในการศึกษา STEM

สรุป

จากการวิเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาและปรับปรุง การจัดการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และพัฒนาศักยภาพของตนเองให้มากที่สุด โดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา คือ การนำจุดเด่นของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกัน รวมถึงวิธีการจัดการเรียนรู้ของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันเพื่อให้นักเรียนนำความรู้ทุกศาสตร์ มาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า และการพัฒนาสิ่งต่างๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาลากหลายรูปแบบสามารถพัฒนาสมรรถนะทั้ง 3 สมรรถนะหลักของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้ แต่ยังไม่ครอบคลุมถึงสมรรถนะย่อยของแต่ละสมรรถนะ ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องการพัฒนาสมรรถนะย่อยโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาโดยใช้รูปแบบเลือกการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาตามการออกแบบเชิงวิศวกรรมของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (สสวท, 2557) ซึ่งมี 5 ขั้นตอน การจัดการเรียนรู้เพื่อเป็นการส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา ซึ่งประกอบไปด้วยการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการศาสตร์สาขาวิชาทั้ง 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science : S) เทคโนโลยี (Technology : T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineer : G) และคณิตศาสตร์ (Mathematics : M) ซึ่งการจัดการกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบนี้จะเป็นการเรียนรู้ที่ผนวกวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม เพื่อที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้ ความเข้าใจและพัฒนาความรู้ความสามารถในด้านวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี เพื่อนำมาออกแบบชิ้นงานโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งชิ้นงานนั้นสามารถนำมาแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวันได้

นอกจากนี้ ยังเป็นกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะทางด้านสังคม โดยนักเรียนแต่ละกลุ่ม จะได้ทำกิจกรรมร่วมกับเพื่อน มีการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ซึ่งเป็นการสร้างปฏิสัมพันธ์ที่ดีต่อกัน ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียน และ

การจัดการเรียนรู้ ตามแนวทางสะเต็มศึกษายังเน้นให้นักเรียนมีการกระบวนการทำงานเป็นกลุ่ม เพื่อช่วยกัน แก้ปัญหาร่วมกัน ทำให้นักเรียนมีทักษะในการแก้ปัญหา รวมถึงการแลกเปลี่ยนความรู้ ซึ่งกันและกัน ผู้วิจัยจึงสนใจจะนำแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษา มาดำเนินการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การตอบสนองของพืชครั้งนี้ มีวิธีการดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. รูปแบบการวิจัย
2. ผู้เข้าร่วมวิจัย
3. เครื่องมือในการวิจัย
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

รูปแบบการวิจัย

ผู้วิจัยเลือกใช้ขั้นตอนการทำวิจัยปฏิบัติการ ซึ่งเป็นการวิจัยที่เน้นการพัฒนาวิชาชีพครู ทำให้ผู้สอนเกิดการเรียนรู้และพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ผู้เรียนได้รับประโยชน์จากการปรับปรุงการจัดการเรียนการสอน ตามแบบของ Schmuck (2006, อ้างอิงใน สิริินภา กิจเกื้อกูล, 2557, น. 149-152) ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินการเป็นวงจร 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1. ขั้นวางแผน (Plan) 2. ขั้นปฏิบัติ (Act) 3. ขั้นสังเกต (Observe) 4. ขั้นสะท้อนผล (Reflect) แต่ละขั้นตอนของการวิจัยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ขั้นวางแผน (Plan)

- 1.1 วิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุของปัญหา
- 1.2 ศึกษารูปแบบวิธีการจัดการเรียนรู้
- 1.3 ศึกษาวิธีการสร้างเครื่องมือและสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย รวบรวมข้อมูล

และวิเคราะห์ข้อมูล

- 1.4 วางแผนและออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้

2. ขั้นปฏิบัติ (Act)

ในขั้นตอนนี้ทำการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การตอบสนองของพืช โดยมีขั้นตอนการ

จัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา ขั้นที่ 2 การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ขั้นที่ 3 การวางแผนและพัฒนา ขั้นที่ 4 การทดสอบและประเมินผล และขั้นที่ 5 การนำเสนอผลลัพธ์

3. ขั้นสังเกต (Observe)

ในขั้นสังเกตจะเกิดขึ้นพร้อมกับขั้นปฏิบัติในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดกิจกรรมจะบันทึกผลการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ลงในแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ และสังเกตพฤติกรรมในการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนตลอดกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยจัดขึ้น โดยบันทึกลงในแบบบันทึกการสังเกตพฤติกรรมในการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียน

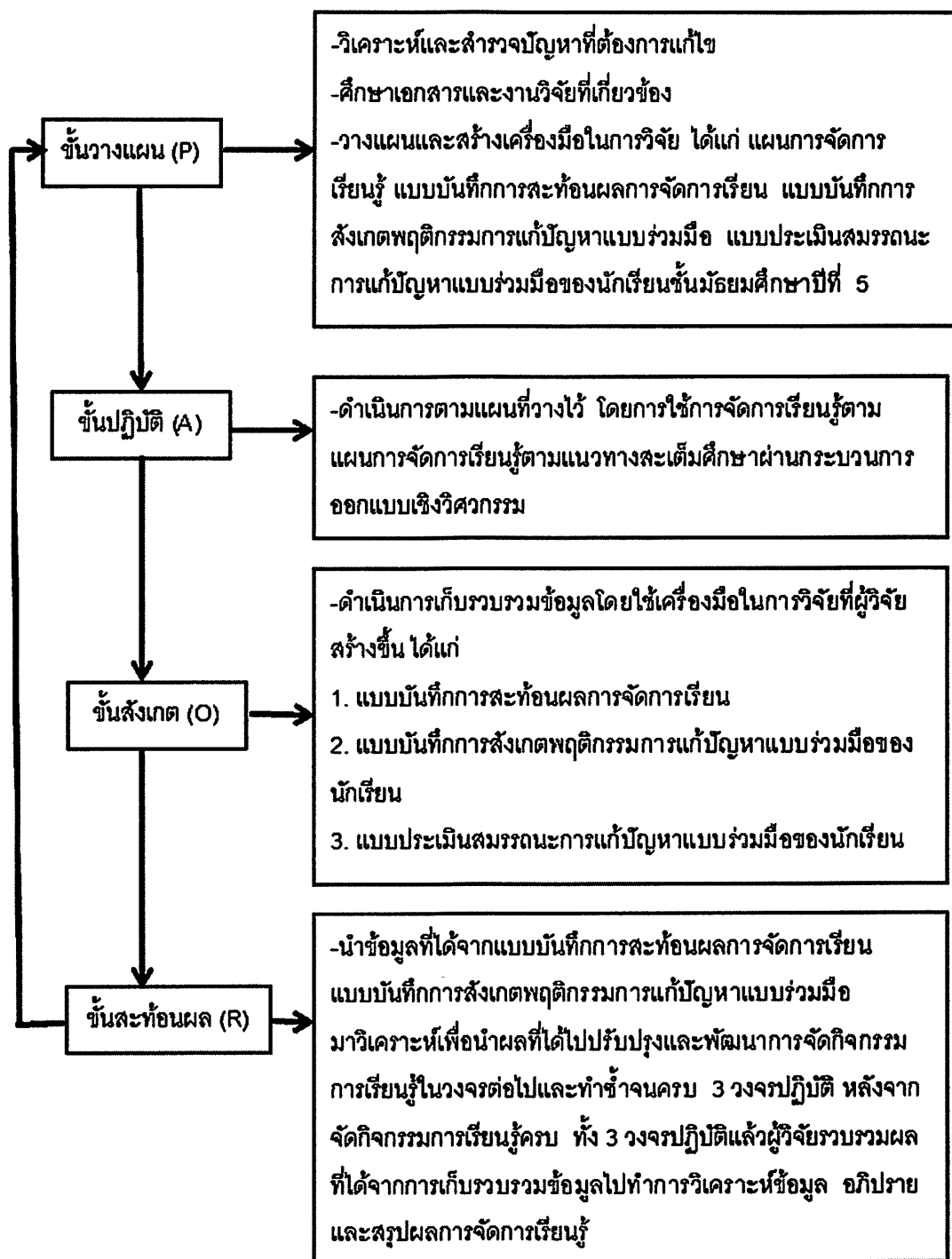
4. ขั้นสะท้อนผล (Reflect)

ขั้นตอนนี้ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากแบบบันทึกการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ซึ่งถือเป็นการสะท้อนผลจากตัวผู้วิจัยเองโดยบันทึกเกี่ยวกับปัญหาและข้อบกพร่องที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยจะนำไปปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติถัดไปให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ในส่วนของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียน ได้จากการสังเกตพฤติกรรม การเรียนรู้ การร่วมกิจกรรมของนักเรียนตลอดกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ผู้วิจัยได้จัดขึ้นจากบันทึกการสังเกตพฤติกรรมในการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียน การร่วมกันปฏิบัติกิจกรรมในชั้นเรียน ใบบันทึกกิจกรรม การออกแบบและสร้างชิ้นงานของนักเรียนผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ผลที่ได้เป็นการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ว่าการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยจัดขึ้นบรรลุตามวัตถุประสงค์หรือไม่ การจัดการเรียนรู้นั้นส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนหรือไม่อย่างไร ทั้งนี้เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติถัดไป

การสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด สะท้อนผลโดยผู้วิจัยและผู้ร่วมสะท้อนผล คือ ครูชำนาญการพิเศษ ซึ่งมีประสบการณ์ในการสอนวิทยาศาสตร์มาไม่น้อยกว่า 10 ปี รวมถึงการให้คำแนะนำ ให้ข้อคิดเห็นตลอดจนข้อเสนอแนะเพื่อเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยผู้วิจัยนำไปปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียนในวงจรปฏิบัติถัดไป วงจรปฏิบัติที่ผู้วิจัยกำหนดไว้สำหรับการดำเนินงานวิจัยนี้ คือ 3 แผนการจัดการเรียนรู้หรือวงจรปฏิบัติการ สามารถสรุปกระบวนการวิจัยได้ดังภาพ 10

ขั้นตอนดำเนินการวิจัย



ภาพ 10 ขั้นตอนการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติ

ผู้เข้าร่วมวิจัย

ผู้เข้าร่วมวิจัยในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 35 คน ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จากห้องเรียนที่ผู้วิจัยทำการสอนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 เป็นโรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดน่าน

บริบทของโรงเรียน

โรงเรียนตั้งอยู่ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดน่าน ลักษณะโรงเรียนเป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ประจำจังหวัด โรงเรียนมีแผนการจัดการเรียนการสอน คือ แผนการเรียนเน้นวิทยาศาสตร์ แผนการเรียนสายวิทยาศาสตร์ แผนการเรียนสายศิลป์ และแผนการเรียนห้องเรียน Mini English Program (MEP) นอกจากนี้ทางโรงเรียนได้มีการจัดหลักสูตรสถานศึกษาให้สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) เน้นการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนมีความรู้ความสามารถตามนโยบายของโรงเรียน คือ หนึ่งนักเรียนหนึ่งศักยภาพภูมิปัญญาของนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในเขตอำเภอเมือง บางส่วนอยู่ต่างเขตอำเภอ นักเรียนที่มีบ้านอยู่ไกลจากโรงเรียนมักจะเช่าหอพักอยู่ บางคนผู้ปกครองขับรถรับส่งด้วยตัวเอง

ลักษณะของห้องเรียน

ห้องเรียนระดับมัธยมศึกษาที่ 5 จำนวนทั้งสิ้น 10 ห้องเรียน เป็นห้องเรียนที่เน้นการสอนวิทยาศาสตร์จำนวน จำนวน 6 ห้องเรียน แต่ละห้องมีจำนวนนักเรียนเฉลี่ย 35-40 คน ต่อห้องเรียน การจัดโต๊ะของผู้เรียนเป็นคู่ในลักษณะแถวตอนลึกหันหน้าเข้าหากระดานซึ่งค่อนข้างแออัด บริเวณด้านหลังห้องจะมีชั้นเก็บเอกสารของนักเรียนแต่ละคน สีของห้องเรียนจะเป็นสีขาวหรือสีครีมค่อนข้างสบายสายตาทำให้รู้สึกกว้าง บริเวณหน้าห้องจะเป็นกระดานไวท์บอร์ด มีจอโปรเจคเตอร์ติดตั้งบริเวณกลางกระดานเลื่อนเก็บได้ มีระบบเครื่องเสียงลำโพงและไมโครโฟน มีประตูเข้าและออก 2 ทาง คือ ด้านหน้าห้องเรียนและด้านหลังห้องเรียน โต๊ะครูผู้สอนจะอยู่บริเวณด้านข้างของกระดานไวท์บอร์ด ติดกับประตูเข้าออกด้านหน้าห้องเรียน อุปกรณ์ทำความสะอาดห้องเรียนอยู่มุมด้านใดด้านหนึ่งบริเวณหลังห้องเรียน ภายในห้องเรียนติดเครื่องปรับอากาศซึ่งผู้เรียนจะเปิดเครื่องปรับอากาศตลอดเวลา มีบริการอินเทอร์เน็ตไร้สายจากทางโรงเรียนตลอดเวลา นักเรียนสามารถใช้บริการเพื่อสืบค้นข้อมูลได้

โรงเรียนยังมีห้องปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ที่แยกตามสาขา คือห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทั่วไป ห้องปฏิบัติการเคมี ห้องปฏิบัติการชีววิทยา ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ ห้องปฏิบัติการดาราศาสตร์ แยกกันอย่างชัดเจน ภายในห้องปฏิบัติการมีกระดานไวท์บอร์ด มีจอโปรเจคเตอร์มีลำโพงติดบริเวณด้านข้างทั้งสองด้านของห้องเรียน มีไมโครโฟน ด้านหลังห้องมีตู้เก็บอุปกรณ์ที่ใช้

ในการทดลอง ไต่และเก้าอี้ในห้องปฏิบัติการสามารถแบ่งกลุ่มนั่งประมาณ 4-5 คนต่อกลุ่ม ห้องเรียนมีบริเวณกว้างเหมาะสมในการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มและการประดิษฐ์ชิ้นงาน

ลักษณะของผู้เรียน

ลักษณะของผู้เรียนของผู้เข้าร่วมวิจัยในครั้งนี้เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนเน้นวิทยาศาสตร์ สำหรับรายวิชาชีววิทยา ผู้เรียนจะได้เรียนวิชาชีววิทยา 3 เนื้อหาที่เกี่ยวข้องส่วนใหญ่จะเป็นเรื่องของพืชและระบบต่างๆ ของร่างกาย ผู้เรียนค่อนข้างมีความพร้อมทางด้านความรู้และทุนทรัพย์ เนื่องจากในการรับผู้เรียนของโรงเรียนแห่งนี้จะต้องมีการสอบแข่งขันเพื่อเข้าศึกษาต่อ การดำเนินชีวิตของผู้เรียนส่วนมากผู้เรียนจะมีภูมิลำเนาอยู่ในเขตอำเภอเมือง ส่วนนักเรียนที่มีจากต่างอำเภอ จะเช่าหอพักใกล้ๆ บริเวณโรงเรียน โรงเรียนเริ่มเข้าแถวเคารพธงชาติตอนเช้าเวลา 07.50 น. เริ่มเข้าเรียนชั่วโมงแรกเวลา 08.20 น. เลิกเรียนเวลา 16.20 น. ของแต่ละวัน สำหรับนักเรียนห้องเรียนพิเศษยังมีเรียนเสริมหลังเลิกเรียนทุกวันจันทร์ถึงวันศุกร์ ตั้งแต่เวลา 16.30 น. - 18.00 น. ช่วงเวลาว่างจากการเรียน หรือบางครั้งในชั่วโมงเรียนนักเรียนมักสนใจเล่นเกมจากโทรศัพท์มือถือ จากการที่ผู้วิจัยสังเกตพฤติกรรมในการเรียนของนักเรียน พบว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยการทำกิจกรรมกลุ่มของผู้เรียนของผู้เรียนมักเกิดปัญหาค่อนข้างมาก อีกทั้งรายวิชาชีววิทยาเนื้อหาส่วนมากมักใช้การสอนแบบบรรยายรวมถึงไม่ค่อยมีกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือที่ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติร่วมกันมากเท่าใดนักซึ่งอาจทำให้ผู้เรียนใช้การคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาได้ไม่มากนักรวมทั้งไม่สามารถนำเนื้อหาไปประยุกต์ใช้ได้ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือนี้เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะในการทำงานร่วมกับผู้อื่นตลอดจนการแก้ปัญหาต่างๆ โดยอาศัยความร่วมมือจากกลุ่ม ในการแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง การตอบสนองของพืช

เครื่องมือในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยผู้วิจัยได้ออกแบบเพื่อตอบคำถามวิจัย ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การตอบสนองของพืช ควรมีการจัดการเรียนรู้อย่างไร

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง การตอบสนองของพืช สำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การตอบสนองของพืชกับเอทิลีน

1.1.2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การตอบสนองของพืชกับความชื้น

1.1.3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การตอบสนองของพืชต่อฮอร์โมนพืช

สังเคราะห์

1.2 แบบบันทึกการสะท้อนผลการจัดการเรียน

2. ผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การตอบสนองของพืช มีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือเป็นอย่างไร

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่

2.1 แบบบันทึกการสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

2.2 แบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง การตอบสนองของพืช สำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 3 แผน เวลา 12 ชั่วโมง

1.1 ศึกษาแนวคิดและวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและงานวิจัยต่างๆ ว่ามีการจัดการเรียนรู้ที่แบบ แต่ละแบบมีลักษณะอย่างไรแบบใดสามารถนำมาส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้

1.2 ศึกษาหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

1.3 ศึกษาหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต

มาตรฐาน ค 1.3 ใช้นิพจน์ สมการและอสมการ อธิบายความสัมพันธ์หรือช่วยแก้ปัญหาที่กำหนดให้

ตัวชี้วัด ค.1.3 ม.5/1 เข้าใจและใช้ความรู้เกี่ยวกับดอกเบี้ยและมูลค่าของเงินในการแก้ปัญหา

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม สาระชีววิทยา

ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม

สาระชีววิทยา

ข้อที่ 3. เข้าใจส่วนประกอบของพืชการแลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำของพืชการลำเลียงของพืชการสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการตอบสนองของพืชรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้

ม.5/17 สืบค้นข้อมูล อธิบายบทบาทและหน้าที่ของออกซินไซโทไคนิน จิบเบอเรลลิน เอทิลีน และกรดแอบไซซิก และอภิปรายเกี่ยวกับการนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร

ม.5/18 สืบค้นข้อมูล ทดลองและอภิปรายเกี่ยวกับสิ่งเร้าภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม

1. พืชสร้างสารควบคุมการเจริญเติบโตหลายชนิดที่ส่วนต่างๆ ซึ่งสารนี้เป็นสิ่งเร้าภายในที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น ออกซิน ไซโทไคนิน จิบเบอเรลลิน เอทิลีน และกรดแอบไซซิก

2. แสงสว่าง แร่ธาตุของดิน สารเคมีและน้ำ เป็นสิ่งเร้าภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

3. ความรู้เกี่ยวกับการตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายใน และสิ่งเร้าภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชสามารถนำมาประยุกต์ใช้ควบคุมการเจริญเติบโตของพืชเพิ่มผลผลิตและยืดอายุผลผลิตได้

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้ การทำงาน และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

ตัวชี้วัด

ว.4.2 ม.5/1 รวบรวมวิเคราะห์ข้อมูล และใช้ความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ สื่อดิจิทัล เทคโนโลยีสารสนเทศในการแก้ปัญหาหรือเพิ่มมูลค่าให้กับบริการหรือผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในชีวิตจริงอย่างสร้างสรรค์

1.4 ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษา ในรายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม 3 เรื่อง การตอบสนองของพืช ที่สอดคล้องตามหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

1.5 ศึกษารายละเอียดของคำอธิบายรายวิชา และดูว่ามีหัวข้อที่ผู้เรียนจะต้องเรียนอะไรบ้าง จากนั้นเลือกหัวข้อที่นำมาทำวิจัย พร้อมทั้งศึกษาผลการเรียนรู้ วิจัยวัดและประเมินผล

1.6 เลือกการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่าน กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (สสวท. 2557) โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา (Identify a challenge) ขั้นที่ 2 การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore ideas) ขั้นที่ 3 การวางแผนและพัฒนา (Plan and develop) ขั้นที่ 4 การทดสอบและประเมินผล (Test and evaluation) และขั้นที่ 5 การนำเสนอผลลัพธ์ (Present the solution)

1.7 สร้างสถานการณ์ที่เป็นปัจจุบัน น่าสนใจ สอดคล้องกับบริบทในชีวิตประจำวัน เพื่อให้ผู้เรียนระบุปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ใช้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

1.8 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง การตอบสนองของพืช ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้ทั้งหมดจำนวน 3 แผน เป็นเวลา 12 ชั่วโมง และใบกิจกรรมซึ่งเป็นลักษณะสถานการณ์ที่เน้นให้ผู้เรียนแก้ปัญหาและคำถามเป็นแบบไม่มีโครงสร้างจำนวน 12 ข้อ โดยให้ผู้เรียนเขียนบรรยายตอบในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ดังตาราง 7

ตาราง 7 แสดงสถานการณ์ประกอบแผนการจัดการเรียนรู้

แผนที่	เรื่อง	สถานการณ์ปัญหา	จำนวน ชั่วโมง
1	การตอบสนองของพืชกับเอทิลีน	ออกแบบสร้างกล่องบรรจุกล้วยน้ำว้าที่สามารถดูดซับก๊าซเอทิลีนได้	4
2	การตอบสนองของพืชกับความชื้น	ออกแบบสร้างโรงเรือนเพาะชำจำลองที่สามารถควบคุมความชื้นได้อย่างสม่ำเสมอ	4
3	การตอบสนองของพืชต่อฮอร์โมนพืชสังเคราะห์	ออกแบบการทดลองใช้ฮอร์โมนสังเคราะห์กับการเกิดรากของกิ่งปักชำในโรงเรือนเพาะเลี้ยงกล้าปักชำ ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น	4

1.9 นำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง การตอบสนองของพืชของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้ทั้งหมดจำนวน 3 แผน เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ซึ่งขั้นของการจัดการเรียนรู้จะใช้ 5 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา ขั้นที่ 2 การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ขั้นที่ 3 การวางแผนและพัฒนา ขั้นที่ 4 การทดสอบและประเมินผล และขั้นที่ 5 การนำเสนอผลลัพธ์ และใบกิจกรรมเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษาค้นคว้าอิสระ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมและให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงแก้ไข โดยมีข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ดังนี้

1.9.1 ด้านการวัดผลและประเมินผลของกิจกรรมในจุดประสงค์ด้านสมรรถนะยังไม่ชัดเจน

1.9.2 แผนการจัดการเรียนรู้ไม่มีพฤติกรรมที่ชี้บ่งให้เห็นถึงการร่วมกันคิดเป็นกลุ่ม ผู้วิจัยจะต้องส่งเสริมหรือมีการระบุพฤติกรรมที่ชัดเจนที่แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีการร่วมกันแก้ปัญหาแบบกลุ่ม โดยผู้วิจัยอาจเพิ่มขั้นตอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีการร่วมกันแก้ปัญหาแบบกลุ่ม

1.9.3 สถานการณ์ปัญหายังแปลกใหม่หรือท้าทายผู้เรียนควรปรับปรุงให้มีความท้าทายผู้เรียนมากขึ้น และควรใกล้เคียงกับชีวิตประจำวันของผู้เรียน

1.10 จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง การตอบสนองของพืช สำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 3 แผนและใบกิจกรรมเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ประกอบด้วย อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จำนวน 1 คน ครูชำนาญการพิเศษชีววิทยา จำนวน 2 คน ที่มีประสบการณ์ในการสอนมาไม่ต่ำกว่า 10 ปี เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม ความสอดคล้องของเนื้อหา และให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงแก้ไข โดยข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้มีดังนี้

1.10.1 ระบุพฤติกรรมกรรมการเรียนรู้ในด้านความรู้ยังไม่ชัดเจน

1.10.2 ในขั้นค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องขอให้ครูระบุแหล่งสืบค้นออนไลน์เพื่อเป็นแนวทางให้กับนักเรียนเพื่อความสะดวกในการดำเนินกิจกรรมมากขึ้น

1.10.3 เน้นย้ำถึงความสำคัญของหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายภายในกลุ่มเพื่อให้ นักเรียนเห็นความสำคัญของการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

1.11 นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ และนำผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้มาหาประสิทธิภาพซึ่งพบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.62 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.36 ซึ่งอยู่ในระดับความเหมาะสมมากที่สุด

1.12 นำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง การตอบสนองของพืช ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปใช้กับกลุ่มผู้เข้าร่วมวิจัย ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ในภาคผนวก ข

2. แบบบันทึกสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

แบบบันทึกสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ เพื่อใช้ในการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้หลังเสร็จสิ้นการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผน โดยเป็นการเขียนบรรยายตามหัวข้อที่กำหนด เพื่อนำไปปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไป ซึ่งมีขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ ดังนี้

2.1 กำหนดขอบเขตของสิ่งที่จะบันทึกสะท้อนผลการจัดการเรียน เช่น

2.1.1 การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมนี้สามารถส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียนได้หรือไม่ อย่างไร

2.1.2 ปัญหาและอุปสรรคที่พบระหว่างการจัดการเรียนรู้

2.1.3 แนวทางการแก้ไขปัญหา

2.1.4 ข้อเสนอแนะ

2.2 สร้างแบบบันทึกสะท้อนผลการจัดการเรียนตามของเขตที่กำหนดไว้โดยลักษณะแบบบันทึกจะเป็นการเขียนบรรยายเป็นข้อๆ ตามคำถามที่ตั้งไว้

2.3 นำแบบบันทึกสะท้อนผลการจัดการเรียนเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษา ค้นคว้าอิสระ เพื่อตรวจสอบข้อบกพร่อง ซึ่งคำแนะนำมีดังนี้

2.3.1 การจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับสะเต็มศึกษาตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมหรือไม่ อย่างไร ดังนั้นแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ควรทำเป็นข้อย่อยตามขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ทั้ง 5 ขั้น คือ ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา ขั้นที่ 2 การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ขั้นที่ 3 การวางแผนและพัฒนา ขั้นที่ 4 การทดสอบและประเมินผล และขั้นที่ 5 การนำเสนอผลลัพธ์

2.4 จากนั้นนำแบบบันทึกสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ มาปรับปรุงตามคำแนะนำของ อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษา ค้นคว้าอิสระ

2.5 นำแบบบันทึกสะท้อนผลการจัดการเรียนที่ปรับปรุงแล้วไปใช้เพื่อสะท้อนผล หลังจากการจัดการเรียนรู้ในแต่ละครั้ง โดยผู้บันทึกแบบบันทึกสะท้อนผลการจัดการเรียน ได้แก่ ผู้วิจัย และครูชำนาญการพิเศษ ดังตัวอย่างแบบบันทึกสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ในภาคผนวก จ

3. แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือมีลักษณะเป็นแบบสังเกตแบบ กึ่งโครงสร้าง ผู้วิจัยบันทึกพฤติกรรมของผู้เรียนที่แสดงออกถึงการมีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ และใช้กับการสังเกตแบบมีส่วนร่วม โดยมีการสอบถามนักเรียนขณะ ทำกิจกรรม และดูจากการตอบคำถามใบบันทึกกิจกรรมของนักเรียน ซึ่งมีขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ ดังนี้

3.1 ศึกษาความหมาย กรอบการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือจาก PISA 2015

3.2 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการสร้างแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่ใช้ในการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของ PISA 2015 ซึ่งมีสมรรถนะย่อย ดังนี้ 1. การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน 2. การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา 3. การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม

3.3 สร้างแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบสังเกตแบบกึ่งโครงสร้าง คือ มีการกำหนดรายการพฤติกรรมที่จะทำการสังเกตในเบื้องต้นและการเขียนบรรยายลักษณะพฤติกรรมของผู้เรียนเพิ่มเติมที่สังเกตพบขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้

3.4 นำแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา การศึกษาค้นคว้าอิสระ เพื่อตรวจสอบข้อบกพร่อง

3.5 นำแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือมาปรับปรุงตามคำแนะนำของ อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษาค้นคว้าอิสระ

3.6 นำแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือไปใช้จริงโดยผู้สังเกต คือ ผู้วิจัย ซึ่งจะสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนแบบมีส่วนร่วม (Participant Observation) ในขณะที่มีการ จัดการเรียนรู้อยู่ในแต่ละวงจรปฏิบัติ ดังตัวอย่างแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ในภาคผนวก ฉ

4. แบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

แบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ประกอบด้วย 2 สถานการณ์ปัญหา สถานการณ์ละ 6 ข้อคำถาม รวม 12 ข้อ มีลักษณะเป็นข้อคำถามแบบสร้างคำตอบอิสระ ซึ่งครอบคลุมสมรรถนะย่อยทั้ง 3 สมรรถนะ โดยอิงตามกรอบการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือของ PISA 2015 ซึ่งมีขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ ดังนี้

4.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการสร้างแบบประเมินสมรรถนะการ แก้ปัญหาแบบร่วมมือและเกณฑ์การประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

4.2 วางแผนการสร้างแบบประเมิน ดังตาราง 10

4.3 สร้างแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ โดยมีลักษณะเป็นการ เขียนคำตอบแบบสร้างคำตอบอิสระ โดยมีสถานการณ์เกี่ยวกับการตอบสนองของพืชต่อปัจจัย ภายในและปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อพืช จำนวน 2 สถานการณ์

4.3.1 เรื่อง กุหลาบผู้บอบบาง จำนวน 6 ข้อ

4.3.2 เรื่อง โรงเรือนเพื่อผลิตพืชแห่งอนาคต จำนวน 6 ข้อ

4.4 นำแบบประเมินสถานการณ์การแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา การศึกษาค้นคว้าอิสระ เพื่อตรวจสอบข้อบกพร่อง

4.5 นำแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือมาปรับปรุงตามคำแนะนำ ของอาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษาค้นคว้าอิสระ และเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ประกอบด้วย อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จำนวน 1 คน ครูชำนาญการพิเศษชีววิทยา จำนวน 2 คน ที่มีประสบการณ์ในการสอนมาไม่ต่ำกว่า 10 ปี เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของข้อคำถามกับจุดประสงค์สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงแก้ไข โดยมีข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแบบประเมินสมรรถนะ การแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ดังนี้

4.5.1 ข้อที่ 6 ของสถานการณ์ที่ 1 ข้อคำถามควรชัดเจนเพื่อให้นักเรียนตอบได้ตรงประเด็น

4.5.2 ข้อที่ 12 ของสถานการณ์ที่ 2 ควรปรับข้อคำถามให้สอดคล้องกับสมรรถนะสื่อสารร่วมกันเพื่อระบุถึงปัญหาและการดำเนินงานภายในกลุ่ม

4.6 ผลการหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ พบว่า ข้อคำถามทุกข้อมีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่า 0.5 ดังตัวอย่างแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในภาคผนวก ข

4.7 นำแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือไปใช้จริงกับผู้เรียน หลังจากเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ทุกวงจรปฏิบัติการ

ตาราง 8 แสดงสรุปแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

สมรรถนะ	สมรรถนะย่อย	วัตถุประสงค์	จำนวนข้อ
การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน	ค้นพบมุมมองและ ความสามารถของสมาชิก ในภายในกลุ่ม	สามารถค้นพบมุมมองของสมาชิก ที่มีผลต่องานที่จะปฏิบัติใหม่ได้	1
	แบ่งปันข้อมูลและทำความเข้าใจในปัญหาร่วมกัน	สามารถสื่อสารร่วมกันเพื่อ แบ่งปันข้อมูลระบุปัญหาที่เกิดขึ้น จากสถานการณ์ที่กำหนดให้	1
	สื่อสารร่วมกันเพื่อระบุถึงปัญหาและการดำเนินงานภายในกลุ่ม	สามารถสื่อสารร่วมกันเพื่อ แบ่งปันข้อมูลระบุปัญหาที่เกิดขึ้น จากสถานการณ์ที่กำหนดให้	1
	ตรวจสอบและแก้ไขความเข้าใจร่วมกัน	สามารถอธิบายสื่อสารเพื่อแก้ไข ความเข้าใจผิดให้ตรงกัน	1

ตาราง 8 (ต่อ)

สมรรถนะ	สมรรถนะย่อย	วัดพฤติกรรม	จำนวน ข้อ
การเลือก วิธีดำเนินการที่ เหมาะสมในการ แก้ปัญหา	ร่วมมือกันระบุเพื่อหา	สามารถอภิปรายแนวทางในการ	1
	แนวทางที่เหมาะสมในการ แก้ปัญหา	เลือกแนวทางในการแก้ปัญหา ที่เหมาะสมได้อย่างมีเหตุผล	
	ระบุและอธิบายภาระงาน ที่ต้องปฏิบัติให้เสร็จ	สามารถอธิบายถึงภาระงาน ได้อย่างเหมาะสม	1
ร่วมกันวางแผนออกแบบ และดำเนินงาน	ร่วมกันวางแผนออกแบบ และดำเนินงาน	สามารถสื่อสารอภิปรายเพื่อ วางแผนขั้นตอนดำเนินงานในการ แก้ปัญหาได้	1
	ร่วมกันตรวจสอบผลการ ดำเนินงานและอภิปรายผล ความสำเร็จของงาน	ผู้เรียนสามารถติดตามตรวจสอบ กลุ่มและเป้าหมายของปัญหาได้	1
	สร้างและรักษา ระเบียบของกลุ่ม	เข้าใจบทบาทหน้าที่ของ ตนเองและของสมาชิก ในกลุ่ม	ผู้เรียนสามารถเข้าใจและแบ่ง หน้าที่ของสมาชิกในกลุ่มได้ตาม ความถนัดของแต่ละคนให้ปฏิบัติ
ปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ ได้รับมอบหมาย		หน้าที่ตามที่ได้รับมอบหมายได้	1
ให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นข้อ ปรับปรุงในการทำงาน ร่วมกัน	อธิบายและประพุดิติน ตามกฎของกลุ่มที่ตั้งไว้	สามารถอธิบายถึงภาระงาน (วิธีการจำกัด) ได้อย่างเหมาะสม	1
	ให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นข้อ ปรับปรุงในการทำงาน ร่วมกัน	สื่อสารหรือให้ข้อเสนอแนะกับ สมาชิกในกลุ่มเพื่อไม่ให้เกิดความ ขัดแย้งภายในกลุ่มได้	1

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การตอบสนองของพืช ปีการศึกษา 2563 จำนวน 1 ห้องเรียนทั้งหมด 35 คน ของโรงเรียนขนาดใหญ่ในจังหวัดน่าน โดยมีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

1. ประเมินทิศที่แจ่มชัดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียนที่ เป็นผู้เข้าร่วมวิจัย
2. ก่อนการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้วางแผนไว้ ดำเนินการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้ เพื่อศึกษาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียน จากนั้นนำคำตอบของนักเรียนมาตรวจตีความหมายและจัดจำแนกคำตอบออกเป็นกลุ่มตามระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ คือ ระดับต่ำ ระดับกลาง และระดับสูง

3. ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การตอบสนองต่อของพืช ตามชั่วโมงปกติของโรงเรียน โดยใช้เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 12 ชั่วโมง จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

- วงจรรูปปฏิบัติที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การตอบสนองของพืชกับเอทิลีน
วงจรรูปปฏิบัติที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การตอบสนองของพืชกับความชื้น
วงจรรูปปฏิบัติที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การตอบสนองของพืชกับฮอร์โมนพืช

สังเคราะห์

ตาราง 9 แสดงการเก็บรวบรวมข้อมูลตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การตอบสนองของพืช

คำถามวิจัย	เครื่องมือ	ผู้ให้ข้อมูล	การเก็บรวบรวมข้อมูล
การจัดการเรียนรู้	1. แผนการจัดการเรียนรู้	- ผู้วิจัย	1. ผู้วิจัยและครู
เพื่อส่งเสริมสมรรถนะ	เรียนรู้	- ครูชำนาญการพิเศษ	ชำนาญการพิเศษ
การแก้ปัญหาแบบ	2. แบบบันทึกสะท้อน		เขียนสะท้อนผลหลัง
ร่วมมือด้วยการจัดการ	ผลการจัดการเรียนรู้		การจัดการเรียนรู้

ตาราง 9 (ต่อ)

คำถามวิจัย	เครื่องมือ	ผู้ให้ข้อมูล	การเก็บรวบรวมข้อมูล
เรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษาผ่าน กระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรม เรื่อง การตอบสนองของพืช ควรมีการจัดการเรียนรู้ อย่างไร			2. ผู้วิจัยนำข้อมูลไป วิเคราะห์เพื่อนำมา ปรับปรุงแผนการ จัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป

4. ในระหว่างดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติ ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้เครื่องมือ ดังนี้

4.1 แบบบันทึกการสะท้อนผลการจัดการเรียน เมื่อเสร็จสิ้นกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ โดยบันทึกลงในแบบบันทึกการสะท้อนผลการจัดการเรียนหลังจากจบการจัดการเรียนรู้ร่วมกับครูชำนาญการพิเศษ จากนั้นนำผลข้อมูลสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ มาปรับปรุงแก้ไขเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติถัดไป จนครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติ

4.2 แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนขณะที่มีการจัดการเรียนรู้แล้วประเมินในแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ จากนั้นนำมาจัดกลุ่มพฤติกรรมตามเกณฑ์การประเมินที่แบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ ระดับต่ำ ระดับกลาง และระดับสูง แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อศึกษาพัฒนาการของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนในวงจรมานั้นๆ จนครบทั้ง 3 วงจรการจัดการเรียนรู้

5. เมื่อดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จนครบ 3 วงจรปฏิบัติแล้ว ให้นักเรียนทำแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ จากนั้นนำคำตอบของนักเรียนมาตรวจ ตีความ และจัดจำแนกคำตอบของผู้เรียนออกเป็นกลุ่มตามระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ คือ ระดับต่ำ ระดับกลาง และระดับสูง เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนหลังเรียน

ตาราง 10 แสดงการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อศึกษาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

คำถามวิจัย	เครื่องมือ	ผู้ให้ข้อมูล	การเก็บรวบรวมข้อมูล
ผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การตอบสนองของพืช มีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือเป็นอย่างไร	แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ	- ผู้วิจัย	1. ผู้วิจัยสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียนแบบมีส่วนร่วมขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้
	แบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ	- นักเรียน	2. ผู้วิจัยนำข้อมูลไปวิเคราะห์เพื่อแบ่งระดับสมรรถนะของผู้เรียน
			1. ผู้เรียนทำแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือหลังเสร็จสิ้นกระบวนการการจัดการเรียนรู้
			2. ผู้วิจัยนำข้อมูลไปวิเคราะห์เพื่อแบ่งระดับสมรรถนะของผู้เรียน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากการเก็บรวบรวมมาวิเคราะห์ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน เพื่อตอบคำถามวิจัย ดังนี้ 1. แนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การตอบสนองของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และ 2. วิเคราะห์สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การตอบสนองของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การตอบสนองของพืชของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แหล่งที่มาของข้อมูลได้มาจากแบบบันทึกการสะท้อนผลการจัดการเรียน ซึ่งทำการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1.1 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content analysis) ดังนี้

1.1.1 เมื่อทำการเก็บรวบรวมข้อมูลแล้วผู้วิจัยอ่านข้อมูลจากเครื่องมือวิจัยทั้งหมด

1.1.2 นำข้อมูลที่วิเคราะห์ที่ได้มาจัดกลุ่มข้อมูลให้อยู่ในหมวดหมู่เดียวกันเพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์และอภิปรายผล

1.1.3 ศึกษาข้อมูลจากแบบบันทึกสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ว่าในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนรู้เกิดปัญหาอะไร มีข้อดี ข้อเสีย และควรปรับปรุงขั้นการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละขั้นอย่างไร การจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การตอบสนองของพืชควรมีการจัดการเรียนรู้อย่างไรบ้างในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

1.2 ตรวจสอบข้อมูลเชิงคุณภาพของแบบบันทึกสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ที่ได้จากผู้วิจัยและจากครูชำนาญการพิเศษ ด้วยวิธีสามเส้า (Triangulation) แบบ Resource triangulation โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการสะท้อนผลมาตีความข้อมูลและประเมินว่าผลการดำเนินงานให้ข้อมูลในประเด็นที่ตรงกันหรือเป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่ ซึ่งการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือโดยวิธีการนี้ถ้าใช้เครื่องมือเดียวกันและผู้เก็บรวบรวมข้อมูลต่างกัน แต่มีผลการประเมินไปในทิศทางเดียวกันจะแสดงให้เห็นว่าข้อมูลนั้นมีความน่าเชื่อถือ (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2557) โดยการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยมีความสอดคล้องต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่สามารถส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และส่งผลให้ผลการวิจัยมีความน่าเชื่อถือ

1.3 สรุปในภาพรวมว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่สามารถส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ควรมีการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนอย่างไร

2. วิเคราะห์การส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การตอบสนอง

ของพีช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แหล่งที่มาของข้อมูล คือ แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือแบบบันทึกกิจกรรม และแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

2.1 เก็บรวบรวมข้อมูลจากเครื่องมือวิจัยทั้งหมด ผู้วิจัยอ่านข้อมูลทั้งหมดและแบ่งหมวดหมู่ข้อมูลออกเป็น 3 ส่วน ตามสมรรถนะย่อยของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือตามกรอบ PISA 2015

2.2 วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในชั้นเรียนตามสมรรถนะย่อย โดยดูว่าในแต่ละวงจรปฏิบัติการผู้เรียนมีการพัฒนาสมรรถนะย่อยอย่างไร จากนั้นสรุปว่าผู้เรียนมีการพัฒนาสมรรถนะย่อยนั้นหรือไม่ อย่างไร

2.3 วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือโดยผู้วิจัยจัดข้อมูลให้เป็นหมวดหมู่ตามสมรรถนะย่อยของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือตามกรอบของ PISA 2015

2.4 ผู้วิจัยตีความคำตอบของผู้เรียนว่างตรงกับเกณฑ์ที่ผู้วิจัยได้จัดแบ่งกลุ่มระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือระดับใดบ้าง

2.5 จัดหมวดหมู่ระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียนออกเป็น 3 กลุ่ม คือ ระดับสูง ระดับกลาง และระดับต่ำ ของแต่ละสมรรถนะย่อยและนำไปหาค่าร้อยละ

2.6 สรุปภาพรวมทั้งหมดว่าผู้เรียนเกิดการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือหลังสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ได้หรือไม่ อย่างไร

2.7 ตรวจสอบข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิธีสามเส้า (Triangulation) แบบ Method triangulation โดยนำข้อมูลที่ได้จากแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ การบันทึกผลในใบกิจกรรม และแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ มาตีความข้อมูลและประเมินผลว่าผลการดำเนินงานให้ข้อมูลในประเด็นที่ตรงกันหรือเป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่ ซึ่งการตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลด้วยวิธีแบบ Method triangulation นั้นหากข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือในการเก็บข้อมูลที่ต่างกันเก็บข้อมูลชนิดเดียวกันโดยเครื่องมือเหล่านั้นให้ข้อมูลในประเด็นเดียวกันหรือให้ผลที่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน นั้นแสดงให้เห็นถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูล และหมายความว่าผลการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยนั้นสามารถส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้ส่งผลให้ผลของการวิจัยมีความน่าเชื่อถือ

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นรูปแบบวิจัยเชิงปฏิบัติการ (action research) เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การตอบสนองของพืช โดยผู้วิจัยดำเนินการวิจัยตามแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน แต่ละแผน แบ่งเป็นวงจรปฏิบัติการประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติ (Act) ขั้นสังเกต (Observe) และขั้นสะท้อนผล (Reflect) ทั้งหมด 3 วงจรปฏิบัติการ รวมเป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 3 สิงหาคม 2563 ถึงวันที่ 7 กันยายน 2563 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลวิจัย ได้แก่ แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ แบบบันทึกสะท้อนผลแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และได้รวบรวมข้อมูล รวมทั้งวิเคราะห์ผลการดำเนินการวิจัย โดยแบ่งการนำเสนอผลการวิจัยตามคำถามวิจัย ดังนี้

คำถามวิจัยข้อที่ 1 การจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การตอบสนองของพืช ควรมีการจัดการเรียนรู้อย่างไร

ในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การตอบสนองของพืช ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้เป็นจำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ ดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง การตอบสนองของพืชกับเอทิลีน

1. ขั้นวางแผน (Plan)

ผู้วิจัยได้วางแผนการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้จำนวนตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ แผนที่ 1 การตอบสนองของพืชกับเอทิลีน แผนที่ 2 การตอบสนองของพืชกับความชื้น และแผนที่ 3 การตอบสนองของพืชต่อฮอร์โมนพืชสังเคราะห์ แต่ละแผนใช้เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แผนละ 4 ชั่วโมง โดยแผนที่ 1 เริ่มจัดการเรียนรู้เมื่อวันที่ 1 สิงหาคม 2563 ถึง 10 สิงหาคม 2563 จัดการเรียนรู้ในวันจันทร์ เวลา 10.00 น. ถึง 12.00น ทุกสัปดาห์

ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

- 1.1 ระบุปัญหา (Identify a challenge)
- 1.2 ค้นคว้าแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore ideas)
- 1.3 วางแผนและพัฒนา (Plan and develop)
- 1.4 ทดสอบและประเมินผล (Test and evaluation)
- 1.5 นำเสนอผลลัพธ์ (Present the solution)

โดยกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เป็นกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสรุปหาที่ดีที่สุดเพื่อนำไปออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้า ให้ได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดคือ บรรจุภัณฑ์ต้องสามารถบรรจุกล้วยน้ำว้าได้ไม่น้อยกว่า 1 กิโลกรัม สามารถชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้าได้นานขึ้นไม่น้อยกว่า 10 วัน (กล้วยน้ำว้าที่นำมาใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพคือ กล้วยน้ำว้าสุกที่มีเปลือกสีเขียวอมเหลืองโดยมีบริเวณที่เป็นเปลือกสีเหลืองคิดเป็น 80 % ต่อกล้วย 1 ลูก) วิธีการทำที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน วัสดุอุปกรณ์หาได้ง่าย ต้นทุนในการผลิตต่ำใช้งานได้จริง

2. ชั้นปฏิบัติ (Act)

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การตอบสนองของพืช โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 ขั้นการระบุปัญหา (Identify a challenge)

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้แบ่งกลุ่มผู้เรียนคละความสามารถตามผลการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และคอมพิวเตอร์ ในภาคเรียนที่ผ่านมาออกเป็นกลุ่มสูง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน และสร้างความสนใจของผู้เรียนโดยแนะนำการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมว่าคืออะไร ประกอบด้วยขั้นตอนอะไรบ้าง แจงจุดประสงค์ในการในเนื้อหาที่นักเรียนต้องเรียนรู้และการตั้งกฎกติกาในห้องเรียน จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชมีอะไรบ้างมีความสำคัญอย่างไร ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชที่สำคัญหนึ่งอย่าง คือ ฮอรโมนพืช ครูซักถามนักเรียนว่าฮอรโมนพืชมีผลอย่างไรต่อพืช ฮอรโมนพืชที่นักเรียนรู้จักมีอะไรบ้าง ดูวีดีทัศน์ เรื่อง เอทิลีนทำใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การตอบสนองของพืชต่อเอทิลีน ซึ่งใบกิจกรรมผู้วิจัยกำหนดสถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับการสุกของกล้วยน้ำว้าซึ่งผู้เรียนจะต้องออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้าภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดให้และให้ผู้เรียนศึกษาและนำความรู้ที่ตนเองเข้าใจ

มาสื่อสารร่วมกันภายในกลุ่มเพื่อระบุดูปัญหาและทำความเข้าใจในปัญหาร่วมกันในสถานการณ์ที่กำหนด จากนั้นสมาชิกทั้งหมดภายในกลุ่มจะต้องระดมความคิดร่วมกันระบุดูสาเหตุหรือปัญหาใดเหมาะสมที่สุดกับสถานการณ์ที่กำหนดให้

2.2 ขั้นการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Imagine)

ในขั้นนี้ผู้วิจัยให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันหาแนวทางหรือเครื่องมือที่จะช่วยในการแก้ไขปัญหามีอยู่บนพื้นฐานวิชาชีพวิทยาเกี่ยวกับก๊าซเอทิลีนที่เกิดจากปฏิกิริยาภายในผลไม้สร้างขึ้นและศึกษาหาปัจจัยหรือวิธีการชะลอการสร้างก๊าซดังกล่าวเพื่อชะลอการสุกของผลไม้

2.3 ขั้นการวางแผนและพัฒนา (Plan and develop)

ขั้นนี้ผู้เรียนจะต้องร่วมกันวางแผนออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว่าที่ดีที่สุดตามความคิดเห็นของสมาชิกในกลุ่มที่ได้เลือกไว้ จากนั้นผู้วิจัยสอบถามว่าแต่ละกลุ่มได้เลือกวิธีใดที่จะช่วยในการแก้ปัญหามาจากสถานการณ์ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด

2.4 ขั้นการทดสอบและประเมินผล (Test and evaluation)

ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำบรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว่าที่ดีที่สุดตามที่สมาชิกแต่ละกลุ่มได้ออกแบบไว้ไปทดสอบประสิทธิภาพและประเมินผล หากพบปัญหา อุปสรรคขณะทำการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว่า ผู้เรียนต้องหาวิธีการแก้ปัญหาคือที่ดีที่สุด เพื่อให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด

2.5 ขั้นการนำเสนอผลลัพธ์ (Present the solution)

ในขั้นนี้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลงาน หลังจากการนำเสนอผู้วิจัยได้ให้ผู้เรียนอภิปรายว่าบรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว่าที่ผู้เรียนออกแบบและสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเพียงใดสามารถนำมาใช้แก้ปัญหามาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้มากน้อยเพียงใด มีข้อควรปรับปรุงหรือไม่ ถ้ามีควรปรับปรุงอย่างไร โดยอภิปรายอย่างเป็นเหตุเป็นผลเพื่อหาวิธีที่ดีที่สุด เพื่อให้ผู้เรียนได้นำข้อมูลที่ได้ไปปรับปรุงผลงานของกลุ่มตนเอง

3. ขั้นสังเกต (Observe)

ขั้นนี้ผู้วิจัยและครูชำนาญการพิเศษ ทำการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนว่าเกิดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือหรือไม่ และสังเกตว่าการจัดการเรียนรู้นั้นดีหรือไม่ ต้องแก้ไขปรับปรุงอย่างไร ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการสังเกตมาจากระบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และแบบบันทึกการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยและครูชำนาญการพิเศษ ทำการบันทึกลงในเครื่องมือวิจัยแต่ละครั้งหลังจบการจัดการเรียนรู้ ในขั้นนี้ผู้วิจัย สังเกตตามขั้นการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

3.1 ขั้นการระบุปัญหา (Identify a challenge)

จากการสังเกตของผู้วิจัยพบว่า ในขั้นนี้ปัญหาที่เกิดขึ้น คือ ผู้เรียนบางคนไม่ระบุปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ลงในใบบันทึกกิจกรรม ผู้เรียนบางคนระบุปัญหาไม่ชัดเจนและไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดอาจเนื่องมาจากนักเรียนอ่านสถานการณ์ของปัญหาที่กำหนดให้ไม่ละเอียดถี่ถ้วน สอดคล้องกับครูชำนาญการพิเศษ ที่กล่าวว่า

...“นักเรียนบางคนไม่สนใจและขาดความกระตือรือร้นในการศึกษาสถานการณ์ที่กำหนดให้ ควรกระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจงานที่ครูผู้สอนมอบหมายให้”...

(ครูชำนาญการพิเศษ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 1, 3 สิงหาคม 2563)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการปรับเปลี่ยนการจัดการเรียนรู้ในขณะนั้น คือ แจ้งผู้เรียนให้ทราบว่า จะมีการส่งแบบบันทึกท้ายคาบ ผู้เรียนจึงกระตือรือร้นและตั้งใจให้ความสำคัญกับการอ่านสถานการณ์ที่กำหนดให้และปรับปรุงคำตอบของการระบุปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่กำหนดคืออะไร

จากการที่ผู้เรียนแต่ละคนระบุปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ผู้วิจัยได้ให้ผู้เรียนร่วมกันอภิปรายภายในกลุ่มเพื่อเลือกปัญหาที่ผู้เรียนคิดว่าตรงกับสถานการณ์ที่กำหนดให้มากที่สุดซึ่งพบว่า ผู้เรียนสามารถระบุปัญหาได้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดและเป็นไปตามที่ผู้วิจัยตั้งเป้าหมายไว้

<p>2. ปัญหาของสถานการณ์ที่กำหนดให้คืออะไร มีสาเหตุมาจากอะไร</p> <p>ชั้นนี้ คือ ก๊าซหนัก เกิดการเน่าเสีย เกิดก๊าซไดโอไซด์</p> <p>สาเหตุ : เมื่อคอกหมูที่คอกหมูสกปรกจะเกิดการสกปรก มีโรค ที่ในคอกหมู</p>
--

ภาพ 11 แสดงตัวอย่างการระบุปัญหาของสถานการณ์ เรื่อง การตอบสนองของพืชกับเอทิลีน ในใบบันทึกกิจกรรมของผู้เรียน (G1)

<p>2. ปัญหาของสถานการณ์ที่กำหนดให้คืออะไร มีสาเหตุมาจากอะไร</p> <p>คนที่ใกล้ๆ สกปรก โฉนหน้าก็เน่าเสีย โดไซด์สาเหตุจาก Ethylene gas</p>
--

ภาพ 12 แสดงตัวอย่างการระบุปัญหาของสถานการณ์ เรื่อง การตอบสนองของพืชกับเอทิลีน ในใบบันทึกกิจกรรมของผู้เรียน (G2)

หลังจากนั้นผู้วิจัยได้พบปัญหาเพิ่มขึ้น คือ ผู้เรียนเกิดความสับสนและไม่ทราบบทบาทหน้าที่ของแต่ละคน ไม่ได้ให้ความสำคัญคิดว่าใครจะทำหน้าที่อะไรก็ได้ สอดคล้องกับครูชำนาญการพิเศษ ที่กล่าวว่า

...“นักเรียนบางกลุ่มไม่ได้แบ่งหน้าที่ตามความสามารถและความถนัดของสมาชิกในกลุ่ม บางกลุ่มใช้วิธีการจับฉลากหน้าที่ นักเรียนบางกลุ่มยังไม่ทราบขอบข่ายบทบาทหน้าที่ที่ชัดเจนว่าแต่ละหน้าที่ต้องทำอะไรบ้าง”...

(ครูชำนาญการพิเศษ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 1, 3 สิงหาคม 2563)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงให้ผู้เรียนแบ่งหน้าที่ตามความถนัดของผู้เรียนแต่ละคนและอธิบายขอบข่ายของหน้าที่นั้นๆ ให้ผู้เรียนทราบ แต่ก็พบว่าบางกลุ่มแบ่งหน้าที่ไม่เหมาะสมและไม่พิจารณาถึงความสำคัญของบทบาทหน้าที่นั้นๆ ส่งผลให้การดำเนินงานเกิดความล่าช้า เช่น บางกลุ่มให้สมาชิกที่มีมีความสามารถ แต่มีอุปนิสัยพูดน้อยไม่กล้าแสดงออกเป็นหัวหน้ากลุ่ม ซึ่งหัวหน้ากลุ่มต้องอาศัยคนที่มีภาวะผู้นำ กล้าคิด กล้าพูด กล้าตัดสินใจ มีไหวพริบในการทำงาน

ชื่อ - สกุล	บทบาทหน้าที่	เหตุผลในการเลือกสมาชิกให้ทำหน้าที่
1. พงษ์ภรณ์ ภัทก์ ชนคำ	สืบค้นข้อมูลและออกแบบ	ใฝ่หาความรู้ทั้งส่วนตัว
2. ทน อัครวิทย์ อธิกรณ์	สืบค้นข้อมูลและทดลอง	จัดเรียงวิธีการทดลองง่ายที่ระบบ
3. ทน สวรรค์วิทย์ สันติวงศ์	สืบค้นข้อมูล และทดลอง	มีความละเอียด รอบคอบ
4. ทน สวรรค์วิทย์ อธิกรณ์	สืบค้นข้อมูลและออกแบบ	มีความคิดสร้างสรรค์
5. ทน สวรรค์วิทย์ อธิกรณ์	สืบค้นข้อมูลและอธิบายข้อมูล	สามารถค้นหาข้อมูลและนำมาประยุกต์ใช้
6.		

ภาพ 13 แสดงตัวอย่างการแบ่งหน้าที่ของผู้เรียนในใบบันทึกกิจกรรมของผู้เรียน (G1)

3.2 ขั้นการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Imagine)

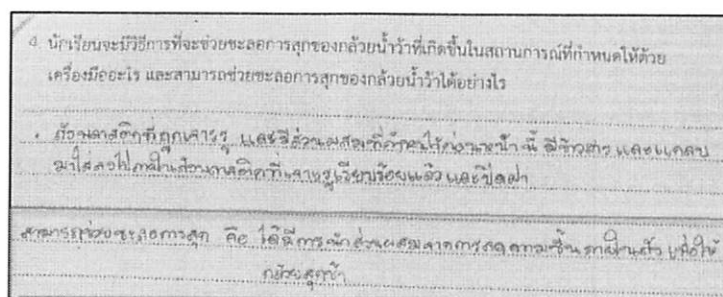
ในขั้นนี้จากการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนแต่ละกลุ่มพบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่ขาดความร่วมมือในการสืบค้นความรู้ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนดทำให้ขาดข้อมูลที่หลากหลายเกี่ยวกับแนวคิดที่เกี่ยวข้องที่จะสามารถแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดได้ เมื่อปฏิบัติงานเป็นกลุ่มพบว่าผู้เรียนคุยกันเสียงดังมากกว่าลงมือปฏิบัติงานตามที่ได้รับมอบหมาย และที่สำคัญยังพบว่า ในแต่ละกลุ่มจะมีผู้เรียนเพียง 2-3 คนเท่านั้นที่ช่วยกันสืบค้นหาแนวทางและแนวคิดที่เกี่ยวข้องที่จะมาช่วยในการแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ส่งผลให้การหา

แนวทางหรือวิธีการที่จะช่วยชะลอการสึกของกลัวย่น้ำว่ามีรายละเอียดไม่ชัดเจน ไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนด สอดคล้องกับครูชำนาญการพิเศษ ที่กล่าวว่า

...“นักเรียนบางกลุ่มมีสมาชิก 2-3 คนสืบค้นข้อมูลและจดบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องแต่สมาชิกบางคนในกลุ่มใช้โทรศัพท์มือถือในการเล่นเกมระหว่างที่เพื่อนสมาชิกในกลุ่มสืบค้นข้อมูล”..

(ครูชำนาญการพิเศษ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 1, 3 สิงหาคม 2563)

ผู้วิจัยจึงเข้าไปติดตามการทำงานของนักเรียนแต่ละกลุ่มเพื่อให้ผู้เรียนให้ความสนใจ ตั้งใจ และช่วยกันสืบค้นหาแนวทางที่เกี่ยวข้องที่จะมาช่วยในการแก้ไขปัญหา



ภาพ 14 แสดงตัวอย่างการหาแนวทางหรือวิธีการที่จะช่วยชะลอการสึกของกลัวย่น้ำว่าที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ที่กำหนดให้ของผู้เรียน (G3)

3.3 ขั้นการวางแผนและพัฒนา (Plan and develop)

ในขั้นนี้ผู้เรียนจะต้องร่วมกันวางแผนออกแบบและสร้างบรรจุกฎเกณฑ์ชะลอการสึกของกลัวย่น้ำว่าที่ดีที่สุดตามความคิดเห็นของสมาชิกในกลุ่มที่ได้เลือกไว้ จากการสังเกตพบว่าผู้เรียนบางกลุ่มมีการสื่อสารอภิปรายวางแผนและพัฒนาชิ้นงานที่ช่วยในการแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ร่วมกันค่อนข้างดี บางกลุ่มไม่สื่อสารร่วมกันเพื่อหาวิธีการวางแผนและร่วมกันออกแบบบรรจุกฎเกณฑ์ชะลอการสึกของกลัวย่น้ำว่าเพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาส่งผลให้การปฏิบัติงานค่อนข้างล่าช้า ตัวอย่างเช่น ผู้วิจัยสอบถามผู้เรียนบางกลุ่มว่าใช้อุปกรณ์อะไรบ้างในการสร้างบรรจุกฎเกณฑ์เพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ก่อนที่จะลงมือปฏิบัติจริงซึ่งพบว่าบางกลุ่มไม่ได้สื่อสารกันระหว่างสมาชิกภายในกลุ่มในขณะที่ผู้วิจัยให้เวลาในการอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่ม เช่น

... “ไม่ทราบเหมือนกันคะว่าเพื่อนเตรียมอุปกรณ์อะไรมาใช้ในการสร้างชิ้นงานในวันนี้ขอถามเพื่อนแป็บหนึ่งนะคะ”...

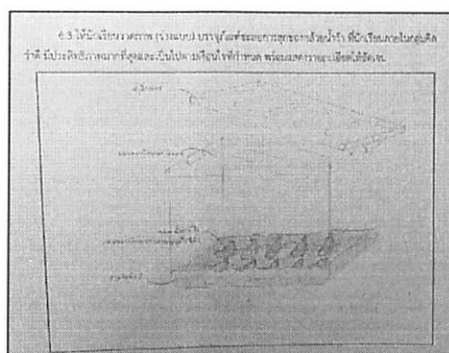
(สมาชิกกลุ่มที่ 2 S9 การซักถามหน้าชั้นเรียน, 10 สิงหาคม 2563)

สอดคล้องกับครูชำนาญการพิเศษ ที่กล่าวว่า

... “นักเรียนบางกลุ่มมีสมาชิก 1-2 คนพูดคุยกันขณะที่เพื่อนในกลุ่มร่วมกันวางแผน ออกแบบชิ้นงาน ควรกระตุ้นให้ผู้เรียนระดมความคิดสื่อสารร่วมกันในการวางแผนออกแบบสร้างชิ้นงาน”...

(ครูชำนาญการพิเศษ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 1, 10 สิงหาคม 2563)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงกระตุ้นให้ผู้เรียนโดยการเข้าไปสอบถามถึงแนวคิดในการออกแบบรวมถึงวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างชิ้นงานของผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนมีการทำงานร่วมกันและทำความเข้าใจร่วมกันระหว่างสมาชิกในกลุ่มเดียวกันให้มากขึ้น และทำการสอบถามแนวทางที่ดีที่สุดที่แต่ละกลุ่มได้เลือกไว้เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนมีการอภิปรายร่วมกันให้มากขึ้น เมื่อนักเรียนร่วมกันสร้างบรรยากาศที่ชะลอการสุขของกล้วยน้ำว้าเพื่อนำไปใช้ในการแก้ไขปัญหามาตามแนวทางที่ได้เลือกไว้พบว่าสมาชิกทุกคนในกลุ่มทำหน้าที่ของตนเองได้เป็นอย่างดี แต่ยังพบว่าบางกลุ่มสร้างชิ้นงานตรงตามที่ได้ร่างภาพไว้ค่อนข้างน้อย อาจไม่สามารถนำไปใช้งานได้จริง แต่ยังมีบางกลุ่มที่มีการสร้างชิ้นงานได้ตามขั้นตอนที่ได้ออกแบบไว้



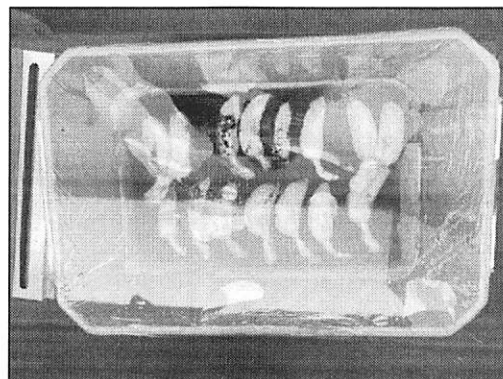
ภาพ 15 แสดงตัวอย่างผลงานที่ผู้เรียนได้ออกแบบบรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้าจากสถานการณ์ที่กำหนดให้



ภาพ 16 แสดงตัวอย่างขณะที่ผู้เรียนวางแผนและพัฒนาสร้างชิ้นงานบรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้าตามที่ได้ออกแบบไว้

3.4 ขั้นตอนการทดสอบและประเมินผล (Test and evaluation)

ในขั้นนี้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มต้องนำบรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้าตามที่สมาชิกแต่ละกลุ่มได้ประดิษฐ์ขึ้นไปทดสอบประสิทธิภาพและประเมินผลว่านำไปใช้งานได้จริงหรือไม่ มีความคุ้มค่ามากเพียงใด เป็นไปตามเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้หรือไม่ จากการสังเกตและตรวจชิ้นงานของผู้เรียนพบว่า บรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้าของผู้เรียนบางกลุ่มไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด เช่น บรรจุภัณฑ์มีขนาดเล็กเกินไป บรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้าได้ไม่ถึง 10 วัน ผู้วิจัยจึงให้นักเรียนแต่ละกลุ่มที่ทำการทดสอบและประเมินผลชิ้นงานแล้วไม่เป็นไปตามเงื่อนไขของสถานการณ์ที่กำหนดให้ศึกษาค้นคว้าเพื่อหาข้อมูลเพิ่มเติมและทำการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานอีกครั้ง



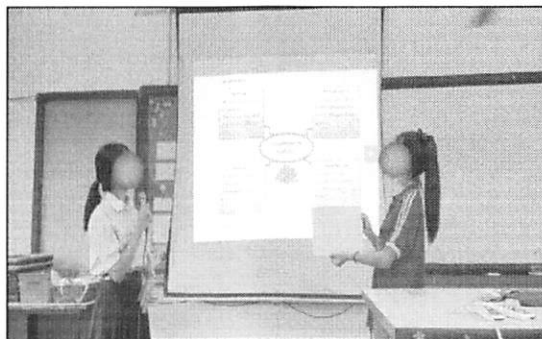
ภาพ 17 แสดงตัวอย่างขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพบรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้าของผู้เรียน

3.5 ขั้นการนำเสนอผลลัพธ์ (Present the solution)

ในขั้นนี้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียนพร้อมทั้งระบุปัญหาที่พบในการประดิษฐ์บรรจุก๊าซชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้า ผลการทดสอบประสิทธิภาพ และแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงเพื่อให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดของสถานการณ์ จากนั้นจึงมีการอภิปรายร่วมกันและร่วมกันโหวตให้บรรจุก๊าซชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้าที่ดีที่สุด มีความคุ้มค่ามากที่สุด จากการสังเกตของผู้วิจัยพบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่ตั้งใจฟังการนำเสนอของแต่ละกลุ่ม และมีผู้เรียนบางส่วนไม่ฟังเพื่อนกลุ่มอื่นที่ออกไปนำเสนอหน้าชั้นเรียนเนื่องจากตั้งใจที่จะท่องจำเนื้อหาในส่วนที่ตนเองต้องออกไปนำเสนอหน้าชั้นเรียน สอดคล้องกับครูชำนาญการพิเศษ ที่กล่าวว่า

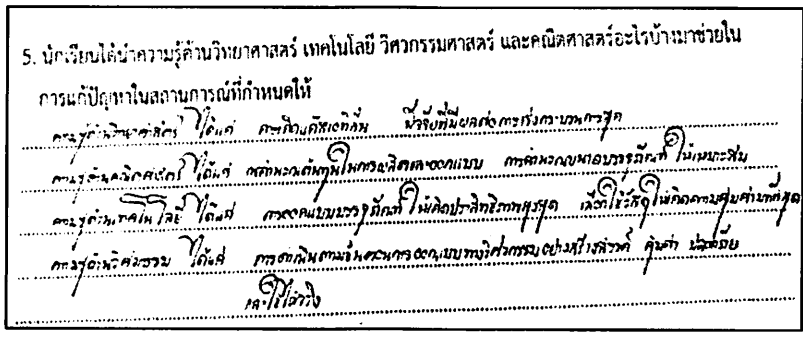
...“นักเรียนบางส่วนไม่สนใจการนำเสนอของกลุ่มอื่นหน้าชั้นเรียน เนื่องจากนักเรียนให้ความสนใจในส่วนเนื้อหาที่กลุ่มตนเองจะต้องออกไปนำเสนอหน้าชั้นเรียน เมื่อให้นักเรียนซักถามข้อสงสัยหรือให้ข้อเสนอแนะกับกลุ่มอื่นนักเรียนบางส่วนไม่ให้ความร่วมมือ ควรกระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจและตั้งใจฟังการนำเสนอของกลุ่มอื่น”...

(ครูชำนาญการพิเศษ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 1, 10 สิงหาคม 2563)



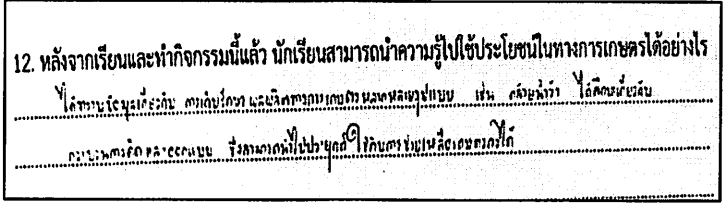
ภาพ 18 แสดงตัวอย่างการนำเสนอผลงานของผู้เรียน

หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถระบุนิยามความรู้ทางสะเต็มศึกษาได้ โดยมีการเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ได้



ภาพ 19 แสดงตัวอย่างการระบุนำความรู้ทางด้านสะเต็มศึกษาของผู้เรียน

นอกจากนี้การสะท้อนผลหลังการทำกิจกรรมของผู้เรียนโดยผู้วิจัยให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายถึงการนำความรู้ที่ได้รับจากกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการตอบสนองของพืชต่อเอทิลีนไปประยุกต์ใช้ในทางการเกษตร พบว่า ผู้เรียนแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในทางการเกษตรได้ เช่น การเก็บรักษาผลผลิตทางการเกษตรอื่นๆ กระบวนการออกแบบบรรจุภัณฑ์สินค้าทางการเกษตร เป็นต้น



ภาพ 20 แสดงตัวอย่างการระบุนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในทางการเกษตรของผู้เรียน

4. ชั้นสะท้อนผล (Reflect)

ชั้นนี้ผู้วิจัยได้ทำการสะท้อนผลร่วมกับครูชำนาญการพิเศษในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 เพื่อเป็นแนวทางนำไปปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ในวงจรปฏิบัติการถัดไป โดยมีรายละเอียดตามขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

4.1 ขั้นการระบุปัญหา (Identify a challenge)

จากการสะท้อนผล พบว่า การให้ผู้เรียนแต่ละคนระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดก่อนนำมาอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่ม ผู้เรียนแต่ละคนให้ความสนใจในการทำกิจกรรมเพิ่มขึ้นแต่ยังไม่มากเพราะผู้เรียนบางคนไม่ให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรม ผู้เรียนบางคน

ไม่สนใจอ่านโจทย์สถานการณ์ที่กำหนดทำให้ระบุปัญหาไม่ได้หรือระบุปัญหาได้แต่ไม่ชัดเจน นอกจากนี้ยังพบว่าผู้เรียนแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบกันไม่ชัดเจน บางกลุ่มไม่ได้แบ่งหน้าที่ความรู้ความสามารถหรือความถนัดของสมาชิกในกลุ่มทำให้การทำงานร่วมกันภายในกลุ่มเกิดความล่าช้า

4.2 ขั้นการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Imagine)

จากการสะท้อนผล พบว่า ผู้เรียนบางส่วนไม่ให้ความร่วมมือกับสมาชิกภายในกลุ่มในการสืบค้นข้อมูลแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ผู้เรียนบางคนใช้โทรศัพท์มือถือเล่นเกมมากกว่านำมาใช้ในการสืบค้นข้อมูล อีกประการหนึ่งคือผู้วิจัยได้ให้แหล่งข้อมูลในการสืบค้นทางเว็บไซต์ ทำให้ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลเฉพาะแหล่งสืบค้นที่ผู้วิจัยนำเสนอโดยไม่หาจากแหล่งอื่นเพิ่มเติม ผู้วิจัยจึงได้เข้าไปกำกับติดตามการทำงานของผู้เรียนมากขึ้นจึงทำให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มให้ความสนใจในการทำงานกลุ่มร่วมกันมากขึ้น

4.3 ขั้นการวางแผนและพัฒนา (Plan and develop)

จากการสะท้อนผล พบว่า ผู้เรียนทุกกลุ่มค่อนข้างให้ความร่วมมือ อภิปรายวางแผนออกแบบและสร้างบรรจุกฎเกณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว่าตามที่กลุ่มได้เลือกไว้ว่าดีที่สุดสำหรับใช้ในการแก้ไขปัญหามาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ แต่ยังมีผู้เรียนบางคนที่ยังคงไม่ให้ความสนใจทำกิจกรรมร่วมกับเพื่อนในกลุ่มเมื่อผู้วิจัยซักถามจึงไม่สามารถตอบคำถามได้

4.4 ขั้นการทดสอบและประเมินผล (Test and evaluation)

จากการสะท้อน พบว่า ผู้เรียนแต่ละกลุ่มให้ความสนใจกับการนำชิ้นงานของตนเอง คือ บรรจุกฎเกณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว่า ไปทำการทดสอบและประเมินผลว่าเป็นไปตามเงื่อนไขของสถานการณ์หรือไม่ และพบว่าเมื่อขึ้นของของนักเรียนแต่ละกลุ่มไม่เป็นไปตามเงื่อนไขนักเรียนจะรีบทำการปรับปรุงแก้ไขและทดสอบประเมินผลใหม่อีกครั้งเพื่อให้เสร็จทันตามเวลาที่กำหนด แต่ยังมีผู้เรียนบางส่วนขาดความสนใจไม่ได้เข้าไปติดตามผลการทดสอบชิ้นงานกับสมาชิกในกลุ่มเมื่อผู้วิจัยสอบถามจึงไม่สามารถตอบคำถามได้

4.5 ขั้นการนำเสนอผลลัพธ์ (Present the solution)

จากการสะท้อน พบว่า ผู้เรียนแต่ละกลุ่มส่วนมากให้ความสนใจและตั้งใจในการนำเสนอผลลัพธ์ของชิ้นงานซึ่งแต่ละกลุ่มจะมีการนำเสนอข้อดีและข้อเสียของชิ้นงานของตนเอง ร่วมอภิปรายและร่วมโหวตหาชิ้นงานที่ดีที่สุดในห้องเรียน แต่จากการที่ผู้วิจัยให้ผู้เรียนนำเสนอให้ครบทุกกลุ่มจึงมีการมาอภิปรายร่วมกันภายหลังว่าชิ้นงานของกลุ่มต่างๆ เป็นอย่างไร มีข้อควรปรับปรุงเพิ่มเติมอย่างไร พบว่า ผู้เรียนจะลืมนำข้อมูลที่กลุ่มอื่นๆ นำเสนอทำให้ไม่สามารถแสดงความคิดเห็นได้อย่างครบถ้วน รวมถึงผู้เรียนบางคนไม่กล้าแสดงความคิดเห็นเพราะไม่อยาก

มีข้อโต้แย้งกับเพื่อนกลุ่มอื่นๆ ทำให้บรรยากาศภายในห้องเรียนค่อนข้างเงียบ ผู้วิจัยต้องคอยกระตุ้นย้ำคำถามเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการโต้ตอบและร่วมแสดงความคิดเห็น

นอกเหนือจากขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด พบว่า จำนวนชั่วโมงในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไม่ตรงตามแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ระบุไว้ คือ 4 ชั่วโมง แต่นำมาใช้จริงคือ 6 ชั่วโมง รวมทั้งขั้นตอนในการทดสอบและประเมินผลชิ้นงานของผู้เรียนต้องทำนอกเวลา ภาพรวมของผู้เรียนในการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ล่าช้ากว่าที่กำหนดไว้ จึงมีบางขั้นตอนที่ผู้วิจัยต้องให้ผู้เรียนปฏิบัตินอกเวลาเรียน เช่น หลักเล็กรเรียน

ส่วนบทบาทในการให้คำแนะนำและช่วยเหลือให้แก่ผู้เรียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือและความรู้เนื้อหา เรื่อง การตอบสนองของพืชต่อเอธิลีน ผู้วิจัยได้สังเกตเห็นว่าผู้เรียนบางส่วนยังมีปัญหาในการจัดการเรียนรู้ในหลายด้าน เช่น การระบุปัญหาจากสถานการณ์วิธีการชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้า การแบ่งหน้าที่ในการดำเนินการแก้ปัญหา การสื่อสารแลกเปลี่ยนแนวคิดภายในกลุ่ม เป็นต้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีส่วนช่วยให้คำแนะนำและช่วยเหลือผู้เรียนให้การจัดการเรียนรู้เป็นไปตามแผนที่วางไว้และสามารถส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ไปพร้อมกัน ได้แก่ การที่ผู้วิจัยเข้าไปให้คำแนะนำแก่ผู้เรียนอย่างใกล้ชิดในแต่ละกลุ่ม ในการระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด ช่วยให้คำแนะนำถึงความสำคัญของการแบ่งหน้าที่ของสมาชิกภายในกลุ่ม มีการกระตุ้นให้ผู้เรียนทำงานตามเวลาที่กำหนด รวมทั้งการกระตุ้นให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการสื่อสารแลกเปลี่ยนความคิดเห็น อภิปรายร่วมกัน เป็นต้น จะเห็นได้ว่าวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้เรียนบางส่วนยังไม่สามารถพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือและความรู้อย่างเต็มศักยภาพด้วยตนเองเท่าที่ควร ดังนั้น ผู้วิจัยถือว่ามีส่วนช่วยในการสนับสนุนส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เกิดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือและองค์ความรู้ได้เป็นอย่างดี

การดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 จากการปฏิบัติตามขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการตั้งแต่ขั้นการวางแผน การปฏิบัติ การสังเกต และการสะท้อนผล สามารถสรุปได้ว่าปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไขปรับปรุงที่ผู้วิจัยจะนำไปปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ดังตาราง 11

ตาราง 11 แสดงสรุปปัญหาที่เกิดขึ้นในวงจรปฏิบัติที่ 1 เพื่อนำไปปรับปรุงแผนการ
จัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไข
1. ผู้เรียนบางส่วนไม่ระบุปัญหาหรือระบุปัญหาไม่ชัดเจนและไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนด	- กระตุ้นให้ผู้เรียนทุกคนระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดโดยแจ้งให้ผู้เรียนทราบว่าต้องส่งสมุดท้ายคาบเรียน
2. ผู้เรียนแบ่งหน้าที่ได้ไม่เหมาะสมกับความสามารถและความถนัดของสมาชิกในกลุ่ม	- แจ้งให้ผู้เรียนทบทวนบทบาทหน้าที่แต่ละหน้าที่ว่าจะต้องทำอะไรบ้างต้องอาศัยคนที่มีความรู้ความสามารถแบบใดจากนั้นจึงให้ผู้เรียนแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบอีกครั้งหนึ่ง
3. ผู้เรียนบางส่วนไม่ช่วยเหลือเพื่อนในการสืบค้นหาข้อมูลออกแบบชิ้นงานในการแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด	กำหนดให้ผู้เรียนทุกคนเขียนแนวทางในการแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดและแจ้งให้ผู้เรียนส่งสมุดท้ายคาบเรียน
4. ผู้เรียนไม่ศึกษาค้นคว้าหรือไม่สืบค้นหาข้อมูลจากแหล่งข้อมูลอื่นนอกจากเว็บไซต์ที่ผู้วิจัยนำเสนอ	แจ้งผู้เรียนให้ระบุแหล่งอ้างอิง เพื่อให้ผู้เรียนหาข้อมูลจากแหล่งอ้างอิงอื่นนอกจากที่ผู้วิจัยนำเสนอซึ่งจะทำให้ข้อมูลของผู้เรียนมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น
5. ผู้เรียนบางส่วนไม่ให้ความร่วมมือและไม่เสนอความคิดเห็นภายในกลุ่มในการออกแบบชิ้นงานและประดิษฐ์ชิ้นงาน	กระตุ้นให้สมาชิกทุกคนร่วมมือกันในกลุ่มโดยเข้าไปติดตามอย่างใกล้ชิดและสอบถามความคืบหน้าของการดำเนินงานเป็นระยะและกำหนดเวลาให้ชัดเจน
6. ผู้เรียนบางกลุ่มไม่มีการสื่อสารร่วมกันถึงผลการทดสอบและประสิทธิภาพของชิ้นงานกลุ่มตนเอง	กระตุ้นให้สมาชิกทุกคนร่วมมือกันในกลุ่มโดยเข้าไปติดตามอย่างใกล้ชิดและสอบถามผลการทดสอบเป็นระยะรวมถึงแนวทางการแก้ไขเมื่อชิ้นงานไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้
7. ในช่วงการอภิปรายร่วมกันหลังจากการนำเสนอของทุกกลุ่ม พบว่า ผู้เรียนลืมข้อมูลที่กลุ่มอื่นๆ นำเสนอทำให้ไม่สามารถแสดงความคิดเห็นได้อย่างครบถ้วน	ให้ผู้เรียนมีการนำเสนอและอภิปรายซักถามทีละกลุ่ม

ตาราง 11 (ต่อ)

ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไข
8. ผู้เรียนไม่กล้าแสดงความคิดเห็นต่อชิ้นงานของกลุ่มอื่นเพื่อแนะนำปรับปรุงชิ้นงาน	แจ้งให้ผู้เรียนทราบว่าจะมีการให้คะแนนเพิ่มสำหรับกลุ่มที่ร่วมแสดงความคิดเห็นหรือให้คำแนะนำเกี่ยวกับชิ้นงานของเพื่อนกลุ่มอื่นๆ

วงจรปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง การตอบสนองของพีชกับความขึ้น

1. ชั้นวางแผน (Plan)

ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ตามการสะท้อนผลของวงจรปฏิบัติการที่ 1 โดยทำการปรับปรุงกิจกรรมการจัดการเรียนการสอน ดังนี้

1.1 ขั้นการระบุปัญหา (Identify a challenge)

ปัญหาที่พบ คือ ผู้เรียนบางส่วนมีพฤติกรรมไม่ระบุปัญหาหรือระบุปัญหาแต่ไม่สอดคล้อง ผู้วิจัยจึงทำการแก้ไขโดยกำหนดให้ผู้เรียนทุกคนเขียนแนวทางในการแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดและแจ้งให้ผู้เรียนทราบว่าจะมีการตรวจสอบให้คะแนนและให้ส่งสมุดท้ายคาบเรียน อีกทั้งยังให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มที่ยังไม่ทราบบทบาทหน้าที่ของตนเองหรือกลุ่มใดที่แบ่งหน้าที่กันไม่ชัดเจน แบ่งหน้าที่ไม่ตรงตามความสามารถความถนัดของสมาชิกในกลุ่มให้ทำการปรับปรุงแก้ไข โดยศึกษาบทบาทหน้าที่ที่ครอบคลุมรับผิดชอบของบทบาทหน้าที่นั้นๆ แล้วดำเนินการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบกันอีกครั้งก่อนที่จะเริ่มดำเนินกิจกรรมในลำดับถัดไป เพื่อให้การดำเนินกิจกรรมเป็นไปอย่างรวดเร็วและราบรื่น

1.2 ขั้นการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Imagine)

ในขั้นนี้ปัญหาที่พบ คือ ผู้เรียนบางส่วนไม่ช่วยเหลือเพื่อนในการสืบค้นข้อมูลออกแบบชิ้นงานในการแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด และผู้เรียนไม่ศึกษาค้นคว้าหรือไม่สืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลอื่นนอกจากเว็บไซต์ที่ผู้วิจัยนำเสนอ ผู้วิจัยจึงดำเนินการแก้ไขโดยกำหนดให้ผู้เรียนทุกคนเขียนแนวทางในการแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดและแจ้งให้ผู้เรียนส่งสมุดท้ายคาบเรียนรวมทั้งให้ผู้เรียนระบุแหล่งอ้างอิง เพื่อให้ผู้เรียนหาข้อมูลจากแหล่งอ้างอิงอื่นนอกจากที่ผู้วิจัยนำเสนอซึ่งจะทำให้ข้อมูลของผู้เรียนมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

1.3 ขั้นการวางแผนและพัฒนา (Plan and develop)

ปัญหาที่พบ คือ ผู้เรียนบางคนไม่มีการสื่อสารพูดคุยกับสมาชิกในกลุ่มหรือมีแต่น้อยมากในการร่วมกันแสดงความคิดเห็นในการเลือกแนวทางในการแก้ปัญหา ไม่ให้ความร่วมมือ

กับสมาชิกในกลุ่มในการร่วมวางแผนออกแบบและประดิษฐ์ชิ้นงาน ผู้วิจัยจึงกระตุ้นผู้เรียน โดยกำหนดระยะเวลาที่ชัดเจนในการดำเนินงานและเข้าไปติดตามและสอบถามการดำเนินงาน อย่างใกล้ชิดเพื่อให้ผู้เรียนสื่อสารกับสมาชิกภายในกลุ่มให้มากขึ้นและให้ความร่วมมือกับสมาชิก ในกลุ่มในการออกแบบและประดิษฐ์ชิ้นงานเพื่อให้เสร็จตามเวลาที่กำหนด เพื่อส่งเสริมสมรรถนะ การแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียนได้ดียิ่งขึ้น

1.4 ขั้นตอนทดสอบและประเมินผล (Test and evaluation)

ขั้นตอนนี้ปัญหาที่พบ คือ ผู้เรียนบางกลุ่มอ่านเงื่อนไขของสถานการณ์ ที่กำหนดให้ ไม่ชัดเจนหรือไม่ทำความเข้าใจในเงื่อนไขที่กำหนดก่อนออกแบบชิ้นงานและสร้าง ชิ้นงาน ทำให้ขั้นตอนการทดสอบและประเมินผลไม่บรรลุตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ อีกทั้งผู้เรียนบางคน ไม่ช่วยนำเสนอแนวคิดกับสมาชิกในกลุ่มในการแก้ไขปรับปรุงชิ้นงานเพราะการสื่อสารระหว่าง สมาชิกในกลุ่มมีน้อย ผู้วิจัยจึงดำเนินการแก้ไขโดยกำหนดระยะเวลาดำเนินงานที่ชัดเจนและเข้าไป ติดตามสอบถามการดำเนินอย่างใกล้ชิดเป็นระยะ ให้ผู้เรียนทุกคนศึกษาและทำความเข้าใจ กับสถานการณ์และเงื่อนไขที่กำหนดให้ชัดเจน กระตุ้นให้ผู้เรียนร่วมกันหาแนวทางในการแก้ไข ปรับปรุงชิ้นงานโดยแจ้งผู้เรียนทุกกลุ่มว่าจะให้สมาชิกทุกคนในห้องเรียนร่วมโหวตให้กับชิ้นงาน ที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับสถานการณ์และเงื่อนไขที่กำหนดให้มากที่สุดจะได้คะแนนเต็ม

1.5 ขั้นตอนนำเสนอผลลัพธ์ (Present the solution)

ขั้นนี้ปัญหาที่พบ คือ ในช่วงการอภิปรายร่วมกันหลังจากการนำเสนอของ ทุกกลุ่ม พบว่า ผู้เรียนลืมข้อมูลที่กลุ่มอื่นๆ นำเสนอทำให้ไม่สามารถแสดงความคิดเห็นได้อย่าง ครบถ้วน รวมทั้งผู้เรียนไม่กล้าแสดงความคิดเห็นต่อชิ้นงานของกลุ่มอื่นเพื่อแนะนำปรับปรุงชิ้นงาน ผู้วิจัยจึงดำเนินการปรับปรุงแก้ไขโดยแจ้งให้ผู้เรียนทราบว่าจะมีการนำเสนอและอภิปรายซักถาม ที่ละกลุ่มและมีการให้คะแนน เพิ่มสำหรับกลุ่มที่ร่วมแสดงความคิดเห็นหรือให้คำแนะนำเกี่ยวกับ ชิ้นงานของเพื่อนกลุ่มอื่นๆ

2. ขั้นปฏิบัติ (Act)

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยดำเนินการตามแผนการจัดการเรียนรู้ ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการ เรียนรู้ที่ 2 ในวันที่ 17 สิงหาคม 2563 เวลา 10.00 น. ถึง 12.00 น. และวันที่ 24 สิงหาคม 2563 เวลา 10.00 น. ถึง 12.00 น.

2.1 ขั้นการระบุปัญหา (Identify a challenge)

ขั้นนี้ผู้วิจัยให้ผู้เรียนนั่งตามกลุ่มที่ได้แบ่งไว้จากคาบที่แล้ว จากนั้นสร้างความสนใจให้กับผู้เรียนโดยให้ผู้เรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชมีอะไรบ้าง มีความสำคัญอย่างไร จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายว่าหนึ่งในปัจจัยภายนอก ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช คือ น้ำ ครูซักถามนักเรียนว่า หลักการให้น้ำแก่พืชมีอะไรบ้าง และวิธีการให้น้ำแก่พืชมีผลต่อพืชอย่างไรบ้าง นักเรียนระดมความคิดเห็นเพื่อหาคำตอบ จากนั้นให้ผู้เรียนดูวีดิทัศน์ เรื่อง น้ำและแสงมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างไร หลังจากนั้นผู้วิจัยได้อธิบายกิจกรรมการตอบสนองของพืชต่อความชื้นให้แก่ผู้เรียนพร้อมบอกจุดประสงค์ของกิจกรรม และแจกใบกิจกรรมซึ่งในใบกิจกรรมมีสถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับพืชได้รับน้ำหรือความชื้นไม่สม่ำเสมอวิธีการใดที่จะทำให้พืชได้รับน้ำหรือความชื้นอย่างสม่ำเสมอภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด หลังจากที่ผู้เรียนอ่านสถานการณ์และเงื่อนไขที่กำหนดให้แล้ว ผู้เรียนแต่ละคนระบุปัญหาที่เป็นไปได้ทั้งหมดจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ลงในสมุด จากนั้นให้ผู้เรียนแต่ละคนนำเสนอปัญหาที่คิดว่าน่าจะเป็นไปได้มากที่สุดมาอภิปรายร่วมกับสมาชิกในกลุ่มเพื่อช่วยกันระบุว่าปัญหาใดมีความเหมาะสมและน่าจะเป็นไปได้มากที่สุดจากสถานการณ์ที่กำหนดให้

2.2 ขั้นการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Imagine)

ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนทุกคนจะต้องสืบค้นข้อมูลเพื่อหาวิธีหรือแนวคิดที่เกี่ยวข้องที่จะนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหามาจากสถานการณ์และเงื่อนไขที่กำหนดให้เกี่ยวกับวิธีการที่สามารถทำให้พืชได้รับความชื้นอย่างสม่ำเสมอลงในสมุดของแต่ละคน โดยผู้วิจัยให้ผู้เรียนสืบค้นด้วยตนเองก่อนจากนั้นจึงนำเสนอแหล่งข้อมูลจากแหล่งต่างๆ ให้ผู้เรียนเพิ่มเติมเพื่อนำไปใช้ประกอบการสืบค้นข้อมูล พร้อมให้ผู้เรียนระบุแหล่งที่มาของข้อมูลให้ชัดเจน จากนั้นผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำข้อมูลที่หามาได้มาอภิปรายกับสมาชิกภายในกลุ่มโดยผู้เรียนนำข้อมูลที่รวบรวมมาได้มารวมกันเพื่อวิเคราะห์ร่วมกันว่ามีหลักการหรือวิธีการใดที่สามารถนำมาแก้ไขปัญหามาภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดเกี่ยวกับวิธีการที่สามารถทำให้พืชได้รับความชื้นอย่างสม่ำเสมอวิธีการใดมีความเป็นไปได้และมีความเหมาะสมมากที่สุดเพื่อให้สมาชิกในกลุ่มตัดสินใจได้ว่าจะนำแนวคิดใดไปออกแบบและประดิษฐ์ชิ้นงาน พร้อมทั้งเขียนลงในใบกิจกรรม

2.3 ขั้นการวางแผนและพัฒนา (Plan and develop)

ขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะต้องร่วมมือกันในการเลือกวัสดุอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้ในการสร้างโรงเรือนเพาะชำจำลองที่สามารถควบคุมความชื้นได้อย่างสม่ำเสมอพร้อมทั้งวาดภาพแบบจำลองในใบกิจกรรมที่กำหนดให้สำหรับนำมาใช้เป็นแบบในการสร้างโรงเรือนเพาะชำจำลอง

ที่สามารถควบคุมความชื้นได้อย่างสม่ำเสมอเพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาก็เกี่ยวกับการตอบสนองของพืชต่อความชื้น และร่วมลงมือปฏิบัติตามแผนที่ได้วางไว้

2.4 ขั้นการทดสอบและประเมินผล (Test and evaluation)

ขั้นตอนนี้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มต้องนำโรงเรือนเพาะชำจำลองที่สามารถควบคุมความชื้นได้อย่างสม่ำเสมอที่สร้างขึ้นตามที่ออกแบบไว้ไปทำการทดสอบและประเมินผลว่าเป็นไปตามเงื่อนไขของสถานการณ์ที่กำหนดให้หรือไม่ หากพบปัญหาและอุปสรรคขณะทำการทดสอบและประเมินผลของชิ้นงาน ผู้เรียนต้องร่วมมือกันแก้ปัญหาเพื่อหาวิธีการแก้ไขปรับปรุงชิ้นงานให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดและนำไปทดสอบและประเมินผลอีกครั้ง

2.5 ขั้นการนำเสนอผลลัพธ์ (Present the solution)

ในขั้นนี้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน จากนั้นจะมีการสอบถามและการให้ข้อเสนอแนะจากผู้วิจัย ครูชำนาญการพิเศษ และสมาชิกกลุ่มอื่นๆ หลังจากนั้นจะมีการสื่อสารแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของผู้เรียนแล้วผู้เรียนทั้งห้องร่วมกันโหวตว่าชิ้นงานของกลุ่มใดมีประสิทธิภาพและเหมาะสมที่สุดคุ้มค่าแก่การลงทุนมากที่สุด โดยให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายถึงเหตุผลที่เลือกเพื่อหาข้อสรุปของทั้งห้อง หลังจากนั้นผู้เรียนจะต้องนำข้อเสนอแนะที่ได้จากเพื่อนจากผู้วิจัยและจากครูชำนาญการพิเศษไปปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานของกลุ่มตนเอง พร้อมทั้งตอบคำถามลงในใบกิจกรรมตามที่กำหนดไว้

3. ขั้นสังเกต (Observe)

ขั้นนี้ผู้วิจัยและครูชำนาญการพิเศษจะทำการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนว่าเกิดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือหรือไม่ และสังเกตว่าการจัดการเรียนรู้ที่ดีหรือไม่ ต้องแก้ไขปรับปรุงอย่างไร โดยผู้วิจัยและครูชำนาญการพิเศษจะทำการบันทึกลงในเครื่องมือวิจัยแต่ละครั้งหลังจบการจัดการเรียนรู้ ในขั้นนี้ผู้วิจัยสังเกตตามขั้นการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

3.1 ขั้นการระบุปัญหา (Identify a challenge)

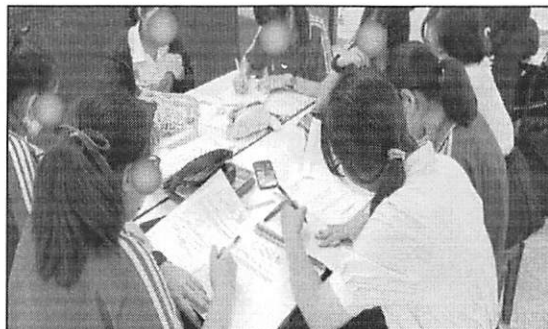
จากวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยพบปัญหา คือ การแบ่งหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่มของผู้เรียน ดังนั้นในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นี้ผู้วิจัยจึงให้ผู้เรียนแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบตามความสามารถและความถนัดของสมาชิกในกลุ่ม โดยให้ผู้เรียนทุกคนระบุความสามารถและความถนัดของตนเองให้สมาชิกในกลุ่มทราบก่อนที่จะเริ่มกิจกรรมในการแก้ไขปัญห จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ จากการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน พบว่า การดำเนินกิจกรรมของผู้เรียนในครั้งนี้เป็นไปด้วยความเรียบร้อยมากขึ้น เพราะผู้เรียนทราบบทบาทหน้าที่ของตนเองและเพื่อนสมาชิกในกลุ่มทราบว่าเพื่อนในกลุ่มมีความรู้ความสามารถและความถนัดในด้านใด การปฏิบัติกิจกรรมจึงดำเนินไปอย่างราบรื่นมากขึ้นซึ่งต่างจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 ซึ่งผู้เรียนแบ่ง

หน้าที่กันไม่ชัดเจนการดำเนินกิจกรรมจึงเกิดความล่าช้ารวมถึงบางคนที่ไม่ทราบบทบาทหน้าที่ของตนเองที่ชัดเจนจึงไม่ช่วยเพื่อนทำกิจกรรมที่ได้รับมอบหมาย สอดคล้องกับครูชำนาญการพิเศษที่กล่าวว่า

...“นักเรียนส่วนใหญ่เกือบทุกกลุ่มร่วมมือกันระบุนโยบายจากสถานการณ์ที่กำหนดให้เสร็จตามเวลาที่กำหนด นักเรียนตั้งใจปฏิบัติกิจกรรมมากขึ้น นักเรียนแต่ละกลุ่มมีผู้ที่ทำหน้าที่บันทึกข้อมูลใน ใบกิจกรรม”...

(ครูชำนาญการพิเศษ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 2, 17 สิงหาคม 2563)

หลังจากแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบของผู้เรียนเรียบร้อยแล้ว ในขั้นนี้ผู้เรียนแต่ละคนต้องอ่านสถานการณ์และเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับพืชได้รับน้ำหรือความชื้นไม่สม่ำเสมอวิธีการใดที่จะทำให้พืชได้รับน้ำหรือความชื้นอย่างสม่ำเสมอภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด โดยผู้วิจัยให้ผู้เรียนทุกคนเขียนปัญหาที่เกิดขึ้นลงในสมุดของผู้เรียนเอง จากนั้นจึงนำมาอภิปรายกับสมาชิกในกลุ่มของตนเอง พบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มีความกระตือรือร้นมากขึ้นในการเขียนระบุนโยบาย เมื่อถึงเวลาในการอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่ม พบว่า ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการนำเสนอข้อปัญหาของตนเองที่ได้เขียนไว้ มีความกระตือรือร้นที่จะนำเสนอให้สมาชิกในกลุ่มได้รับทราบ มีการสื่อสารร่วมกันเพื่อระบุนโยบายที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์มีการแสดงความคิดเห็นอย่างเป็นเหตุเป็นผลมากขึ้น เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่าปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่กำหนดคืออะไร พฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในครั้งนี้ของผู้เรียนอาจเกิดเนื่องมาจากการที่ผู้เรียนมีความคุ้นเคยกับสมาชิกในกลุ่มมากขึ้นจึงส่งผลให้เกิดการสื่อสารกันมากขึ้นการดำเนินกิจกรรมภายในกลุ่มจึงเป็นไปในทางที่ดีขึ้น แต่ยังคงพบว่ายังมีบางกลุ่มที่สมาชิกในกลุ่มเพียง 2-3 คนเท่านั้นที่ร่วมกันทำกิจกรรมกลุ่มร่วมกันอภิปรายและมีการสื่อสารกันน้อย



ภาพ 21 แสดงการอภิปรายร่วมกันถึงปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่กำหนดให้
ของผู้เรียน เรื่อง การตอบสนองของพืชต่อความชื้น ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

2 ปัญหาของสถานการณ์ที่กำหนดให้คืออะไร มีสาเหตุมาจากอะไร
บ้านถ้ำของเกษตรกรสวนในถ้ำทำนาเพื่อใช้เป็นหลัก และปลูกผักสลัดเงินงาจีน
เสริม แต่ผักสลัดของเกษตรกรบ้านถ้ำมีลักษณะเขียว ไม่สวย ขายไม่ได้
สาเหตุมาจากที่เกษตรกรไม่ใส่เวลาว่าน้ำและดูแลรักษาในผักสลัดมีลักษณะเขียว ไม่สวย

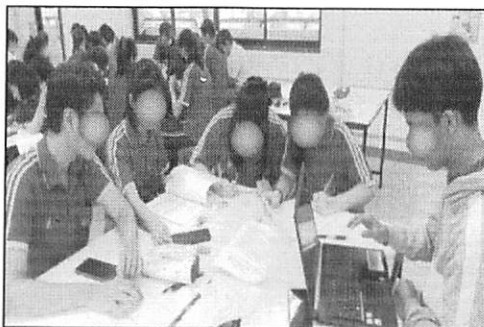
ภาพ 22 แสดงการระบุปัญหาของสถานการณ์ เรื่อง การตอบสนองของพืชกับความชื้น
ในใบบันทึกกิจกรรมของผู้เรียน (G4) ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

3.2 ขั้นการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Imagine)

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยปรับเปลี่ยนกิจกรรมการเรียนการสอนโดยให้ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลจากแหล่งสืบค้นต่างๆ ที่หลากหลาย และแหล่งสืบค้นข้อมูลที่ผู้วิจัยนำมาให้ผู้เรียนสืบค้นสำหรับค้นหาแนวทางในการสร้างโรงเรือนเพาะชำจำลองที่สามารถควบคุมความชื้นได้อย่างสม่ำเสมอจากสถานการณ์ที่กำหนดที่เป็นไปได้พร้อมทั้งให้ผู้เรียนเขียนแหล่งที่มาและบันทึกลงในสมุดของผู้เรียนแต่ละคน ซึ่งในวงจรปฏิบัตินี้ จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนพบว่า ผู้เรียนมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดี คือ ผู้เรียนส่วนใหญ่ให้ความร่วมมือในการสืบค้นข้อมูลมากขึ้น เขียนแหล่งที่มาของข้อมูลลงในสมุดชัดเจน มีการสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลที่สมาชิกในกลุ่มแต่ละคนสืบค้นมานำเสนอให้สมาชิกภายในกลุ่มมากขึ้น ทำให้แต่ละกลุ่มค้นพบข้อมูลแตกต่างกันมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อสมาชิกในกลุ่มนำข้อมูลที่สืบค้นมานำเสนอให้เพื่อนสมาชิกในกลุ่มผู้เรียนที่มีความสามารถในด้านการสืบค้นข้อมูลจะนำข้อมูลที่ได้ออกไปจัดกระทำเพื่อให้เพื่อนสมาชิกในกลุ่มคนอื่นๆ เข้าใจมากขึ้นรวมทั้งผู้เรียนที่รับหน้าที่เป็นเลขานุการกลุ่มจะทำหน้าที่บันทึกข้อมูลอย่างเป็นระบบ สอดคล้องกับครูชำนาญการพิเศษ ที่กล่าวว่า

...“นักเรียนส่วนใหญ่เกือบทุกกลุ่มร่วมมือกันสืบค้นข้อมูลจากแหล่งต่างๆ นักเรียนแต่ละกลุ่มมีผู้ที่ทำหน้าที่บันทึกข้อมูลในใบกิจกรรม นักเรียนตั้งใจทำกิจกรรมไม่ส่งเสียงดัง”...

(ครูชำนาญการพิเศษ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 2, 17 สิงหาคม 2563)



ภาพ 23 แสดงผู้เรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่างๆ ที่หลากหลาย เพื่อนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด เรื่อง การตอบสนองของพืชต่อความชื้น ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

นอกจากนี้ยังพบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่ร่วมกันอภิปรายภายในกลุ่มว่าแนวคิด หลักการ หรือวิธีการใดดีที่สุดโดยสมาชิกในกลุ่มจะมีการสื่อสารแลกเปลี่ยนว่าแนวคิด หรือหลักการนั้นมีข้อดีหรือข้อเสียอย่างไรในวิธีการที่ตนเองสืบค้นมาจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อหาข้อสรุปสำหรับแนวทางหรือวิธีการที่จะนำมาใช้ในการสร้างโรงเรือนเพาะชำจำลองที่สามารถควบคุมความชื้นได้อย่างสม่ำเสมอเพื่อแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด อีกทั้งยังพบว่าผู้เรียนมีการอภิปรายและโต้แย้งแสดงความคิดเห็นโดยเป็นเหตุเป็นผลกันมากขึ้น มีเพียงบางกลุ่มเท่านั้นที่ยังไม่ค่อยเสนอความคิดเห็นร่วมกับเพื่อนสมาชิกในกลุ่มจะมีเพียงสมาชิก 2-3 คนเท่านั้นที่ทำกิจกรรมร่วมกัน ผู้วิจัยจึงทำการกระตุ้นผู้เรียนกลุ่มดังกล่าวโดยสอบถามการดำเนินการกิจกรรมของกลุ่มถึงขั้นตอนใด ได้ข้อสรุปอย่างไรบ้างเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการสื่อสารอภิปรายร่วมกันมากขึ้น

4. นักเรียนมีวิธีการที่จะช่วยให้พืชได้รับน้ำและความชื้นที่เพิ่มขึ้นในสถานการณ์ที่กำหนดให้ด้วย
 เครื่องมืออะไร และสามารถช่วยให้พืชได้รับความชื้นอย่างสม่ำเสมอได้อย่างไร
 เราใช้โถงน้ำรองเพื่อไปปลูกใน ที่ลึกลงไปลง (โถงน้ำ) ภาชนะ ปิด/เปิดได้ และ (แก้วพลาสติก)
 ควบคุมปริมาณน้ำ และ ความชื้นโดยการใช้เครื่องมือ arduino เริ่มตั้งกับขั้วน้ำ
 จากนั้น เมื่จิว สามารถควบคุมค่าของขั้วโดยการใช้ code

ภาพ 24 แสดงตัวอย่างแนวทางในการแก้ไขปัญหาจากโจทย์สถานการณ์ที่กำหนด
 เรื่อง การตอบสนองของพืชต่อความชื้น ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

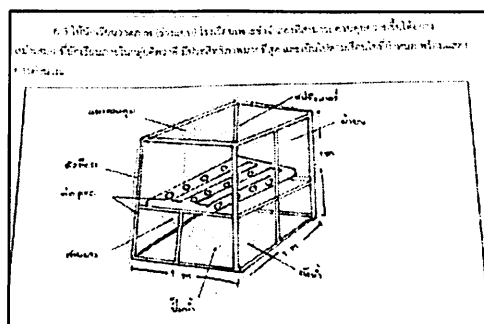
3.3 ขั้นการวางแผนและพัฒนา (Plan and develop)

ในขั้นตอนนี้จากการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน พบว่า ผู้เรียนมีการสื่อสาร
 อภิปรายร่วมกันถึงชิ้นงานที่ได้ออกแบบไว้ มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันว่าชิ้นงานที่ได้
 ออกแบบไว้จะนำมาสร้างเป็นโรงเรือนเพาะชำจำลองที่สามารถควบคุมความชื้นได้อย่างสม่ำเสมอ
 ได้อย่างไรบ้าง ต้องเริ่มต้นจากขั้นตอนใดก่อนหลัง ควรเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์อย่างไร ใครจะ
 ดำเนินการจัดซื้อวัสดุอุปกรณ์ ซึ่งผู้เรียนมีการแบ่งหน้าที่กันรับผิดชอบอย่างชัดเจนและมีการสื่อสาร
 แลกเปลี่ยนกันตลอดเวลา จึงทำให้ขั้นตอนการวางแผนเป็นไปอย่างรวดเร็ว จากนั้นเมื่อผู้เรียน
 แต่ละกลุ่มลงมือปฏิบัติสร้างโรงเรือนเพาะชำจำลองที่สามารถควบคุมความชื้นได้อย่างสม่ำเสมอ
 ผู้เรียนที่ได้รับบทบาทหน้าที่เป็นหัวหน้ากลุ่มสามารถแสดงความเป็นผู้นำได้เป็นอย่างดีวางแผน
 ให้สมาชิกในกลุ่มแบ่งหน้าที่การปฏิบัติงานในส่วนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อให้การสร้างชิ้นงานเป็นไป
 ตามที่ได้ออกแบบไว้และเสร็จทันตามเวลาที่กำหนด แต่ยังคงพบว่ามีเพียงบางกลุ่มเท่านั้นที่เตรียม
 อุปกรณ์มาไม่ครบตามที่ได้ออกแบบไว้หรือเตรียมมาแต่บางชิ้นไม่สามารถใช้งานได้ เช่น ขนาดของ
 วัสดุเล็กเกินไปไม่สามารถนำมาใช้งานได้ตามแบบที่สร้างไว้ ผู้วิจัยจึงให้เวลาเพิ่มเติมเพื่อให้ผู้เรียน
 ดำเนินการจัดหาอุปกรณ์และย้าให้ผู้เรียนระดมความคิดเห็นให้รอบคอบก่อนลงมือปฏิบัติ และใน
 ขั้นตอนนี้มีการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดเจนมากกว่าวงจรปฏิบัติการที่ 1 คือ ผู้เรียนมีการสื่อสารกัน
 ในเรื่องของความเป็นไปได้ ประสิทธิภาพและความคุ้มค่าของชิ้นงาน จากสถานการณ์ภายใต้
 เงื่อนไขที่กำหนดให้ เช่น ผู้เรียนมีการเปรียบเทียบวัสดุชนิดเดียวกันจากแหล่งร้านค้าจำหน่ายหลาย
 ร้าน หรือวัสดุบางอย่างหาได้ใกล้ตัวก็ไม่จำเป็นต้องซื้อ เป็นต้น นอกจากนี้ผู้เรียนยังแสดงถึง
 สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นขณะที่ลงมือสร้างชิ้นงาน เช่น ผู้เรียน
 บางกลุ่มเมื่อทำการสร้างชิ้นงานตามที่ได้ออกแบบไว้แต่ปรากฏว่าอุปกรณ์บางส่วนชำรุด หรือ
 ประกอบเป็นชิ้นงานไม่ได้สมาชิกในกลุ่มช่วยกันดำเนินการแก้ไข ช่วยกันคิดหาวิธีการใหม่

จนสามารถดำเนินกิจกรรมต่อไปได้ ซึ่งผู้วิจัยได้ให้คำชี้แนะและกระตุ้นให้ผู้เรียนสื่อสารร่วมกัน เพื่อปรับปรุงแก้ไข ใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนสามารถหาวิธีการแก้ปัญหาได้จนสำเร็จลุล่วง สอดคล้องกับครูชำนาญการพิเศษ ที่กล่าวว่า

...“นักเรียนทุกกลุ่มให้ความร่วมมือกันออกแบบเพื่อสร้างชิ้นงาน ในขั้นตอนการสร้าง ชิ้นงานนักเรียนส่วนมากช่วยกันสร้างตามที่ได้ออกแบบไว้ผู้เรียนสนุกสนานในการทำงานร่วมกัน มีนักเรียนเพียง 3-4 คนเท่านั้นที่ให้ความร่วมมือกับเพื่อนในกลุ่มน้อย ควรมีการกระตุ้นให้ผู้เรียน ให้ความร่วมมือกับเพื่อนในการทำงานกลุ่ม”...

(ครูชำนาญการพิเศษ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้วงจรถูกปฏิบัติครั้งที่ 2, 24 สิงหาคม 2563)



ภาพ 25 แสดงตัวอย่างการออกแบบโรงเรียนเพาะชำจำลองที่สามารถควบคุมความชื้น ได้อย่างสม่ำเสมอของผู้เรียนก่อนสร้างชิ้นงานจริง (G2) ในวงจรถูกปฏิบัติครั้งที่ 2

6.1 เครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์ ที่ต้องใช้

เครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์	จำนวน	เหตุผล
ฟรอม PVC	9 ชุด	สำหรับโครงโรงเรียนเพาะชำ
แผ่นพลาสติกใส	12 แผ่น	ใช้ทำกรอบขึ้น เพื่อป้องกันความชื้นจากภายนอก
ดิน	500 กรัม	เพาะปลูก
น้ำ	2 ลิตร	ใช้สำหรับรดน้ำต้นไม้
ดินร่วนผสมขี้เถ้า	1 ถัง	เพิ่มธาตุอาหารให้ดิน
เครื่องวัดความชื้นดิน	1 เครื่อง	เพื่อตรวจสอบความชื้นในดิน
โพลีเอทิลีน	1 ชิ้น	เพื่อทำใบกั้นความชื้น
เครื่องวัดอุณหภูมิ	1 เครื่อง	ใช้บันทึกอุณหภูมิในโรงเรือน

ภาพ 26 แสดงตัวอย่างวัสดุอุปกรณ์ที่ผู้เรียนใช้ในการสร้างโรงเรียนเพาะชำจำลอง ที่สามารถควบคุมความชื้นได้อย่างสม่ำเสมอของผู้เรียน (G1) ในวงจรถูกปฏิบัติครั้งที่ 2

6.2 ให้นักเรียนบอกวิธีการขั้นตอนที่จะใช้ในการแก้ปัญหาข้อพัฒนา

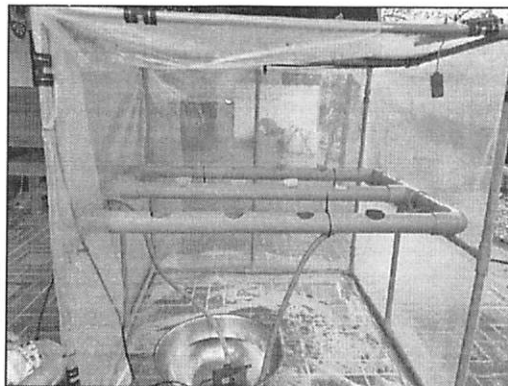
1. ตัดท่อ PVC ให้ได้ขนาด 120 ซม. ทำจนครบ และขนาด 80 ซม. ทำจนครบ
2. ตัดท่อ PVC ให้เป็นท่อนสั้นๆ 2 ชิ้น
3. ตัดแผ่นไม้ระแนงให้มีความยาว 72x65 ซม. จากนั้นใช้ตะปูขันยึดเข้ากับโครงรถจักรยานที่ตัดไว้แล้ว
4. ตัดท่อ PVC ที่เหลือทิ้งไป
5. ตัดท่อ PVC ที่เหลือทิ้งไป
6. ตัดท่อ PVC ที่เหลือทิ้งไป
7. ตัดท่อ PVC ที่เหลือทิ้งไป
8. ตัดท่อ PVC ที่เหลือทิ้งไป

ภาพ 27 แสดงตัวอย่างขั้นตอนในการพัฒนาโรงเรือนเพาะชำจำลองที่สามารถควบคุมความชื้นได้อย่างสม่ำเสมอของผู้เรียน (G3) ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

6.4 ให้นักเรียนแสดงการคำนวณต้นทุนที่ใช้ในการทำโรงเรือนเพาะชำจำลองที่สามารถควบคุมความชื้นได้อย่างสม่ำเสมอ

ท่อ PVC 2"	100 บาท	แผงสติกพีวีซี 100x150	299 บาท
ท่อ PVC 1/2"	160 บาท	กระดาษพีพีที 1"	10 บาท
จักรวาล 3"	100 บาท	แผงสติกพีวีซี	299 บาท
กระดาษ 2 ขุน	90 บาท	กระดาษ/อีกาว 1/2"	20 บาท
ก๊อป	90 บาท		
กระดาษพิมพ์	10 บาท		
ค่ากั้นกันในคอกทำเรือนเพาะชำ	3,519 บาท		

ภาพ 28 แสดงตัวอย่างการคำนวณต้นทุนที่ใช้ในการทำโรงเรือนเพาะชำจำลองที่สามารถควบคุมความชื้นได้อย่างสม่ำเสมอของผู้เรียน (G2) ในวงจรปฏิบัติการที่ 2



ภาพ 29 แสดงตัวอย่างโรงเรือนเพาะชำจำลองที่สามารถควบคุมความชื้นได้อย่างสม่ำเสมอ ของผู้เรียน (G3) ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

3.4 ขั้นการทดสอบและประเมินผล (Test and evaluation)

ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนทุกกลุ่มต้องนำโรงเรือนเพาะชำจำลองที่สามารถควบคุมความชื้นได้อย่างสม่ำเสมอที่สร้างขึ้นไปทดสอบและประเมินผล จากการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน พบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่กระตือรือร้นให้ความสนใจในการนำชิ้นของของกลุ่มตนเองไปทดสอบและประเมินผล ผู้เรียนแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบในการตรวจสอบบันทึกผลและประเมินผลและยังพบ อีกว่าผู้เรียนแสดงสมรรถนะแก้ปัญหาแบบร่วมมือเมื่อชิ้นงานของผู้เรียนขณะทำการทดสอบและประเมินผลไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด เช่น โรงเรือนเพาะชำจำลองที่สามารถควบคุมความชื้นได้อย่างสม่ำเสมอที่ผู้เรียนสร้างขึ้นเมื่อนำมาทดสอบแล้วปรากฏว่าความชื้นไม่เป็นไปตามที่ต้องการผู้เรียนจะช่วยกันระดมสมองแก้ไขปรับปรุงตรงจุดที่ผิดพลาดและนำมาทำการทดสอบและประเมินผลอีกครั้ง แต่ยังพบว่าผู้เรียนบางกลุ่มขาดความร่วมมือกับสมาชิกภายในกลุ่มเมื่อชิ้นงานไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดจะมีผู้เรียน 2-3 คน เท่านั้นที่ช่วยกันแก้ไขปัญหากับชิ้นงานนั้น สอดคล้องกับครูชำนาญการพิเศษ ที่กล่าวว่า

...“นักเรียนส่วนใหญ่เกือบทุกกลุ่มร่วมมือกันนำชิ้นงานที่กลุ่มตนเองสร้างขึ้นไปทำการทดสอบและประเมินผล นักเรียนตื่นตัวกับผลการทดลอง แต่สมาชิกกลุ่มบางกลุ่มไม่ให้ความร่วมมือกับเพื่อนในการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงาน”...

(ครูชำนาญการพิเศษ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 2, 24 สิงหาคม 2563)

ผู้วิจัยจึงดำเนินการแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้นโดยเข้าไปติดตามและสอบถามกลุ่มที่ชิ้นงานไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้พร้อมให้ข้อเสนอแนะและกระตุ้นให้ผู้เรียนใช้ความพยายาม ความสามัคคี สื่อสารแลกเปลี่ยนแสดงความคิดเห็นกันภายในกลุ่มเพื่อปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานให้ได้สำเร็จตามเป้าหมาย



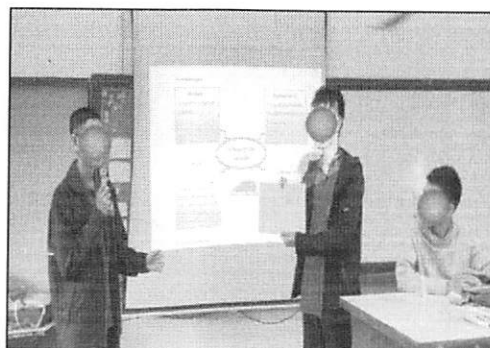
ภาพ 30 แสดงตัวอย่างการทดสอบและประเมินผลโรงเรือนเพาะชำจำลองที่สามารถควบคุมความชื้นได้อย่างสม่ำเสมอของผู้เรียน (G4) ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

3.5 ขั้นการนำเสนอผลลัพธ์ (Present the solution)

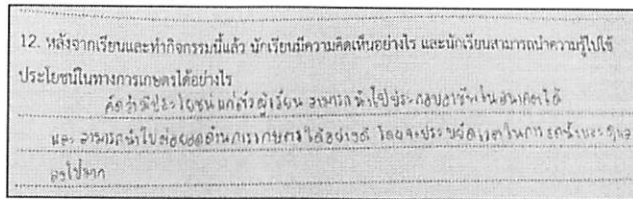
ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนทุกกลุ่มต้องนำเสนอผลลัพธ์ชิ้นงานของกลุ่ม คือ โรงเรือนเพาะชำจำลองที่สามารถควบคุมความชื้นได้อย่างสม่ำเสมอ จากการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน พบว่า ผู้เรียนสนใจและตั้งใจฟังการนำเสนอของกลุ่มอื่นๆ ร่วมอภิปรายและแสดงความคิดเห็นเมื่อมีการถามตอบท้ายการนำเสนอ เมื่อมีการโหวตให้กับชิ้นงานมีความสอดคล้องกับสถานการณ์ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดให้มากที่สุด พบว่า ผู้เรียนแต่ละกลุ่มมีการสื่อสารร่วมกัน อภิปรายกับสมาชิกในกลุ่มว่าจะเลือกชิ้นงานใด ชิ้นงานแต่ละชิ้นมีข้อดีข้อเสียอย่างไร คำนึงค่ากับการลงทุนมากน้อยเพียงใดเหมาะสมกับการนำไปใช้จริงหรือไม่ เมื่อแต่ละกลุ่มเลือกได้แล้วตัวแทนของกลุ่มจะมาสื่อสารอภิปรายร่วมกันว่าเพราะเหตุใดกลุ่มของตนจึงโหวตให้ผลงานชิ้นนั้นโดยให้เหตุผลประกอบ แต่ยังพบว่าผู้เรียนบางคนไม่สนใจและไม่ตั้งใจฟังเพื่อนนำเสนอหน้าชั้นเรียน ผู้วิจัยจึงดำเนินการแก้ไขโดยการให้ผู้เรียนที่ไม่ตั้งใจฟังเพื่อนนำเสนอหน้าชั้นเรียนให้แสดงความคิดเห็นต่อชิ้นงานของเพื่อน หลังจากอภิปรายร่วมกันแล้วผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำข้อสรุปที่ได้จากการอภิปรายร่วมกันทั้งหมดไปปรับปรุงแก้ไข นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ให้ผู้เรียนร่วมแสดงความคิดเห็นในการนำความรู้ที่ได้จากการจัดกิจกรรมครั้งนี้ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างไรบ้างในทางเกษตรกรรม สอดคล้องกับครูชำนาญการพิเศษ ที่กล่าวว่า

...“นักเรียนส่วนใหญ่เกือบทุกกลุ่มตั้งใจฟังการนำเสนอของกลุ่มอื่นๆ และร่วมแสดงความคิดเห็น”...

(ครูชำนาญการพิเศษ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 2, 24 สิงหาคม 2563)

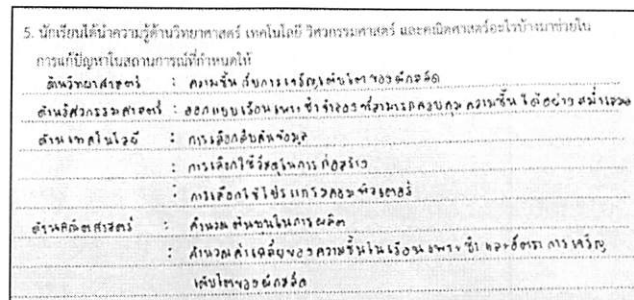


ภาพ 31 แสดงตัวอย่างการนำเสนอผลลัพธ์ของโรงเรือนเพาะชำจำลองที่สามารถควบคุมความชื้นได้อย่างสม่ำเสมอของผู้เรียน (G4) ในวงจรปฏิบัติการที่ 2



ภาพ 32 แสดงตัวอย่างการนำความรู้ที่ได้จากการจัดกิจกรรมโรงเรียนเพาะชำจำลองที่สามารถควบคุมความชื้นได้อย่างสม่ำเสมอไปประยุกต์ใช้ทางการเกษตรของผู้เรียน (G1) ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถระบุความรู้ทางด้านสะเต็มศึกษาได้ครบทั้ง 4 สาขา แต่ยังมีเพียง 1 – 2 กลุ่มเท่านั้นที่ยังไม่สามารถระบุความรู้ทางด้านสะเต็มได้ครอบคลุมครบทั้ง 4 สาขา ผู้วิจัยจึงทบทวนและสร้างความเข้าใจให้กับผู้เรียนกลุ่มที่ไม่สามารถระบุความรู้ทางด้านสะเต็มได้เกี่ยวกับการนำความรู้ทางด้านสะเต็มศึกษาทั้ง 4 สาขามาใช้ในการจัดกิจกรรมครั้งนี้ เพื่อให้ผู้เรียนระดมความคิดช่วยกันดำเนินการปรับปรุงแก้ไข



ภาพ 33 แสดงตัวอย่างการระบุความรู้ทางด้านสะเต็มศึกษาทั้ง 4 สาขาที่เกี่ยวข้องโรงเรียนเพาะชำจำลองที่สามารถควบคุมความชื้นได้อย่างสม่ำเสมอของผู้เรียน (G2)

4. ชั้นสะท้อนผล (Reflect)

ชั้นนี้ผู้วิจัยได้ทำการสะท้อนผลร่วมกับครูชำนาญการพิเศษในการจัดการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 เพื่อเป็นแนวทางนำไปปรับปรุง

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการถัดไป โดยมีรายละเอียดตามขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

4.1 ขั้นการระบุปัญหา (Identify a challenge)

ในขั้นนี้จากการที่ผู้วิจัยสร้างความสนใจให้กับผู้เรียนโดยมีการซักถามอภิปราย และแสดงความคิดเห็นร่วมกันเกี่ยวกับปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชมีอะไรบ้าง มีความสำคัญอย่างไร พบว่า การจัดกิจกรรมเช่นนี้กระตุ้นความสนใจใฝ่เรียนรู้ให้กับผู้เรียนมากขึ้น ผู้เรียนเกิดความกระตือรือร้นในการร่วมทำกิจกรรมมากกว่าเดิม ผู้เรียนสามารถแบ่งหน้าที่ ความรับผิดชอบได้ตามความสามารถและความถนัดของสมาชิกในกลุ่ม ทำให้การดำเนินกิจกรรม เป็นไปอย่างรวดเร็ว ผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดได้โดยทุกคนระบุ ปัญหาแล้วนำไปอภิปรายร่วมกันในกลุ่มเพื่อเลือกปัญหาที่สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ มากที่สุด แต่ยังพบว่ามีบางกลุ่มที่สมาชิกในกลุ่มเพียง 2-3 คนเท่านั้นที่ไม่ร่วมแสดงความคิดเห็น ในการระบุปัญหาจากสถานการณ์กับสมาชิกในกลุ่มและสื่อสารกันน้อย

4.2 ขั้นการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Imagine)

ในขั้นนี้จากการสะท้อนผล พบว่า การให้ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลจากแหล่งต่างๆ ที่หลากหลายและให้เขียนลงในสมุดของตนเองพร้อมระบุแหล่งอ้างอิงเป็นการฝึกให้ผู้เรียน ได้ค้นคว้าข้อมูล ที่มีความน่าเชื่อถือมาใช้ นอกจากนี้ยังช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนร่วมกันหาแนวทางที่ดีที่สุดเพื่อนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหากจากสถานการณ์ที่กำหนดได้ดีขึ้นกว่าวงจรปฏิบัติการที่ผ่านมา และจากการให้ผู้เรียนเลือกแนวคิดที่ดีและเหมาะสมที่สุดมาใช้ในการแก้ไขปัญหากจากสถานการณ์ ที่กำหนด พบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มีการสื่อสารแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันภายในกลุ่มมากขึ้น ในการคัดเลือกแนวทางที่จะนำมาใช้ มีการระดมความคิด มีการโต้แย้งให้เหตุผลถึงข้อดีและข้อเสีย ของแต่ละวิธีการเพื่อให้ได้มาซึ่งวิธีการที่ดีที่สุด แต่ยังพบว่าบางกลุ่มมีเพียงหัวหน้ากลุ่มและสมาชิก กลุ่มเพียง 2-3 คนเท่านั้นที่ช่วยกันระดมความคิดและสื่อสารร่วมกัน และจากการที่บางกลุ่มมีการ วางแผนที่ดีในขั้นตอนการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องมีการวางกรอบในการสืบค้นข้อมูลจึงส่งผลให้ ได้ข้อสรุปของกลุ่มรวดเร็วขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ว่ากิจกรรมในขั้นตอนนี้ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักการ วางแผนร่วมกันที่ดีภายในกลุ่มมากยิ่งขึ้น

4.3 ขั้นการวางแผนและพัฒนา (Plan and develop)

ในขั้นตอนนี้จากการสะท้อนผล พบว่า ผู้เรียนมีการวางแผนการดำเนินงานที่ดีขึ้น มากกว่าเดิม สมาชิกกลุ่มทุกคนมีบทบาทหน้าที่มากขึ้นกับงานที่ต้องรับผิดชอบตามที่ได้รับ มอบหมายภายในกลุ่มและผู้เรียนสามารถทำได้ดีเป็นอย่างไร ผู้เรียนช่วยกันจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ ต่างๆ ตามที่ได้ออกแบบไว้ ร่วมกันสร้างโรงเรือนเพาะชำจำลองที่สามารถควบคุมความชื้นได้อย่าง

สม่าเสมอขณะที่ลงมือปฏิบัติเมื่อเกิดปัญหาขึ้นกับชิ้นงาน เช่น โปรแกรมควบคุมความชื้นของโรงเรือนเพาะชำทำงานไม่คงที่ผู้เรียนมีการสื่อสารกันระดมความคิดและร่วมกันแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ผู้เรียนบางกลุ่มให้คุณครูคอมพิวเตอร์ที่มีความรู้ด้านโปรแกรมมาช่วยแนะนำเพื่อให้ชิ้นงานที่สร้างขึ้นออกมาตรงตามเป้าหมาย ที่ได้วางแผนไว้ซึ่งทำให้เห็นได้ว่ากิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนมีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของการทำงานกลุ่มร่วมกับสมาชิกคนอื่นๆ ได้ดีขึ้น มีการสื่อสารแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันมากกว่าเดิม

4.4 ขั้นการทดสอบและประเมินผล (Test and evaluation)

จากการสะท้อนผล พบว่า ผู้เรียนแต่ละกลุ่มสนใจและตั้งใจในการนำโรงเรือนเพาะชำจำลองที่สามารถควบคุมความชื้นได้อย่างสม่ำเสมอที่สร้างขึ้นตามที่ได้ออกแบบไว้ไปทำการทดสอบและประเมินผล ว่าเป็นไปตามเงื่อนไขของสถานการณ์ที่กำหนดหรือไม่ ในขั้นตอนนี้ยังส่งเสริมผู้เรียนรู้จักสังเกตและบันทึกผล ชิ้นงานของกลุ่มใดที่สร้างขึ้นเมื่อนำไปทดสอบและประเมินผลแล้ว พบว่า ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขของสถานการณ์ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะระดมความคิดหาสาเหตุและทำการปรับปรุงและแก้ไขจากนั้นจึงนำไปทดสอบประเมินผลอีกครั้ง พฤติกรรมที่แสดงออกมาของผู้เรียนดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าผู้เรียนเกิดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือดีขึ้นกว่าวงจรปฏิบัติการที่ 1 แต่อย่างไรก็ตามยังพบว่าผู้เรียนบางกลุ่มเท่านั้นที่สมาชิกในกลุ่มไม่สื่อสารกับเพื่อนช่วยเหลือเพื่อนในกลุ่มทำกิจกรรมน้อย

4.5 ขั้นการนำเสนอผลลัพธ์ (Present the solution)

จากการสะท้อนผลการจัดกิจกรรมในขั้นตอนนี้ จากการที่ผู้วิจัยให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลงานของกลุ่มตนเองพร้อมทั้งมีการซักถาม และการให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มปรึกษากันภายในกลุ่มก่อนที่จะมีการโหวตให้กับชิ้นงานที่คิดว่าดีมีความเหมาะสมและคุ้มค่าที่สุด การให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มซักถามกลุ่มที่นำเสนอเพื่อแลกเปลี่ยนแนวคิดหรือข้อเสนอแนะซึ่งกันและกันหลังจากที่กลุ่มที่นำเสนอได้รับแนะนำจากเพื่อนในห้อง จากผู้วิจัยและจากครูชำนาญการพิเศษพบว่า ผู้เรียนรับฟังข้อเสนอแนะต่างๆ ผู้เรียนสามารถร่วมกันวิเคราะห์จุดเด่นและจุดบกพร่องของชิ้นงานของกลุ่มตนเองได้เพื่อนำไปปรับปรุงผลงานของตนเองให้ดีกว่าเดิม ผู้เรียนแต่ละกลุ่มมีส่วนร่วมมีการเตรียมคำถามในการซักถามแลกเปลี่ยนความรู้กับกลุ่มที่นำเสนอมากขึ้น ส่งผลให้ขั้นตอนการจัดกิจกรรมนี้เป็นไปด้วยความเรียบร้อยและรวดเร็วมากขึ้นกว่าวงจรปฏิบัติการที่ 1

อย่างไรก็ตามในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของเวลาที่ไม่ตรงตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ ซึ่งกำหนดไว้ 4 ชั่วโมง แต่ปรากฏว่าการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้บางขั้นตอนเกิดความล่าช้าเนื่องจากเกิดปัญหาที่ไม่คาดคิดขึ้นขณะทำกิจกรรม เช่น ขั้นตอนการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องในการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งความรู้

ต่างๆ สัญญาณอินเทอร์เน็ตของโรงเรียนหรือของผู้เรียนเองชัดเจน ผู้เรียนสรุปแนวคิดที่เกี่ยวข้องจากการสืบค้นเพื่อนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดได้ค่อนข้างซ้ำ รวมทั้งขั้นตอนการวางแผนและพัฒนาผู้เรียนมีการปรับเปลี่ยนการออกแบบชิ้นงานอยู่หลายหลัง ส่งผลให้เกิดความล่าช้าของกิจกรรมแต่ละขั้นตอน

ส่วนบทบาทในการให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำแก่ผู้เรียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือและความรู้เนื้อหา เรื่อง การตอบสนองของพืชต่อความชื้น ผู้วิจัยได้สังเกตเห็นว่าผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ในบางขั้นตอนได้ด้วยตัวผู้เรียนเองและมีการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้มากขึ้น เช่น การแบ่งหน้าที่ในการดำเนินการแก้ปัญหา การสื่อสารแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม เป็นต้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีส่วนช่วยให้คำแนะนำและช่วยเหลือผู้เรียนให้การจัดการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นไปตามแผนที่วางไว้และสามารถส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ไปพร้อมกันในบางขั้นตอน ได้แก่ การที่ผู้วิจัยเข้าไปติดตามให้คำแนะนำแก่ผู้เรียนอย่างใกล้ชิดในแต่ละกลุ่มในการระบุปัญหาจากสถานการณ์ การสร้างชิ้นงานให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดมีการกระตุ้นผู้เรียนให้มีการสื่อสารแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและร่วมกันอภิปราย เป็นต้น จะเห็นได้ว่าในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างองค์ความรู้และพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้ด้วยตนเองมากขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงลดบทบาทในหลายขั้นตอนที่ผู้เรียนสามารถดำเนินการได้ด้วยตนเอง แต่ยังคงคอยดูแลผู้เรียนเมื่อเกิดปัญหาจะได้เข้าไปช่วยเหลือได้อย่างใกล้ชิด

การดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 จากการปฏิบัติตามขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการตั้งแต่ขั้นการวางแผน การปฏิบัติ การสังเกต และการสะท้อนผล สามารถสรุปได้ว่าปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไขปรับปรุงที่ผู้วิจัยจะนำไปปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ดังตาราง 12

ตาราง 12 แสดงสรุปปัญหาที่เกิดขึ้นในวงจรปฏิบัติที่ 2 เพื่อนำไปปรับปรุงแผนการจัดการ
กิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติที่ 3

ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไข
1. ผู้เรียนบางกลุ่มยังคงขาดการอภิปรายสื่อสาร ระดมความคิดร่วมกันเพื่อหาแนวทางที่ดี ที่เหมาะสมคุ้มค่าในการแก้ไขปัญหาจาก สถานการณ์ที่กำหนด	เสริมแรงกระตุ้นให้กับผู้เรียน เช่น ให้ ข้อจำกัดในเรื่องของเวลา เดินเข้าไป สอบถามความคืบหน้าของการปฏิบัติงาน ให้รางวัลกับกลุ่มที่ทำงานแล้วเสร็จ ตรงตาม เวลาที่กำหนด
2. ขั้ววางแผนและพัฒนาผู้เรียนบางกลุ่มมีการ ปรับเปลี่ยนแนวคิดในการวางแผน และ ออกแบบสร้างชิ้นงานไปมาจึงเกิดความล่าช้า เนื่องจากสมาชิกในกลุ่มร่วมกันแสดงความคิดเห็น น้อย สื่อสารร่วมกันทำให้เกิด ความเข้าใจไม่ตรงกัน	ผู้วิจัยกระตุ้นให้ผู้เรียนรักษาเวลาทำกิจกรรม ให้เสร็จตามที่กำหนดระดมความคิดร่วมกัน สื่อสารร่วมกัน ทำงานร่วมกันเป็นที่วางแผน ทำงานร่วมกันอย่างเป็นขั้นตอน โดยผู้วิจัย คอยสอบถามและกำกับติดตาม อย่าง ต่อเนื่อง
3. ขั้นตอนทดสอบและประเมินผลผู้เรียนบางกลุ่มมี สมาชิกสื่อสารกับเพื่อนน้อยจึงไม่ทราบว่าเพื่อนทำ กิจกรรมถึงขั้นตอนใดผลการทดสอบและ ประเมินผลของชิ้นงานกลุ่มตนเองเป็นอย่างไร	ผู้วิจัยซักถามถึงความคืบหน้าในการทดสอบ และประเมินชิ้นงานจากทุกกลุ่มโดยการสุ่ม เลือกรายชื่อผู้เรียนเป็นตัวแทนจากกลุ่มต่าง เพื่อกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดการสื่อสารและ ร่วมกันปฏิบัติกิจกรรมให้มากขึ้น

วงจรปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง การตอบสนองของพืชต่อฮอร์โมนพืชสังเคราะห์

1. ขั้ววางแผน (Plan)

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ตามการสะท้อนผล
ของวงจรปฏิบัติการที่ 2 โดยทำการปรับปรุงกิจกรรมการจัดการเรียนการสอน ดังนี้

1.1 ขั้นการระบุปัญหา (Identify a challenge) และขั้นการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง
(Imagine) ผู้วิจัยกระตุ้นให้ผู้เรียนรักษาเวลาในการทำกิจกรรมให้มากยิ่งขึ้น โดยผู้วิจัยกำกับ
ติดตามซักถามถึงความคืบหน้าของการทำกิจกรรมภายในกลุ่มตลอดเวลา รวมทั้งผู้วิจัยแจ้งหัวข้อ
กิจกรรมและให้ตัวอย่างแหล่งสืบค้นที่เกี่ยวข้องให้แต่ละกลุ่มทราบพร้อมทั้งให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่ม
ศึกษา สืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ มาก่อนล่วงหน้า

1.2 ขั้นการวางแผนและพัฒนา (Plan and develop) ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยกระตุ้นให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดวางแผนและออกแบบการสร้างขึ้นงานเพื่อนำไปใช้ในการแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยให้ผู้เรียนสื่อสารกันให้มากขึ้นวางแผนทำงานร่วมกันเป็นทีม และรักษาเวลาในการทำกิจกรรมให้แล้วเสร็จตามเป้าหมาย โดยผู้วิจัยคอยสอบถามและกำกับติดตามอย่างต่อเนื่อง และขั้นการทดสอบและประเมินผล (Test and evaluation) ผู้วิจัยกระตุ้นผู้เรียนโดยซักถามถึงความคืบหน้าในการทดสอบและประเมินชิ้นงานจากทุกกลุ่มโดยการสุ่มเลือกรายชื่อผู้เรียนเพื่อทำการซักถาม

2. ขั้นปฏิบัติ (Act)

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยดำเนินการตามแผนการจัดการเรียนรู้ ในระหว่างการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ในวันที่ 31 สิงหาคม 2563 เวลา 10.00 น. ถึง 12.00 น. และวันที่ 7 กันยายน 2563 เวลา 10.00 น. ถึง 12.00 น.

2.1 ขั้นการระบุปัญหา (Identify a challenge)

ขั้นนี้ผู้วิจัยให้ผู้เรียนนั่งตามกลุ่มที่ได้แบ่งไว้ แจกกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนต้องปฏิบัติ และกำชับในเรื่องของการรักษาเวลาตามที่กำหนด จากนั้นผู้วิจัยสร้างความสนใจให้กับผู้เรียนโดยให้ผู้เรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับฮอร์โมนสังเคราะห์ว่ามีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างไรมีความสำคัญอย่างไร ผู้วิจัยซักถามนักเรียนแต่ละกลุ่มว่าหากต้องการให้พืชที่ใช้วิธีการปักชำหรือตอนกิ่ง เกิดรากเร็วขึ้นมีปริมาณรากจำนวนมากควรใช้ฮอร์โมนพืชสังเคราะห์ประเภทใด ผู้เรียนแต่ละกลุ่มระดมสมองเพื่อหาคำตอบ หลังจากนั้นให้ผู้เรียนดูวีดิทัศน์ เรื่อง สาเหตุการปักชำล้มเหลว กิ่งเน่า รากไม่งอก และเรื่องออกซิน จากนั้นผู้วิจัยได้อภิปรายเพิ่มเติมเกี่ยวกับฮอร์โมนออกซิน ซึ่งเป็นฮอร์โมนพืชสังเคราะห์ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช รวมถึงปัจจัยของสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช หลังจากนั้นผู้วิจัยให้ผู้เรียนศึกษาสถานการณ์ที่กำหนดเกี่ยวกับการเร่งรากให้พืชปักชำภายใต้สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมผู้เรียนแต่ละคนนำเสนอความรู้ที่ตนเองเข้าใจและการสื่อสารร่วมกันภายในกลุ่มเพื่อระบุปัญหาและทำความเข้าใจในปัญหาร่วมกันของสถานการณ์พร้อมทั้งบอกสาเหตุ และวิธีการแก้ปัญหา หาข้อสรุปร่วมกันภายในกลุ่มว่าปัญหาที่ผู้เรียนคิดว่าเป็นไปได้และเหมาะสมที่สุดสำหรับสถานการณ์ที่กำหนดให้คืออะไร

2.2 ขั้นการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Imagine)

ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนทุกคนจะต้องสืบค้นข้อมูลเพื่อหาวิธีหรือแนวคิดที่เกี่ยวข้องที่จะนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหามาจากสถานการณ์และเงื่อนไขที่กำหนดให้เกี่ยวกับการใช้ฮอร์โมน ออกซินสังเคราะห์กับการเกิดรากของกิ่งปักชำในโรงเรือนเพาะเลี้ยงกล้าปักชำควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ซึ่งจะต้องสืบค้นหาวิธีการให้พืชจากการปักชำเกิดรากโดยใช้ระยะเวลาที่น้อยลง รวมทั้งสภาพแวดล้อมด้านความชื้นและอุณหภูมิที่เหมาะสม จากนั้นบันทึกข้อมูลลงในสมุดและใบบันทึกกิจกรรมผู้เรียนแต่ละกลุ่มต้องนำเสนอแนวทางทั้งหมดที่เป็นไปได้ที่สืบค้นมาด้วยกัน มาอภิปรายหาจุดเด่นจุดด้อยและหาข้อสรุปร่วมกันว่าวิธีการใดเป็นไปได้มีเหมาะสมและคุ้มค่าที่สุดที่จะนำไปใช้ในการแก้ไขปัญหามาจากสถานการณ์และเงื่อนไขที่กำหนด จากนั้นผู้เรียนแต่ละกลุ่มต้องนำเสนอแนวคิดที่วางแผนไว้ไปช่วยกันออกแบบสำหรับจะนำไปสร้างเป็นชิ้นงาน

2.3 ขั้นการวางแผนและพัฒนา (Plan and develop)

ขั้นตอนนี้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์และตัดสินใจเลือกออกแบบวิธีการแก้ไขปัญหามาจากสถานการณ์ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดเกี่ยวกับการใช้ฮอร์โมนออกซินสังเคราะห์กับการเกิดรากของกิ่งปักชำในโรงเรือนเพาะเลี้ยงกล้าปักชำควบคุมอุณหภูมิและความชื้นโดยใช้ระยะเวลาที่น้อยลงรวมทั้งสภาพแวดล้อมด้านความชื้นและอุณหภูมิที่เหมาะสม ผู้วิจัยได้สอบถามผู้เรียนแต่ละกลุ่มว่าผู้เรียนตัดสินใจเลือกรูปแบบหรือวิธีการแก้ไขปัญหามาแบบใดบ้าง มีการจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์สำหรับสร้างชิ้นงานตามที่ได้ออกแบบไว้อย่างไร ผู้วิจัยแจ้งระยะเวลาที่กำหนดให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มทราบในการลงมือปฏิบัติสร้างโรงเรือนเพาะเลี้ยงกล้าปักชำควบคุมอุณหภูมิและความชื้นตามที่ได้ออกแบบไว้ จากนั้นผู้เรียนแต่ละกลุ่มจึงลงมือปฏิบัติสร้างชิ้นงาน

2.4 ขั้นการทดสอบและประเมินผล (Test and evaluation)

ในสำหรับขั้นตอนนี้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มต้องนำโรงเรือนเพาะเลี้ยงกล้าปักชำควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่สร้างขึ้นตามที่ได้ออกแบบไว้เกี่ยวกับการตอบสนองของพืชต่อฮอร์โมนพืชสังเคราะห์ไปทำการทดสอบและประเมินผลว่าเป็นไปตามเงื่อนไขของของสถานการณ์ที่กำหนดให้หรือไม่ หากพบปัญหาและอุปสรรคขณะทำการทดสอบและประเมินผลของชิ้นงานผู้เรียนต้องร่วมมือกันหาวิธีการแก้ไขปรับปรุงชิ้นงานใหม่ให้ดีที่สุด เพื่อให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดและนำไปทดสอบและประเมินผลอีกครั้งหนึ่ง

2.5 ขั้นการนำเสนอผลลัพธ์ (Present the solution)

ในขั้นนี้ผู้วิจัยกำหนดเวลาในการนำเสนอหน้าชั้นเรียนและกำหนดเวลาในการซักถามรวมถึงการให้ข้อเสนอแนะแก่กันทุกกลุ่ม ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน จากนั้นจะมีการมีซักถามและการให้ข้อเสนอแนะจากผู้วิจัย ครูชำนาญการพิเศษ และสมาชิกกลุ่ม

อื่นๆ โดยผู้เรียนกลุ่มอื่นๆ จะต้องมีการระดมความคิดปรึกษาหารือสื่อสารร่วมกันว่ามีประเด็นใดจะซักถามหรือให้ข้อเสนอแนะแก่กลุ่มที่นำเสนอ หลังจากนั้นจะมีการสื่อสารแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของผู้เรียนแล้วผู้เรียนทั้งห้องร่วมกันโหวตว่าชิ้นงานของกลุ่มใดมีประสิทธิภาพและเหมาะสมที่สุด คำนวณค่าแก่การลงทุนมากที่สุด โดยให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายถึงเหตุผลที่เลือกเพื่อหาข้อสรุปของทั้งห้อง หลังจากนั้นผู้เรียนจะต้องนำข้อเสนอแนะที่ได้จากเพื่อนจากผู้วิจัยและจากครูประจำการไปปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานของกลุ่มตนเองพร้อมทั้งตอบคำถามลงในใบกิจกรรมตามที่กำหนดไว้

3. ขั้นสังเกต (Observe)

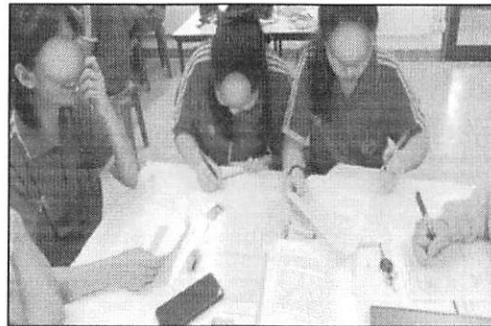
ขั้นนี้ผู้วิจัยและครูชำนาญการพิเศษจะทำการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนว่าเกิดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือหรือไม่ และสังเกตว่าการจัดการเรียนรู้ที่ดีหรือไม่ ต้องแก้ไขปรับปรุงอย่างไร โดยผู้วิจัยและครูชำนาญการพิเศษจะทำการบันทึกลงในเครื่องมือวิจัย หลังจบการจัดการเรียนรู้ ในขั้นนี้ผู้วิจัยสังเกตตามขั้นการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

3.1 ขั้นการระบุปัญหา (Identify a challenge)

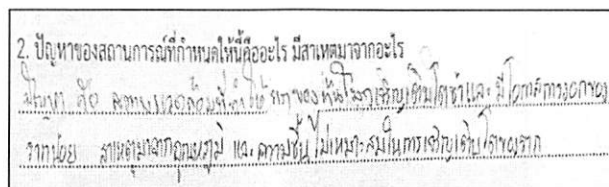
ขั้นตอนนี้ในช่วงต้นของชั่วโมงเรียน ผู้วิจัยสร้างความสนใจให้กับผู้เรียนโดยให้ผู้เรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับฮอริโมนพืชสังเคราะห์ว่ามีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างไร และการตอบคำถามเกี่ยวกับการเกิดรากของพืชที่ใช้วิธีการปักชำ จากนั้นให้ผู้เรียนดูวีดิทัศน์เรื่อง สาเหตุการปักชำล้มเหลว กิ่งเน่า รากไม่ออก และเรื่อง ออกซินสังเคราะห์ พบว่า ผู้เรียนตั้งใจเรียนสนใจกิจกรรมมากกว่าวงจรปฏิบัติการที่ 1 และ 2 ผู้เรียนส่วนใหญ่ตั้งใจในการทำกิจกรรมต่างๆ เช่น การตอบคำถามร่วมกันภายในกลุ่ม การอภิปรายร่วมกัน และการดูวีดิทัศน์ หลังจากนั้นผู้เรียนร่วมกันระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้เกี่ยวกับการใช้ฮอริโมนออกซินสังเคราะห์กับการเกิดรากของกิ่งปักชำในโรงเรือนเพาะเลี้ยงกล้าปักชำควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยผู้เรียนต้องศึกษาด้วยตนเองก่อนว่าปัญหาที่เกิดขึ้นตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ นั่นคืออะไร และนำไปสื่อสารอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่ม โดยวงจรปฏิบัติการนี้ผู้เรียนมีความสนใจ มีความกระตือรือร้นมากขึ้นอีกทั้งผู้เรียนยังมีการสื่อสารมีการโต้แย้งให้เหตุผลร่วมกันมากขึ้นเพื่อช่วยกันในการระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด ช่วยกันวิเคราะห์ว่าปัญหาใดมีความเหมาะสมมากที่สุดกับสถานการณ์ เพราะในวงจรปฏิบัติการนี้มีข้อกำหนดทางด้านเวลารวมอยู่ด้วยจึงทำให้ผู้เรียนตั้งใจทำกิจกรรมขั้นต่างๆ มากขึ้นกว่าวงจรปฏิบัติการที่ 2 สอดคล้องกับครูชำนาญการพิเศษที่กล่าวว่า

...“นักเรียนทุกกลุ่มตั้งใจทำกิจกรรม สมาชิกแต่ละกลุ่มให้ความร่วมมือในการร่วมกันระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดเป็นอย่างดี”...

(ครูชำนาญการพิเศษ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 3, 31 สิงหาคม 2563)



ภาพ 34 แสดงการอภิปรายร่วมกันถึงปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ผู้เรียน เรื่อง การตอบสนองของพืชต่อฮอร์โมนพืชสังเคราะห์ ในวงจรปฏิบัติการที่ 3



ภาพ 35 แสดงการระบุปัญหาของสถานการณ์ เรื่อง การตอบสนองของพืชต่อฮอร์โมนพืชสังเคราะห์ ในใบบันทึกกิจกรรมของผู้เรียน (G3) ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

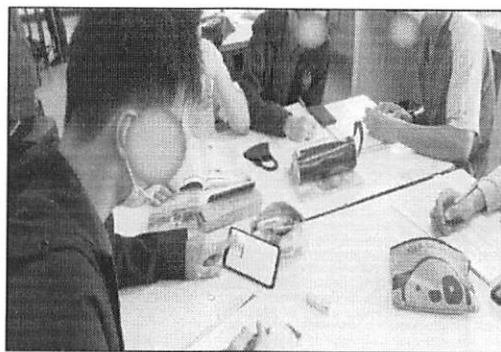
3.2 ขั้นการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Imagine)

ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนร่วมกันสืบค้นแนวทาง วิธีการที่จะสามารถนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่กำหนดเกี่ยวกับการใช้ฮอร์โมนออกซินสังเคราะห์กับการเกิดรากของกิ่งปักชำในโรงเรือนเพาะเลี้ยงกล้าปักชำควบคุมอุณหภูมิและความชื้น จากการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน พบว่า ผู้เรียนแต่ละคนรับผิดชอบต่อหน้าที่ได้ดี เช่น ผู้ที่มีหน้าที่สืบค้นข้อมูล หรือมีความสามารถด้านการสืบค้นข้อมูลปฏิบัติหน้าที่ได้ดีมากนอกจากนี้ยังแนะนำเพื่อนในการสืบค้น รวมถึงสมาชิกในกลุ่มคนอื่นร่วมกันสืบค้นข้อมูล สื่อสารวางแผนร่วมกันในการค้นหาแนวคิด

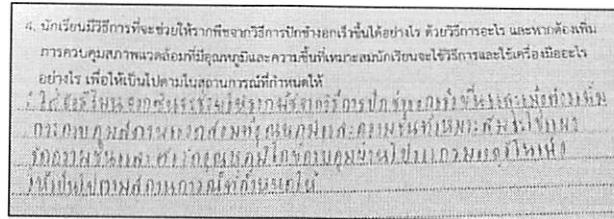
หลากหลายที่เกี่ยวข้อง เลขานุการกลุ่มบันทึกข้อมูลเป็นระบบมากกว่าวงจรปฏิบัติการที่ 2 เป็นผลทำให้ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลรวดเร็วขึ้นและเป็นระบบ ได้ข้อมูลตรงตามวัตถุประสงค์ของกลุ่ม ในครั้งนี้ผู้วิจัยยังสังเกตพบว่า สมาชิกในกลุ่ม 1-2 คน คอยกระตุ้นให้เพื่อนสมาชิกคนอื่นๆ ตั้งใจปฏิบัติกิจกรรมเพื่อให้ทันตามเวลาที่กำหนด หลังจากนั้นผู้เรียนต้องนำข้อมูลทั้งหมดที่สืบค้นมาได้มาวิเคราะห์ร่วมกันว่าแนวทางการแก้ไขปัญหามีความเหมาะสมที่สุด คุ่มค่าที่สุดที่จะนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหามาจากการสังเกตพบว่า ผู้เรียนมีการสื่อสารกันมากขึ้น กล่าวอภิปรายโต้แย้งกับเพื่อนในกลุ่มอย่างเป็นเหตุเป็นผลกันมากขึ้นเพื่อหาแนวคิดในการแก้ไขปัญหาคือดีที่สุดมากกว่าในวงจรปฏิบัติการที่ 1 และ 2 สอดคล้องกับครูชำนาญการพิเศษ ที่กล่าวว่า

...“นักเรียนทุกกลุ่มตั้งใจทำกิจกรรม สมาชิกแต่ละกลุ่มให้ความร่วมมือในการสืบค้นข้อมูลและนำข้อมูลที่สืบค้นมาอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มเพื่อให้ได้แนวทางในการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด นอกจากนี้นักเรียนแต่ละกลุ่มแบ่งหน้าที่กันชัดเจน”...

(ครูชำนาญการพิเศษ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 3, 31 สิงหาคม 2563)



ภาพ 36 แสดงผู้เรียนร่วมกันสืบค้นหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับการใช้สารโหมออกซินสังเคราะห์กับการเกิดรากของกิ่งปักชำในโรงเรียนเพาะเลี้ยงกล้าปักชำควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ของผู้เรียน (G5) ในวงจรปฏิบัติการที่ 3



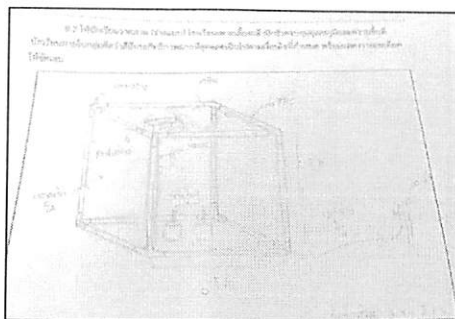
ภาพ 37 แสดงการสืบค้นแนวทางที่สามารถนำไปใช้ในการแก้ไขปัญหามาจากสถานการณ์ที่กำหนด ของผู้เรียน (G2) ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

3.3 ขั้นการวางแผนและพัฒนา (Plan and develop)

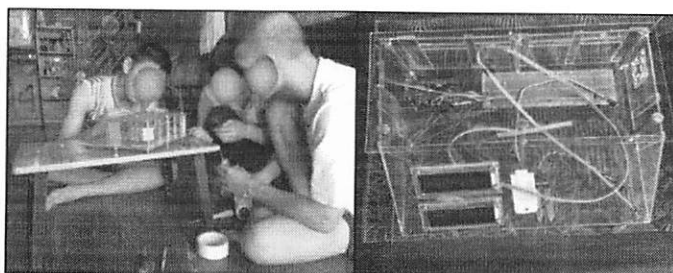
ในขั้นตอนนี้จากการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน พบว่า ผู้เรียนมีการวางแผนการดำเนินกิจกรรมอย่างรัดกุม มีการสื่อสารแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเป็นระยะๆ มากขึ้น รักษาเวลาในการทำกิจกรรมต่างๆ ตั้งแต่เริ่มต้นลงมือปฏิบัติงานทุกคนแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบกันชัดเจน และทำหน้าที่ของตนเองตามที่ได้รับมอบหมายเป็นอย่างดี เตรียมวัสดุอุปกรณ์ครบตามที่กำหนด และลงมือสร้างโรงเรือนเพาะเลี้ยงกล้าปักชำควบคุมอุณหภูมิและความชื้นตามที่ได้ออกแบบไว้ เพื่อให้อยู่ในกรอบของเวลาที่กำหนดการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดเจน อีกประการหนึ่ง คือ หัวหน้ากลุ่มคอยกระตุ้นเพื่อสมาชิกในกลุ่มให้ความร่วมมือปฏิบัติหน้าที่เพื่อให้ทันตามกำหนดเวลา ดังนั้นผู้เรียนแต่ละกลุ่มจึงตั้งใจและร่วมมือกันในการทำงานมากกว่าวงจรปฏิบัติการที่ 1 และ 2 นอกจากนี้สิ่งที่เห็นได้ชัดเจน คือ เมื่อเกิดปัญหาขึ้นขณะสร้างชิ้นงานตามที่ได้ออกแบบไว้ผู้เรียนจะร่วมมือกันคิดแก้ไขปัญหันทันทีอย่างกระตือรือร้น มีการสื่อสารร่วมกันมากขึ้นว่าจะดำเนินการแก้ไขชิ้นงานอย่างไรเพื่อให้ได้ผลออกมาที่ดีและทันตามเวลาที่กำหนด สอดคล้องกับครูชำนาญการพิเศษ ที่กล่าวว่า

...“นักเรียนทุกกลุ่มตั้งใจทำกิจกรรม สมาชิกทุกคนในแต่ละกลุ่มให้ความร่วมมือในการวางแผนและออกแบบเพื่อสร้างโรงเรือนเพาะเลี้ยงกล้าปักชำควบคุมอุณหภูมิและความชื้น นอกจากนี้นักเรียนแต่ละกลุ่มให้ความร่วมมือในการสร้างชิ้นงานตามที่ได้ออกแบบไว้ให้เสร็จตามเวลาที่กำหนด”...

(ครูชำนาญการพิเศษ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 3, 7 กันยายน 2563)



ภาพ 38 แสดงตัวอย่างการออกแบบโรงเรือนเพาะเลี้ยงกล้าปักชำควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ของผู้เรียน (G1) ก่อนสร้างชิ้นงานจริง ในวงจรปฏิบัติการที่ 3



ภาพ 39 แสดงผู้เรียน (G1) ร่วมมือกันสร้างโรงเรือนเพาะเลี้ยงกล้าปักชำควบคุมอุณหภูมิและความชื้นตามที่ได้ออกแบบไว้เพื่อนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์กำหนด ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

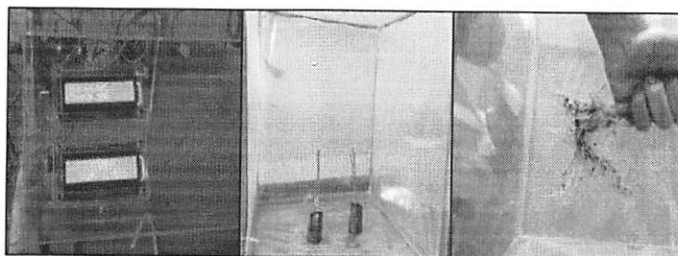
3.4 ขั้นการทดสอบและประเมินผล (Test and evaluation)

ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนทุกกลุ่มต้องนำโรงเรือนเพาะเลี้ยงกล้าปักชำควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่สร้างขึ้นไปทดสอบและประเมินผล จากการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน พบว่าผู้เรียนทุกกลุ่มกระตือรือร้นให้ความสนใจในการนำชิ้นของของกลุ่มตนเองไปทดสอบและประเมินผล ผู้เรียนแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบในการตรวจสอบบันทึกผลและประเมินผลเมื่อขึ้นงานของผู้เรียนขณะทำการทดสอบและประเมินผลไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด เช่น โรงเรือนเพาะเลี้ยงกล้าปักชำควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่ผู้เรียนสร้างขึ้นเมื่อนำมาทดสอบแล้วปรากฏว่าค่าความชื้นไม่เป็นไปตามที่ต้องการผู้เรียนจะช่วยกันวิเคราะห์หาสาเหตุและทำการแก้ไขปรับปรุงตรงจุดที่ผิดพลาดและนำมาทำการทดสอบและประเมินผลอีกครั้ง โดยผู้วิจัยให้คำชี้แนะและกำกับติดตามการปฏิบัติงานของผู้เรียนทุกกลุ่มนอกจากนี้ยังพบว่าผู้เรียนสื่อสารแลกเปลี่ยนแสดงความ

คิดเห็นร่วมกันภายในกลุ่มเพื่อปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานให้ได้สำเร็จตามเป้าหมายมากกว่าวงจรปฏิบัติการที่ 1 และ 2 สอดคล้องกับครูชำนาญการพิเศษ ที่กล่าวว่า

...“นักเรียนทุกกลุ่มตั้งใจนำโครงเรือแพะเลี้ยงกล้าปักชำควบคุมอุณหภูมิและความชื้นไปทำการทดสอบผลการทดลอง สมาชิกทุกคนในแต่ละกลุ่มตื่นตัวกับผลการทดสอบและสมาชิกทุกคนแบ่งหน้าที่ในการบันทึกผลการทดลองและช่วยกันปรับปรุงชิ้นงานเป็นอย่างดี”...

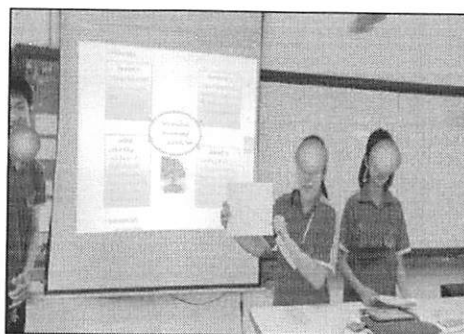
(ครูชำนาญการพิเศษ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 3, 7 กันยายน 2563)



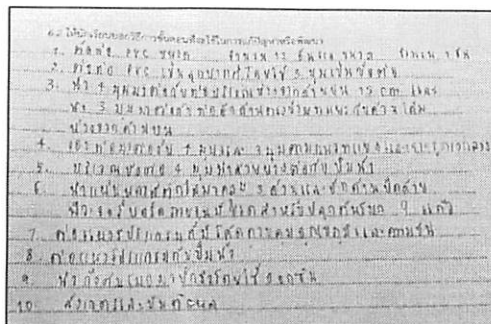
ภาพ 40 แสดงตัวอย่างการทดสอบและประเมินผลโครงเรือแพะเลี้ยงกล้าปักชำควบคุมอุณหภูมิและความชื้น เพื่อนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์กำหนดของผู้เรียน (G4) ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

3.5 ขั้นการนำเสนอผลลัพธ์ (Present the solution)

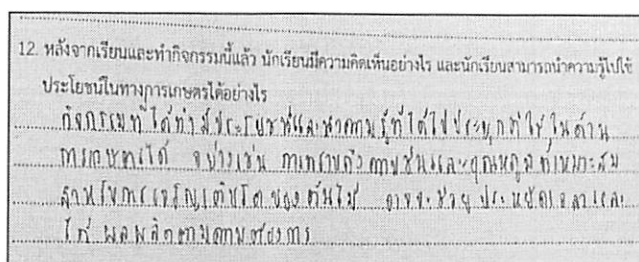
ขั้นตอนนี้ผู้เรียนทุกกลุ่มต้องนำเสนอผลลัพธ์ชิ้นงานของกลุ่ม ส่วนสมาชิกกลุ่มอื่นๆ ต้องช่วยกันอภิปรายซักถามหรือให้ข้อเสนอแนะกับกลุ่มที่ออกไปนำเสนอหน้าชั้นเรียน ภายในเวลาที่กำหนด จากการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน พบว่าผู้เรียนแต่ละกลุ่มมีการเตรียมข้อมูลที่จะนำเสนอหน้าชั้นเรียนอย่างชัดเจน ครอบคลุมทุกประเด็น ส่วนสมาชิกกลุ่มอื่นๆ มีการระดมความคิด สื่อสารร่วมกัน อภิปรายและให้ข้อเสนอแนะแก่กลุ่มที่นำเสนอดีกว่าครั้งที่ผ่านมาในวงจรปฏิบัติการที่ 1 และ 2 จากนั้นผู้เรียนทั้งห้องร่วมโหวตให้กับชิ้นงานที่มีประสิทธิภาพและคุ้มค่ามากที่สุด โดยมีการอภิปรายร่วมกันอย่างเป็นเหตุเป็นผล หลังจากอภิปรายร่วมกันแล้วผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำข้อสรุปที่ได้จากการอภิปรายร่วมกันทั้งห้องไปปรับปรุงแก้ไข นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ให้ผู้เรียนร่วมแสดงความคิดเห็นในการนำความรู้ที่ได้จากการจัดกิจกรรมครั้งนี้ไปประยุกต์ใช้ได้ อย่างไรก็ตามในทางเกษตรกรรม



ภาพ 41 แสดงตัวอย่างการนำเสนอผลลัพธ์ของโรงเรียนเพาะเลี้ยงกล้าปักชำควบคุม
อุณหภูมิและความชื้นของผู้เรียน (G2) ในวงจรปฏิบัติการที่ 3



ภาพ 42 แสดงตัวอย่างการวิธีการแก้ไขปรับปรุงโรงเรียนเพาะเลี้ยงกล้าปักชำควบคุม
อุณหภูมิและความชื้นของผู้เรียน (G3) ในวงจรปฏิบัติการที่ 3



ภาพ 43 แสดงตัวอย่างการนำความรู้ที่ได้จากการจัดกิจกรรมโรงเรียนเพาะเลี้ยงกล้าปักชำ
ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นไปประยุกต์ใช้ทางการเกษตร ของผู้เรียน (G3)
ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม พบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถระบุความรู้ทางด้านสะเต็มศึกษาได้ครบทั้ง 4 สาขา

ชื่อเรียกให้นวัตกรรม	นวัตกรรมในการจัดการเรียนรู้อิงตามแนวทางสะเต็มศึกษา
อธิบายปัญหาในสถานการณ์ที่ก่อให้เกิดนวัตกรรม	ใช้วัสดุในท้องถิ่น สืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตเพื่อหาข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุ
วัตถุประสงค์	เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
หลักการ	การเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสม
วัสดุ/เครื่องมือ	วัสดุที่ใช้ในการทำโครงงาน เช่น ไม้, กาว, ฟิล์มพลาสติก, กระจก, กระจกเงา
วิธีการทดลอง	ออกแบบการทดลอง
ผลที่คาดว่าจะได้รับ	มีความรู้เกี่ยวกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และสามารถนำความรู้ไปใช้ในการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้

ภาพ 44 แสดงตัวอย่างการระบุความรู้ทางด้านสะเต็มศึกษาทั้ง 4 สาขาที่เกี่ยวข้อง
โรงเรียนเพาะเลี้ยงกล้าปักษ์ใต้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ของผู้เรียน (G4)

4. ขั้นสะท้อนผล (Reflect)

ขั้นนี้ผู้วิจัยได้ทำการสะท้อนผลร่วมกับครูชำนาญการพิเศษในการจัดการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 เพื่อเป็นแนวทางนำไปปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในการวิจัยครั้งต่อไป โดยมีรายละเอียดตามขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

4.1 ขั้นการระบุปัญหา (Identify a challenge)

ในขั้นนี้จากการแจ้งให้ผู้เรียนทราบในต้นชั่วโมงเรียนว่ามีข้อจำกัดในด้านเวลา ส่งผลให้ผู้เรียนสนใจและตั้งใจ การให้ผู้เรียนร่วมกันอภิปรายและมีการถามตอบเรื่อง การเจริญเติบโตของพืชต่อฮอร์โมนพืชสังเคราะห์รวมทั้งการให้ผู้เรียนดูวีดิทัศน์เป็นการสร้างความสนใจให้แก่ผู้เรียนที่ดี ผู้เรียนมีความสนใจ ตั้งใจในการปฏิบัติกิจกรรมมากขึ้น การแจ้งเวลาให้ผู้เรียนทราบจะช่วยควบคุมให้ผู้เรียนรักษาเวลาได้ดีขึ้น ร่วมมือกันในการระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดอย่างตั้งใจ เป็นการฝึกผู้เรียนรู้จักใช้เวลาให้คุ้มค่า มีความตรงต่อเวลาในการทำงานมากขึ้น แต่ยังคงพบว่าผู้เรียน 2-3 คน เท่านั้นในบางกลุ่มที่สมาชิกในกลุ่มยังไม่ระดมความคิดร่วมกับเพื่อนในการระบุปัญหาจากสถานการณ์ ส่วนผู้เรียนในกลุ่มที่ไม่ค่อยมีการสื่อสารกับเพื่อน หรือช่วยเหลือเพื่อนในการปฏิบัติตามกิจกรรมน้อยในวงจรปฏิบัติการที่ 1 และ 2 พบว่าในวงจรปฏิบัติการนี้ผู้เรียนมีความสนใจ ตั้งใจมีความกระตือรือร้นสื่อสารร่วมกันกับเพื่อนสมาชิกในกลุ่มร่วมแสดงความคิดเห็นระบุปัญหาจากสถานการณ์ร่วมกับเพื่อนมากขึ้น

4.2 ขั้นการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Imagine)

ในขั้นนี้จากการสะท้อนผล พบว่า ผู้เรียนมีกระบวนการทำงานเป็นกลุ่มมากขึ้น ร่วมกันศึกษาค้นคว้าสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ แลกเปลี่ยนข้อมูลอภิปรายร่วมกันมากขึ้น ผู้เรียนเกือบทุกกลุ่มมีการสื่อสารวางแผนจัดกระทำกับข้อมูลที่สืบค้นมาด้วยกัน ส่งผลให้ผู้เรียน แต่ละกลุ่มมีข้อมูลที่ตรงตามวัตถุประสงค์ในระยะเวลาที่รวดเร็วตามเวลาที่กำหนด จะเห็นได้ว่า ในขั้นนี้ผู้เรียนมีพัฒนาการในเรื่องการสืบค้นข้อมูลมากขึ้น จากนั้นผู้เรียนจะต้องนำข้อมูล ที่มี มาอภิปรายร่วมกันและเลือดแนวคิด วิธีการที่ดีที่สุดสำหรับนำมาใช้ในการออกแบบสร้างชิ้นงาน เกี่ยวกับการใช้ฮอร์โมนออกซินสังเคราะห์กับการเกิดรากของกิ่งปักชำในโรงเรือนเพาะเลี้ยง กล้าปักชำควบคุมอุณหภูมิและความชื้นเพื่อแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด จากการสะท้อนพบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มีการสื่อสาร อภิปรายโต้แย้งให้เหตุผลเพื่อนำมาสนับสนุน แนวคิดที่ดีที่สุดสำหรับการออกแบบชิ้นงาน ซึ่งครั้งนี้พบว่าในบางกลุ่มมีสมาชิกเพียง 1- 2 คน เท่านั้นที่ไม่ค่อยร่วมแสดงความคิดเห็นกับสมาชิกในกลุ่ม ผู้วิจัยจึงดำเนินการโดยการสอบถาม เพื่อให้ผู้เรียนอธิบายถึงแนวคิดที่ผู้เรียนเลือกไว้ในการแก้ไขปัญหาของกลุ่ม

4.3 ขั้นการวางแผนและพัฒนา (Plan and develop)

ในขั้นตอนนี้จากการสะท้อนผล พบว่า ผู้เรียนมีการวางแผนการปฏิบัติงาน ทั้งการออกแบบสร้างโรงเรือนเพาะเลี้ยงกล้าปักชำควบคุมอุณหภูมิและความชื้น การเตรียมวัสดุ อุปกรณ์เป็นอย่างดี ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นในการทำงานมากขึ้น เพราะมีการกำหนดเวลาดังนั้นผู้เรียนทุกคนจึงตั้งใจทำงานตามที่ได้รับมอบหมายจากสมาชิกในกลุ่มช่วยกันสร้างโรงเรือนเพาะเลี้ยง กล้าปักชำควบคุมอุณหภูมิและความชื้นตามที่ได้ออกแบบไว้และเมื่อถึงขั้นตอนการสร้างโรงเรือนเมื่อพบว่าเกิดปัญหาขึ้นผู้เรียนจะสื่อสารแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันภายในกลุ่ม เพื่อทำการปรับปรุงให้ชิ้นงานสำเร็จลุล่วงตามเวลาที่กำหนด

4.4 ขั้นการทดสอบและประเมินผล (Test and evaluation)

จากการสะท้อนผล พบว่า ในขั้นนี้ผู้เรียนตั้งใจนำชิ้นงานคือโรงเรือนเพาะเลี้ยง กล้าปักชำควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่สร้างขึ้นไปทำการทดสอบประสิทธิภาพและประเมินผล ชิ้นงาน ผู้เรียนแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบในการสังเกตและบันทึกผลเมื่อพบว่าผลการทดสอบ ประสิทธิภาพไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด พบว่าผู้เรียนจะมีสื่อสารกันร่วมกันระดมความคิดหาสาเหตุ สืบค้นข้อมูลนำอภิปรายเพื่อนำมาใช้ในการปรับปรุงแก้ไขและทำการทดสอบประเมินผล อีกครั้ง และจากการสังเกตพบว่าขั้นนี้ผู้เรียนให้ความสนใจและร่วมกิจกรรมกับสมาชิกในกลุ่มมากขึ้นจากการ ที่ผู้วิจัยกำหนดเวลาให้กับผู้เรียนรวมถึงผู้เรียนเองมีความอยากรู้อยากเห็น ว่า ชิ้นงานที่กลุ่มตนเองสร้างขึ้นจะมีผลการทดสอบเป็นอย่างไร

4.5 ขั้นตอนนำเสนอผลลัพธ์ (Present the solution)

ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะนำเสนอผลการทดสอบประสิทธิภาพและประสิทธิผลของโรงเรียนเพาะเลี้ยงกล้าปักชำควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของแต่ละกลุ่มมีผลการทดสอบเป็นอย่างไรเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดมากน้อยเพียงใด ชิ้นงานของกลุ่มใดมีประสิทธิภาพและคุ้มค่าเป็นไปตามเงื่อนไขของสถานการณ์ที่กำหนดมากที่สุด ซึ่งจะมีการซักถามและอภิปรายโต้แย้งแสดงถึงเหตุและผลร่วมกันรวมทั้งการให้ข้อเสนอแนะต่างๆ ทั้งจากผู้วิจัย ครูชำนาญการพิเศษ และเพื่อนสมาชิกในห้อง จากการสะท้อนผล พบว่า ผู้เรียนแต่ละกลุ่มตั้งใจรับฟังเมื่อเพื่อนกลุ่มอื่นนำเสนอ และแต่ละกลุ่มได้มีสื่อสารร่วมกันว่ามีข้อคำถามใดข้อสงสัยที่จะซักถามและให้ข้อเสนอแนะแก่เพื่อนกลุ่มที่นำเสนอ กิจกรรมในขั้นตอนนี้ดำเนินการเป็นไปด้วยความเรียบร้อย ทุกกลุ่มนำเสนอและซักถามอยู่ในกรอบเวลาที่กำหนด จึงส่งผลให้กิจกรรมดำเนินไปด้วยความรวดเร็ว

ส่วนบทบาทในการให้ความช่วยเหลือแนะนำผู้เรียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือและความรู้เนื้อหา เรื่อง การตอบสนองของพืชต่อฮอร์โมนพืชสังเคราะห์ ผู้วิจัยได้สังเกตพบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้บางขั้นตอนได้ด้วยตนเองและมีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้เป็นส่วนใหญ่ตามแผนที่วางไว้และสามารถส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือและทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ไปพร้อมกัน ผู้วิจัยจึงลดบทบาทในหลายขั้นตอนที่ผู้เรียนสามารถดำเนินการได้ด้วยตนเอง แต่ยังคงทำหน้าที่ดูแลผู้เรียนเมื่อเกิดปัญหาจะได้เข้าไปช่วยเหลืออย่างใกล้ชิด

การดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 3 จากการปฏิบัติตามขั้นตอนของการวิจัยปฏิบัติการ ตั้งแต่ขั้นการวางแผน การปฏิบัติ การสังเกต และการสะท้อนผล สามารถสรุปได้ว่าปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไขปรับปรุงที่ผู้วิจัยจะนำไปปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ สรุปได้ดังตาราง 13

ตาราง 13 แสดงสรุปปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางแก้ไขในวงจรปฏิบัติการที่ 3

ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไข
1. การจัดกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ พบว่า ยังมีผู้เรียนบางคนที่ยังไม่ค่อยสื่อสารกับเพื่อน ไม่แสดงความคิดเห็นร่วมกับเพื่อน	สอบถามความคิดเห็นของผู้เรียนระหว่างที่มีการจัดกิจกรรมในขั้นตอนต่างๆ รวมทั้งข้อสรุปที่ได้จากกลุ่มในขั้นตอนต่างๆ ของการปฏิบัติ
2. ในแต่ละขั้นตอนของการจัดกิจกรรมยังพบว่า มีผู้เรียนบางคนในกลุ่มไม่ให้ความร่วมมือในการช่วยเหลือเพื่อนในกลุ่มทำกิจกรรมตามขั้นตอนต่างๆ	กำกับติดตามสอบถามการดำเนินกิจกรรมในชั้นต่างๆ ของแต่ละกลุ่ม สอบถามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายมีการปฏิบัติงานตามที่ได้รับมอบหมายจากกลุ่มอย่างไรบ้าง

จากการจัดการเรียนรู้ตามวงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการที่ 1-3 (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-3) ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหาการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้โดยการใช้แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้และแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ สามารถสรุปได้ดังข้อมูลในตาราง 14

ตาราง 14 สรุปผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การตอบสนองของพืช ในขั้นตอนที่ 1 การระบุปัญหา (Identify a challenge)

วงจรปฏิบัติการที่ 1 การตอบสนองของพืช ต่อเอธิลีน	วงจรปฏิบัติการที่ 2 การตอบสนองของพืช ต่อความชื้น	วงจรปฏิบัติการที่ 3 การตอบสนองของพืชต่อ ฮอร์โมนพืชสังเคราะห์	แนวทางการจัดการ เรียนรู้	สมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือที่เกิด
- ผู้เรียนแบ่งหน้าที่โดยไม่ คำนึงถึงความสามารถและ ความถนัดของสมาชิกในกลุ่ม เช่น ใช้วิธีจับฉลาก	- ให้ผู้เรียนทำความเข้าใจ บทบาทหน้าที่ที่ร่วมกันและ แบ่งหน้าที่ตามความสามารถ และความถนัด	- ผู้สอนกำหนดเวลาในการ ทำกิจกรรม	- กำหนดเวลาในการทำ กิจกรรมที่ชัดเจน	สมรรถนะการสร้างและ เก็บรักษาความเข้าใจที่มี ร่วมกัน
- ผู้เรียนบางส่วนไม่ให้ความ ร่วมมือกับสมาชิกในกลุ่มระบุ ปัญหาหรือระบุปัญหาไม่ ชัดเจนและไม่สอดคล้องกับ สถานการณ์ที่กำหนด	- ให้ผู้เรียนระบุปัญหาจาก สถานการณ์ที่กำหนดและ นำมาอภิปรายร่วมกันในกลุ่ม โดยกำหนดให้ส่งท้ายคาบ เพื่อเก็บคะแนน	- แจ้งให้ผู้เรียนทุกคนระบุ ระบุปัญหาจากสถานการณ์ ที่กำหนดและให้ส่งท้ายคาบ เพื่อเก็บคะแนน	- ให้ผู้เรียนสื่อสารระบุ ความสามารถของตนเอง ให้สมาชิกในกลุ่มทราบ เพื่อให้ผู้เรียนแบ่งหน้าที่ ตามความสามารถและ ความถนัดของสมาชิก กลุ่ม	- ค้นพบมุมมอง ความสามารถของสมาชิกใน กลุ่ม
	- ผู้เรียนบางกลุ่มมีสมาชิก 2-3 คนที่ช่วยกันระบุปัญหา และอภิปรายร่วมกันเพราะ สมาชิกบางคนไม่สนใจ	- ให้ผู้เรียนนำปัญหาที่ระบุไว้ ไปอภิปรายร่วมกันภายใน กลุ่มและให้ทุกกลุ่มนำเสนอ ปัญหาที่กลุ่มได้เลือกไว้ ว่าเหมาะสมสอดคล้อง กับสถานการณ์ที่กำหนด	- กำหนดให้ผู้เรียนทุกคน ระบุปัญหาจาก สถานการณ์ส่งท้ายคาบ และนำมาอภิปราย	- แบ่งปันข้อมูลทำและความ เข้าใจในปัญหาร่วมกัน - สื่อสารร่วมกันเพื่อระบุ ปัญหาและการดำเนินงาน ภายในกลุ่ม

ตาราง 14 (ต่อ)

วงจรปฏิบัติการที่ 1 การตอบสนองของพีช ต่อเออีลิน	วงจรปฏิบัติการที่ 2 การตอบสนองของพีช ต่อความชื้น	วงจรปฏิบัติการที่ 3 การตอบสนองของพีชต่อ ฮอริโมนพืชสังเคราะห์	แนวทางการจัดการ เรียนรู้	สมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือที่เกิด
	และเล่นเกมจาก โทรศัพท์มือถือ	ทุกกลุ่มอย่างใกล้ชิด	ร่วมกันภายในกลุ่ม เพื่อให้กลุ่มร่วมกัน วิเคราะห์และเลือก ปัญหาที่เหมาะสม สอดคล้องกับ สถานการณ์ที่สุด - ผู้สอนเข้าไปสอบถาม ติดตามการดำเนินงาน ทุกกลุ่มอย่างใกล้ชิด	สมรรถนะการสร้างและ รักษาระเบียบของกลุ่ม - เข้าใจบทบาทหน้าที่ของ ตนเองและของสมาชิกใน กลุ่ม

ตาราง 15 สรุปผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การตอบสนองของพืช ในขั้นตอนที่ 2 การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Imagine)

วจรปฏิบัติการที่ 1 การตอบสนองของพืช ต่อเอธิลีน	วจรปฏิบัติการที่ 2 การตอบสนองของพืช ต่อความชื้น	วจรปฏิบัติการที่ 3 การตอบสนองของพืช ต่อฮอร์โมนพืช สังเคราะห์	แนวทางการจัดการ เรียนรู้	สมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือที่เกิด
<ul style="list-style-type: none"> - ผู้เรียนไม่ให้ความร่วมมือกับสมาชิกในกลุ่มสืบค้นข้อมูลหาแนวคิดที่จะนำมาใช้ในสร้างบรรจุกัญชีชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้า - เมื่อผู้สอนให้ตัวอย่างแหล่งสืบค้นข้อมูลผู้เรียนจะใช้แหล่งสืบค้นจากตัวอย่างที่ให้ โดยที่ผู้เรียนไม่สืบค้นจากแหล่งอื่นๆ เพิ่มเติม 	<ul style="list-style-type: none"> - ผู้สอนให้ตัวอย่างแหล่งสืบค้นภายหลัง - ให้ผู้เรียนทุกคนสืบค้นแนวคิดวิธีการสร้างโรงเรือนเพาะชำจำลองที่สามารถควบคุมความชื้นได้อย่างสม่ำเสมอส่งท้ายชั่วโมง - นำแนวคิดที่ทุกคนสืบค้นไปอภิปรายร่วมกันในกลุ่มเพื่อเลือกแนวทางแก้ปัญหาที่ดีที่สุด 	<ul style="list-style-type: none"> - กำหนดเวลาในการทำกิจกรรมให้ชัดเจน - ให้ผู้เรียนทุกคนสืบค้นแนวคิดที่จะนำมาใช้ในการสร้างโรงเรือนเพาะเลี้ยงกล้าปักชำควบคุมอุณหภูมิและความชื้นโดยระบุแหล่งที่มาให้ชัดเจน กำหนดส่งท้ายคาบ เพื่อเก็บคะแนน - ให้ทุกคนนำแนวคิดใน 	<ul style="list-style-type: none"> - ให้ผู้เรียนทุกคนสืบค้นหาแนวคิดหรือวิธีการสำหรับนำมาใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดส่งท้ายคาบ และนำมาอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มเพื่อเลือกแนวทางที่ดีที่สุดตัวแทนกลุ่มนำเสนอหน้าชั้นเรียน - ผู้สอนให้ตัวอย่างแหล่งสืบค้นภายหลัง เพื่อเปิด 	<ul style="list-style-type: none"> สมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินงานที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา - ร่วมมือกันระดมปัญหาเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา

ตาราง 15 (ต่อ)

วงจรปฏิบัติการที่ 1 การตอบสนองของพีช ต่อเอธิลีน	วงจรปฏิบัติการที่ 2 การตอบสนองของพีช ต่อความชื้น	วงจรปฏิบัติการที่ 3 การตอบสนองของพีช ต่อฮอร์โมนพืช สังเคราะห์	แนวทางการจัดการ เรียนรู้	สมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือที่เกิด
	- แต่ยังพบว่าผู้เรียนบางคน ไม่ให้ความร่วมมือกับ สมาชิกในกลุ่มสืบค้นข้อมูล แต่ใช้โทรศัพท์มือถือเล่นเกม	การแก้ปัญหาที่สืบค้น มาอภิปรายร่วมกัน ภายในกลุ่มเพื่อเลือก แนวทางที่ดีที่สุดและ ให้ตัวแทนกลุ่มนำเสนอ หน้าชั้นเรียนภายในเวลา ที่กำหนด	โอกาสให้นักเรียนรู้จักการ สืบค้นข้อมูลจากแหล่ง เรียนรู้ที่หลากหลาย	

ตาราง 16 สรุปผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การตอบสนองของพืช ในขั้นตอนที่ 3 การวางแผนและพัฒนา (Plan and develop)

วงจรปฏิบัติการที่ 1 การตอบสนองของพืช ต่อเอธิลีน	วงจรปฏิบัติการที่ 2 การตอบสนองของพืช ต่อความชื้น	วงจรปฏิบัติการที่ 3 การตอบสนองของพืช ต่อฮอร์โมนพืช สังเคราะห์	แนวทางการจัดการ เรียนรู้	สมรรถนะการ แก้ปัญหาแบบร่วมมือ ที่เกิด
- ผู้เรียนบางกลุ่มมีการสื่อสาร แสดงความคิดเห็นในการ ออกแบบบรรจุภัณฑ์ชะลอ การสุกของกล้วยน้ำว้า ร่วมกับสมาชิกในกลุ่มน้อย - ขั้นตอนสร้างบรรจุภัณฑ์ ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้า พบว่าบางกลุ่มดำเนินการ ตามแผนที่วางไว้ แต่บางกลุ่ม ขาดความสามัคคีในกลุ่มมี เพียงสมาชิก 2-3 คน ที่ช่วยกัน ทำส่งผลชิ้นงาน	- กำหนดเวลาที่ชัดเจนในการ ทำกิจกรรม - กระตุ้นผู้เรียนโดยติดตาม สอบถามแนวคิดในการ ออกแบบและสร้าง โรงเรือนเพาะชำจำลองที่ สามารถควบคุมความชื้น ได้อย่างสม่ำเสมอจากทุกกลุ่ม อย่างใกล้ชิด - แจ้งผู้เรียนให้ทราบว่าจะมี การโหวตให้รางวัลกับชิ้นงาน ที่สามารถแก้ปัญหาจาก	- ผู้สอนเน้นย้ำให้ผู้เรียน แต่ละกลุ่มสื่อสารแสดง ความคิดเห็นร่วมกัน ร่วมกันในการวางแผน ออกแบบเพื่อสร้าง โรงเรือนเพาะเลี้ยงกล้า ปักชำควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นที่ดีที่สุด เพื่อให้แล้วเสร็จตามเวลา ที่กำหนด เมื่อเกิดปัญหา ขึ้นขณะสร้างชิ้นงาน ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียน	- กระตุ้นผู้เรียนสื่อสาร แสดงความคิดเห็น ร่วมกันออกแบบและ สร้างชิ้นงานที่ดีที่สุด โดยการติดตาม สอบถามถึงผลการ ออกแบบและการสร้าง ชิ้นงานอย่างใกล้ชิด ทุกกลุ่ม	สมรรถนะการเลือกวิธี ดำเนินงานที่เหมาะสม ในการแก้ปัญหา - ร่วมกันวางแผน ออกแบบและดำเนินงาน - ระบุและอธิบายภาวะ งานที่ต้องปฏิบัติให้เสร็จ สมรรถนะการสร้างและ เก็บรักษาความเข้าใจที่ มีส่วนร่วม - ค้นพบมุมมองและ ความสามารถของสมาชิก

ตาราง 16 (ต่อ)

วงจรปฏิบัติการที่ 1 การตอบสนองของพีช ต่อเอธิลีน	วงจรปฏิบัติการที่ 2 การตอบสนองของพีช ต่อความชื้น	วงจรปฏิบัติการที่ 3 การตอบสนองของ พีชต่อฮอร์โมนพีช สังเคราะห์	แนวทางการจัดการ เรียนรู้	สมรรถนะการ แก้ปัญหาแบบร่วมมือ ที่เกิด
แล้วเสร็จล่าช้า	สถานการณ์ที่กำหนด - แต่ยังพบว่าผู้เรียนบางกลุ่ม สื่อสารแสดงความคิดเห็น ร่วมกันในการออกแบบชิ้นงาน น้อยส่งผลให้มีการเปลี่ยน รูปแบบไปมา ขั้นตอนการ ประดิษฐ์ชิ้นงานจึงล่าช้า ตามไปด้วย	ร่วมกันคิด วิเคราะห์ หาสาเหตุเพื่อปรับปรุง แก้ไขชิ้นงาน - ผู้สอนให้คำชี้แนะ และติดตามอย่าง ใกล้ชิด	- กระตุ้นผู้เรียนให้ร่วมกัน แก้ปัญหาเมื่อเกิดปัญหา ขึ้นขณะสร้างชิ้นงาน โดยผู้สอนเข้าติดตาม สอบถามอย่างใกล้ชิด ถึงแนวทางการแก้ปัญหา ของกลุ่ม - ให้รางวัลกับชิ้นงาน ที่สามารถนำไปใช้ในการ แก้ปัญหาได้ดีที่สุด	ในกลุ่ม สมรรถนะการสร้างและ รักษาระเบียบของกลุ่ม - เข้าใจบทบาทหน้าที่ของ ตนเองและของสมาชิก ในกลุ่ม - ปฏิบัติงานตามหน้าที่ ที่ได้รับมอบหมาย - อธิบายและประพาดิตน ตามกฎของกลุ่มที่ได้ตั้งไว้

ตาราง 17 สรุปผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การตอบสนองของพืช ในขั้นตอนที่ 4 การทดสอบและประเมินผล (Test and evaluation)

วงจรปฏิบัติการที่ 1 การตอบสนองของพืช ต่อเอธิลีน	วงจรปฏิบัติการที่ 2 การตอบสนองของพืช ต่อความชื้น	วงจรปฏิบัติการที่ 3 การตอบสนองของพืช ต่อฮอร์โมนพืช สังเคราะห์	แนวทางการจัดการ เรียนรู้	สมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือที่เกิด
- ผู้เรียนบางกลุ่มไม่แบ่งหน้าที่ ในการสังเกตบันทึกผลการ ทดสอบบรรจุภัณฑ์ชะลอการสุก ของกล้วยน้ำว่าส่งผลให้ผลการ ทดสอบมีการคลาดเคลื่อน	- ให้ผู้เรียนแบ่งหน้าที่ในการ สังเกตบันทึกผลการทดสอบ โรงเรือนเพาะชำจำลองที่ สามารถควบคุมความชื้นได้ อย่างสม่ำเสมอเพื่อ	- กำหนดเวลาที่ชัดเจนใน การดำเนินกิจกรรม - ผู้สอนติดตามสอบถาม ถึงผลการทดสอบโรงเรือน เพาะเลี้ยงกล้วยน้ำว่า ควบคุมอุณหภูมิและ ความชื้นของผู้เรียนทุกกลุ่ม เป็นระยะๆ อย่างใกล้ชิด เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียน เกิดความกระตือรือร้น ปฏิบัติงานตามที่ได้รับ มอบหมาย	- กำหนดเวลาในการ ดำเนินงานที่ชัดเจน จะช่วยให้ผู้เรียน กระตือรือร้นและร่วมกัน ปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม ด้วยความตั้งใจ - ให้ผู้เรียนแบ่งหน้าที่ ในการสังเกตบันทึกผล เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง - กระตุ้นผู้เรียนให้ระดม สมองปรับปรุงแก้ไข	สมรรถนะการเลือกวิธีการ ดำเนินการที่เหมาะสมใน การแก้ปัญหา - ร่วมกันตรวจสอบผลการ ดำเนินงานและประเมิน ความสำเร็จของงาน สมรรถนะการสร้างและ รักษาระเบียบของกลุ่ม - อธิบายและประพุดิติน ตามกฎของกลุ่มที่ได้ตั้งไว้ - ให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็น ข้อปรับปรุงในการทำงาน

ตาราง 17 (ต่อ)

<p>วงจรปฏิบัติการที่ 1 การตอบสนองของพีช ต่อเอธิลีน</p>	<p>วงจรปฏิบัติการที่ 2 การตอบสนองของพีช ต่อความชื้น</p>	<p>วงจรปฏิบัติการที่ 3 การตอบสนองของพีช ต่อฮอร์โมนพืช สังเคราะห์</p>	<p>แนวทางการจัดการ เรียนรู้</p>	<p>สมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือที่เกิด</p>
<p>- เมื่อผลการทดสอบไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ผู้เรียนไม่ให้ความร่วมมือกับกลุ่มในการดำเนินการแก้ไขปรับปรุง</p>	<p>- เมื่อผลการทดสอบคลาดเคลื่อนผู้สอนติดตามซักถามถึงแนวทางในการแก้ปัญหาพร้อมกันจากทุกกลุ่ม - ผู้เรียนบางกลุ่มสื่อสารระดมความคิดเพื่อปรับปรุงชิ้นงานและลงมือปรับปรุงแก้ไขเป็นไปด้วยความล่าช้า</p>	<p>- เมื่อพบว่ากลุ่มใดผลการทดสอบไม่บรรลุวัตถุประสงค์ผู้สอนเข้าไปติดตามสอบถามถึงสาเหตุและแนวคิดของกลุ่มในการปรับปรุงแก้ไขอย่างใกล้ชิด</p>	<p>ชิ้นงานเมื่อผลการทดสอบไม่เป็นไปตามเป้าหมายด้วยการเข้าไปติดตามสอบถามสาเหตุและแนวทางการปรับปรุงแก้ไขอย่างใกล้ชิด</p>	<p>ร่วมกัน สมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน - ตรวจสอบและแก้ไขความเข้าใจที่มีร่วมกัน</p>

ตาราง 18 สรุปผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การตอบสนองของพืช ในขั้นตอนที่ 5 การนำเสนอผลลัพธ์ (Present the solution)

วงจรปฏิบัติการที่ 1 การตอบสนองของพืช ต่อเอทิลีน	วงจรปฏิบัติการที่ 2 การตอบสนองของพืช ต่อความชื้น	วงจรปฏิบัติการที่ 3 การตอบสนองของพืช ต่อฮอร์โมนพืช สังเคราะห์	แนวทางการจัดการ เรียนรู้	สมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือที่เกิด
- ผู้เรียนบางคนไม่สนใจ ไม่ตั้งใจและไม่ร่วมแสดง ความคิดเห็น ชักถามข้อ สงสัยหรือให้ข้อเสนอแนะกับ กลุ่มที่นำเสนอหน้าชั้นเรียน - การชักถามหรือให้ ข้อเสนอแนะหลังจากที่ทุก กลุ่มนำเสนอแล้วเสร็จพบว่า ผู้เรียนจะลืมประเด็นหรือสิ่ง ที่แต่ละกลุ่มนำเสนอไปทำให้ ไม่สามารถสอบถามหรือ ชักถามข้อสงสัยได้	- กระตุ้นความสนใจของ ผู้เรียนโดยการสุ่มสอบถาม เป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่ม เพื่อให้ร่วมแสดงความ ความคิดเห็นชักถามข้อสงสัยหรือ ให้ข้อเสนอแนะ - กำหนดให้มีการชักถามข้อ สงสัยรวมทั้งให้ข้อเสนอแนะ เมื่อแต่ละกลุ่มนำเสนอเสร็จ สิ้นเป็นที่เรียบร้อย - การนำเสนอผลลัพธ์ของ ชิ้นงานรวมทั้งการชักถาม	- ผู้สอนให้ผู้เรียนจับฉลาก ลำดับการนำเสนอโดย กำหนดเวลาที่ชัดเจนใน การนำเสนอรวมทั้งการ ถามตอบข้อสงสัยการให้ ข้อเสนอแนะกับกลุ่มที่ นำเสนอ เพื่อให้ผู้เรียนมี การวางแผนและเตรียม ความพร้อมภายในเวลา ที่กำหนด - โดยกลุ่มที่มีการถามตอบ ข้อสงสัยให้ข้อเสนอแนะ	- ใช้วิธีการจับฉลากให้ ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอ - กำหนดเวลาในการ นำเสนอและอภิปราย ร่วมกัน - ผู้สอนควรใช้วิธีการสุ่ม เลือกกลุ่มที่จะทำการ ชักถามเพื่อกระตุ้นผู้เรียน ให้ตั้งใจฟังการนำเสนอหรือ สุ่มสอบถามรายบุคคล	สมรรถนะการสร้างและ รักษาระเบียบของกลุ่ม - อธิบายและประพฤติตน ตามกฎของกลุ่มที่ได้ตั้งไว้ - ให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็น ข้อปรับปรุงในการทำงาน ร่วมกัน

ตาราง 18 (ต่อ)

วงจรปฏิบัติการที่ 1 การตอบสนองของพีช ต่อเอชอีเอ็น	วงจรปฏิบัติการที่ 2 การตอบสนองของพีช ต่อความชื้น	วงจรปฏิบัติการที่ 3 การตอบสนองของพีช ต่อฮอริโมนพีช สังเคราะห์	แนวทางการจัดการ เรียนรู้	สมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือที่เกิด
	และให้ข้อเสนอแนะใช้เวลา มากและไม่เป็นระเบียบ	ผู้สอนใช้วิธีการสุ่มเลือก ส่งให้ผลผู้เรียนกระตือรือร้น และสนใจฟังการนำเสนอ	- การซักถามให้ ข้อเสนอแนะควรทำ หลังจากที่ผู้เรียนแต่ละกลุ่ม นำเสนอเสร็จเรียบร้อยแล้ว	

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะพบว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสามารถส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียนได้ โดยมีการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ขั้นการระบุปัญหา (Identify a challenge)

อันดับแรกก่อนดำเนินกิจกรรมครูผู้สอนควรชี้แจง แนะนำกิจกรรมให้ผู้เรียนทราบว่า จะมีการจัดการเรียนการสอนลักษณะใด จากนั้นครูผู้สอนควรแบ่งกลุ่มผู้เรียนอาจแบ่งกลุ่มผู้เรียน โดยให้ละความสามารถทางการเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และคอมพิวเตอร์ ของแต่ละคน ผูกให้ผู้เรียนคุ้นเคยกับสมาชิกในกลุ่มของตนเองผ่านการปฏิบัติกิจกรรมที่มีความใกล้เคียงหรือกิจกรรมที่จะเชื่อมโยงสู่กิจกรรมหลักของกิจกรรมการเรียนรู้ เลือกใช้สถานการณ์ที่กระตุ้นให้ผู้เรียนอยากเรียนรู้ น่าสนใจมีความท้าทายและใกล้ตัวผู้เรียน มีความท้าทายในการแก้ปัญหา อีกทั้งผู้สอนต้องให้ผู้เรียนแบ่งหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่มให้เรียบร้อยก่อนการระบุปัญหา จากสถานการณ์เพื่อให้การดำเนินกิจกรรมสำเร็จลุล่วงตามเวลาที่กำหนดและเป็นไปอย่างราบรื่น ซึ่งการจัดการเรียนรู้เช่นนี้จะช่วยให้ผู้เรียนได้แสดงสมรรถนะการสร้าง และเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกันเพราะผู้เรียนแต่ละคนจะต้องร่วมมือกันในการระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ และผู้เรียนค้นพบมุมมอง ความรู้ ความสามารถ ความถนัดของสมาชิกในกลุ่มแต่ละคนได้

2. ขั้นการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Imagine)

ใช้แหล่งสืบค้นข้อมูลออนไลน์ในการให้ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลเพื่อความหลากหลายของข้อมูล ผู้สอนให้คำแนะนำเกี่ยวกับการเข้าถึงแหล่งสืบค้นข้อมูลออนไลน์เพื่อเป็นการลดเวลาในการสืบค้นข้อมูล โดยกำหนดตัวอย่างเว็บไซต์ที่น่าเชื่อถือให้ผู้เรียนสืบค้น เปิดโอกาสให้ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลได้นอกเหนือจากที่กำหนด ในขั้นตอนนี้ช่วยพัฒนาผู้เรียนให้เกิดสมรรถนะการสร้าง และเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน คือ ผู้เรียนมีการแบ่งปันข้อมูลทำความเข้าใจร่วมกันและสมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม คือ ผู้เรียนแต่ละคนจะปฏิบัติหน้าที่ตามที่ได้รับมอบหมายจากกลุ่ม เช่น ผู้เรียนที่มีหน้าที่สืบค้นข้อมูลได้อย่างรวดเร็วและคล่องแคล่วจะสืบค้นข้อมูลอย่างตั้งใจและรวดเร็ว ผู้เรียนที่หน้าที่บันทึกข้อมูลจัดระบบข้อมูลที่สืบค้นมาได้

3. ขั้นการวางแผนและพัฒนา (Plan and develop)

ก่อนเริ่มการวางแผนออกแบบและสร้างชิ้นงานผู้สอนคอยย้ำเตือนเกี่ยวกับเงื่อนไขของสถานการณ์ที่กำหนด ออกแบบชิ้นงานโดยการวาดภาพโครงร่างและระบุรายละเอียดต่างๆ ในการออกแบบชิ้นงาน มีการกำหนดระยะเวลาในการออกแบบและสร้างชิ้นงาน ให้อิสระกับผู้เรียน ในการออกแบบและสร้างชิ้นงานรวมถึงการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์สำหรับสร้างชิ้นงาน ผู้สอนจะต้องไม่ชี้แนะให้ได้มาถึงคำตอบที่ถูกต้องควรให้ผู้เรียนได้ระดมความคิดเห็นกันภายในกลุ่ม และเข้าไปติดตาม

ตรวจสอบความคืบหน้าระหว่างการดำเนินกิจกรรมเป็นระยะๆ และให้คำแนะนำเกี่ยวกับชิ้นงาน บ้างรวมถึงกำชับเกี่ยวกับการรักษาเวลาในการทำกิจกรรม ในขั้นตอนนี้สามารถพัฒนาสมรรถนะ การเลือกวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาได้โดยผู้เรียนร่วมกันระบุเพื่อหาแนวทาง ที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา ร่วมกันวางแผนออกแบบและดำเนินงาน พัฒนาสมรรถนะการสร้าง และเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน โดยผู้เรียนมีการตรวจสอบแก้ไขความเข้าใจร่วมกัน และสมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่มซึ่งผู้เรียนเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเองและ ของกลุ่ม ปฏิบัติงานตามที่ได้รับมอบหมาย ให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงการทำงานร่วมกัน ตามระยะเวลาที่กำหนด

4. ขั้นการทดสอบและประเมินผล (Test and evaluation)

ผู้สอนกำหนดเงื่อนไขและเกณฑ์ต่างๆ ในการทดสอบจากสถานการณ์ที่กำหนด เพื่อให้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน อาจใช้กิจกรรมการแข่งขันหรือให้คะแนนกับชิ้นงานของกลุ่ม ที่มี ผลการทดสอบและมีประสิทธิภาพดีที่สุดหรือใกล้เคียงสถานการณ์ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด เพื่อกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน สำหรับขั้นนี้จะช่วยพัฒนาสมรรถนะการเลือกวิธีการดำเนินการ ที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาโดยผู้เรียนร่วมกันตรวจสอบผลการดำเนินงาน และพัฒนาสมรรถนะ การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่มซึ่งผู้เรียนจะต้องสื่อสารร่วมกันให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นการ ปรับปรุงการทำงานร่วมกัน และปฏิบัติหน้าที่ตามที่ได้รับมอบหมายเพื่อให้การดำเนินกิจกรรม เสร็จตามเวลาที่กำหนด

5. ขั้นการนำเสนอผลลัพธ์ (Present the solution)

ต้องมีการตกลงร่วมกันระหว่างผู้เรียนแต่ละกลุ่มกับผู้สอนเกี่ยวกับรูปแบบและ ประเด็นที่ต้องนำเสนอโดยเน้นไปที่กระบวนการแก้ไข การปรับปรุงชิ้นงาน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มี การอภิปรายร่วมกันหลังจากที่ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอชิ้นงานจบ อีกทั้งผู้สอนก็ต้องมีส่วนร่วม ในการอภิปรายกับผู้เรียนด้วย และต้องมีการกำกับด้านเวลาในการนำเสนอและอภิปราย ให้เหมาะสมซึ่งในขั้นนี้จะช่วยพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในด้านการสร้างและ เก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน โดยผู้เรียนมีแบ่งปันข้อมูลทำความเข้าใจปัญหา ตรวจสอบแก้ไข ความเข้าใจร่วมกัน สมรรถนะการเลือกวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาซึ่งผู้เรียน มีการร่วมกันตรวจสอบผลการดำเนินงานจากการนำเสนอหน้าชั้นเรียน และสมรรถนะการสร้าง และรักษาระเบียบของกลุ่มโดยผู้เรียนมีการให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นการปรับปรุงการทำงานร่วมกัน

คำถามวิจัยข้อที่ 2 ผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การตอบสนองของพืช มีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือหรือไม่ อย่างไร

ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การตอบสนองของพืช เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ผู้วิจัยสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ว่ามีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือหรือไม่ อย่างไร โดยผู้วิจัย ได้ดำเนินการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นวงจรปฏิบัติการ จำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบบันทึกการสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ซึ่งผลการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือจากแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ แสดงดังตาราง 19

ตาราง 19 แสดงผลการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียนในแต่ละสมรรถนะ

สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ	ระดับสมรรถนะ (ร้อยละของจำนวนนักเรียน)		
	สูง	กลาง	ต่ำ
1. สมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน			
- ค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกภายในกลุ่ม	82.86	17.14	0
- แบ่งปันข้อมูล และทำความเข้าใจในปัญหาร่วมกัน	71.43	28.57	0
- สื่อสารร่วมกันเพื่อระบุถึงปัญหา และการดำเนินงานภายในกลุ่ม	80.00	20.00	0
- ตรวจสอบและแก้ไขความเข้าใจร่วมกัน	74.29	22.86	2.86
เฉลี่ย	77.15	22.14	0.71

ตาราง 19 (ต่อ)

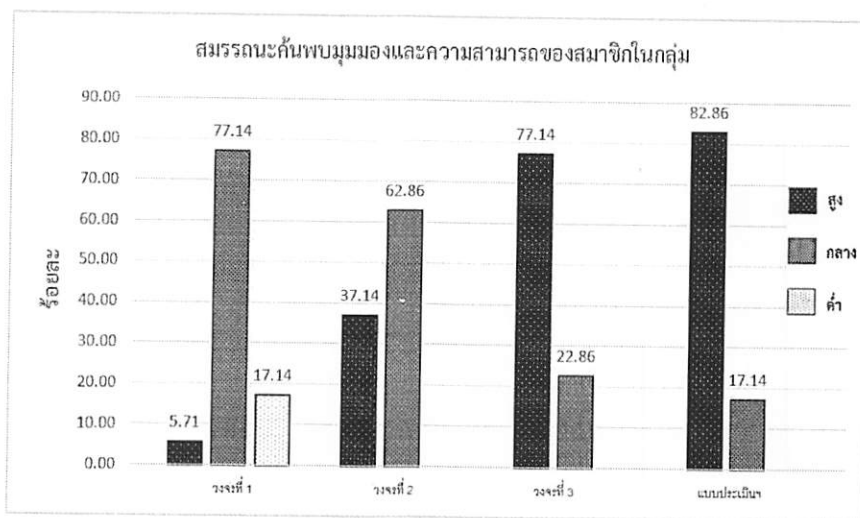
สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ	ระดับสมรรถนะ (ร้อยละของจำนวนนักเรียน)		
	สูง	กลาง	ต่ำ
2. สมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา			
- ระบุเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา	77.14	20.00	2.86
- ระบุและอธิบายภาระงานที่ต้องปฏิบัติให้เสร็จ	85.71	14.29	0
- วางแผนออกแบบและดำเนินงาน	88.57	11.43	0
- ตรวจสอบผลการดำเนินงานและประเมินผลความสำเร็จ ของงาน	80.00	20.00	0
เฉลี่ย	82.86	16.43	0.71
3. สมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม			
- เข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเอง และของสมาชิกกลุ่ม	82.86	17.14	0
- ปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้	91.43	8.57	0
- อธิบาย และประพฤติตนตามกฎของกลุ่มที่ได้ตั้งไว้	88.57	11.43	0
- ให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกัน	85.71	14.29	0
เฉลี่ย	87.14	12.86	0.00

จากตาราง 19 สรุปได้ว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกันอยู่ในระดับสูงโดยมีสมรรถนะย่อยที่ผู้เรียนสามารถพัฒนาได้มากที่สุด คือ ค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกภายในกลุ่ม สำหรับสมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา สมรรถนะย่อยที่ผู้เรียนสามารถพัฒนาได้มากที่สุด คือ ร่วมกันวางแผนออกแบบและดำเนินงาน ส่วนสมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม มีสมรรถนะย่อยที่ผู้เรียนพัฒนาได้มากที่สุด คือ ปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย

1. สมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน

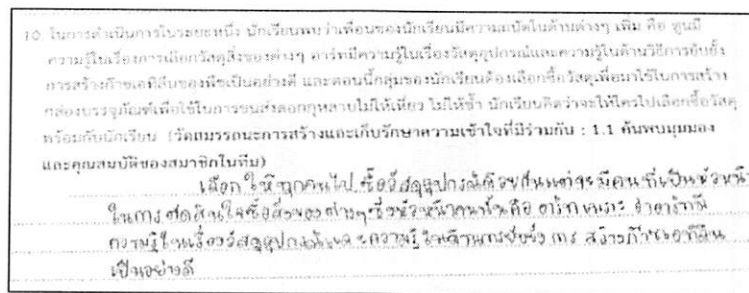
ผู้วิจัยดำเนินการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนตามกระบวนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการและประเมินโดยใช้แบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ แสดงผลดังต่อไปนี้

1.1 ค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกภายในกลุ่ม

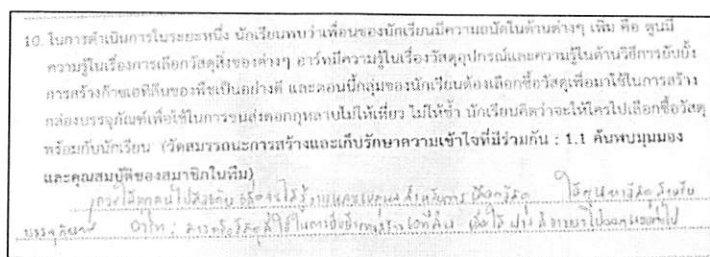


ภาพ 45 แสดงสมรรถนะย่อยค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกภายในกลุ่มตามกระบวนการจัดการเรียนรู้

จากภาพ 45 พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกภายในกลุ่มอยู่ในระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 82.86 แสดงว่าผู้เรียนส่วนใหญ่ยอมรับความสามารถเพิ่มเติมของเพื่อนสมาชิกในกลุ่ม สามารถเข้าใจว่าสมาชิกมีความสามารถได้บ้าง ส่งผลให้ผู้เรียนสามารถอธิบายและแจกแจงบทบาทหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่มได้ตามความเหมาะสม ดังตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังนี้

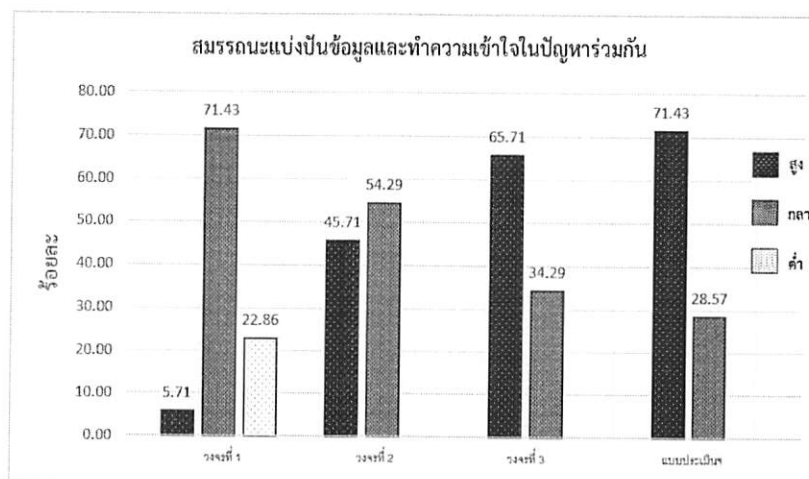


ภาพ 46 ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกภายในกลุ่มระดับสูงของผู้เรียน S5 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563)



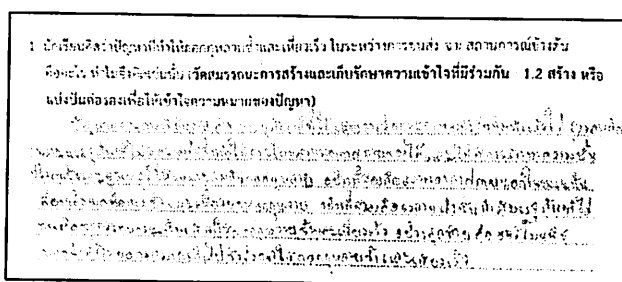
ภาพ 47 ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกภายในกลุ่มระดับกลางของผู้เรียน S12 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563)

1.2 แบ่งปันข้อมูลและทำความเข้าใจในปัญหาร่วมกัน



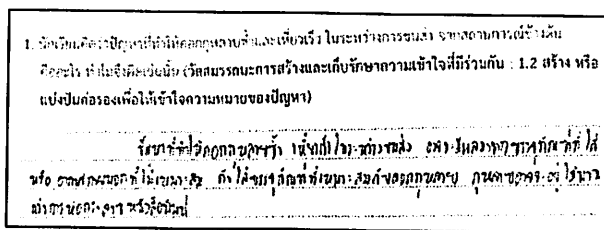
ภาพ 48 แสดงสมรรถนะย่อยแบ่งปันข้อมูลและทำความเข้าใจในปัญหาร่วมกันตามกระบวนการจัดการเรียนรู้

จากภาพ 48 พบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะแบ่งปันข้อมูลและทำความเข้าใจในปัญหาร่วมอยู่ในระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 71.43 แสดงว่าผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถระบุและทำความเข้าใจปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ สามารถสื่อสารเพื่ออธิบายและแบ่งปันข้อมูลให้กับสมาชิกอื่นได้อย่างเป็นเหตุเป็นผลจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ปัญหาที่เกิดขึ้นนั้นคืออะไร รวมทั้งบอกได้ว่าจะต้องสืบค้นข้อมูลใดบ้างเพื่อจะนำมาใช้ในการแก้ปัญหาเหล่านั้นๆ ดังตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังนี้



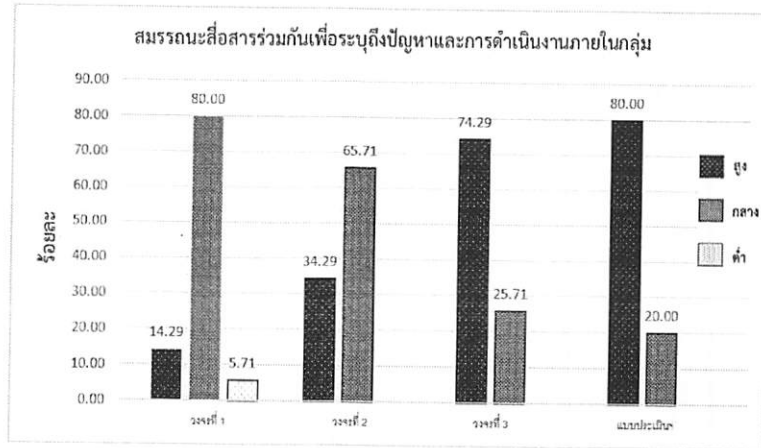
ภาพ 49 ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยแบ่งปันข้อมูลและทำความเข้าใจในปัญหาร่วมกันระดับสูงของผู้เรียน S3 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563)

แต่ยังพบว่ามีผู้เรียนบางส่วนที่มีสมรรถนะแบ่งปันข้อมูลและทำความเข้าใจในปัญหาร่วมกันอยู่ในระดับกลาง นั่นคือ ผู้เรียนสามารถระบุและทำความเข้าใจปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด ให้ได้แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าจะต้องสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องในเรื่องใดบ้างหรือระบุในสิ่งที่ไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนด ดังตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังนี้



ภาพ 50 ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยแบ่งปันข้อมูลและทำความเข้าใจในปัญหาร่วมกันระดับกลางของผู้เรียน S34 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563)

1.3 สื่อสารร่วมกันเพื่อระบุถึงปัญหาและการดำเนินงานภายในกลุ่ม



ภาพ 51 แสดงสมรรถนะย่อยสื่อสารร่วมกันเพื่อระบุถึงปัญหาและการดำเนินงานภายในกลุ่มตามกระบวนการจัดการเรียนรู้

จากภาพ 51 พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะสื่อสารร่วมกันเพื่อระบุถึงปัญหาและการดำเนินงานภายในกลุ่มอยู่ในระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 80.00 แสดงว่าผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถสื่อสารแบ่งปันความคิดเห็นได้อย่างมีเหตุผลเพื่อระบุถึงปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ ดังตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังนี้

12. เมื่อไปซื้อสื่อวัสดุอุปกรณ์แล้ว เพื่อนนักเรียนยังมีความเข้าใจผิดเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลกับอัตราการสร้างผลิตภัณฑ์ นักเรียนจะสื่อสารเพื่อแก้ไขความเข้าใจผิดเพื่อให้เพื่อนทราบอย่างไร (วัดสมรรถนะการสร้างและอธิบายความเข้าใจที่ร่วมกับ : 1.3 สื่อสารระหว่างสมาชิกในกลุ่มเกี่ยวกับการดำเนินงาน)

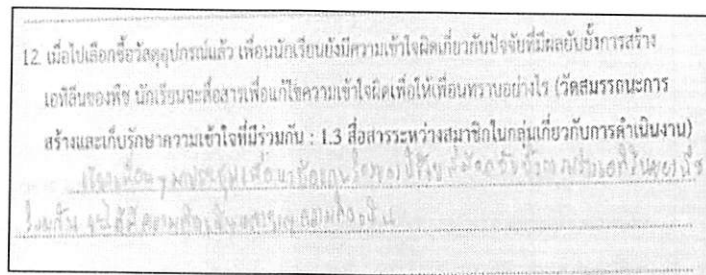
- พี่ขออธิบาย สื่อก็คือปัจจัย ที่ส่งผล ต่อผลผลิต การคิด คิด สั้น ให้เข้าใจ คนไปให้คนอื่นจะดี ต่อผลผลิตที่มากขึ้นได้สูง

- ใช้ของหรือสื่อก่อนจึงจะดีได้สูง

- เมื่อทำเสร็จแล้ว ก็ไปขาย หรือ ไปรับ ความ ความดีที่ ได้รับไปส่งคนอื่น เมื่อเสร็จแล้ว ก็ไปขาย หรือ รับเงิน

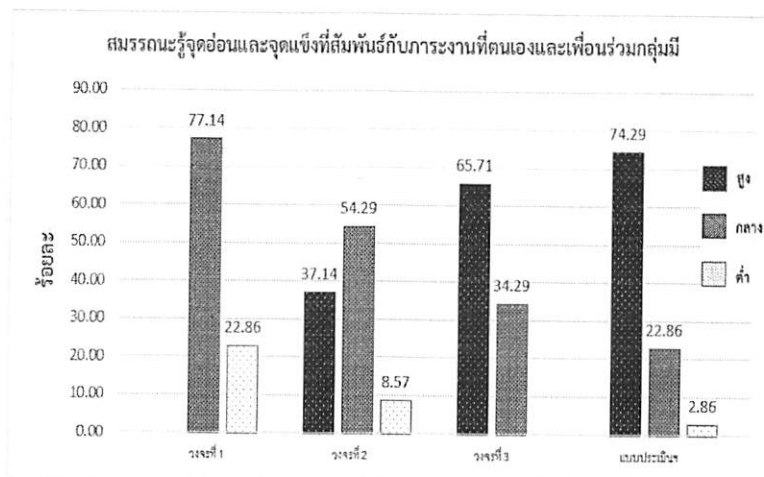
ภาพ 52 ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยสื่อสารร่วมกันเพื่อระบุถึงปัญหาและการดำเนินงานภายในกลุ่มระดับสูงของผู้เรียน S21 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563)

นอกจากนี้ยังพบว่าผู้เรียนบางส่วนมีสมรรถนะอยู่ระดับกลาง คิดเป็นร้อยละ 20.00 กล่าวคือ สามารถสื่อสารแบ่งปันความคิดเห็นโดยระบุถึงปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้บางส่วน ดังตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังนี้



ภาพ 53 ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยสื่อสารร่วมกันเพื่อระบุถึงปัญหา และการดำเนินงานภายในกลุ่มระดับกลางของผู้เรียน S6 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563)

1.4 ตรวจสอบและแก้ไขความเข้าใจร่วมกัน



ภาพ 54 แสดงสมรรถนะย่อยตรวจสอบและแก้ไขความเข้าใจร่วมกันตามกระบวนการจัดการเรียนรู้

จากภาพ 54 พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะตรวจสอบและแก้ไขความเข้าใจร่วมกันอยู่ในระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 74.29 แสดงว่าผู้เรียนสามารถตรวจสอบ อธิบาย สื่อสารร่วมกันเมื่อเกิดปัญหาที่ต้องได้รับการแก้ไขได้อย่างประนีประนอม มีการสื่อสารร่วมกันเพื่อระบุวิธีการแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม ดังตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังนี้

11. หลังจากที่ร่วมคิดวิเคราะห์ที่ 2 ได้รับมอบหมายให้ออกแบบวิธีการปลูกพริกหวานในโรงเรือน และปลูกให้ได้ผลผลิตจำนวนมากพริกหวานมีขนาดเมล็ดใหญ่บ้างประปรายโดยใช้วิธีการปลูกโรงเรือน และปลูกที่ใส่สารควบคุมความชื้นแฉะและอุณหภูมิได้และใช้ควมชื้นในโรงเรือนที่กระทำโดยการเจริญเติบโตของผล และใช้วิธีการปลูกพริกหวานโดยการปลูกในโรงเรือนเพาะปลูกที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้เป็นอย่างดี จากปัญหาดังกล่าวนักเรียนกับเพื่อนในกลุ่มจะสื่อสารเรื่องความเข้าใจของเพื่อนๆว่า เราได้สมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน : 1.4 รู้จุดอ่อนและจุดแข็งที่สัมพันธ์กับการรายงานที่ตนเองและเพื่อนร่วมกลุ่มมี)

ใช้เทคนิคในกลุ่มซึ่งกับจำกัดหนึ่งเพื่อให้ชัดเจนว่าจะใช้ทั้งเวลาปลูกพริกหวานโรงเรือน และใช้วิธีวิเคราะห์ผลที่ได้ด้วย เพื่อให้ใช้ได้ดีและลดความผิดพลาด ซึ่งขาดใจอยู่บ้างในประการ เพื่อให้เข้าใจได้ตรงกัน เราใช้วิธีวิเคราะห์ว่าทางโรงเรือนนั้นจะผลิตผลผลิตได้ผลผลิตมากน้อย ในขั้นสุดท้ายจากส่วนนี้เพื่อน

ภาพ 55 ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยตรวจสอบและแก้ไขความเข้าใจร่วมกันระดับสูงของผู้เรียน S5 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563)

11. หลังจากที่ร่วมคิดวิเคราะห์ที่ 2 ได้รับมอบหมายให้ออกแบบวิธีการปลูกพริกหวานในโรงเรือน และปลูกให้ได้ผลผลิตจำนวนมากพริกหวานมีขนาดเมล็ดใหญ่บ้างประปรายโดยใช้วิธีการปลูกโรงเรือน และปลูกที่ใส่สารควบคุมความชื้นแฉะและอุณหภูมิได้และใช้ควมชื้นในโรงเรือนที่กระทำโดยการเจริญเติบโตของผล และใช้วิธีการปลูกพริกหวานโดยการปลูกในโรงเรือนเพาะปลูกที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้เป็นอย่างดี จากปัญหาดังกล่าวนักเรียนกับเพื่อนในกลุ่มจะสื่อสารเรื่องความเข้าใจของเพื่อนๆว่า เราได้สมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน : 1.4 รู้จุดอ่อนและจุดแข็งที่สัมพันธ์กับการรายงานที่ตนเองและเพื่อนร่วมกลุ่มมี)

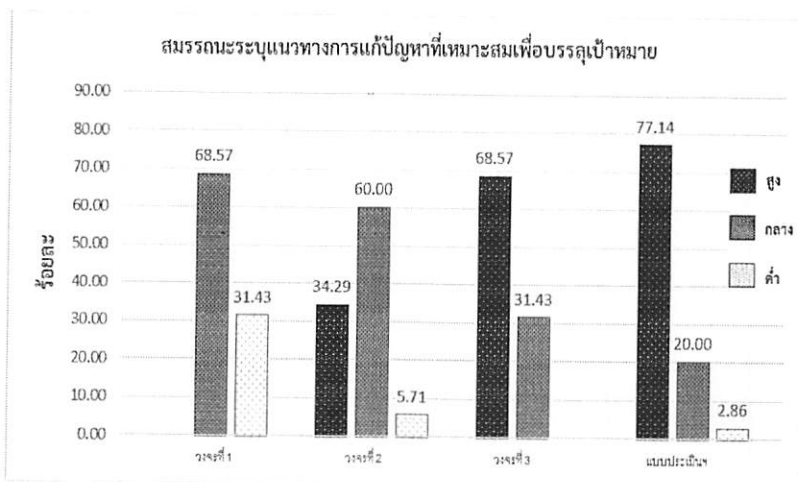
ตัวอย่าง คำตอบ วันที่ 14/9/63 ชื่อสมาชิกในกลุ่มคือคุณนาย และคุณหญิง เบญจมาภรณ์ และคุณหญิง เบญจมาภรณ์

ภาพ 56 ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยตรวจสอบและแก้ไขความเข้าใจร่วมกันระดับกลางของผู้เรียน S11 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563)

2. สมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา

ผู้วิจัยดำเนินการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนตามกระบวนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติและประเมินโดยใช้แบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ แสดงผลดังต่อไปนี้

2.1 ระบุเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา



ภาพ 57 แสดงสมรรถนะย่อยระบุเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาตามกระบวนการจัดการเรียนรู้

จากภาพ 57 พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะระบุเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาอยู่ในระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 77.14 แสดงว่าผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถระบุวิธีที่จะแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้อย่างเหมาะสมโดยมีเหตุผลสนับสนุน ดังตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังนี้

2. จากที่เขียนวิเคราะห์วิธีการทั้งหมดในข้างต้น นักเขียนคิดว่าวิธีการแก้ปัญหาแบบใดน่าจะเหมาะสมที่สุดสำหรับการแก้ไขปัญหาในสถานการณ์นี้ เหตุใดนักเขียนจึงคิดเช่นนั้น (วัดสมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา : 2.1 ระบุแนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสมเพื่อบรรเทาปัญหา)

คำตอบ : เพราะใช้วิธีแก้ปัญหาที่ถูกต้อง และ ประหยัดค่าใช้จ่ายไม่ถูกแต่เสียเงินค่าจ้าง
 คำตอบ : ชาวบ้านที่มีรถติดแล้วไปรถคันอื่น ก็เป็นเช่นนี้ถ้าที่ที่ติดรถหลายคัน และ
 ถ้า ไร้วางรถติดแล้วก็มีรถคันอื่นที่ติดรถคันอื่น ก็เป็นเช่นนี้ถ้าที่ที่ติดรถหลายคัน และ
 ถ้า ถ้าไปก็เกิดปัญหาที่ติดรถคันอื่นแล้วไปรถคันอื่นก็ติดรถคันอื่น

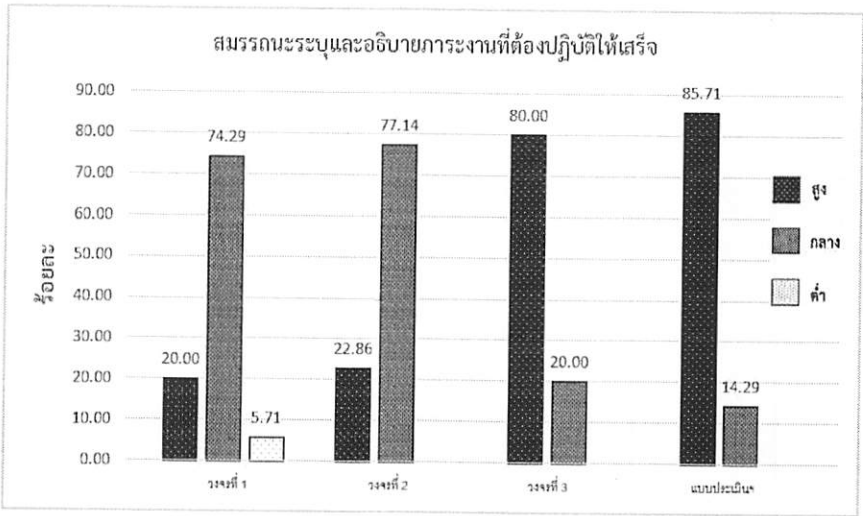
ภาพ 58 ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยระบุเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาในระดับสูงของผู้เรียน S17 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563)

แต่ยังพบว่า มีผู้เรียนบางส่วน คิดเป็นร้อยละ 20.00 มีสมรรถนะอยู่ในระดับกลาง กล่าวคือ ผู้เรียนสามารถระบุวิธีการที่จะแก้ไขปัญหาได้แต่ไม่สามารถให้เหตุผลประกอบได้ นอกจากนี้ยังพบว่า มีผู้เรียน คิดเป็นร้อยละ 2.86 มีสมรรถนะอยู่ในระดับต่ำ เพราะผู้เรียนระบุแนวทางในการแก้ปัญหาได้ไม่สอดคล้องกับสถานการณ์และไม่ให้เหตุผลประกอบ ดังตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังนี้

2. จากที่เพื่อนนักเรียนเสนอวิธีการทั้งหมดแบบข้างต้น นักเรียนคิดว่าวิธีการแก้ปัญหาแบบใดน่าจะเหมาะสมที่สุด สำหรับการแก้ปัญหาในสถานการณ์นี้ เหตุใดนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น (วัดสมรรถนะการเลือกริธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา : 2.1 ระบุแนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสมเพื่อบรรลุเป้าหมาย)
 ใช้วิธีแก้ปัญหาแบบที่ 1 คือ สอดคล้อง กับในสถานการณ์ และ คิดก่อนใช้ของถูกขายเบ็ดเสร็จ
 คิดวิธีที่ 1 คือ คิดก่อนใช้ของถูกขายเบ็ดเสร็จ

ภาพ 59 ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยระบุเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาในระดับกลางของผู้เรียน S2 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563)

2.2 ระบุและอธิบายภาระงานที่ต้องปฏิบัติให้เสร็จ



ภาพ 60 แสดงสมรรถนะย่อยระบุและอธิบายภาระงานที่ต้องปฏิบัติให้เสร็จในการแก้ปัญหาตามกระบวนการจัดการเรียนรู้

จากภาพ 60 พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะระบุและอธิบายภาระงานที่ต้องปฏิบัติ ให้เสร็จอยู่ในระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 85.71 แสดงว่าผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายและระบุ วิธีการวางแผนในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ โดยเฉพาะการแบ่งหน้าที่ตามความ ถนัดของสมาชิกแต่ละคน ดังตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังนี้

3 จากข้อ 2 ให้นักเรียนอธิบายวิธีการแก้ปัญหาอย่างคร่าวๆ (วัดสมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการ ที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา : 2.2 สื่อสาร โดยการอธิบาย อภิปราย ต่อรอง ให้เหตุผล หรือโต้แย้ง เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลและแนวคิดของตนเอง เพื่อให้วิธีการแก้ปัญหา)

ฉันคิดว่าเราใช้ปัญญารวมกันดีกว่า คือ แบ่งงานกันทำ ใครทำอะไรก็
 อธิบายกันก่อน เพื่อ ประชุมปรึกษากันก่อน แล้วก็ไปทำตามกันและแบ่งกัน
 ใช้เวลา แบ่งกันทำ ของหนึ่ง สมมติว่า 1 คน และอีก 1 คน แล้วให้
 รับผิดชอบ อย่าง อย่างนี้เป็นต้น แล้วก็ แบ่งกันทำ เช่น ...

ภาพ 61 ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยระบุและอธิบายภาระงานที่ต้องปฏิบัติ ให้เสร็จในการแก้ปัญหาระดับสูงของผู้เรียน S8 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563)

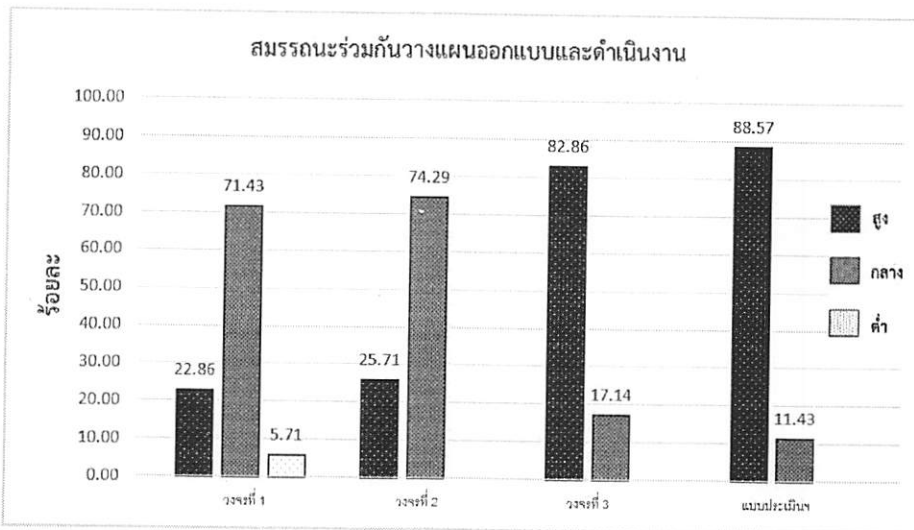
แต่ยังพบว่าผู้เรียนบางส่วนคิดเป็นร้อยละ 14.29 มีสมรรถนะอยู่ในระดับกลาง คือ สามารถอธิบายและระบุวิธีการวางแผนในการแก้ปัญหาได้เพียงบางส่วน ดังตัวอย่างคำตอบของ ผู้เรียน ดังนี้

3 จากข้อ 2 ให้นักเรียนอธิบายวิธีการแก้ปัญหาอย่างคร่าวๆ (วัดสมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการ ที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา : 2.2 สื่อสาร โดยการอธิบาย อภิปราย ต่อรอง ให้เหตุผล หรือโต้แย้ง เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลและแนวคิดของตนเอง เพื่อให้วิธีการแก้ปัญหา)

ฉันคิดว่าเราใช้ปัญญารวมกันดีกว่า คือ แบ่งงานกันทำ ใครทำอะไรก็
 อธิบายกันก่อน เพื่อ ประชุมปรึกษากันก่อน แล้วก็ไปทำตามกันและแบ่งกัน
 ใช้เวลา แบ่งกันทำ ของหนึ่ง สมมติว่า 1 คน และอีก 1 คน แล้วให้
 รับผิดชอบ อย่าง อย่างนี้เป็นต้น แล้วก็ แบ่งกันทำ เช่น ...

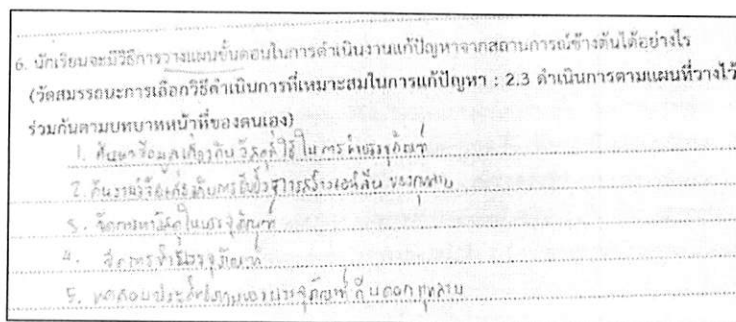
ภาพ 62 ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยระบุและอธิบายภาระงานที่ต้องปฏิบัติ ให้เสร็จในการแก้ปัญหาระดับกลางของผู้เรียน S23 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563)

2.3 วางแผนออกแบบและดำเนินงาน



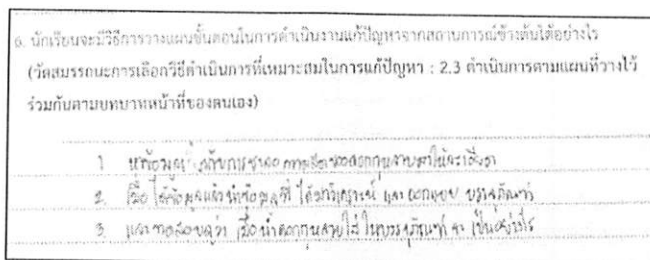
ภาพ 63 แสดงสมรรถนะย่อยวางแผนออกแบบและดำเนินงานในการแก้ปัญหา ตามกระบวนการจัดการเรียนรู้

จากภาพ 63 พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะวางแผนออกแบบและดำเนินงานอยู่ในระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 88.57 แสดงว่าผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถวางแผนออกแบบเค้าโครงของชิ้นงานพร้อมระบุวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้อย่างละเอียด ดังตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังนี้



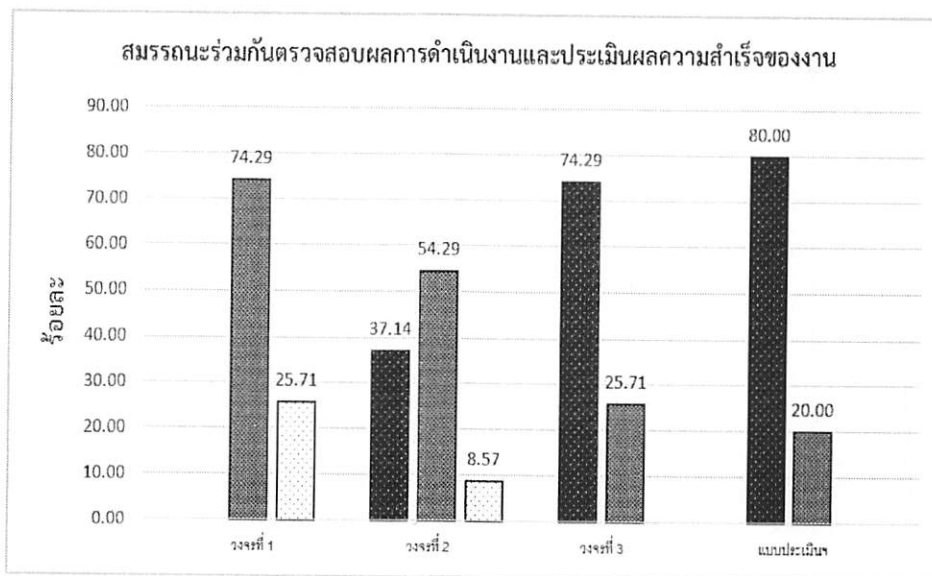
ภาพ 64 ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยวางแผนออกแบบและดำเนินงานในการแก้ปัญหาในระดับสูงของผู้เรียน S14 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563)

แต่ยังพบว่าผู้เรียนบางส่วน คิดเป็นร้อยละ 11.43 มีสมรรถนะอยู่ในระดับกลาง กล่าวคือ สามารถวางแผนออกแบบเค้าโครงของชิ้นงานพร้อมระบุวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ได้เพียงบางส่วน ดังตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังนี้



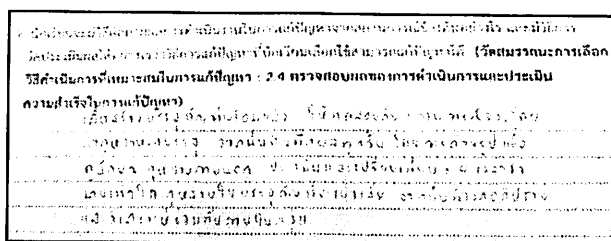
ภาพ 65 ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยวางแผนออกแบบและดำเนินงานในการแก้ปัญหาในระดับกลางของผู้เรียน S2 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563)

2.4 ตรวจสอบผลการดำเนินงานและประเมินผลความสำเร็จของงาน



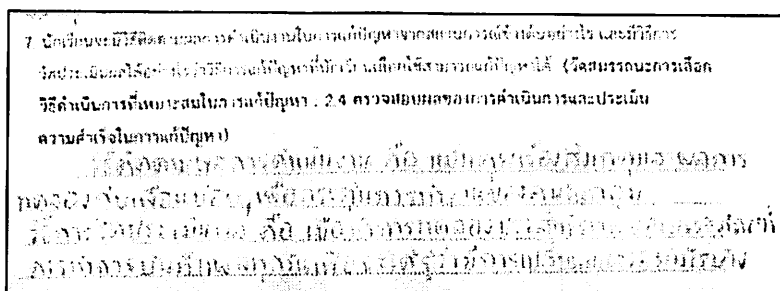
ภาพ 66 แสดงสมรรถนะย่อยตรวจสอบผลการดำเนินงานและประเมินผลความสำเร็จของงานในการแก้ปัญหาตามกระบวนการจัดการเรียนรู้

จากภาพ 66 พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะตรวจสอบผลการดำเนินงานและประเมินผลความสำเร็จของงานอยู่ในระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 80.00 แสดงว่าผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถให้คำแนะนำกับสมาชิกในกลุ่มเพื่อร่วมกันพิจารณาทตรวจสอบขั้นตอนการดำเนินงานว่าสอดคล้องกับเป้าหมายที่ตั้งไว้ ดังตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังนี้



ภาพ 67 ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยตรวจสอบผลการดำเนินงานและประเมินผล
ความสำเร็จของงานในการแก้ปัญหาในระดับสูงของผู้เรียน S10
(แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563)

แต่ยังพบว่าผู้เรียนบางส่วน คิดเป็นร้อยละ 20.00 มีสมรรถนะอยู่ในระดับกลาง กล่าวคือ
สามารถระบุวิธีการตรวจสอบผลการดำเนินงานและประเมินผลชิ้นงานได้เพียงบางส่วน
ว่าสอดคล้องกับเป้าหมายที่ตั้งไว้หรือไม่ ดังตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังนี้

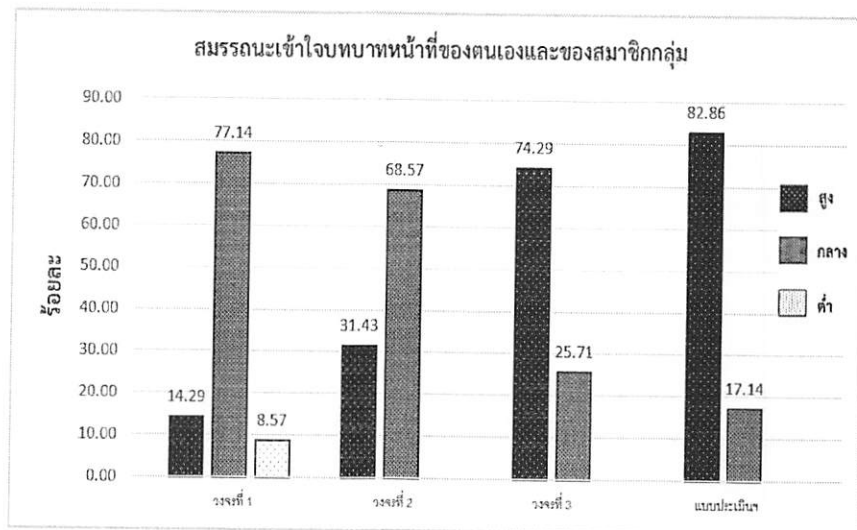


ภาพ 68 ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยตรวจสอบผลการดำเนินงานและประเมินผล
ความสำเร็จของงานในการแก้ปัญหาในระดับกลางของผู้เรียน S28
(แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563)

3. สมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม

ผู้วิจัยดำเนินการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนตามกระบวนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติและประเมินโดยใช้แบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ แสดงผลดังต่อไปนี้

3.1 เข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเองและของสมาชิกในกลุ่ม



ภาพ 69 แสดงสมรรถนะย่อยเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเองและของสมาชิกในกลุ่มตามกระบวนการจัดการเรียนรู้

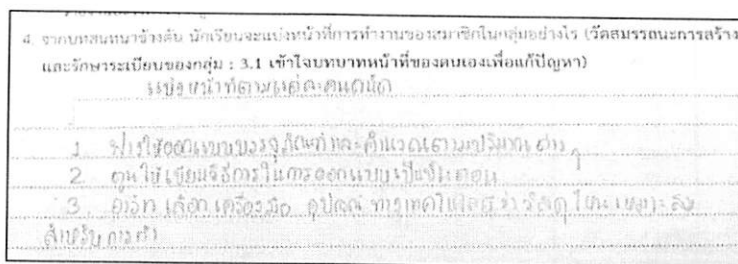
จากภาพ 69 พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเองและของสมาชิกในกลุ่ม อยู่ในระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 82.86 แสดงว่าผู้เรียนสามารถแบ่งหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่มได้ตามความรู้ที่ว่ามีสมาชิกในกลุ่มถนัดอะไรส่งผลให้สามารถปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายได้เป็นอย่างดี ดังตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังนี้

๘ จากบทบาทหน้าที่ที่นักเรียนจะแบ่งหน้าที่การทำงานของสมาชิกในกลุ่มอย่างไร (วัดสมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม : 3.1 เข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเองเพื่อแก้ปัญหา)

แบ่งหน้าที่กันทำงานของสมาชิกในกลุ่ม ดังนี้ โดยให้คนที่เก่งด้านเครื่องใช้ครัวใช้ให้ ส่วนคนเก่งด้านงานช่างทำของแบบอื่นบ้าง ออกแบบ และ ทำงาน จัดหาสิ่งต่างๆ ที่ใช้กันทำ สร้างบรรยากาศให้สนุก เช่น แข่งขันกัน งานที่สนุกๆ และช่วยกันทำสิ่งต่างๆ เพื่อให้งานของกลุ่ม ดำเนินไปอย่างราบรื่น

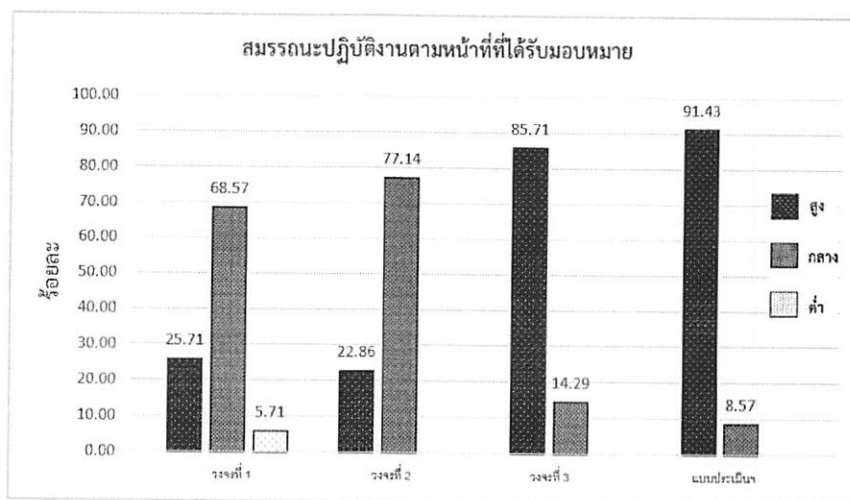
ภาพ 70 ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเองและของสมาชิกในกลุ่มระดับสูงของผู้เรียน S16 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563)

นอกจากนี้ยังพบว่าผู้เรียนบางส่วน คิดเป็นร้อยละ 17.14 มีสมรรถนะอยู่ในระดับกลาง กล่าวคือ ผู้เรียนสามารถบอกได้ว่าสมาชิกในกลุ่มทำหน้าที่อะไรได้บ้างบางส่วนและไม่ได้ระบุเหตุผล ดังตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังนี้



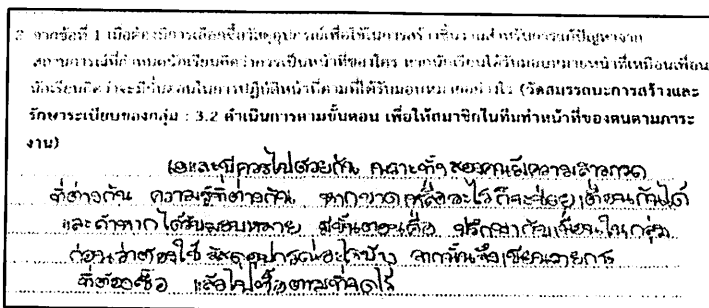
ภาพ 71 ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเองและของสมาชิกในกลุ่มระดับกลางของผู้เรียน S34 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563)

3.2 ปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย



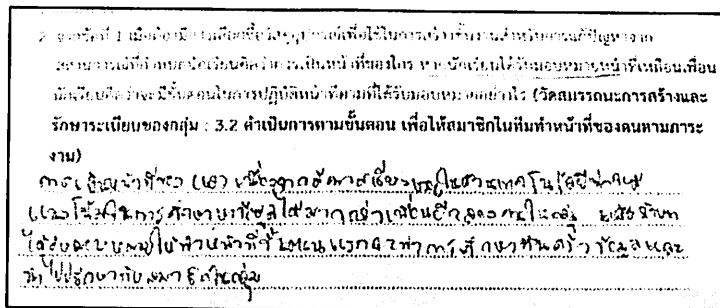
ภาพ 72 แสดงสมรรถนะย่อยปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายตามกระบวนการจัดการเรียนรู้

จากภาพ 72 พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะปฏิบัติงานตามหน้าที่ ที่ได้รับมอบหมาย อยู่ในระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 91.43 แสดงว่าผู้เรียนสามารถรู้และเห็นความสำคัญในความรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่ต่างๆ รวมทั้งสามารถระบุขั้นตอนการทำงานที่ได้รับมอบหมาย ได้ดังตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังนี้



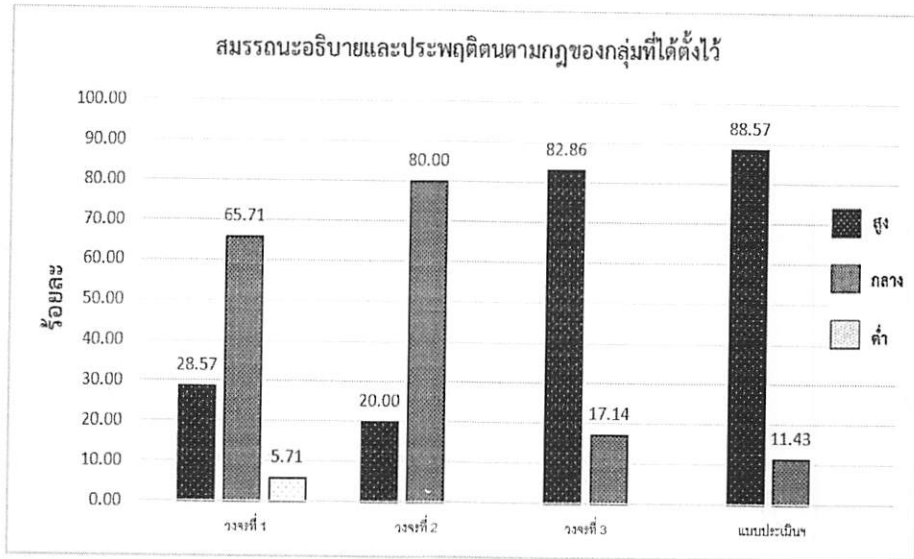
ภาพ 73 ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย ระดับสูงของผู้เรียน S22 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563)

นอกจากนี้ยังพบว่าผู้เรียนบางส่วน คิดเป็นร้อยละ 8.57 มีสมรรถนะอยู่ในระดับกลาง กล่าวคือ เข้าใจบทบาทหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย ระบุขั้นตอนการทำงานที่ได้รับมอบหมาย อย่างคร่าวๆ ได้ ดังตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังนี้



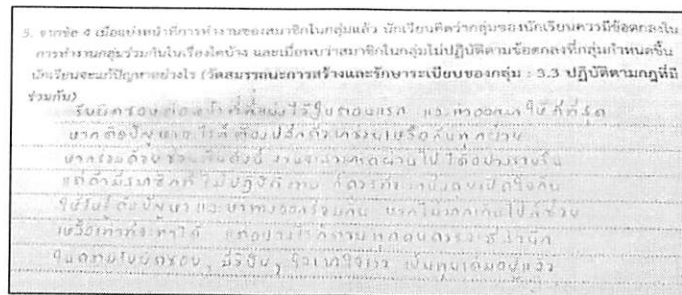
ภาพ 74 ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย ระดับกลางของผู้เรียน S29 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563)

3.3 อธิบายและประพัตติตนตามกฎของกลุ่มที่ได้ตั้งไว้



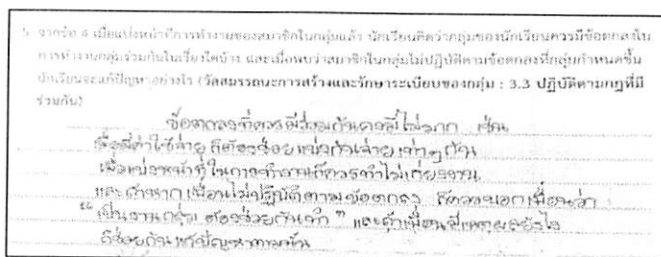
ภาพ 75 แสดงสมรรถนะย่อยอธิบายและประพัตติตนตามกฎของกลุ่มที่ได้ตั้งไว้ตามกระบวนการจัดการเรียนรู้

จากภาพ 75 พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะอธิบายและประพัตติตนตามกฎของกลุ่มที่ได้ตั้งไว้ในระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 88.57 แสดงว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดว่าสิ่งที่สำคัญที่สุดในการทำงานกลุ่มคือการทำสมาธิทุกคนปฏิบัติตามกฎของกลุ่มให้เหตุผลได้ว่าการปฏิบัติตามกฎจะทำให้งานดำเนินไปด้วยดีไม่เกิดข้อขัดแย้งภายในกลุ่ม ดังตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังนี้



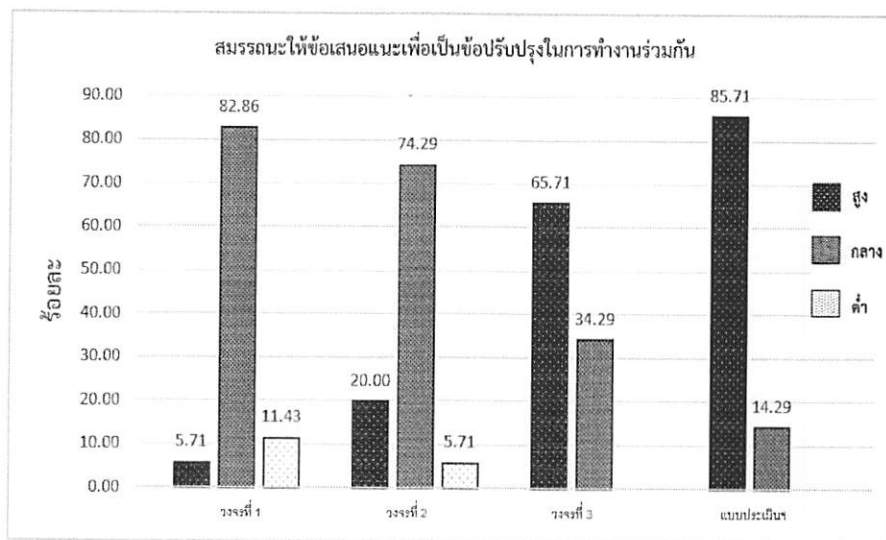
ภาพ 76 ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยอธิบายและประพัตติตนตามกฎของกลุ่มที่ได้ตั้งไว้ในระดับสูงของผู้เรียน S1 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563)

และพบว่าผู้เรียนบางส่วน คิดเป็นร้อยละ 11.43 มีสมรรถนะอยู่ในระดับกลาง กล่าวคือ ผู้เรียนเห็นความสำคัญในการทำงานกลุ่มคือการที่สมาชิกทุกคนปฏิบัติตามกฎของกลุ่มและ ให้เหตุผลคร่าวๆ ดังตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังนี้



ภาพ 77 ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยอธิบายและประพาดิตนตามกฎของกลุ่ม ที่ได้ตั้งไว้ระดับกลางของผู้เรียน S22 (แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563)

3.4 ให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกัน



ภาพ 78 แสดงสมรรถนะย่อยให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกัน ตามกระบวนการจัดการเรียนรู้

จากภาพ 78 พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกันอยู่ในระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 85.71 แสดงว่าผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถให้ข้อเสนอแนะหรือแนวทางที่จะช่วยแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ สามารถอธิบาย

ได้ถึงวิธีการเปลี่ยนการดำเนินหรือวิธีการสื่อสารที่จะทำให้ได้ผลสำเร็จ ดังตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังนี้

9. จากข้อ 8 ด้านภาพที่จะออกแบบเครื่องมือคือพลาเน็ทเรียนจะราคาแพง (วัดสมรรถนะการสร้างและรักษา
ระเบียบของกลุ่ม : 3.4 ตรวจสอบ สะท้อนผลและเสนอข้อปรับปรุงการจัดการในกลุ่มและหน้าที่ของ
สมาชิก)

๕.เตรียมความพร้อมเรื่องเครื่องมือ เตรียมใจผู้เรียนที่จะ
อดทนกับ ความใจเย็นรอคอยใช้วิธีสังเกต สังเกตวิธีการ
หรือวิธีการปฏิบัติ การจัดการเรียนการสอนให้มีความเป็น
เชิงรุกมากขึ้นไปใช้วิธีการปรับปรุงตนเอง

ภาพ 79 ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นข้อปรับปรุง
ในการทำงานร่วมกันระดับสูงของผู้เรียน S10
(แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563)

นอกจากนี้ยังพบว่า ผู้เรียนบางส่วน คิดเป็นร้อยละ 14.29 มีสมรรถนะอยู่ในระดับกลาง
กล่าวคือ ผู้เรียนสามารถให้ข้อเสนอแนะหรือแนวทางที่จะช่วยแก้ปัญหาจากสถานการณ์
ที่กำหนดให้ได้ แต่ไม่ได้ระบุหรืออธิบายถึงวิธีการเปลี่ยนการดำเนินหรือวิธีการสื่อสารที่จะทำให้
ได้ผลสำเร็จ ดังตัวอย่างคำตอบของผู้เรียน ดังนี้

9. จากข้อ 8 ด้านภาพที่จะออกแบบเครื่องมือคือพลาเน็ทเรียนจะราคาแพง (วัดสมรรถนะการสร้างและรักษา
ระเบียบของกลุ่ม : 3.4 ตรวจสอบ สะท้อนผลและเสนอข้อปรับปรุงการจัดการในกลุ่มและหน้าที่ของ
สมาชิก)

- บอกแนวทางที่ทำได้หรือไม่ได้
- บอกแนวทางที่ควรปฏิบัติ
- ใช้แนวทางของตนเองที่เรียนมาแต่ยังไม่ค่อยดีนัก
- คิดในสิ่งที่ปรึกษาในส่วนตัวและรับฟัง
- ทำตามคำแนะนำที่ได้รับ

ภาพ 80 ตัวอย่างคำตอบแสดงสมรรถนะย่อยให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นข้อปรับปรุง
ในการทำงานร่วมกันระดับกลางของผู้เรียน S29
(แบบประเมิน, 14 กันยายน 2563)

จากที่กล่าวมาในข้างต้นด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การตอบสนองของพืช จากการสังเกตในชั้นเรียน พบว่า สามารถส่งเสริมผู้เรียนให้มีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือดีขึ้นในทุกสมรรถนะย่อยตามลำดับในแต่ละวงจรปฏิบัติการโดยผู้เรียนมีร้อยละของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในระดับสูงเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ตั้งแต่วงจรปฏิบัติการที่ 1 ถึง 3 สำหรับแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ พบว่า ผู้เรียนแสดงสมรรถนะระดับสูง และระดับกลาง ซึ่งอาจเกิดจากผู้เรียนมีประสบการณ์ผ่านการจัดการเรียนรู้ของผู้สอนในการทำกิจกรรมในชั้นเรียน ผู้เรียนได้ทำงานร่วมกับสมาชิกในกลุ่ม สมาชิกกลุ่มคอยกระตุ้นให้มีการสื่อสารพูดคุยและทำงานร่วมกันเพื่อที่จะได้มีวิธีการและชิ้นงานที่สามารถแก้ปัญหาได้ดีที่สุด จึงส่งผลให้ผู้เรียนแสดงสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือออกมาอย่างมีประสิทธิภาพ

บทที่ 5

บทสรุป

การวิจัยเพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การตอบสนองของพืช การวิจัยในครั้งนี้จุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบ เรื่อง การตอบสนองของพืช ซึ่งดำเนินการวิจัยในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 โดยมีผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวน 35 คน ดำเนินการวิจัยแบบวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน ทั้งหมด 3 วงจรปฏิบัติการ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน รวม 12 ชั่วโมง แบบบันทึกสะท้อนผล แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

การดำเนินการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนจำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ ในระหว่างวันที่ 3 สิงหาคม 2563 ถึง วันที่ 7 กันยายน 2563 มี หลังเสร็จสิ้นทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ ทำการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ วิเคราะห์ข้อมูลจากเครื่องมือวิจัยเพื่อตอบคำถามวิจัย โดยแบ่งการสรุปและอภิปรายผลตามคำถามการวิจัย ดังนี้

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และเพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบ เรื่อง การตอบสนองของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สรุปผลวิจัยตามคำถามวิจัยได้ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การตอบสนองของพืช ควรมีการจัดการเรียนรู้อย่างไร

การจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นการระบุปัญหา (Identify a challenge) 2) ขั้นการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore ideas) 3) ขั้นการวางแผนและพัฒนา

(Plan and develop) 4) ขั้นการทดสอบและประเมินผล (Test and evaluation) และ 5) ขั้นการนำเสนอผลลัพธ์ (Present the solution) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ขั้นการระบุปัญหา (Identify a challenge)

เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนแต่ละกลุ่มต้องร่วมกันศึกษาสถานการณ์ปัญหาพร้อมกันเพื่อทำการวิเคราะห์และระบุปัญหาของสถานการณ์ที่กำหนด ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ในขั้นนี้ผู้สอนควรให้ผู้เรียนแบ่งหน้าที่ตามความสามารถและความถนัดโดยให้ผู้เรียนสื่อสารร่วมกันระบุความสามารถและความถนัดของตนเองให้สมาชิกในกลุ่มทราบและแบ่งหน้าที่ที่เหมาะสมจากนั้นให้ผู้เรียนศึกษาสถานการณ์ที่กำหนดให้ซึ่งสถานการณ์ที่กำหนดให้ควรเป็นสถานการณ์ปัจจุบันที่มีความน่าสนใจ มีความท้าทายและใกล้ตัวผู้เรียน โดยให้ผู้เรียนทุกคนระบุปัญหาจากนั้นนำไปอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มเพื่อร่วมกันค้นหา วิเคราะห์และเลือกปัญหาที่มีความเหมาะสมสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดมากที่สุด นอกจากนี้ผู้สอนควรเข้าไปติดตามการดำเนินงานของแต่ละกลุ่มให้ทั่วถึง

1.2 ขั้นการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore ideas)

เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนแต่ละกลุ่มต้องร่วมกันระบุความรู้ที่ต้องนำมาใช้ในการแก้ปัญหาโดยอาศัยการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ในขั้นนี้ผู้สอนควรกระตุ้นผู้เรียนโดยกำหนดให้ผู้เรียนทุกคนสืบค้นข้อมูลเพื่อหาแนวทางหรือวิธีการที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหา จากนั้นจึงให้ผู้เรียนนำข้อมูลที่สืบค้นมาอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มซึ่งจะทำให้ได้แนวทางหรือวิธีการที่หลากหลายมากขึ้นและร่วมกันวิเคราะห์เพื่อเลือกแนวทางหรือวิธีการที่ดีที่สุดที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด ผู้สอนควรเข้าไปสอบถามแนวทางที่ผู้เรียนแต่ละกลุ่มเลือกและติดตามการดำเนินงานแต่ละกลุ่มอย่างใกล้ชิดเป็นระยะๆ

1.3 ขั้นการวางแผนและพัฒนา (Plan and develop)

เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะต้องร่วมกันวาดภาพออกแบบชิ้นงานตามแนวทางที่ดีที่สุดที่แต่ละกลุ่มได้เลือกไว้ และประดิษฐ์ชิ้นงานจริง ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ในขั้นนี้ผู้สอนควรกำหนดเวลาในการทำงานของผู้เรียน ให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มระดมสมองสื่อสารและทำความเข้าใจร่วมกันในการออกแบบโดยการวาดภาพโครงร่างชิ้นงานระบุชิ้นประกอบต่างๆ ให้ชัดเจน รวมถึงวัสดุที่ต้องใช้ในการนำไปประดิษฐ์ชิ้นงานจริง และเมื่อผู้เรียนประดิษฐ์ชิ้นงานและพบว่าไม่เป็นไปตามที่ออกแบบไว้ผู้สอนควรให้ผู้เรียนวิเคราะห์หาสาเหตุร่วมกันภายในกลุ่มและปรับปรุงแก้ไขด้วยตนเองก่อนหลังจากนั้นจึงให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียน ผู้สอนควรเข้าไปสอบถามติดตามการดำเนินงานของผู้เรียนแต่ละกลุ่มอย่างใกล้ชิด

1.4 การทดสอบและประเมินผล (Test and evaluation)

ขั้นนี้ผู้เรียนจะต้องนำชิ้นงานที่สร้างขึ้นไปทำการทดลองใช้เพื่อทดสอบและประเมินผลว่าสามารถแก้ไขปัญหามาจากสถานการณ์ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดหรือไม่ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ในขั้นนี้ผู้สอนควรให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มแบ่งหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่มในการสังเกตบันทึกผลการทดสอบชิ้นงานเพื่อให้ได้ผลการสอบที่ถูกต้องมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด หากชิ้นงานที่นำไปทดสอบไม่เป็นไปตามที่ได้ออกแบบไว้ไม่สามารถแก้ไขปัญหามาจากสถานการณ์ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดได้ ควรกระตุ้นให้ผู้เรียนร่วมกันวิเคราะห์สาเหตุและหาข้อมูลในการดำเนินการแก้ไข และร่วมมือในการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงาน โดยผู้สอนควรเข้าไปติดตามอย่างใกล้ชิด สอบถามถึงแนวคิดในการปรับปรุงชิ้นงานของกลุ่มนั้นๆ รวมทั้งให้ข้อเสนอแนะกับผู้เรียนในการปรับปรุงชิ้นงาน อาจมีการเสริมแรงด้วยการให้รางวัลชิ้นงานที่มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้ดีที่สุดเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความกระตือรือร้นและร่วมมือกันในการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มมาก

1.5 ขั้นการนำเสนอผลลัพธ์ (Present the solution)

ในขั้นนี้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะต้องนำเสนอผลลัพธ์ของชิ้นงาน ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ในขั้นนี้ผู้สอนควรกำหนดรูปแบบและประเด็นที่นำเสนอเพื่อให้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน กำหนดระยะเวลาในการนำเสนอและอภิปรายซักถาม สำหรับกลุ่มที่มีหน้าที่นำเสนอใช้วิธีการจับฉลากลำดับการนำเสนอเพื่อให้ผู้เรียนมีการเตรียมความพร้อมก่อนการนำเสนอ สำหรับกลุ่มที่ต้องร่วมอภิปรายซักถามใช้วิธีการสุ่มเลือกเพื่อให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นและตั้งใจรับฟังการนำเสนอจากกลุ่มอื่น การอภิปรายร่วมกันควรทำหลังจากที่แต่ละกลุ่มนำเสนอชิ้นงานจบ ครูผู้สอนควรให้ข้อเสนอแนะกับกลุ่มที่นำเสนอด้วยเพื่อให้ผู้เรียนได้นำข้อเสนอจากครูผู้สอนและสมาชิกกลุ่มอื่นไปปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานของตนเองในโอกาสต่อไป

จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การตอบสนองของพืช ทั้ง 5 ขั้นตอน ผู้เรียนได้ร่วมกันระบุปัญหา สืบค้นข้อมูล เพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหา ร่วมกันวางแผนออกแบบและประดิษฐ์ชิ้นงาน รวมไปถึงกระบวนการทดสอบและประเมินผล และการนำเสนอผลลัพธ์ โดยมีการอภิปรายร่วมกันทุกขั้นตอน มีการปฏิบัติและทำกิจกรรมร่วมกัน จะทำให้สามารถส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียนได้ทั้ง 3 สมรรถนะ คือ สมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน สมรรถนะการเลือกวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา และสมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม

2. ผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การตอบสนองของพืช มีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือหรือไม่ อย่างไร

จากผลการวิจัยการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนของแต่ละวงจรปฏิบัติการ พบว่า ผู้เรียนมีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในแต่ละด้านเพิ่มขึ้นตามลำดับในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ดังนี้

2.1 สมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน

โดยสรุปทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ พบว่า ผู้เรียนมีสมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน กล่าวคือ ผู้เรียนสามารถสื่อสารเพื่อแบ่งปันข้อมูลร่วมกัน ทำความเข้าใจและวิเคราะห์ได้ว่าจากสถานการณ์ที่กำหนดปัญหาที่เกิดขึ้นคืออะไร สามารถสื่อสารเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกันเพื่อหาว่าชิ้นงานของกลุ่มสามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาได้ รวมทั้งการสื่อสารร่วมกันเพื่อหากรอบแนวทางในการสืบค้นข้อมูลต่างๆ ได้เป็นอย่างดี

2.2 สมรรถนะการเลือกวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา

หลังจากที่ผู้เรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ พบว่า ผู้เรียนมีการพัฒนาสมรรถนะการเลือกวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาดีขึ้นตามลำดับ กล่าวคือ ผู้เรียนสามารถร่วมกันระบุว่า จะเลือกแนวทางใดที่ใช้ในการแก้ปัญหาโดยการสื่อสารอภิปรายและแสดงความคิดเห็นด้วยเหตุผล และในการวางแผนปฏิบัติชิ้นงานของผู้เรียนก็เห็นได้ว่า ผู้เรียนมีการเลือกวิธีการในการดำเนินงานได้อย่างรัดกุมและมีการดำเนินงานเพื่อประดิษฐ์ชิ้นงานได้ตามที่วางแผนออกแบบในการแก้ปัญหาจากแนวทางที่ดีที่สุดที่ได้เลือกไว้

2.3 สมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม

จากการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ ผู้เรียนมีสมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่มดีขึ้นตามลำดับ กล่าวคือ ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้เรียนยังไม่แบ่งหน้าที่ในการทำงานอย่างชัดเจนและเหมาะสมก่อนทำกิจกรรมส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความสับสนในระหว่างการทำงานและการดำเนินงานเป็นไปอย่างล่าช้าเพราะแต่ละคนทำงานที่ได้รับมอบหมายให้ปฏิบัติไม่เต็มที่ ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้เรียนแบ่งหน้าที่กันก่อนเริ่มกิจกรรมส่งผลให้เกิดความชัดเจนในหน้าที่ที่ต้องรับผิดชอบทำให้การดำเนินงานดีขึ้นทุกคนปฏิบัติตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้เป็นอย่างดี สำหรับวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้เรียนมีการสลับเปลี่ยนหน้าที่และแบ่งหน้าที่ให้แก่สมาชิกในกลุ่มเหมือนวงจรปฏิบัติการที่ 2 แต่พบว่า ทุกคนปฏิบัติหน้าที่ของตนเองได้อย่างดีเนื่องจากทุกคนเข้าใจบทบาทหน้าที่ต่างๆ ดีขึ้นมากและเนื่องจากมีข้อจำกัดด้านเวลาจึงส่งผลให้ผู้เรียนร่วมมือกันปฏิบัติกิจกรรมตามที่ตนเองได้รับมอบหมายมากขึ้น

จากการที่ผู้เรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การตอบสนองของพืช ครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการแล้ว จากนั้นผู้เรียนทำแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ผลการประเมินพบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะย่อยของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมืออยู่ในระดับสูงทั้งหมด เรียงตามลำดับ คือ สมรรถนะย่อยของสมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน (ร้อยละ 77.15) สมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม (ร้อยละ 82.86) และสมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา (ร้อยละ 87.14) ตามลำดับ

อภิปรายผลการวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การตอบสนองของพืช ควรมีการจัดการเรียนรู้อย่างไร

จากผลการวิจัยจะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การตอบสนองของพืช สามารถส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียนได้เมื่อผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ ส่วนผู้สอนทำหน้าที่เป็นเพียงที่ปรึกษาและให้คำแนะนำเพียงเท่านั้น และกระบวนการทำงานของผู้เรียนผู้สอนควรจะทำให้ผู้เรียนแสดงศักยภาพของตนเองอย่างเต็มที่เพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ความคิดเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างอิสระ ไม่กำหนดขอบเขตของการแก้ปัญหาให้ผู้เรียน ซึ่งจะสามารถทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ด้วยตนเองและช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้นี้จะช่วยให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดหาวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดและร่วมกันแก้ปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับ Concordia (2006) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนที่มีนักเรียนเป็นศูนย์กลาง จะทำให้นักเรียนเรียนรู้ทักษะการสื่อสารและการทำงานร่วมกันที่สำคัญผ่านการทำงานเป็นกลุ่ม และนักเรียนมีความสนใจในกิจกรรมการเรียนรู้มากขึ้นเมื่อนักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น และ Hese, et.al (as cited in Care and griffin, 2015, p.371) กล่าวว่า เมื่อนักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสังคม และร่วมกันแก้ปัญหาร่วมกับผู้อื่นจะช่วยให้นักเรียนเกิดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

ในการจัดการเรียนรู้ทั้งหมดก่อนเริ่มทำกิจกรรมควรให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มมีการระบุบทบาทหน้าที่ในการทำงานที่ชัดเจนกลุ่มซึ่งผู้เรียนจะได้แสดงออกถึงบทบาทหน้าที่นั้นๆ ตามความรู้ความสามารถและความถนัดซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีการร่วมมือกันในการแก้ไขปัญหากลุ่มในทุกกิจกรรมของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เมื่อถึงเวลาในการทำกิจกรรมภายในกลุ่มจะได้ไม่เกิด

ปัญหาและความล่าช้า นอกจากนี้ยังพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละขั้นตอนควรมีการระบุเวลาที่ชัดเจนซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นและร่วมมือกันปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มเพื่อให้เสร็จตามกำหนดเวลา แนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ควรประกอบด้วย 5 ขั้นตอน โดยแต่ละขั้นตอนมีลักษณะดังนี้

1.1 ขั้นการระบุปัญหา (Identify a challenge) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนแต่ละกลุ่มต้องร่วมกันศึกษาสถานการณ์ปัญหาาร่วมกันเพื่อทำการวิเคราะห์และระบุปัญหาของสถานการณ์ที่กำหนด กล่าวคือ ผู้เรียนจะต้องร่วมกันระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดให้ ผู้สอนต้องสร้างความตระหนัก แรงจูงใจและทำให้ผู้เรียนเห็นถึงความสำคัญของปัญหาที่ผู้เรียนพบเจอในสถานการณ์ มีการกำหนดเงื่อนไขชัดเจนเพื่อสร้างความท้าทายให้กับผู้เรียน ซึ่งผู้เรียนจะต้องวิเคราะห์สถานการณ์ที่กำหนดให้ ทำให้ผู้เรียนได้สร้างแนวคิดเพื่อนำไปสู่การบรรลุเป้าหมายเป็นหนึ่งในพฤติกรรมที่ต้องการให้เกิด สถานการณ์ที่กำหนดให้ควรสอดคล้องกับชีวิตจริงหรือใกล้ตัวผู้เรียน สถานการณ์เหล่านี้จะช่วยกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนมากขึ้นส่งผลให้ผู้เรียนมีการระดมความคิด มีการสื่อสารและอภิปรายแลกเปลี่ยนมุมมองแนวคิดความเห็นกันภายในกลุ่มทำให้ผู้เรียนได้เห็นปัญหาที่หลากหลายและช่วยกันหาข้อสรุปเพื่อระบุปัญหาที่เหมาะสมที่สุดกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ สอดคล้องกับ Capraro, Capraro and Morgan (2013) กล่าวว่า การระบุปัญหาในการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรมเป็นสิ่งที่สำคัญนักเรียนจะต้องเข้าใจปัญหาวิเคราะห์ข้อจำกัดและเงื่อนไขของปัญหาที่เผชิญผ่านการร่วมมือของกลุ่มและร่วมกันกำหนดเป้าหมายในการแก้ปัญหาอย่างเหมาะสมโยสมาชิกทุกคนในกลุ่มมีส่วนร่วมต่อการกำหนดปัญหาและมีมุมมองต่อปัญหาในทิศทางเดียวกัน สอดคล้องกับ จรุงพงษ์ ชลสินธุ์ (2559) ที่กล่าวว่า ในการระบุปัญหาต้องสร้างสถานการณ์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงของผู้เรียนและสอดคล้องกับเนื้อหาวิชาซึ่งสถานการณ์ที่กำหนดขึ้นนั้นจะส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ร่วมกันวิเคราะห์นำไปสู่การกำหนดเป้าหมายตลอดจนแนวทางการแก้ปัญหาาร่วมกัน และ Wang, et al., 2012 as defined in Householder and Hailey, 2012, p.22) กล่าวว่า สถานการณ์ปัญหาที่ผู้สอนกำหนดต้องเป็นสถานการณ์ปัญหาที่กระตุ้นให้ผู้เรียนอยากเรียนรู้ มีความน่าสนใจ ใกล้เคียงกับชีวิตจริงและสอดคล้องกับรายวิชาและต้องมีความท้าทายในการแก้ปัญหา ปัญหาที่ใช้ควรเป็นปัญหาปัจจุบันซึ่งส่งผลกระทบต่อสถานการณ์ในชีวิตจริงที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน ครอบครัว และชุมชน และนักเรียนต้องไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง

สำหรับบทบาทของผู้สอนควรแบ่งกลุ่มผู้เรียนโดยคละความสามารถทางการเรียนและความถนัดของผู้เรียนก่อนที่จะเริ่มทำกิจกรรมทั้งหมด จะต้องแนะนำกิจกรรมให้ผู้เรียนทราบวาลักษณะของการดำเนินกิจกรรมเป็นอย่างไร โดยก่อนที่จะดำเนินกิจกรรมควรฝึกให้ผู้เรียนคุ้นเคยกับสมาชิกกลุ่มของตนเองก่อน อาจจะทำให้ปฏิบัติกิจกรรมที่มีความใกล้เคียงหรือกิจกรรมที่จะเชื่อมโยงมาสู่กิจกรรมหลักของกิจกรรมการเรียนรู้และก่อนที่จะให้ผู้เรียนระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดผู้สอนต้องให้ผู้เรียนแบ่งหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่มให้เรียบร้อย

ดังนั้นในขั้นตอนนี้จะส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน ในประเด็นของการค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกในกลุ่ม การแบ่งปันข้อมูลและทำความเข้าใจในปัญหาร่วมกัน และการสื่อสารร่วมกันเพื่อระบุปัญหาและการดำเนินงานภายในกลุ่ม และส่งเสริมให้เกิดสมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม ในประเด็นของการเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเองและของสมาชิกในกลุ่ม

1.2 ขั้นการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Imagine) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนแต่ละกลุ่มต้องร่วมกันระบุความรู้ที่ต้องนำมาใช้ในการแก้ปัญหาโดยอาศัยการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ ครูผู้สอนควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสืบค้นจากแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลายและเปิดกว้างจะสามารถสร้างความสนใจในการสืบค้นข้อมูลของผู้เรียนมากกว่าการสืบค้นข้อมูลจากหนังสือเรียน เช่น แหล่งสืบค้นข้อมูลออนไลน์ สอดคล้องกับ Kamenetz (2009, as defined in Tucker and Courts, 2010, p.37) กล่าวว่า ความพร้อมของแหล่งข้อมูลออนไลน์จะช่วยให้จัดการศึกษาที่ให้บริการนักเรียนได้มากขึ้น ในลักษณะที่รวดเร็ว ราคาถูก และมีประสิทธิภาพมากกว่าการจัดการศึกษาแบบดั้งเดิมในอดีต ผู้สอนควรให้ผู้เรียนหาข้อมูลจากแหล่งสืบค้นอื่นๆ นอกเหนือจากที่ผู้สอนกำหนดให้ ควรให้ผู้เรียนได้สืบค้นจากแหล่งข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือ อีกทั้งผู้สอนควรกระตุ้นผู้เรียนได้สืบค้นจากแหล่งสืบค้นที่หลากหลายซึ่งจะทำให้ผู้เรียนได้แนวทางในการวางแผนและออกแบบในการแก้ปัญหาที่หลากหลายก่อนนำมาสรุปหาแนวทางที่เหมาะสมที่สุด และในขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะต้องปฏิบัติหน้าที่ตามที่ได้รับมอบหมาย เช่น การสืบค้นข้อมูลนี้จะเป็นการสืบค้นข้อมูลโดยสมาชิกที่ทำหน้าที่ในการสืบค้นโดยสมาชิกที่สืบค้นข้อมูลแต่ละคนจะต้องสืบค้นว่ามีข้อมูลใดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ หลังจากนั้นผู้เรียนจะต้องนำวิธีการแก้ปัญหาที่สืบค้นมาได้ทั้งหมดมานำเสนอมาแบ่งปันร่วมกับสมาชิกในกลุ่มเพื่อหาข้อสรุปที่มีความเป็นไปได้มากที่สุด ซึ่งกลุ่มสามารถประยุกต์วิธีการแก้ปัญหาเหล่านั้นให้เป็นวิธีการของกลุ่มตนเองได้ ในการตัดสินใจเลือกแนวคิดที่ดีที่สุดในการแก้ปัญหานั้นจะทำให้ผู้เรียนเกิดการสื่อสารระหว่างกันในกลุ่มเกิดการอภิปรายโต้แย้งกันด้วยเหตุและผลส่งผลให้เกิดทักษะในการแก้ปัญหา

ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเชิงวิศวกรรม สอดคล้องกับ Morgan, Capraro and Capraro (2013) กล่าวว่า การแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรมนั้นจะต้องมีการสืบค้นข้อมูลภูมิหลังที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหรือศึกษาวิธีการแก้ปัญหาที่เคยมีมาในอดีตอย่างครอบคลุมและต้องเข้าใจอย่างลึกซึ้งเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาหรือความผิดพลาดซ้ำเดิมและนำไปสู่การออกแบบและพัฒนาวิธีแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพ

สำหรับบทบาทของครูผู้สอนจะต้องให้คำแนะนำเกี่ยวกับการเข้าถึงแหล่งสืบค้นข้อมูลออนไลน์แก่ผู้เรียนเพื่อเป็นการลดเวลาในการสืบค้นข้อมูล ผู้สอนอาจกำหนดตัวอย่างเว็บไซต์ที่น่าเชื่อถือให้ผู้เรียนสืบค้นข้อมูล แต่จะต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลได้นอกเหนือจากเวลาที่ผู้สอนกำหนด

ดังนั้นในขั้นตอนนี้จะส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา ในประเด็นของการร่วมมือกันระบุเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา

1.3 ขั้นการวางแผนและพัฒนา (Plan and develop) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนนำข้อมูลที่ได้ศึกษามาใช้เป็นฐานในการวางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยคำนึงถึงข้อจำกัดและเงื่อนไขของสถานการณ์ที่กำหนดและต้องสอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์อย่างเหมาะสม (Morgan, Capraro and Capraro, 2013) ขั้นตอนนี้อาจกำหนดให้ผู้เรียนทำการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้เป็นรายบุคคลเพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงออกถึงแนวคิดวิธีการแก้ปัญหาของผู้เรียนเองจากนั้นจึงให้มีการนำแนวคิดของแต่ละคนมาอภิปรายร่วมกันกับสมาชิกของกลุ่มเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมและส่งผลให้เกิดวิธีการวางแผนออกแบบแก้ปัญหาที่หลากหลายและเลือกวิธีออกแบบการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดจะทำให้ผู้เรียนเกิดการสื่อสารระหว่างกันภายในกลุ่ม สอดคล้องกับ Householder and Hailey (2012) กล่าวว่า การเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดอย่างมีประสิทธิภาพนั้นควรมาจากแนวคิดและการตัดสินใจของสมาชิกทุกคนในกลุ่ม จากนั้นผู้เรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการแก้ปัญหาตามวิธีการแก้ปัญหาที่กลุ่มได้ออกแบบและวางแผนร่วมกันโดยผู้เรียนต้องช่วยกันสร้างชิ้นงานภายใต้เงื่อนไขและเวลาที่ผู้สอนกำหนด สอดคล้องกับ Brophy, et al (2008) กล่าวว่า ในการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรมโดยให้ผู้เรียนได้ออกแบบและสร้างโมเดลหรือชิ้นงานขึ้นมาภายใต้เงื่อนไขข้อจำกัดที่กำหนดสามารถส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาขั้นสูงของผู้เรียนได้ และในการปฏิบัติชิ้นงานจริงผู้เรียนจะปฏิบัติตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย ผู้สอนควรกระตุ้นผู้เรียนให้ช่วยกันทำงานมากขึ้นและควรให้อิสระกับผู้เรียนในการออกแบบและสร้างชิ้นงาน และควรฝึกให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาร่วมกันเป็นกลุ่มเมื่อชิ้นงานของผู้เรียนเกิดปัญหาไม่บรรลุตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ สอดคล้องกับ Brophy, et al., 2008 Householder and Hailey, 2012 ; Morgan, Capraro and

Capraro, (2013) กล่าวว่า การที่ผู้เรียนสร้างชิ้นงานนั้นเปรียบเสมือนการนำหลักการหรือทฤษฎีมาสู่การปฏิบัติจริง ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีขึ้น รวมถึงผู้สอนควรเข้าไปสอบถามความคืบหน้าของแต่ละกลุ่มเป็นระยะเพื่อกระตุ้นการทำงานกลุ่มของผู้เรียนให้เร็วยิ่งขึ้น และเมื่อเกิดปัญหาระหว่างดำเนินงานผู้สอนควรให้ผู้เรียนระดมความคิดในการแก้ปัญหาด้วยตนเองก่อน หากผู้เรียนยังแก้ไม่ได้ผู้สอนควรเข้าไปให้คำแนะนำ

สำหรับบทบาทของครูผู้สอนจะต้องกำหนดเวลาในการออกแบบและประดิษฐ์ชิ้นงานของผู้เรียนมีการสอบถามความคืบหน้าเป็นระยะ เปิดกว้างให้ผู้เรียนออกแบบชิ้นงานอย่างเต็มที่ควรให้ผู้เรียนได้ระดมความคิดภายในกลุ่ม และคอยย้ำเตือนเกี่ยวกับเงื่อนไขหรือข้อจำกัดของชิ้นงานที่กำหนด

ดังนั้นในขั้นนี้จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา ในประเด็นของการระบุและอธิบายภาระงานที่ต้องปฏิบัติให้เสร็จ และการร่วมกันวางแผนออกแบบและดำเนินงาน และส่งเสริมให้เกิดสมรรถนะสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่มในประเด็นของการปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย และการอธิบายและประพาดิตตามกฎของกลุ่มที่ได้ตั้งไว้

1.4 ขั้นการทดสอบและประเมินผล (Test and evaluation) ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะต้องนำชิ้นงานที่สร้างขึ้นมาทดสอบเพื่อแก้สถานการณ์ปัญหาภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดซึ่งจะเป็นการทดสอบว่ามีความเป็นไปได้ตามที่วางแผนไว้หรือไม่ จะทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากข้อค้นพบและข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการทดสอบชิ้นงาน ในขณะที่ผู้เรียนทำการทดสอบจะต้องมีสมาชิกในกลุ่มที่ทำหน้าที่ในการจดบันทึกข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับผลการทดสอบชิ้นงานด้วย สอดคล้องกับ Capraro, Capraro and Morgan (2013) กล่าวว่า การให้นักเรียนได้ตรวจสอบและประเมินการออกแบบชิ้นงานของตนเอง มีการซ่อมแซมปรับปรุง หรือทำซ้ำ จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจปัญหามากขึ้นและทราบถึงประสิทธิภาพของชิ้นงานที่สร้างขึ้น รวมถึงประสิทธิภาพของวิธีการแก้ปัญหาว่าเป็นไปตามที่วางแผนไว้หรือไม่ ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และได้ประสบการณ์จากข้อค้นพบและข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น และสอดคล้องกับ วิจารย์ พานิช (2556) กล่าวว่า การเปิดใจยอมรับและตอบสนองต่อมุมมองใหม่ๆ ทำได้โดยฟังข้อคิดเห็นจากกลุ่ม รวมทั้งการประเมินผลงานจากกลุ่มเพื่อนำไปปรับปรุง หลังจากผู้เรียนทดสอบชิ้นงานแล้วจะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีการอภิปรายถึงผลและข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นภายในกลุ่มเพื่อระดมความคิดศึกษาหาวิธีการแก้ปัญหาเพื่อนำมาใช้ในการปรับปรุงชิ้นงานให้ดีที่สุด

สำหรับบทบาทของครูผู้สอนในขั้นนี้ควรที่จะกำหนดเวลาเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความคิดหรืออรรถในการปฏิบัติงาน และเมื่อผู้เรียนเกิดปัญหาขึ้นขณะทำการทดสอบชิ้นงานผู้สอนควรให้ผู้เรียนระดมความคิดในการแก้ปัญหาด้วยตนเองก่อน หากผู้เรียนยังแก้ปัญหาไม่ได้ผู้สอนควรเข้าไปให้คำแนะนำ

ดังนั้นในขั้นนี้จะส่งเสริมสมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน ในประเด็นของการตรวจสอบและแก้ไขความเข้าใจร่วมกัน และส่งเสริมสมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา ในประเด็นของการให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกัน

1.5 ขั้นการนำเสนอผลลัพธ์ (Present the solution) ขั้นตอนนี้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะได้นำเสนอชิ้นงานผลการทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาของชิ้นงานจากข้อค้นพบหรือข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นและการแก้ไขปรับปรุงชิ้นงานของตนเอง สอดคล้องกับ ดารารัตน์ ชัยพิลา (2559) กล่าวว่า ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนที่แต่ละกลุ่มทำรายงานผลการดำเนินการแก้ปัญหาโดยมีการรายงานอภิปรายถึงข้อดีข้อด้อยของชิ้นงาน ความสำเร็จของการดำเนินงาน ปัญหาอุปสรรคที่เกิดขึ้น ตลอดจนแนวทางในการแก้ไขปรับปรุง ผู้เรียนเกิดการแลกเปลี่ยนมุมมองเกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหาร่วมกันกับกลุ่มอื่นๆ ทำให้มีมุมมองเกี่ยวกับการแก้ปัญหาที่หลากหลายมากขึ้นเนื่องจากปัญหาเชิงวิศวกรรมไม่มีคำตอบหรือวิธีการ ที่ถูกต้องที่สุด สอดคล้องกับ Householder and Hailey, 2012 ; Morgan, Capraro and Capraro, (2013) กล่าวว่า ผลการทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาชิ้นงานจะนำไปสู่การปรับปรุงและพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาให้มีความสมบูรณ์และเหมาะสมมากขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ใช้ความรู้และทักษะในด้านเทคโนโลยีในการเลือกวิธีการนำเสนอข้อมูลและข้อค้นพบต่างๆ ให้กับเพื่อนใน ชั้นเรียนได้ทราบ ส่งเสริมทักษะด้านการสื่อสารและการเลือกใช้สื่อเทคโนโลยีในการสื่อสาร (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) ทั้งนี้ผู้สอนควรกำหนดเวลาในการนำเสนอของแต่ละกลุ่มและให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอและมีช่วงเวลาในการถาม-ตอบ หลังการนำเสนอที่ละกลุ่มเพราะจะช่วยให้ผู้เรียนไม่สับสนเนื้อหาในการนำเสนอของแต่ละกลุ่ม

สำหรับบทบาทของครูผู้สอนในขั้นนี้ควรที่จะกำหนดเวลาในการนำเสนอและกำหนดวิธีการนำเสนอให้กับผู้เรียนหรืออาจให้ผู้เรียนทำข้อตกลงร่วมกันเพื่อเลือกวิธีการนำเสนอที่เหมาะสมกับระยะเวลาที่กำหนด อีกทั้งควรที่จะกำหนดประเด็นในการนำเสนอที่ชัดเจนเพื่อให้เป็นไปในทิศทางเดียวกันและควรมีการจัดการอย่างเป็นระบบ เช่น ให้มีช่วงถาม - ตอบ หลังการนำเสนอของผู้เรียนที่ละกลุ่ม เป็นต้น

ดังนั้นในขั้นตอนนี้จะส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม
ในประเด็นของการอธิบายและประพุดิตนตามกฎของกลุ่มที่ได้ตั้งไว้ และการให้ข้อเสนอแนะ
เพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกัน

จะเห็นได้ว่าจากขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่าน
กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือทั้ง 5 ขั้นตอน
จะมุ่งเน้นไปที่ให้ผู้เรียนได้อภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มมากที่สุด เริ่มตั้งแต่การสร้าง ความเข้าใจด้วย
มุมมองของตนเองหรือของกลุ่มก่อน จากนั้นจึงนำไปสู่มุมมองของกลุ่มและระหว่างกลุ่มต่อไป
เนื่องจากการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหาที่หลากหลายซึ่งย่อม
ได้มาจากการอภิปรายที่กว้างขวางเพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ดีที่สุด

ในส่วนของผู้สอนจะต้องมีบทบาทมากที่สุดในช่วงแรกของกิจกรรม นั่นคือ ต้องให้
คำแนะนำ ช่วยเหลือกำกับติดตามเป็นระยะ เพื่อให้ผู้เรียนดำเนินกิจกรรมได้ตามกรอบระยะเวลา
แต่ทั้งนี้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามบริบทของสถานการณ์ ดังที่สถาบัน
ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) กล่าวว่า การแก้ปัญหาตามขั้นตอน
กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมอาจมีลำดับขั้นตอนการดำเนินงานแตกต่างจากนี้ โดยอาจมีการ
สลับขั้นตอนหรือย้อนกลับขั้นตอนได้ และโดยทั่วไปการสร้างสรรคชิ้นงานหรือการแก้ปัญหาเรื่องใด
เรื่องหนึ่งมักเป็นกระบวนการที่ต้องทำซ้ำและต่อเนื่องจนกว่าจะสามารถแก้ปัญหาได้ นอกจากนี้
ในช่วงท้ายของกิจกรรมผู้สอนจะต้องเป็นผู้นำในการสรุปและสะท้อนผลการจัดกิจกรรมเพื่อให้
ผู้เรียนได้เกิดความเข้าใจที่ตรงกัน

จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบ
เชิงวิศวกรรมที่ให้ผู้เรียนได้ร่วมกันระบุนปัญหา สืบค้นข้อมูลเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหา ร่วมกัน
วางแผนออกแบบและสร้างชิ้นงาน รวมไปถึงมีกระบวนการทดสอบตรวจสอบและแก้ปัญหาร่วมกัน
โดยมีการอภิปรายร่วมกันในทุกขั้นตอนจะสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะการแก้ปัญหา
แบบร่วมมือได้

**2. ผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการ
ออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การตอบสนองของพืช มีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ
หรือไม่ อย่างไร**

ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบ
เชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ พบว่า ผู้เรียน
เกิดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ดังนี้

2.1 จากการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนในชั้นเรียน พบว่า ผู้เรียนเกิดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ กล่าวคือ ผู้เรียนมีการสื่อสารแบ่งปันข้อมูล และการวางแผนในการแก้ปัญหาและกระบวนการทำงานกลุ่มดีขึ้น จากการสังเกตตั้งแต่วงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้เรียนส่วนใหญ่มีระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมืออยู่ในระดับกลาง และระดับต่ำ มีเพียงนักเรียน 1-2 กลุ่ม เท่านั้นที่มีระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมืออยู่ในระดับสูง กล่าวคือ จากการสังเกตในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้เรียนยังไม่ค่อยมีการสื่อสารและทำงานร่วมกัน ที่สำคัญคือยังไม่มีกำหนดหรือแบ่งบทบาทหน้าที่ในการทำงาน ส่งผลให้เมื่อดำเนินกิจกรรมจะพบข้อผิดพลาดและเป็นไปด้วยความล่าช้า อาจเป็นเพราะผู้เรียนยังไม่มี ความคุ้นเคยกับสมาชิกในกลุ่ม แต่ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 พบว่าผู้เรียนทำงานร่วมกันดีขึ้น เนื่องจากผู้เรียนมีความคุ้นเคยกันมากขึ้น จึงทำให้ผู้เรียนแต่ละคนกล้าที่จะพูดและเสนอความคิดเห็นในการทำงานร่วมกัน ทิศทางการแก้ปัญหาของกลุ่มจึงดำเนินไปในทิศทางเดียวกัน จึงทำให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างราบรื่น แต่อย่างไรก็ยังมีผู้เรียนบางกลุ่มที่ยังไม่ค่อยช่วยกันทำงานอยู่ แต่เมื่อถึงวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้เรียนมีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือเพิ่มขึ้น นั่นคือ ไม่พบผู้เรียนที่มีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมืออยู่ในระดับต่ำ ผู้เรียนสามารถอภิปรายร่วมกันเพื่อระบุนแนวคิดที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา มีการวางแผนออกแบบและสร้างชิ้นงานเพื่อนำไปดำเนินการแก้ปัญหาภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดได้ และประเมินผลชิ้นงานมีความรวดเร็วมากกว่าทุกวงจรปฏิบัติการ เพราะมีข้อจำกัดทางด้านเวลา ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีการสื่อสารแบ่งปันข้อมูล ทำความเข้าใจและดำเนินงานร่วมกัน เพื่อช่วยกันแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้มากขึ้น อีกทั้งยังแสดงให้เห็นว่าผู้เรียนทุกคนมีความรับผิดชอบและปฏิบัติหน้าที่ของตนได้เป็นอย่างดี จึงทำให้การดำเนินงานรวดเร็วขึ้น ดังนั้นจึงจะเห็นได้ว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมนี้สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้

2.2 การประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียนแต่ละคน พบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่ มีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมืออยู่ในระดับสูง นั่นคือ สมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจ ที่มีร่วมกัน คิดเป็นร้อยละ 77.15 โดยผู้เรียนมีสมรรถนะย่อยค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกภายในกลุ่มมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 82.86 ด้านสมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา คิดเป็นร้อยละ 82.86 โดยผู้เรียนมีสมรรถนะย่อยร่วมกันออกแบบวางแผนและดำเนินงานมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 88.57 และด้านสมรรถนะ

การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน คิดเป็นร้อยละ 87.14 โดยผู้เรียนมีสมรรถนะย่อย ปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 91.43

นอกจากนี้ยังพบว่าผลที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียนมีความแตกต่างจากผลการประเมินเล็กน้อย นั่นคือ สมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน ในด้านการตรวจสอบและแก้ไขความเข้าใจร่วมกัน และสมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา ในด้านระบุเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา พบว่า มีค่าร้อยละของผู้เรียนอยู่ในระดับต่ำ คิดเป็นร้อยละ 2.86 จากการทำแบบประเมิน ซึ่งต่างจากวงจรปฏิบัติการที่ 3 ที่พบว่าร้อยละของผู้เรียนอยู่ในระดับสูงและระดับกลางเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากในการทำแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือเป็นการประเมินแบบรายบุคคล แต่ในการปฏิบัติกิจกรรมในแต่ละวงจรปฏิบัติการเป็นการทำงานเป็นกลุ่มซึ่งต้องอาศัยการสื่อสารและอภิปรายและทำงานร่วมกันจึงจะได้คำตอบเพื่อที่จะได้วิธีการและชิ้นงานที่สามารถแก้ปัญหาได้ดีที่สุด ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้ผลของสมรรถนะที่ได้มีความแตกต่างกัน ซึ่งอภิปรายผลได้ดังนี้

2.2.1 สมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน

ผู้เรียนส่วนใหญ่มีระดับสมรรถนะย่อยอยู่ในระดับสูง กล่าวคือ ผู้เรียนส่วนใหญ่มีมุมมองความเข้าใจต่อสมาชิกในกลุ่มของตนเองว่าแต่ละคนมีความถนัดในด้านใดบ้าง จึงทำให้ผู้เรียนสามารถอธิบายและแจกแจงบทบาทหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่มได้อย่างเหมาะสม ตามความสามารถความถนัดของสมาชิกแต่ละคน มีการแบ่งปันข้อมูลของแต่ละคนร่วมกันมีการสื่อสารร่วมกันเพื่อระบุปัญหา ระบุวิธีการดำเนินงานที่สอดคล้องเพื่อใช้ในการแก้ปัญหามีการสื่อสารอภิปรายเพื่อตรวจสอบความเข้าใจที่มีร่วมกันเมื่อเกิดความไม่เข้าใจภายในกลุ่ม ซึ่งสอดคล้องกับเกณฑ์การประเมินสมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกันของ PISA 2015 (OECD, 2013) ในระดับสูง คือ ผู้เรียนสามารถระบุปัญหาและแนวคิดที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหา สามารถสืบค้นข้อมูลเพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนด แบ่งปันความรู้ความเข้าใจและมุมมองที่มีต่อปัญหาของตนเองกับของกลุ่มได้อย่างเหมาะสม มีการตรวจสอบความผิดพลาดหรือความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากการสื่อสารและสามารถทำการแก้ไขร่วมกับกลุ่มได้ แต่ยังไม่ครอบคลุมและไม่ค่อยมีเหตุผลมารองรับมากเท่าใดนัก ดังนั้นผู้สอนควรกระตุ้นให้ผู้เรียนร่วมกันระบุปัญหาที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งบอกเหตุผลที่เลือกให้มากขึ้นเพื่อเป็นการฝึกให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์ร่วมกันอย่างเป็นเหตุผลด้วย

สำหรับสมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกันนี้จะเกิดขึ้นในขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ 1) ขั้นการระบุปัญหา (Identify a challenge) เมื่อผู้เรียนได้แบ่งบทบาทหน้าที่การทำงานภายในกลุ่ม มีการทำความเข้าใจปัญหาแล้วนำมาแบ่งปันร่วมกัน 2) ขั้นการค้นหา

แนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore ideas) เมื่อผู้เรียนได้ระบุวิธีการที่ต้องนำมาใช้ในการแก้ปัญหาพร้อมกัน และ 3) ขั้นการทดสอบและประเมินผล (Test and evaluation) เมื่อผู้เรียนได้ทำการตรวจสอบชิ้นงานเกี่ยวกับข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น

2.2.2 สมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมกับการแก้ปัญหา

ผู้เรียนส่วนใหญ่มีระดับสมรรถย้อยอยู่ในระดับสูง คือ ผู้เรียนมีการอภิปรายเพื่อระบุแนวทางที่เหมาะสมที่ใช้ในการแก้ปัญหาพร้อมกัน สามารถระบุและอธิบายขั้นตอนในการปฏิบัติงานได้ มีการสื่อสารพูดคุยเพื่อวางแผนและออกแบบชิ้นงาน มีการตรวจสอบผลการดำเนินงานว่ามีความสอดคล้องกับเป้าหมายที่กำหนดไว้หรือไม่ รวมทั้งเมื่อมีข้อโต้แย้งเกิดขึ้นระหว่างการปฏิบัติกิจกรรมก็สามารถอธิบายทำความเข้าใจได้อย่างมีเหตุผล และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ซึ่งสอดคล้องกับเกณฑ์การประเมินสมรรถนะเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมกับการแก้ปัญหของ PISA 2015 (OECD, 2013) ในระดับสูง คือ ผู้เรียนสามารถกำหนดเป้าหมายในการแก้ปัญหาและวางแผนในการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ผ่านการร่วมมือกัน โดยคำนึงถึงข้อจำกัดและเงื่อนไขของปัญหา สามารถระบุแนวทางในการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดที่จะนำไปสู่การบรรลุเป้าหมายหรือความสำเร็จในการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพผ่านการร่วมมือกันในกลุ่ม ดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้อย่างเหมาะสม และสามารถตรวจสอบความผิดพลาดหรือผลการดำเนินการแก้ปัญหาและประเมินความสำเร็จของวิธีการแก้ปัญหาของกลุ่มพร้อมทั้งระบุแนวทางปรับปรุงแก้ไขได้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนด แต่อย่างไรก็ตามในการวางแผนออกแบบและดำเนินงานเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาผู้เรียนสามารถออกแบบวิธีการดำเนินงานในการแก้ปัญหาได้แต่ยังไม่ครอบคลุมและไม่มีการอธิบายขั้นตอนอย่างละเอียด ดังนั้นผู้สอนควรมีการกระตุ้นให้ผู้เรียนออกแบบขั้นตอนและตรวจสอบผลวิธีนั้นอย่างละเอียดและผู้สอนติดตามผลการดำเนินงานอย่างใกล้ชิดทุกกลุ่ม

สำหรับสมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมกับการแก้ปัญหานี้จะเกิดขึ้นในขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ 1) ขั้นการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore ideas) เมื่อผู้เรียนได้ร่วมกันระบุแนวทางที่จะนำมาใช้แก้ปัญหา 2) ขั้นการวางแผนและพัฒนา (Plan and develop) เมื่อผู้เรียนได้ร่วมกันร่างภาพชิ้นงานและสร้างชิ้นงานขึ้นมาเพื่อใช้แก้ปัญหา 3) ขั้นการทดสอบและประเมินผล (Test and evaluation) เมื่อผู้เรียนได้ร่วมกันนำชิ้นงานที่สร้างขึ้นไปทดสอบเพื่อแก้ปัญหา และ 4) ขั้นการนำเสนอผลลัพธ์ (Present the solution) เมื่อผู้เรียนได้นำเสนอผลการทดสอบชิ้นงานภายในชั้นเรียนได้อภิปรายเพื่อตอบข้อซักถามต่างๆ และได้ร่วมกันสะท้อนผลความสำเร็จของชิ้นงานที่สร้างขึ้น

2.2.3 สมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม

ผู้เรียนส่วนใหญ่มีระดับสมรรถนะย่อยอยู่ในระดับสูง นั่นคือ สามารถแบ่งบทบาทหน้าที่ของทุกคนได้ตามความสามารถของแต่ละคน และระบุน้ำที่ของตนกับของสมาชิกในกลุ่มได้ ผู้เรียนมีความรับผิดชอบปฏิบัติงานได้ตามที่ได้รับมอบหมายอย่างตั้งใจภายในเวลาที่วางแผนไว้ รวมทั้งสามารถรายงานปัญหาที่เกิดจากตนเองหรือสมาชิกคนอื่นได้ และยังพบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่เห็นความสำคัญของการสื่อสารร่วมกันเพื่อปรับปรุงข้อผิดพลาดในการทำงานร่วมกันได้ สอดคล้องกับเกณฑ์การประเมินสมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่มของ PISA 2015 (OECD, 2013) คือ ผู้เรียนสามารถระบุน้ำที่การทำงานของตนเองและสมาชิกได้ สมาชิกแต่ละคนปฏิบัติหน้าที่ได้อย่างเหมาะสม ปฏิบัติหน้าที่ตามข้อตกลงของกลุ่ม สามารถตรวจสอบและแจ้งเตือนสมาชิกในกลุ่มให้ปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย ให้การช่วยเหลือและยอมรับการช่วยเหลือจากสมาชิกในกลุ่มเพื่อไม่ให้เกิดความขัดแย้งหรืออุปสรรคต่อการแก้ปัญหาของกลุ่มได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนด แต่ยังพบว่าผู้เรียนไม่สามารถอธิบายได้ว่าหลังจากที่ได้รับงานที่มอบหมายสมาชิกควรจะมีควมรับผิดชอบต่อน้ำที่เมื่อเกิดปัญหาขึ้นไม่ควรเปลี่ยนหน้าที่ของตนเองแต่ควรปรึกษามชิกในกลุ่มจากนั้นนำคำแนะนำมาปรับใช้ ดังนั้นผู้สอนควรกระตุ้นให้ผู้เรียนทำงานที่ตนเองได้รับมอบหมายให้ดีที่สุด เมื่อเกิดปัญหาขึ้นควรให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียน

สำหรับสมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่มนี้จะเกิดขึ้นในทุกๆ ขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นั่นคือ ผู้เรียนจะต้องเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเองและปฏิบัติตามข้อตกลงของกลุ่มเสมอขณะที่ปฏิบัติกิจกรรม

ดังนั้นจากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าในการส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือผู้เรียนจะมีสมรรถนะนี้เพิ่มขึ้นมากขึ้นก็ต่อเมื่อผู้เรียนได้ร่วมกันแก้ปัญหาเป็นกลุ่มอย่างต่อเนื่องซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนแสดงสมรรถนะนี้ให้อยู่ในระดับสูงออกมาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จะเห็นได้ว่าหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ พบว่า ผู้เรียนมีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่ดีขึ้น ผู้เรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือทั้ง 3 สมรรถนะ ได้แก่ สมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน สมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา และสมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม อยู่ในระดับสูง ซึ่งแสดงว่าการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวสามารถส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียนได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Yi Lin, et al. (2015) ได้ศึกษาระบบการประเมินผลเพื่อทำการประเมินทักษะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ (CPS) ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาซึ่งจะประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของ PISA ได้แก่ สมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน สมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา และสมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่มโดยการประเมินจะใช้ระบบคอมพิวเตอร์ในการประเมินตามเกณฑ์ของ OECD พบว่าระบบนี้สามารถใช้ในการประเมินผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพและผู้เรียนมีการแสดงออกถึงสมรรถนะทั้งสามนี้อย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับ จรูญพงษ์ ชลสินธุ์ (2559) ได้ศึกษาเรื่องการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ซึ่งเป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ พบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมืออยู่ในระดับกลางเพราะผู้เรียนได้รับความรู้และประสบการณ์ในการเรียนรู้ไม่เท่ากันแต่เมื่อทำงานเป็นกลุ่ม พบว่าผู้เรียนสามารถแก้ไขปัญหาก็ได้ แต่มีอุปสรรคเมื่อลองแก้ปัญหาด้วยตนเอง สอดคล้องกับ ชนกกานต์ เนตรรัศมี (2560) ได้ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และศึกษาผลที่มีต่อสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง เคมีสิ่งแวดล้อม ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ควรจะเน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติงานร่วมกันเป็นกลุ่มเพื่อให้ผู้เรียนร่วมมือกันแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้และการจัดการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้เป็นอย่างดี คือ ผู้เรียนมีสมรรถนะเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมกับการแก้ปัญหามากที่สุด รองลงมา คือ ผู้เรียนมีสมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน และสมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่มตามลำดับ และสอดคล้องกับ Strimel (2014) ได้ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในเรื่อง การขุดเจาะก๊าซธรรมชาติ การแยกก๊าซ กระบวนการที่ใช้ในการขุดเจาะ และผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม พบว่า ในการทำกิจกรรมผู้เรียนได้ร่วมมือกันในการแก้ปัญหา วางแผนและออกแบบชิ้นงาน ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้แบบร่วมมือขึ้นและมีการใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการประดิษฐ์ชิ้นงาน

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

1.1 การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสามารถส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้ โดยต้องมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องเพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาสมรรถนะนี้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 การจัดกิจกรรมผู้สอนควรกำหนดสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกับสถานการณ์ปัญหาที่กำลังเป็นที่สนใจในขณะนั้นและพบเห็นได้ในชีวิตประจำวันเพื่อให้สอดคล้องกับชีวิตจริงของนักเรียนมากที่สุด

1.3 กิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการแข่งขันสามารถเป็นตัวกระตุ้นช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้เป็นอย่างดี

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัย

2.1 การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ผู้วิจัยได้ให้ผู้เรียนสร้างชิ้นงานจริงเพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหาจริงจากสถานการณ์ที่กำหนด ซึ่งผู้เรียนแต่ละกลุ่มมีการสร้างชิ้นงานที่มีรูปแบบที่แตกต่างกันที่แสดงให้เห็นถึงความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนแต่ละกลุ่มในการสร้างชิ้นงาน ดังนั้นในการทำวิจัยครั้งต่อไปควรเพิ่มการวัดทักษะการคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนเพื่อหาแนวคิดและการมองปัญหาในรูปแบบใหม่ๆ

2.2 ควรมีการศึกษามุมมองความเข้าใจหรือทัศนคติต่อความรู้ด้านสะเต็มศึกษา โดยเฉพาะด้านเทคโนโลยีและด้านวิศวกรรมศาสตร์ หรือทัศนคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*.
กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.(2557). *ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ นักเรียนรู้อะไร และทำอะไรได้บ้าง*. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.
- จตุรพงษ์ ชลสินธุ์. (2559). *การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ*. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- จำรัส อินทลาภาพร. (2558). *การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสำหรับ ผู้เรียนประถมศึกษา The study guidelines for learning management of the STEM Education for elementary student*. *วารสารมนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และศิลปะ มหาวิทยาลัยศิลปากร*, 8(1), 62-74.
- ชนกกานต์ เนตรรัศมี. (2560). *การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง เคมีสิ่งแวดล้อม ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- ดารารัตน์ ชัยพิลา. (2559). *ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวคิด STEM Education เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. *วารสารศึกษาศาสตร์*, 27(2), 98-109.
- ดุษฎี โยเหลา และ คณะ. (2557). *การศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบ PBL ที่ได้จากโครงการสร้างชุดความรู้เพื่อสร้างเสริมทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ของเด็กและเยาวชน: จากประสบการณ์ความสำเร็จของโรงเรียนไทย*. กรุงเทพฯ : หจก. ทิพยวิสุทธี.
- ธีรภา ไชยเดช. (2559). *วิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์* (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

- พัชราพร มิณูชรัตน์. (2557). ผลการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิค STAD ที่มีต่อสมรรถนะด้านการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. การค้นคว้าด้วยตนเอง กศ.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. วารสาร นักบริหาร (Executive Journal), 33(2), 29-56.
- มนตรี จุฬาวัดนทล. (2556). สะเต็มศึกษาประเทศไทยและทูตสะเต็ม. นิตยสาร สสวท., 42(185), 14-16.
- ลือชา ลดาชาติ. (2558). การวิจัยเชิงคุณภาพสำหรับครูวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.
- วรางคณา ทองนพคุณ. (2554). ทักษะเพื่อการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 คืออะไร มีความสำคัญอย่างไร ในทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ความท้าทายในอนาคต (21st Century Skill: The Challenges Ahead) (หน้า 5-9). ภูเก็ต: คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต.
- วิจารณ์ พานิช. (2556). การสร้างการเรียนรู้สู่ศตวรรษที่ 21. กรุงเทพฯ: ส.เจริญการพิมพ์.
- ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). สะเต็มศึกษาและการออกแบบเชิงวิศวกรรม. สืบค้นเมื่อ 8 เมษายน 2562 จาก <http://www.stemdthailand.org/?knowstem=สะเต็มศึกษาและการออกแบบ>.
- สกนธ์ชัย ชะนูนันท์. (2559). เอกสารประกอบการสอนวิชา การจัดค่ายวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์. พิษณุโลก: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- สถาบันพัฒนาองค์กรชุมชน. (2558). นโยบายคณะกรรมการสถาบันฯ เพื่อการพัฒนาขบวนองค์กรชุมชน. กรุงเทพฯ: นโยบายคณะกรรมการสถาบันฯ เพื่อการพัฒนาขบวนองค์กรชุมชน.
- สถาบันวิจัยและพัฒนา. (25 พฤศจิกายน 2556). การจัดการศึกษาแบบบูรณาการด้วยวิธี STEM Education. ในโครงการสัมมนา เรื่อง การจัดการศึกษาแบบบูรณาการด้วยวิธี STEM Education. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). สะเต็มศึกษาและทูตสะเต็ม (STEM Education Thailand and STEM Ambassadors), นิตยสาร สสวท., 42(185).
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). ความรู้เบื้องต้นสะเต็มศึกษา. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *ความรู้เบื้องต้นสะเต็มศึกษา*.
กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). *การแก้ปัญหาแบบร่วมมือ (Collaborative Problem Solving) บทสรุปสำหรับผู้บริหาร PISA 2015, PISA Thailand*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
กระทรวงศึกษาธิการ. หน้า 3.
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2557). สะเต็มศึกษา STEM Education. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 17(3), 202-210.
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2557). *การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทิศทางสำหรับศตวรรษที่ 21*.
เพชรบูรณ์: จุลติสการพิมพ์.
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558). สะเต็มศึกษา STEM Education. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 17(3), 201-217.
- สุพรรณิ ขาญประเสริฐ. (2557). สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. *IPST MAGAZINE*, 42, 3-5.
- สุวิมล ว่องวานิช. (2557). *การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (พิมพ์ครั้งที่ 17)*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สำนักงานที่ปรึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำสถานเอกอัครราชทูต ณ กรุงวอชิงตัน ประเทศสหรัฐอเมริกา. (มีนาคม 2553). *สถานภาพนโยบายด้านวิทยาศาสตร์ นวัตกรรมและพลังงาน ของประเทศสหรัฐอเมริกา*. สืบค้นเมื่อ 10 เมษายน 2562, จาก www.ostc.thaiembdc.org/document/Inno%20report.pdf.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2558). *คู่มือบริหารจัดการเวลาเรียน ลดเวลาเรียน เพิ่มเวลารู้*. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.
- สำนักวิจัยมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย. (2553). *สังเคราะห์ขั้นตอนการใช้ปัญหาเป็นฐาน*.
ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย.
- อภิสิทธิ์ ธงไชย. (2556). เทคโนโลยีและวิศวกรรมคืออะไรในสะเต็มศึกษา. *IPST MAGAZINE*, 42(185), 35-37.
- อลงกต ใหม่ดวง. (2557). เชื่อมโยงความคิดคณิตสะเต็ม. *IPST MAGAZINE*, 42, 16-21.
- อุปการ จีระพันธ์. (2556). สะเต็มศึกษาของใหม่สำหรับประเทศไทยหรือไม่. *นิตยสาร สสวท.*, 42(185), หน้า 33-34.

เอกรินทร์ อัจฉะกุลวิสุทธิ. (2557). การประเมินด้านการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของ PISA 2015.

Breiner, J.M., Johnson, C.C., Harkness, S.S. and Koehler, C.M. (2012). *What is STEM? A discussion about conception of STEM in education and partnerships*. Retrieved 10 April, 2019, from <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1949-8594.2011.00109.x/abstract>.

Brophy, S., Klein, S., Portsmore, m., & Rogers, C. (2008). Advancing Engineering Education in P-12 Classrooms. *Journal of Engineering Education* , 97(3), 369-387.

Capraro M., Capraro M. and Morgan R. (2013). *STEM project-based learning: an integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach*. (2nd ed.). Rotterdam: Sense publishers.

Care, E. and Griffin, P. (2014). *An approach to assessment of collaborative problem solving*. Research and Practice in Technology Enhances Learning.

Carley, W. (2012). *What is STEM and why do I need to know*. Retrieved 10 April, 2019, from <http://issuu.com/carleygroup/docs/stem12online/>

Concordia. (2016). Which is best: teacher-centered or student-centered education?. Retrieved May 8, 2017, from <http://education.cuportland.edu/blog/classroom-resources/which-is-best-teacher-centered-or-student-centered-education/>

Cotabish, A., Dailey, D., Robinson, A., & Hughes, G. (2013). The effects of a STEM Intervention on Elementary Students' Science Knowledge and Skill. *School Science and Mathematics*, 113(5), 251-226.

Hesse, F., Care, E., Buder, J., Sassenberg, K., & Griffin, P. (2015). *A framework for teachable collaborative problem solving skill*. Springer, 38, 371.

Householder, D.L. and Hailey, C.E. (2012). *Incorporating engineering design challenges into STEM courses*. January 28, 2021, from http://digitalcommons.usu.edu/ncete_publications/166.

- Kolodner, J. L., Camp, P. J., Crismond, C.D., Fasse, B., Gray, J., Holbrook, J., Puntambekar, S., & Ryan, M. (2003). Problem-Based Learning Meets Case-Based Reasoning in the Middle-School Science Classroom: Putting Learning by Design™ into Practice. *The Journal of the Learning Science*, 12(4), 495-547.
- Lakose, C.D. *The inclusion of engineering design into the high school biology curriculum*. University of Northern Iowa. Retrieved 21 April, 2019, from <http://scholarworks.uni.edu/grp/75> (2015).
- Lin, Y., Yu, C., Hsiao, S., Chu, H., Chang, S., & Chien, Y. H. (2015). *Design of an assessment system for collaborative problem solving in STEM education*. *J. Comput. Educ*, 2, 301-322.
- Morgan, J.R., Capraro, M.m. and Capraro, R.M. (2013). *STEM project-based learning: An integrated science, technology, engineering, and Mathematics (STEM) approach*. Rotterdam: Sense.
- National Research Council. (1996). *The National Science Education Standards*. Washington, D.C.: The National Academy Press.
- Nelson, G.D. (1999). *Science literacy for all 21st century*. (Online). Available from: <http://www.project2016.org/publications/articles/ascd.htm>. (21 April, 2019).
- NGSS Lead States. (2013). *Next generation science standards : For states, by states*. Washington, DC: The National Academies Press.
- OECD.(2013). *PISA 2015: Draft collaborative problem solving framework*. Paris: OECD.
- Panich, V. (2012). *Learning Strategies for Student in 21st Century*. Bangkok: Sod sri-Saritwong Foundation. (in Thai).
- Princess Chulabhorn's College. *Hight School Curriculum of Princess Chulabhorn's Collage B.E. 2554*. Retrieved from http://www.pccpl.ac.th/pccpl2012/images/imagefile56/curi_sec.pdf, April 20, 2019. (in Thai). (2012).
- Putwattana, N. (2018). Integrative biology teaching and learning model based on STEM education. *ICSERTS 2018: 20th International Conference on Science Education, Research and Training in School*, Tokyo Japan.

- Schachter, R. (2012). *A classroom of engineering: Teaching STEM in the younger grade*. Scholastic instructor. Retrieved 10 April, 2019, from <http://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ973521.pdf>
- Sharp, P., Janetos, A., & Yamamoto, K. *A new Biology for 21st century*. Retrieved From <http://www.nap.edu/catalog/12764/a-new-biology-for-the-21st-century>. (2016).
- Shieh, R.S. and Chang, W. (2014). Fostering student's creative and problem-solving skills through a hands-on activity. *Journal of Baltic Science Education*, 13(5), 650-661.
- Strimel, G. (2014). *Shale gas extraction: Drilling into current issues and making STEM connections*. Resources in Technology and Engineering, 12, 16-24.
- Tawfik, A., Trueman, R.J. and Trueman, M.M. (2014). Engaging non-scientists in STEM through problem-based learning and service learning. *Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 8(2), 1-10.
- Tucker J. and Courts B. (2010). Utilizing the internet to facilitate classroom learning. *Journal of college teaching & learning*. 7(7). 37-44.
- Valerie, M., Tobias, E., Greiff, S., Krkovic, K. and Ras, E. (2014). Moving towards the assessment of collaborative problem solving skills with a tangible user interface. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 13(4), 95-104.
- Wahib N.T.A. & Talib, O. (2017). Stem integration in classroom practices among biology teachers in Mara junior science college (MJSC). *International Journal of Academic Research in Business and Social Science*, 7(4), 1030-1041.
- Wahl, D.C. (2017). *Bionics vs. biomimicry: from control of nature to sustainable Participation in nature*. Retrieved 21 April, 2019, from <http://medium.com/age-of-awareness/bionics-vs-biomimicry-from-control-of-nature-to-sustainable-participation-in-nature-b56e769c94f0>.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก รายงานผู้เชี่ยวชาญ

ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การค้นคว้าอิสระ เรื่อง การส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การตอบสนองของพืช มีรายชื่อผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

1. ดร. สุรียา ชาปู้

อาจารย์ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

2. นายสุเมธ แก้วทอง

ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

โรงเรียนเชียงกลาง “ประชาพัฒนา” จังหวัดน่าน

3. นางรัฐพร ธิเสนา

ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

โรงเรียนศรีสวัสดิ์วิทยาคารจังหวัดน่าน จังหวัดน่าน



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย งานวิชาการ โทร. ๘๘๘๘

ที่ ยว ๐๖๐๙.๐๖/ว ๓๕๙๓

วันที่ ๒ มิถุนายน ๒๕๖๓

เรื่อง งดความอนุเคราะห์จัดรวมค่าใช้จ่ายเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ

เรียน ดร.สุริยา ชาญ

ด้วย นางมธุละดา วีระทัศน์ รหัสประจำตัว ๒๑๐๙๐๑๓๐ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชา
วิทยาศาสตร์ศึกษา สังกัดบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้ทำการค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การส่งเสริม
สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการ
ออกแบบเชิงวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เรื่อง การออกแบบของพิซซา" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาค้นคว้าอิสระการศึกษามหาบัณฑิต โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุริยา ชาญ เป็น
เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

ในการค้นคว้าอิสระเกี่ยวกับเรื่องนี้ บัณฑิตวิทยาลัย ทราบมาแล้วว่าเป็นผู้ที่มีความรู้
ความเชี่ยวชาญในเรื่องนี้เป็นอย่างยิ่ง จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้รับผิดชอบดูแลตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ใน
การค้นคว้าอิสระ ดังแนบมาพร้อมนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร หรือเป็นอย่างอื่นว่าคงจะได้รับ
ความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริลาภ วันรัตน์จิตร)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย



รวมฉบับออก 30 ๐ แห่งทุกสัปดาห์
กระทรวงศึกษาธิการ
สำนักงานคณะกรรมการ
การอุดมศึกษาและวิทยาศาสตร์



ที่ อว ๒๖๐๓ ๐๖/ว ๑๕๖๓

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ท่าบ่อเมือง จังหวัดขอนแก่น ๒๕๖๐๐

๒ มิถุนายน ๒๕๖๓

เรื่อง ขอยขออนุญาตระงับการขโมยเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ

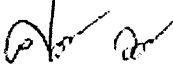
เรียน คุณรัฐพร วิเสนา

- สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. โครงการการค้นคว้าอิสระ จำนวน ๑ ฉบับ
- ๒. เครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ จำนวน ๓ ฉบับ

ด้วย นางมธุระดา วีระพันธ์ รหัสประจำตัว ๒๓๐๕๐๑๓๐ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชา
วิทยาศาสตร์ศึกษา สังกัดบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น ได้ทำการค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การส่งเสริม
สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามุ่งกระบวนการ
ออกแบบเชิงวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เรื่อง การออกแบบของพีซี" ซึ่งเป็น
ส่วนหนึ่งของกระบวนการศึกษาระดับหลักสูตรปริญญาตรีศึกษามหาบัณฑิต โดยมี ผู้รับศาสตราจารย์ ดร.สุรียพร
สว่างเมฆ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

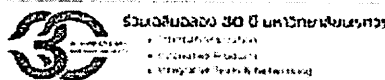
ในการค้นคว้าอิสระเกี่ยวกับเรื่องนี้ บัณฑิตวิทยาลัย พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้
ความเชี่ยวชาญในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบและเครื่องมือที่ใช้ใน
การค้นคว้าอิสระ ดังแนบมาพร้อมนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับ
ความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์

ขอแสดงความนับถือ


(ผู้รับศาสตราจารย์ ดร.ศิริโนร์ วรรัตน์วิจิตร)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น

- ๑. งานวิชาการ บัณฑิตวิทยาลัย
โทร ๐-๕๕๕๖-๘๘๔๔
โทรสาร ๐-๕๕๕๖-๘๘๕๖
- ๒. นางมธุระดา วีระพันธ์
โทร ๐๕-๖๐๖๐๑ ๕๕๕๕๓





ที่ ยว ๐๖๐๓.๐๒/ว ๑๕๖๓

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนครสวรรค์
กำแพงเมือง จังหวัดพิจิตร ๖๕๐๐๐

๒ มิถุนายน ๒๕๖๓

เรื่อง ขอบขออนุญาตระดมทุนเพื่อซื้อเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ

เรียน คุณสุเมธ แก้วทอง

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. โครร่างการค้นคว้าอิสระ จำนวน ๑ ฉบับ

๒. เครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ จำนวน ๑ ฉบับ

ด้วย นางมธุระดา วีระพันธ์ รหัสประจำตัว ๖๕๐๕๐๓๓๒ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชา
วิทยาศาสตร์ศึกษา สังกัดบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ ได้ทำการค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การส่งเสริม
สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการ
ออกแบบเชิงวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เรื่อง การตอบสนองของพืช" เพื่อเป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้าตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาบัณฑิต โดยมี ผู้ร่วมศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์
สว่างเมฆ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

ในการค้นคว้าอิสระเกี่ยวกับเรื่องนี้ บัณฑิตวิทยาลัย ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้
ความเชี่ยวชาญในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ใน
การค้นคว้าอิสระ ดังแนบมาพร้อมนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความ
อนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริโชค วนรัตน์)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

๑. งานวิชาการ บัณฑิตวิทยาลัย

โทร ๐-๕๕๕๖-๘๘๓๔

โทรสาร ๐-๕๕๕๖-๘๘๐๖

๒. นางมธุระดา วีระพันธ์

โทร ๐๕-๖๐๕๖๗๕๘๓



จังหวัดนครสวรรค์ 30 ปี มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

มหาวิทยาลัยนครสวรรค์
30 Years of Sakon Nakhon Rajabhat University

ภาคผนวก ข ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้	
ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education)	
รายวิชา ชีววิทยา 3	กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
ระดับชั้นมัธยมศึกษา ตอนปลาย	เวลา 4 ชั่วโมง
หน่วยการเรียนรู้ การควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช	
เรื่อง การตอบสนองของพืชต่อเอทิลีน	ผู้สอน นางมธุระดา วีระพันธ์

1. สาระการเรียนรู้

1.1 สาระชีววิทยา

ข้อที่ 3. เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำของพืช การลำเลียงของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการตอบสนองของพืชรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

1.2 สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้ การทำงาน และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

1.3 สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต

มาตรฐาน ค 1.3 ใช้นิพจน์ สมการ และอสมการ อธิบายความสัมพันธ์หรือช่วยแก้ปัญหาที่กำหนดให้

2. ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้

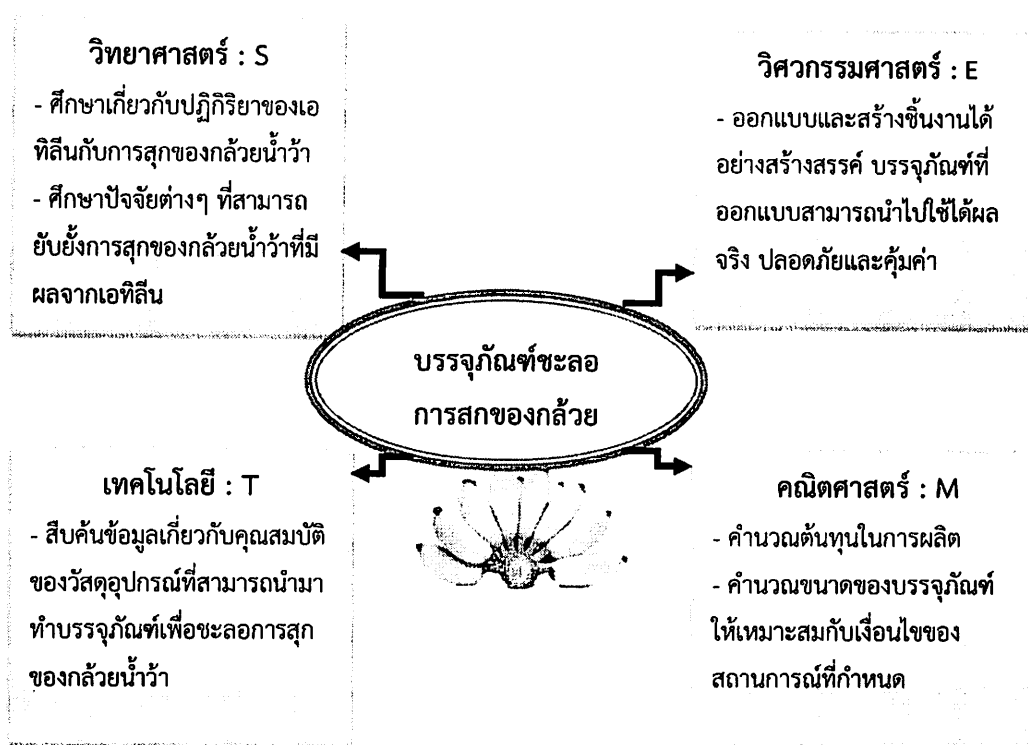
S	T	E	M
ม.5/17 สืบค้นข้อมูล อธิบายบทบาทและหน้าที่ของออกซิน ไซโทไคนิน จิบเบอเรลลิน เอทิลีน และกรดแอบไซซิก และอภิปรายเกี่ยวกับการนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร	ว.4.2 ม.5/1 รวบรวม วิเคราะห์ข้อมูล และใช้ความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ สื่อดิจิทัล เทคโนโลยีสารสนเทศในการแก้ปัญหาหรือเพิ่มมูลค่าให้กับบริการหรือผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในชีวิตจริงอย่างสร้างสรรค์	1. Engineering Design process - การระบุปัญหา - การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง - การวางแผนการแก้ปัญหา - ดำเนินการแก้ปัญหา - ทดสอบและปรับปรุงแก้ไขชิ้นงาน - การนำเสนอผลลัพธ์ 2. ออกแบบและสร้างชิ้นงานได้อย่างสร้างสรรค์ เลือกใช้วัสดุที่หาง่าย ปลอดภัยและคุ้มค่า	ค.1.3 ม.5/1 เข้าใจและใช้ความรู้เกี่ยวกับดอกเบี้ยและมูลค่าของเงินในการแก้ปัญหา

หมายเหตุ : 1. วิทยาศาสตร์ใช้ผลการเรียนรู้ในรายวิชาชีววิทยา 3 (รหัสวิชา ว32241) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรสถานศึกษา

2. เทคโนโลยีใช้มาตรฐานและตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

3. คณิตศาสตร์ใช้มาตรฐานและตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

3. ความคิดรวบยอด



4. จุดประสงค์การเรียนรู้

4.1 ด้านความรู้ (K)

4.1.1 สืบค้นข้อมูล และอธิบายบทบาทหน้าที่ของเอเทิลีน และอภิปรายเกี่ยวกับการนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร

4.1.2 อธิบายเชื่อมโยงความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมกับการออกแบบบรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว่าได้

4.2 ด้านทักษะกระบวนการ (P)

4.2.1 สืบค้น รวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้าได้

4.2.2 ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณรูปแบบและขนาดของบรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้า คำนวณต้นทุนในการผลิตได้

4.3 ด้านสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

4.3.1 สามารถสื่อสารเพื่อระบุปัญหา และดำเนินงานภายในกลุ่มได้

4.3.2 สามารถร่วมกันวางแผนเพื่อหาแนวทางการดำเนินงานที่เหมาะสมได้

4.3.3 สามารถปฏิบัติหน้าที่ตามบทบาทหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย เพื่อให้บรรลุเป้าหมายตามแนวทางการดำเนินงานที่ได้วางไว้

4.4 ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

4.4.1 มีวินัยปฏิบัติงานได้สำเร็จตรงต่อเวลา

4.4.2 ใฝ่เรียนรู้แสวงหาคำตอบในการแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้

4.4.3 มุ่งมั่นในการปฏิบัติงานตามที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จ

5. สาระสำคัญ

เอทิลีน (ethylene) เป็นฮอร์โมนพืชที่มีสมบัติเป็นแก๊สที่ระเหยได้เกิดขึ้นในกระบวนการเมแทบอลิซึมของพืช โดยเฉพาะในช่วงที่ผลไม้สุกจะมีแก๊สนี้แพร่ออกมาและสามารถเหนี่ยวนำให้ผลไม้อื่นที่อยู่ใกล้ๆ สุกตามไปด้วยด้วยเหตุนี้ในการบ่มผลไม้จึงมักวางผลไม้รวมกันไว้ในที่มิดชิดเมื่อเกิดแก๊สเอทิลีนออกมาแล้ว ทำให้ผลไม้อื่นที่อยู่ข้างๆ สุกตามไปด้วย

6. สาระการเรียนรู้

6.1 วิทยาศาสตร์

ฮอร์โมนพืช (Plant hormone) เป็นสารเคมีที่พืชสร้างขึ้นและสามารถลำเลียงไปส่วนต่างๆ ของพืช เพื่อควบคุมการเจริญเติบโตและใช้เป็นการตอบสนองต่อสิ่งเร้าของพืชด้วย ได้แก่ ออกซิน (Auxin) จิบเบอเรลลิน (Gibberellins) ไซโตไคนิน (Cytokinins) กรดแอบซิวสิค (Abscisic Acid) หรือ ABA และเอทิลีน (Ethylene) ซึ่งมีสภาพเป็นแก๊ส ฮอร์โมนพืชสามารถเคลื่อนย้ายภายในต้นพืชได้และมีผลกระทบต่อเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพและการพัฒนาของเนื้อเยื่อและอวัยวะของพืชซึ่งได้รับฮอร์โมนนั้นๆ ซึ่งมีผลต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาที่ค่อนข้างเฉพาะเจาะจง ดังนั้นในการศึกษาทางด้านฮอร์โมนจึงมักศึกษาในแง่ของแหล่งและกระบวนการ

สังเคราะห์ การเคลื่อนที่และเคลื่อนย้าย และปฏิกิริยาของฮอร์โมนที่มีต่อพืชในประเทศไทยการใช้ ฮอร์โมนพืชมีวัตถุประสงค์ในทางการเกษตรเพื่อให้มีผลผลิต เพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพและเพื่อ ความสะดวกในการจัดการฟาร์ม

แก๊สเอทิลีน (Ethylene) เป็นฮอร์โมนพืชซึ่งควบคุมการเจริญเติบโตในหลายแง่ เช่น การ พัฒนาการเสื่อมสลาย ขึ้นอยู่กับเวลาและสถานที่ ซึ่งเกิดเอทิลีนขึ้นมาผลของเอทิลีนมีทั้งในแง่ที่ เป็นประโยชน์หรือเป็นโทษต่อพืช เอทิลีนเป็นฮอร์โมนที่มีสภาพเป็นก๊าซซึ่งรู้จักกันมานานแล้ว จาก การบ่มผลไม้ในปี 1934 ได้มีการพิสูจน์ให้เห็นว่าเอทิลีน เป็นก๊าซที่สังเคราะห์ขึ้นโดยพืชและ สามารถเร่งกระบวนการสุกได้ต่อมาพบว่าการกักองไฟโกลีๆ สวมมะม่วงและสับปะรดจะกระตุ้น ให้ออกดอกได้ ซึ่งสารที่ทำให้เกิดการออกดอก คือ เอทิลีน นั่นเอง เอทิลีนเป็น ฮอร์โมนพืชที่ สำคัญในด้านหลังเก็บเกี่ยวด้วย ต่อมาพบว่า ดอก เมล็ด ใบ และรากพืชสามารถสังเคราะห์เอทิล ลีนได้ เช่น ในเซเลอรี่ พันธุ์ซึ่งต้นขาวเอง (Self blanching) พบว่า เซเลอรี่สามารถสร้างเอทิลีนมา กำจัดสีเขียวที่ก้านได้ นอกจากนั้นในปี 1935 ยังพบว่า การให้ออกซินกับพืชอาจจะกระตุ้นให้พืช สร้างเอทิลีนได้ ซึ่งเป็นคำอธิบายได้ชัดเจนสำหรับกรณีที่เมื่อให้ออกซินกับพืชแล้วพืชตอบสนอง เหมือนกับได้รับเอทิลีน ออกซินกับเอทิลีนนั้นเมื่อให้กับพืชมักจะให้ผลส่งเสริมกัน ส่วนของพืชที่ พบเอทิลีนมาก คือ ใบแก่ ผลไม้สุกและเนื้อเยื่อที่อยู่ภายใต้สภาพความเครียด (Stress)

สรุปความสำคัญ

- เป็นฮอร์โมนพืชเพียงชนิดเดียวที่มีสถานะเป็นแก๊ส ซึ่งเกิดจากกระบวนการเมทาบอลิซึม ของพืชบริเวณ เนื้อเยื่อของผลไม้โกลีๆ, บริเวณข้อ และใบแก่ โดยมีสารต้นกำเนิดมาจากกรดอะมิ โนเมไทโอนีน ปัจจุบัน นิยมใช้แก๊สอะเซทิลีน (acetylene) แทนเนื่องจากหาได้ง่ายกว่าและมีสมบัติ โกลีๆเดียวกัน
- เร่งการสุกของผลไม้บางชนิดได้ (climacteric fruit) เช่น มะม่วง กัลฉ่าย ละมุด นอกจากนี้ ยังสามารถเร่ง การแก่ของผลไม้บนต้นได้ด้วย
- กระตุ้นการออกดอกของพืชพวกสับปะรด และการงอกของเมล็ดพืชบางชนิดโดยทำลาย การพักตัวเมล็ด
- กระตุ้นการหลุดร่วงของใบและการผลัดใบตามฤดูกาล นอกจากนี้ยังสามารถกระตุ้นการ เกิดรากฝอยและ รากแขนงของพืชบางชนิดได้
- กระตุ้นการไหลของน้ำยางพารา และช่วยเพิ่มปริมาณน้ำยางมะละกอเพื่อใช้ในการผลิต เอนไซม์ปาเพน (papain) ในเชิงอุตสาหกรรม

6.2 เทคโนโลยี

กระบวนการทางเทคโนโลยีในการเลือกใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ให้เหมาะสมเพื่อนำมาใช้ในการออกแบบหรือสร้างชิ้นงานในการทำบรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้า

6.3 วิศวกรรมศาสตร์

ออกแบบและพัฒนาชิ้นงานเพื่อให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา (Identify a challenge) ขั้นที่ 2 การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore ideas) ขั้นที่ 3 การวางแผนและพัฒนา (Plan and develop) ขั้นที่ 4 การทดสอบและประเมินผล (Test and evaluation) และขั้นที่ 5 การนำเสนอผลลัพธ์ (Present the solution)

6.4 คณิตศาสตร์

ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณต้นทุนในการผลิต คำนวณขนาดของบรรจุภัณฑ์ให้เหมาะสมกับเงื่อนไขของสถานการณ์ที่กำหนดได้

7. ชิ้นงาน/ภาระงาน

ชิ้นงาน	ภาระงาน
<ul style="list-style-type: none"> - ใบกิจกรรมที่ 1 - บรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้า 	<ul style="list-style-type: none"> - สืบค้นข้อมูล และอธิบายบทบาทหน้าที่ของเอทิลีน และอภิปรายเกี่ยวกับการนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร - อธิบายเชื่อมโยงความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมกับการออกแบบบรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้าได้

8. กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทาง STEM Education

ชั่วโมงที่ 1

1. ขั้นระบุปัญหา (Identify a challenge)

1.1 ครูแบ่งนักเรียนออกเป็น 5 กลุ่มๆ ละ 6 คน โดยแบ่งตามความสามารถตามผลการเรียนในภาคเรียนที่ผ่านมา

1.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มแบ่งหน้าที่กันปฏิบัติงาน และให้สมาชิกแต่ละคนทบทวนบทบาทหน้าที่ของตนให้เพื่อสมาชิกในกลุ่มฟังเพื่อความเข้าใจที่ตรงกัน หากสมาชิกในกลุ่มคนใดเข้าใจบทบาทหน้าที่ไม่ถูกต้องให้เพื่อนสมาชิกในกลุ่มให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการทำงานที่ถูกต้องร่วมกัน

1.3 ครูชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมว่าคืออะไร ประกอบด้วยขั้นตอนอะไรบ้าง แจงจุดประสงค์ในการในเนื้อหาที่นักเรียนต้องเรียนรู้ และการตั้งกฎกติกาในห้องเรียน

1.4 ครูสร้างความสนใจของนักเรียนโดยให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชมีอะไรบ้าง มีความสำคัญอย่างไร

1.5 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชที่สำคัญหนึ่งอย่างคือ ฮอริโมนพืช ครูซักถามนักเรียนว่าฮอริโมนพืชมีผลอย่างไรต่อพืช ฮอริโมนพืชที่นักเรียนรู้จักมีอะไรบ้าง

1.6 ครูให้นักเรียนดูวีดิทัศน์ เรื่อง เอทิลีน

https://www.youtube.com/watch?time_continue=1416&v=COoOkT2YHr8&feature=emb_logo

1.7 หลังจากดูวีดิทัศน์จบ ครูแจกใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การตอบสนองของพืชต่อเอทิลีน พร้อมทั้งอธิบายสถานการณ์ที่นักเรียนจะต้องร่วมกันแก้ไขปัญหา

1.8 นักเรียนภายในกลุ่มแต่ละคนนำเสนอความรู้ที่ตนเองเข้าใจและการสื่อสารร่วมกันเพื่อระบุปัญหาและทำความเข้าใจในปัญหาร่วมกันของสถานการณ์พร้อมทั้งบอกสาเหตุและวิธีการแก้ปัญหาอย่างคร่าวๆ พร้อมทั้งบันทึกใบกิจกรรมที่ 1

2. ขั้นค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore ideas)

2.1 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายว่าฮอริโมนพืชที่สำคัญและมีผลการเจริญเติบโตของพืชหนึ่งอย่าง คือ เอทิลีน ครูซักถามนักเรียนว่า เอทิลีน มีผลต่อพืชอย่างไรบ้าง นักเรียนระดมความคิดเห็น

2.2 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมสมองเพื่อสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการสร้างเอทิลีนของพืชผลของเอทิลีนที่มีต่อพืช ปัจจัยที่ส่งผลให้พืชสร้างเอทิลีน วิธีการยับยั้งเอทิลีนที่พืชสร้างขึ้นสามารถทำได้อย่างไร และนักเรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในทางการเกษตรได้หรือไม่

2.3 ครูแนะนำเว็บไซต์เพื่อเป็นตัวอย่างให้นักเรียนใช้หาข้อมูล ดังนี้

- <https://www.komchadluek.net/news/lifestyle/133598>

- <https://www.komchadluek.net/news/lifestyle/133598>

- <https://www.tistr.or.th/tistrblog/?tag=%E0%>
- <https://sites.google.com/site/selllaeakarbaengsell>.
- <http://biology.ipst.ac.th/?p=2077>
- <https://www.thaikasetsart.com>

2.4 นักเรียนภายในกลุ่มร่วมกันสืบค้นข้อมูลเพื่อนำข้อมูลมาแบ่งปันกัน ทำความเข้าใจตรวจสอบและแก้ไขในปัญหาร่วมกัน

2.5 สมาชิกแต่ละคนในกลุ่มร่วมกันนำเสนอข้อมูลแนวคิดหรือวิธีการที่ตนเองสืบค้นหามาได้มาแบ่งปันกับสมาชิกในกลุ่มจากนั้นร่วมกันอภิปรายเพื่อหาแนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด

3. ชั้่นวางแผนและพัฒนา (Plan and develop)

3.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสรุปหาวิธีแก้ที่ดีที่สุดเพื่อนำไปออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้า ให้ได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด ดังนี้

เงื่อนไขของสถานการณ์

- บรรจุภัณฑ์ต้องสามารถบรรจุกล้วยน้ำว้าได้ไม่น้อยกว่า 1 กิโลกรัม
- บรรจุภัณฑ์ต้องสามารถชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้าได้นานขึ้นไม่น้อยกว่า 10 วัน (กล้วยน้ำว้าที่นำมาใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพ คือ กล้วยน้ำว้าสุกที่มีเปลือกสีเขียวอมเหลืองโดยมีบริเวณที่เป็นเปลือกสีเหลืองคิดเป็น 80% ต่อกล้วย 1 ลูก)
- วิธีการทำที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนวัสดุอุปกรณ์หาได้ง่ายต้นทุนในการผลิตต่ำ
- สามารถใช้งานได้จริงและปลอดภัยต่อผู้บริโภค

3.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันหาวิธีการแก้ปัญหาโดยการศึกษาจากเว็บไซต์ที่ครูให้มาและหาเพิ่มเติมพร้อมทั้งบันทึกในใบกิจกรรมที่กำหนดให้

3.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวางแผนและออกแบบบรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้า จากวิธีการที่ดีที่สุดที่นักเรียนแต่ละกลุ่มได้เลือกไว้

3.4 ครูแจกกระดาษชาร์ตให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเพื่อร่างแบบบรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้า

3.5 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันออกแบบบรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้าในกระดาษชาร์ทที่ครูแจกให้พร้อมอธิบายขั้นตอนการออกแบบให้ละเอียดชัดเจน

3.6 เมื่อออกแบบบรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้าในกระดาษชาร์ทเสร็จเรียบร้อยแล้วให้สมาชิกทุกคนในกลุ่มทำความเข้าใจร่วมกันหากสมาชิกคนใดในกลุ่มมีข้อเสนอแนะสามารถร่วมกันพิจารณาเพื่อปรับปรุงแก้ไขได้

ชั่วโมงที่ 2-3

4. ขั้นตอนทดสอบและประเมินผล (Test and evaluation)

4.1 ครูทบทวนความรู้โดยการบอกสถานการณ์ของปัญหา เงื่อนไขที่กำหนด และบอกว่าชั่วโมงที่ผ่านมาทำอะไรไปบ้าง

4.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมมือกันทำบรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้าตามแบบแผนที่แต่ละกลุ่มได้เลือกและออกแบบไว้ สมาชิกแต่ละคนในกลุ่มปฏิบัติตามบทบาทหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายภายในกลุ่ม

4.3 เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มทำบรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้าตามแบบที่ได้ออกแบบไว้แล้ว สมาชิกในกลุ่มแต่ละคนร่วมกันตรวจสอบผลการดำเนินงานและประเมินความสำเร็จของงานร่วมกัน หากสมาชิกคนใดในกลุ่มมีข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานที่สร้างขึ้นสามารถนำเสนอร่วมกับเพื่อนๆ ในกลุ่มได้เพื่อตรวจสอบและแก้ไขร่วมกัน

4.4 นักเรียนแต่ละกลุ่มทดสอบประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้าที่สร้างขึ้นพร้อมทั้งบันทึกผลการทดลอง ในใบกิจกรรมที่ 1 (นักเรียนปฏิบัตินอกเวลาเรียน)

4.5 หากนักเรียนกลุ่มใดพบว่าบรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้าที่สร้างขึ้นไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานพร้อมบันทึกวิธีดำเนินการแก้ปัญหาในใบกิจกรรมที่ 1 เพื่อนำเสนอผลลัพธ์ของชิ้นงานหน้าชั้นเรียน (นักเรียนปฏิบัตินอกเวลาเรียน)

ชั่วโมงที่ 4

5. นำเสนอผลลัพธ์ (Present the solution)

5.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน เป็นเวลากลุ่มละ 5 นาที รวมถึงให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาเกี่ยวกับชิ้นงานที่ไม่เป็นไปตามแบบแผนที่ออกแบบไว้แล้วสมาชิกในกลุ่มร่วมกันเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหาชิ้นงานนั้นอย่างไร

5.2 ครูและนักเรียนร่วมกันสะท้อนผลเกี่ยวกับบรรจุกฎบัตรชะลอการสูทของกล้วยน้ำว่า ของนักเรียนแต่ละกลุ่ม

5.3 นักเรียนทุกคนร่วมกันไหวตว่าบรรจุกฎบัตรชะลอการสูทของกล้วยน้ำว่าแบบใด มีประสิทธิภาพดีและเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดให้มากที่สุด

5.4 ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปแนวทางในการแก้ไขปัญหการชะลอการสูทของกล้วยน้ำว่า

5.5 นักเรียนเขียนสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในใบกิจกรรมที่ 1

9. สื่อการเรียนรู้

9.1 power เรื่อง การตอบสนองของพืชต่อเอทิลีน

9.2 ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การตอบสนองของพืชต่อเอทิลีน

9.3 วีดีทัศน์ เรื่อง เอทิลีน

https://www.youtube.com/watch?time_continue=1416&v=COoOkT2YHr8

&feature=emb_logo

9.4 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทำบรรจุกฎบัตรชะลอการสูทของกล้วยน้ำว่า

10. แหล่งเรียนรู้

10.1 เว็บไซต์ต่างๆ ที่นักเรียนสืบค้นเกี่ยวกับการทำบรรจุกฎบัตรชะลอการสูทของกล้วยน้ำว่า

10.2 ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

10.3 ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์

10.4 ห้องสมุด

11. การวัดผลและประเมินผล

เพื่อให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ในชั่วโมงนี้มีดังนี้

จุดประสงค์การเรียนรู้	การวัดผล	การประเมินผล
<p>1. ด้านความรู้ (K)</p> <p>1.1 สืบค้นข้อมูล และอธิบายบทบาทหน้าที่ของเอทีลิน และอธิบายเกี่ยวกับการนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร</p> <p>1.2 อธิบายเชื่อมโยงความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมกับการออกแบบบรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว่าให้ได้</p>	<p>วิธีวัดผล:</p> <ul style="list-style-type: none"> - สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม - ตรวจการเขียนอธิบายในใบบันทึกกิจกรรม <p>เครื่องมือวัด:</p> <ul style="list-style-type: none"> - แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ - แบบประเมินชิ้นงาน 	<p>เกณฑ์การให้คะแนน:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ผ่านเกณฑ์ระดับดีขึ้นไป
<p>2. ด้านทักษะกระบวนการ (P)</p> <ul style="list-style-type: none"> - สืบค้น รวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว่าให้ได้ - ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณรูปแบบบรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว่าและคำนวณต้นทุนการผลิตได้ 	<p>วิธีวัดผล:</p> <ul style="list-style-type: none"> - สังเกตพฤติกรรมในการใช้เทคโนโลยีช่วยในการสืบค้นข้อมูล - ตรวจการคำนวณจากใบกิจกรรม <p>เครื่องมือวัด:</p> <ul style="list-style-type: none"> - แบบสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน - แบบประเมินชิ้นงาน 	<p>เกณฑ์การให้คะแนน:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ผ่านเกณฑ์ระดับดีขึ้นไป
<p>3. ด้านสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ</p> <ul style="list-style-type: none"> - สามารถสื่อสารเพื่อระบุปัญหา และดำเนินงานภายใน 	<p>วิธีวัดผล:</p> <ul style="list-style-type: none"> - สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม <p>เครื่องมือวัด:</p>	<p>เกณฑ์การให้คะแนน:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ผ่านเกณฑ์ระดับกลางขึ้นไป

<p>กลุ่มได้</p> <ul style="list-style-type: none"> - สามารถร่วมกันวางแผนเพื่อหาแนวทางการดำเนินงานที่เหมาะสมได้ 	<ul style="list-style-type: none"> - แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ 	
<ul style="list-style-type: none"> - สามารถปฏิบัติหน้าที่ตามบทบาทหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย เพื่อให้บรรลุเป้าหมายตามแนวทางการดำเนินงานที่ได้วางไว้ 		<p>เกณฑ์การให้คะแนน:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ผ่านเกณฑ์ระดับพอใช้ขึ้นไป
<p>4. ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)</p> <ul style="list-style-type: none"> - มีวินัยปฏิบัติงานได้สำเร็จตรงต่อเวลา - ใฝ่เรียนรู้แสวงหาคำตอบในการแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ - มุ่งมั่นในการปฏิบัติงานตามที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จ 	<p>วิธีวัดผล:</p> <ul style="list-style-type: none"> - สังเกตพฤติกรรมนักเรียน <p>เครื่องมือวัด:</p> <ul style="list-style-type: none"> - แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ 	

แบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

วิชา **ชีววิทยา 3** เรื่อง **การตอบสนองของพืชต่อเอทิลีน** สังเกตครั้งที่.....
 ระดับชั้น **มัธยมศึกษาปีที่ 5** วันที่สอน.....เวลา.....

ขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหา	
ฉันสอนอย่างไร	
ฉันสอนเป็นอย่างไร (สะท้อนการสอนของคุณ)	
ปัญหา / อุปสรรค	
แนวทางการแก้ไขและ พัฒนา	
ขั้นที่ 2 ขั้นค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง	
ฉันสอนอย่างไร	
ฉันสอนเป็นอย่างไร (สะท้อนการสอนของคุณ)	
ปัญหา / อุปสรรค	
แนวทางการแก้ไขและ พัฒนา	

ขั้นที่ 3 ขั้นการวางแผนและพัฒนา	
ฉันสอนอย่างไร	
ฉันสอนเป็นอย่างไร (สะท้อนการสอนของคุณ)	
ปัญหา / อุปสรรค	
แนวทางการแก้ไขและ พัฒนา	
ขั้นที่ 4 ขั้นทดสอบและประเมินผล	
ฉันสอนอย่างไร	
ฉันสอนเป็นอย่างไร (สะท้อนการสอนของคุณ)	
ปัญหา / อุปสรรค	
แนวทางการแก้ไขและ พัฒนา	

ขั้นที่ 5 ขั้นนำเสนอผลลัพธ์	
ฉันสอนอย่างไร	
ฉันสอนเป็นอย่างไร (สะท้อนการสอนของคุณ)	
ปัญหา / อุปสรรค	
แนวทางการแก้ไขและ พัฒนา	

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(นางมณฑดา วีระพันธ์)

วันที่...../...../.....

แบบประเมินชิ้นงาน

รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน		
	3	2	1
1. อธิบายถึงความหมายของเอทิลีนได้			
2. อธิบายผลของเอทิลีนที่มีต่อพืชได้			
3. อธิบายปัจจัยที่มีผลต่อการสุกของผลไม้ได้			
4. อธิบายปัจจัยที่มีผลต่อการชะลอการสุกของผลไม้ได้			
5. คำนวณขนาดของบรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว่า ได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด			
6. ต้นทุนในการสร้างชิ้นงานเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด			
7. เลือกใช้วัสดุที่หาได้ง่ายและเหมาะสมกับการสร้างชิ้นงาน			
8. กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม			
9. อธิบายเชื่อมโยงความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมกับการออกแบบบรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว่าได้			
10. ประสิทธิภาพของชิ้นงานเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด			

เกณฑ์การประเมินชิ้นงาน

รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน		
	3	2	1
1. อธิบายถึงความหมายของเอทิลีนได้	เขียนอธิบายความหมายของเอทิลีนได้ครบถ้วน	เขียนอธิบายความหมายของเอทิลีนได้บางส่วน	ไม่สามารถเขียนอธิบายความหมายของเอทิลีนได้
2. อธิบายผลของเอทิลีนที่มีต่อพืชได้	เขียนอธิบายผลของเอทิลีนที่มีต่อพืชได้อย่างน้อย 3 ประการ	เขียนอธิบายผลของเอทิลีนที่มีต่อพืชได้อย่างน้อย 2 ประการ	ไม่สามารถเขียนอธิบายผลของเอทิลีนที่มีต่อพืชได้
3. อธิบายปัจจัยที่มีผลต่อการสุกของผลไม้ได้	เขียนอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อการสุกของผลไม้ได้อย่างน้อย 3 ประการ	เขียนอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อการสุกของผลไม้ได้อย่างน้อย 2 ประการ	ไม่สามารถเขียนอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อการสุกของผลไม้ได้
4. อธิบายปัจจัยที่มีผลต่อการชะลอการสุกของผลไม้ได้	เขียนอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อการชะลอการสุกของผลไม้ได้อย่างน้อย 3 ประการ	เขียนอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อการชะลอการสุกของผลไม้ได้อย่างน้อย 2 ประการ	ไม่สามารถเขียนอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อการชะลอการสุกของผลไม้ได้
5. จำนวนขนาดของบรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้า ได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด	เขียนแสดงวิธีการคำนวณที่ถูกต้องเหมาะสมกับการออกแบบบรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้าตามเงื่อนไขที่กำหนดให้ได้	เขียนแสดงวิธีการคำนวณที่ถูกต้องบางส่วนและเหมาะสมกับการออกแบบบรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้าตามเงื่อนไขที่กำหนดให้ได้	ไม่สามารถเขียนแสดงวิธีการคำนวณที่ถูกต้องเหมาะสมกับการออกแบบบรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้าตามเงื่อนไขที่กำหนดให้ได้
6. ต้นทุนในการสร้างชิ้นงานเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด	แสดงการคำนวณต้นทุนในการสร้างชิ้นงานเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด	แสดงการคำนวณต้นทุนในการสร้างชิ้นงานสูงกว่าเงื่อนไขที่กำหนดไม่เกิน 20%	แสดงการคำนวณต้นทุนในการสร้างชิ้นงานสูงกว่าเงื่อนไขที่กำหนดเกิน 50%
7. เลือกใช้วัสดุที่หาได้ง่ายและเหมาะสมกับการสร้างชิ้นงาน	เลือกใช้วัสดุที่หาได้ง่ายและเหมาะสมกับการสร้างชิ้นงานเป็นไปตาม	เลือกใช้วัสดุที่หาได้ง่ายและแต่ไม่เหมาะสมกับการสร้างชิ้นงานเป็นไป	เลือกใช้วัสดุที่หาได้ยากและไม่เหมาะสมกับการสร้างชิ้นงานเป็นไปตาม

เกณฑ์การประเมินชิ้นงาน (ต่อ)

รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน		
	3	2	1
	เงื่อนไขที่กำหนด	ตามเงื่อนไขที่กำหนด	เงื่อนไขที่กำหนด
8. กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	มีการวางแผน และสร้างชิ้นงานตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	มีการวางแผน และสร้างชิ้นงานตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมบ้าง	ไม่มีการวางแผน และสร้างชิ้นงานตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
9. อธิบายเชื่อมโยงความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมกับการออกแบบบรรจุภัณฑ์ ตลอดจนการสุขของกล้วยน้ำว่าได้	เขียนอธิบายเชื่อมโยงความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมกับการออกแบบบรรจุภัณฑ์ ตลอดจนการสุขของกล้วยน้ำว่าได้ทุกด้าน	เขียนอธิบายเชื่อมโยงความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมกับการออกแบบบรรจุภัณฑ์ ตลอดจนการสุขของกล้วยน้ำว่าได้ไม่ครบทุกด้าน	ไม่สามารถเขียนอธิบายเชื่อมโยงความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมกับการออกแบบบรรจุภัณฑ์ ตลอดจนการสุขของกล้วยน้ำว่าได้
10. ประสิทธิภาพของชิ้นงานเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด	ประสิทธิภาพของชิ้นงานเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด	ประสิทธิภาพของชิ้นงานเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดบางส่วน	ประสิทธิภาพของชิ้นงานไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด

ใบกิจกรรมที่ 1

เรื่อง การตอบสนองของพืชต่อเอทิลีน



จุดประสงค์ของกิจกรรม

- นักเรียนสามารถออกแบบบรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้าได้

คำชี้แจง

- ให้นักเรียนร่วมกันศึกษาสถานการณ์ พร้อมตอบคำถามที่กำหนดให้

สถานการณ์

เด็กชายแดน อาศัยอยู่ในตำบลหนองแดง อำเภอแม่จรม จังหวัดน่าน ชาวบ้านในชุมชนที่เขาอาศัยอยู่ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกร ทำนาปลูกข้าว และมีอาชีพเสริมนอกจากการทำนา คือ ปลูกกล้วยน้ำว้าไว้กินบ้าง หากบ้านหลังใดปลูกเยอะก็จะนำไปจำหน่ายตามท้องตลาด หรือในอำเภอใกล้เคียง รวมถึงส่งให้กับลูกค้าที่มีมอเตอร์ไซด์ซ็อกกล้วยเข้ามา ปัจจุบันกล้วยน้ำว้าเป็นที่ต้องการของตลาด ผู้บริโภคส่วนใหญ่หันมาใส่ใจสุขภาพ บริโภคผักผลไม้ที่ปลอดสารพิษและมีจำหน่ายตามฤดูกาลแต่กล้วยน้ำว้าเป็นผลไม้ที่มีผลผลิตออกสู่ตลาดได้ทั้งปี ราคาของกล้วยน้ำว้าต่อหวีประมาณ 20-30 บาท ส่วนบ้านของแดนพร้อมกับแม่ก็ปลูกกล้วยน้ำว้าไว้ขาย จำนวน 1 ไร่ จากการที่แดนเป็นคนช่างสังเกต แดนสังเกตเห็นว่ากล้วยน้ำว้าหลังจากตัดมาจากต้นจะเกิดการสุกเร็วมากไม่นานก็เกิดการเน่าเสีย เก็บรักษาไว้ได้ไม่นาน และเมื่อกล้วยน้ำว้าในชุมชนสุกพร้อมกันจะทำให้กล้วยที่นำไปขายล้นตลาดจนทำให้ไม่มีผู้รับซื้อ กล้วยที่ขายไม่ได้ก็จะเกิดการเน่าเสียหาย ชาวบ้านจึงจำเป็นต้องขายกล้วยในราคาถูก ส่งผลให้ชาวบ้านที่ปลูกกล้วยขาดทุนอยู่บ่อยครั้งแดนกับเพื่อนๆ จึงคิดหาทางช่วยเหลือชาวบ้านในชุมชน ทำอย่างไรจึงจะทำให้กล้วยที่ตัดมาขายไม่สุกเร็ว ไม่เกิดการเน่าเสียง่ายชาวบ้านจะได้ไม่ขาดทุน

จากสถานการณ์ที่กำหนดให้หากนักเรียนเป็นเด็กชายแดนนักเรียนจะมีวิธีการชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้าได้อย่างไร โดยมีเงื่อนไขดังต่อไปนี้

เงื่อนไข

- บรรจุภัณฑ์ต้องสามารถบรรจุกล้วยน้ำว้าได้ไม่น้อยกว่า 1 กิโลกรัม
- บรรจุภัณฑ์ต้องสามารถชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้าได้นานขึ้นไม่น้อยกว่า 10 วัน (กล้วยน้ำว้าที่นำมาใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพ คือ กล้วยน้ำว้าสุกที่มีเปลือกสีเขียวอมเหลืองโดยมีบริเวณที่เป็นเปลือกสีเหลืองคิดเป็น 80% ต่อกล้วย 1 ลูก)
- วิธีการทำที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน วัสดุอุปกรณ์หาได้ง่าย ต้นทุนในการผลิตต่ำ สามารถใช้งานได้จริง

ใบบันทึกกิจกรรมที่ 1
เรื่อง การตอบสนองของพืชต่อเอทิลีน



ชื่อกลุ่ม.....ชั้น.....

จงร่วมกันอภิปรายและตอบคำถามดังต่อไปนี้

1. หน้าที่ของสมาชิกในกลุ่มสำหรับปฏิบัติกิจกรรมในหัวข้อ "การสร้างบรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้า"

ชื่อ - สกุล	บทบาทหน้าที่	เหตุผลในการเลือกสมาชิกให้ทำหน้าที่
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		

2. ปัญหาของสถานการณ์ที่กำหนดให้คืออะไร มีสาเหตุมาจากอะไร

.....

.....

.....

.....

3. แนวทางหรือเครื่องมือที่จะช่วยในการแก้ไขปัญหาที่มีอยู่บนพื้นฐานวิชาชีพวิชาชีววิทยาทั้งหมดที่เป็นไปได้ มีอะไรบ้าง พร้อมอธิบายหลักการอย่างคร่าวๆ

.....

.....

.....

.....

6.2 ให้นักเรียนบอกวิธีการขั้นตอนที่จะใช้ในการแก้ปัญหาหรือพัฒนา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6.3 ให้นักเรียนวาดภาพ (ร่างแบบ) บรรจุภัณฑ์ชะลอกการสุกของกล้วยน้ำว้า ที่นักเรียน
ภายในกลุ่มคิดว่าดี มีประสิทธิภาพมากที่สุดและเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด พร้อมแสดง
รายละเอียดให้ชัดเจน



6.4 ให้นักเรียนแสดงการคำนวณต้นทุนที่ใช้ในการทำบรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้า

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7. บันทึกผลการทดลองประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้า

ตารางบันทึกผล : ประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้า

วันที่	ลักษณะของกล้วยที่ปรากฏ
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

หมายเหตุ : ขนาดของบรรจุภัณฑ์ชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้าสามารถบรรจุกล้วยได้
จำนวนกี่กิโลกรัม.....กิโลกรัม

10. หลังจากการนำเสนอและอภิปรายร่วมกับเพื่อนทุกกลุ่มแล้ว นักเรียนคิดว่าบรรจุภัณฑ์ชะลอการ
สุกของกล้วยน้ำว้า ที่นักเรียนออกแบบและทำขึ้นมีข้อควรปรับปรุงหรือไม่ ถ้ามีควรปรับปรุง
อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

11. นักเรียนคิดว่าในการแบ่งหน้าที่ในการทำงานของสมาชิกภายในกลุ่มของตนนั้นเหมาะสมแล้ว
หรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

12. หลังจากเรียนและทำกิจกรรมนี้แล้ว นักเรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในทาง
การเกษตรได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....



แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

เรื่อง.....วันที่.....

กลุ่ม.....

คำชี้แจง: ให้สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ที่แสดงออกถึงคุณลักษณะอันพึงประสงค์

เลขที่	ชื่อ - สกุล	รายการประเมิน			รวมคะแนน (9)	ระดับคุณภาพ	ผลการตัดสิน	
		มีวินัย ปฏิบัติงานได้ สำเร็จตรง ต่อเวลา	ใฝ่เรียนรู้แสวงหา คำตอบในการ แก้ไขปัญหา จากสถานการณ์ ที่ครูกำหนดให้	มุ่งมั่นในการ ปฏิบัติงาน ตามที่ได้ รับมอบหมาย ให้สำเร็จ			ผ่าน	ไม่ผ่าน
		3	3	3				
รวมจำนวน								
ทั้งหมด								
ร้อยละ								

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นางมณฑดา วีระพันธ์)

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

เกณฑ์การประเมิน

คะแนน	ระดับคุณภาพ
7-9	ดี
4-6	พอใช้
1-3	ปรับปรุง

สรุปผลการประเมิน

ระดับคุณภาพ	จำนวน (คน)
ดี	
พอใช้	
ปรับปรุง	

เกณฑ์การผ่าน

✦ นักเรียนได้คะแนนระดับคุณภาพ พอใช้ ขึ้นไป

เกณฑ์การประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

คุณลักษณะอันพึงประสงค์	คะแนน/ระดับคุณภาพ	ลักษณะที่ปรากฏให้เห็น
1. มีวินัยปฏิบัติงานได้สำเร็จตรงต่อเวลา	3 ดี	- มีวินัยต่อตนเองและผู้อื่นปฏิบัติตามข้อตกลงได้ไม่ขาดตกบกพร่องและปฏิบัติงานได้สำเร็จตรงตามเวลาที่กำหนด
	2 พอใช้	- ค่อนข้างมีวินัยต่อตนเองและผู้อื่นปฏิบัติตามข้อตกลงได้แต่ไม่สามารถปฏิบัติงานได้สำเร็จตรงตามเวลาที่กำหนด
	1 ปรับปรุง	- ไม่มีวินัยต่อตนเองและผู้อื่นปฏิบัติตามข้อตกลงไม่ได้ขาดตกบกพร่องปฏิบัติงานไม่สำเร็จตามเวลาที่กำหนด
2. ใฝ่เรียนรู้แสวงหาคำตอบในการแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้	3 ดี	- ใฝ่เรียนรู้ในการแสวงหาคำตอบในการแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดจนสามารถสร้างชิ้นงานแก้ไขปัญหาได้
	2 พอใช้	- มีความสนใจใฝ่เรียนรู้ในการแสวงหาคำตอบในการแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด สามารถสร้างชิ้นงานได้แต่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด
	1 ปรับปรุง	- มีความสนใจใฝ่เรียนรู้ในการแสวงหาคำตอบในการแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด ไม่สามารถสร้างชิ้นงานได้สำเร็จตามเงื่อนไขที่กำหนด
3. มุ่งมั่นในการปฏิบัติงานตามที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จ	3 ดี	- มุ่งมั่นตั้งใจและมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่างๆ ทำงานที่ได้รับมอบหมายสำเร็จครบถ้วนถูกต้อง
	2 พอใช้	- มุ่งมั่นตั้งใจและมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่างๆ ทำงานที่ได้รับมอบหมายสำเร็จแต่มีข้อบกพร่อง
	1 ปรับปรุง	- มีความมุ่งมั่นตั้งใจและมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่างๆ ทำงานที่ได้รับมอบหมายสำเร็จน้อยและงานมีข้อบกพร่อง

เกณฑ์การประเมิน

- ระดับ 3 หมายถึง มีพฤติกรรมในระดับดี
 ระดับ 2 หมายถึง มีพฤติกรรมในระดับพอใช้
 ระดับ 1 หมายถึง มีพฤติกรรมในระดับปรับปรุง

เกณฑ์การผ่าน

★ ได้ระดับคุณภาพพอใช้ (2) ขึ้นไป

ภาคผนวก ค ตัวอย่างแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้

แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบ
เชิงวิศวกรรม เพื่อการส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือสำหรับนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การตอบสนองของพืช
(สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

คำชี้แจง

แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบ
เชิงวิศวกรรม เพื่อการส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 5 เรื่อง การตอบสนองของพืช ใช้สำหรับผู้เชี่ยวชาญประเมินเพื่อพิจารณาความเหมาะสมของ
องค์ประกอบของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความ
คิดเห็นของท่านซึ่งระดับความคิดเห็นมี 5 ระดับ ดังต่อไปนี้

เหมาะสมมากที่สุด	ให้คะแนน	5 คะแนน
เหมาะสมมาก	ให้คะแนน	4 คะแนน
เหมาะสมปานกลาง	ให้คะแนน	3 คะแนน
เหมาะสมน้อย	ให้คะแนน	2 คะแนน
เหมาะสมน้อยที่สุด	ให้คะแนน	1 คะแนน

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้					
1.1 สอดคล้องกับตัวชี้วัด					
1.2 สอดคล้องกับสาระสำคัญ					
1.3 ครอบคลุมด้านความรู้					
1.4 ครอบคลุมด้านทักษะกระบวนการ					
1.5 ครอบคลุมด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์					
1.6 ครอบคลุมด้านสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ					

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
2. ด้านสาระการเรียนรู้					
2.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้/ตัวชี้วัด					
2.2 มีความถูกต้อง					
2.3 เหมาะสมกับเวลา					
3. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้					
3.1 กิจกรรมมีขั้นตอนสอดคล้องกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม					
3.2 ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ					
3.3 ส่งเสริมให้นักเรียนมีการบูรณาการความรู้ตามแนวทางของ สะเต็มศึกษา					
3.4 ส่งเสริมให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมร่วมกัน					
3.5 กิจกรรมมีความเหมาะสมกับเวลา					
3.6 กิจกรรมมีความเหมาะสมกับวัยของนักเรียน					
4. ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้					
4.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้/ตัวชี้วัด					
4.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้					
4.3 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้					
5. การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้					
5.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้/ตัวชี้วัด					
5.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้					
5.3 ใช้เครื่องมือวัดและประเมินผลได้เหมาะสม					
5.4 สอดคล้องกับเกณฑ์ประเมิน					

บันทึกข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้เชี่ยวชาญ

(.....)

ตำแหน่ง.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ภาคผนวก ง ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง
 สะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะ
 การแก้ปัญหาแบบร่วมมือ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
 เรื่อง การตอบสนองของพืช

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับ ความ เหมาะสม
	1	2	3			
1. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้						
1.1 สอดคล้องกับตัวชี้วัด	5	4	5	4.67	0.58	มากที่สุด
1.2 สอดคล้องกับสาระสำคัญ	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
1.3 ครอบคลุมด้านความรู้	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
1.4 ครอบคลุมด้านทักษะกระบวนการ	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
1.5 ครอบคลุมด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์	5	4	4	4.33	0.58	มาก
1.6 ครอบคลุมด้านสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ	4	5	4	4.33	0.58	มาก
2. ด้านสาระการเรียนรู้						
2.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้/ ตัวชี้วัด	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
2.2 มีความถูกต้อง	4	4	5	4.33	0.58	มาก
2.3 เหมาะสมกับเวลา	4	5	3	4.00	1.00	มาก
3. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้						
3.1 กิจกรรมมีขั้นตอนสอดคล้องกับ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
3.2 ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดสมรรถนะการ แก้ปัญหาแบบร่วมมือ	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
3.3 ส่งเสริมให้นักเรียนมีการบูรณาการ ความรู้ตามแนวทางของ สะเต็มศึกษา	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
3.4 ส่งเสริมให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมร่วมกัน	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
3.5 กิจกรรมมีความเหมาะสมกับเวลา	4	5	3	4.00	1.00	มาก
3.6 กิจกรรมมีความเหมาะสมกับวัยของ นักเรียน	5	4	5	4.67	0.58	มากที่สุด

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับ ความ เหมาะสม
	1	2	3			
4. ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้						
4.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้/ ตัวชี้วัด	4	4	5	4.33	0.58	มาก
4.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4	4	5	4.33	0.58	มาก
4.3 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
5. การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้						
5.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้/ ตัวชี้วัด	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
5.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
5.3 ใช้เครื่องมือวัดและประเมินผลได้ เหมาะสม	5	4	5	4.67	0.58	มากที่สุด
5.4 สอดคล้องกับเกณฑ์ประเมิน	4	3	5	4.00	1.00	มาก
ผลเฉลี่ยรวม				4.62	0.36	มากที่สุด

ภาคผนวก จ ตัวอย่างแบบบันทึกสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

แบบบันทึกสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้
ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การตอบสนองของพืชต่อเอทิลีน

คำชี้แจง : ให้ผู้สะท้อนทำการบันทึกความคิดเห็น ปัญหา จุดเด่น จุดที่ควรพัฒนา และข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่ผู้วิจัยจัดขึ้น เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป

1. ด้านแผนการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องต่อแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ด้านการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย

2.1 ชั้นระบุปัญหา

◆ จุดเด่น

.....

.....

.....

◆ จุดที่ควรพัฒนา

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

◆ ข้อเสนอแนะ

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

2.2 ขั้นตอนหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

◆ จุดเด่น

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

◆ จุดที่ควรพัฒนา

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

◆ ข้อเสนอแนะ

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

2.3 ขั้นการวางแผนและพัฒนา

◆ จุดเด่น

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

◆ จุดที่ควรพัฒนา

.....

.....

.....

◆ ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

2.4 ขั้นตอนสอบและประเมินผล

◆ จุดเด่น

.....

.....

.....

◆ จุดที่ควรพัฒนา

.....

.....

.....

◆ ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

2.5 ชี้นำเสนอผลลัพธ์

◆ จุดเด่น

.....

.....

.....

◆ จุดที่ควรพัฒนา

.....

.....

.....

◆ ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

2.6 โดยภาพรวมของการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยจัดขึ้นมีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและสามารถพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนได้หรือไม่ เหตุใดจึงคิดเช่นนั้น

.....

.....

.....

3. ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สะท้อนผล

(.....)

วันที่...../...../.....

**แบบบันทึกสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้
ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education)**

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การตอบสนองของพืชต่อความชื้น

คำชี้แจง : ให้ผู้สะท้อนทำการบันทึกความคิดเห็น ปัญหา จุดเด่น จุดที่ควรพัฒนา และข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่ผู้วิจัยจัดขึ้น เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป

1. ด้านแผนการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องต่อแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ด้านการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย

2.1 ชั้นระบุปัญหา

◆ จุดเด่น

.....

.....

.....

◆ จุดที่ควรพัฒนา

.....

.....

.....

◆ ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

2.2 ชั้นค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

◆ จุดเด่น

.....

.....

.....

◆ จุดที่ควรพัฒนา

.....

.....

.....

◆ ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

2.3 ชั้นการวางแผนและพัฒนา

◆ จุดเด่น

.....

.....

.....

◆ จุดที่ควรพัฒนา

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

◆ ข้อเสนอแนะ

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

2.4 ขั้นตอนทดสอบและประเมินผล

◆ จุดเด่น

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

◆ จุดที่ควรพัฒนา

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

◆ ข้อเสนอแนะ

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

2.5 ขั้่นนำเสนอผลลัพธ์

◆ จุดเด่น

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

◆ จุดที่ควรพัฒนา

.....

.....

.....

◆ ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

2.6 โดยภาพรวมของการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยจัดขึ้นมีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและสามารถพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนได้หรือไม่ เหตุใดจึงคิดเช่นนั้น

.....

.....

.....

3. ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สะท้อนผล

(.....)

วันที่...../...../.....

**แบบบันทึกสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้
ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education)**

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การตอบสนองของพืชต่อฮอร์โมนพืชสังเคราะห์

คำชี้แจง : ให้ผู้สะท้อนทำการบันทึกความคิดเห็น ปัญหา จุดเด่น จุดที่ควรพัฒนา และข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่ผู้วิจัยจัดขึ้น เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป

1. ด้านแผนการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องต่อแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ด้านการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย

2.1 ชั้นระบุปัญหา

◆ จุดเด่น

.....

.....

.....

◆ จุดที่ควรพัฒนา

.....

.....

.....

◆ ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

2.2 ขั้นตอนหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

◆ จุดเด่น

.....

.....

.....

◆ จุดที่ควรพัฒนา

.....

.....

.....

◆ ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

2.3 ขั้นตอนการวางแผนและพัฒนา

◆ จุดเด่น

.....

.....

.....

◆ จุดที่ควรพัฒนา

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

◆ ข้อเสนอแนะ

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

2.4 ขั้นตอนทดสอบและประเมินผล

◆ จุดเด่น

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

◆ จุดที่ควรพัฒนา

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

◆ ข้อเสนอแนะ

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

2.5 ชี้นำเสนอผลลัพธ์

◆ จุดเด่น

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

◆ จุดที่ควรพัฒนา

.....

.....

.....

◆ ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

2.6 โดยภาพรวมของการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยจัดขึ้นมีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและสามารถพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนได้หรือไม่ เหตุใดจึงคิดเช่นนั้น

.....

.....

.....

3. ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สะท้อนผล

(.....)

วันที่...../...../.....

ภาคผนวก จ ตัวอย่างแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

เรื่อง.....วันที่.....
 กลุ่ม.....ผู้สังเกต.....

คำชี้แจง: ให้สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ที่แสดงออกถึงสมรรถนะ
 การแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

ขั้นที่ 1 : ระบุปัญหา

รายการพฤติกรรมของผู้เรียน	ระดับ			พฤติกรรมบ่งชี้
	สูง	กลาง	ต่ำ	
1. สมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน				
แบ่งปันข้อมูล และทำความเข้าใจในปัญหา ร่วมกัน				
ค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิก ภายในกลุ่ม				
สื่อสารร่วมกันเพื่อระบุถึงปัญหา และการ ดำเนินงานภายในกลุ่ม				
2. สมรรถนะสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม				
เข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเอง และของสมาชิก ในกลุ่ม				

บันทึกเพิ่มเติม :

.....

ขั้นที่ 2 : ค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

รายการพฤติกรรมของผู้เรียน	ระดับ			พฤติกรรมบ่งชี้
	สูง	กลาง	ต่ำ	
1. สมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินงานที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา				
ร่วมมือกันระบุเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา				

บันทึกเพิ่มเติม :

.....

.....

.....

ขั้นที่ 3 : การวางแผนและพัฒนา

รายการพฤติกรรมของผู้เรียน	ระดับ			พฤติกรรมบ่งชี้
	สูง	กลาง	ต่ำ	
1. สมรรถนะการเลือกวิธีการดำเนินงานที่เหมาะสมกับการแก้ปัญหา				
ระบุและอธิบายภาระงานที่ต้องปฏิบัติให้เสร็จ				
ร่วมกันวางแผนออกแบบและดำเนินงาน				
2. สมรรถนะสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม				
อธิบาย และประพจน์ตามกฎของกลุ่มที่ได้ตั้งไว้				
ปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้				
เข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเอง และของสมาชิกกลุ่ม				
3. สมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน				
ค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกภายในกลุ่ม				

บันทึกเพิ่มเติม :

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 : ขั้นทดสอบและประเมินผล

รายการพฤติกรรมของผู้เรียน	ระดับ			พฤติกรรมบ่งชี้
	สูง	กลาง	ต่ำ	
1. สมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน				
ตรวจสอบและแก้ไขความเข้าใจร่วมกัน				
2. สมรรถนะการเลือกวิธีการดำเนินงานที่เหมาะสมกับการแก้ปัญหา				
ร่วมกันตรวจสอบผลการดำเนินงานและประเมินความสำเร็จของงาน				
3. สมรรถนะสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม				
อธิบาย และประพฤติตนตามกฎของกลุ่มที่ได้ตั้งไว้				
ให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกัน				

บันทึกเพิ่มเติม :

.....

.....

.....

ขั้นที่ 5 : ขั้นนำเสนอผลลัพธ์

รายการพฤติกรรมของผู้เรียน	ระดับ			พฤติกรรมบ่งชี้
	สูง	กลาง	ต่ำ	
5. สมรรถนะสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม				
อธิบาย และประพฤติตนตามกฎของกลุ่มที่ได้ตั้งไว้				
ให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกัน				

บันทึกเพิ่มเติม :

.....

.....

.....

เกณฑ์การประเมินแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

รายการประเมิน พฤติกรรมของผู้เรียน	ระดับ		
	สูง	กลาง	ต่ำ
สมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน			
แบ่งปันข้อมูล และทำ ความเข้าใจในปัญหา ร่วมกัน	สมาชิกทุกคนแบ่งปัน ข้อมูลของแต่ละคน ร่วมกัน รวมถึงสื่อสาร ร่วมกันเพื่อระบุและทำ ความเข้าใจกับปัญหา สอดคล้องกับที่ผู้สอน กำหนดให้	สมาชิก 2-3 คน เท่านั้น แบ่งปันข้อมูลของแต่ละ คนร่วมกัน รวมถึง สื่อสารร่วมกันเพื่อระบุ และทำความเข้าใจกับ ปัญหาสอดคล้องกับที่ ผู้สอนกำหนดให้	สมาชิกไม่สื่อสารพูดคุย ถึงปัญหาที่สอดคล้อง กับที่ผู้สอนกำหนดให้ รวมถึงไม่มีการแบ่งปัน ข้อมูลใดๆ
ค้นพบมุมมองและ ความสามารถของ สมาชิกภายในกลุ่ม	สมาชิกทุกคนสามารถ พบความสามารถ เพิ่มเติมของสมาชิกใน กลุ่มได้ตาม ความสามารถของคน นั้นนอกเหนือจากหน้าที่ ที่ทุกคนร่วมกันวางแผน ไว้	สมาชิก 2-3 คน สามารถพบ ความสามารถเพิ่มเติม ของสมาชิกในกลุ่มได้ ตามความสามารถของ คนนั้นนอกเหนือจาก หน้าที่ที่ทุกคนร่วมกัน วางแผนไว้	สมาชิกทุกคนไม่ สามารถพบ ความสามารถเพิ่มเติม ของสมาชิกในกลุ่มได้ แม้ว่าสมาชิกคนนั้นจะมี ความสามารถ นอกเหนือจากหน้าที่ที่ ทุกคนร่วมกันวางแผนไว้
ตรวจสอบและแก้ไข ความเข้าใจร่วมกัน	สมาชิกทุกคนร่วมกัน พูดคุยสื่อสารอธิบาย เพื่อตรวจสอบความ เข้าใจร่วมกันและ สามารถแก้ไขปัญหา ร่วมกันเมื่อเกิดความไม่ เข้าใจภายในกลุ่ม	สมาชิก 2-3 คน ร่วมกัน พูดคุยสื่อสารอธิบาย เพื่อตรวจสอบความ เข้าใจร่วมกันและ สามารถแก้ไขปัญหา ร่วมกันเมื่อเกิดความไม่ เข้าใจภายในกลุ่ม	สมาชิกทุกคนไม่พูดคุย สื่อสารอธิบายร่วมกัน เพื่อตรวจสอบความ เข้าใจร่วมกันและไม่ สามารถแก้ไขปัญหา ร่วมกันเมื่อเกิดความไม่ เข้าใจภายในกลุ่ม
สื่อสารร่วมกันเพื่อระบุ ถึงปัญหา และการ ดำเนินงานภายในกลุ่ม	สมาชิกทุกคนร่วมกัน สื่อสารพูดคุยร่วมกัน เพื่อระบุว่าเป็นปัญหาที่	สมาชิก 2-3 คน ร่วมกัน สื่อสารพูดคุยร่วมกัน เพื่อระบุว่าเป็นปัญหาที่	สมาชิกไม่สื่อสารพูดคุย ร่วมกันเพื่อระบุว่าเป็น ปัญหาที่ผู้สอนกำหนด

เกณฑ์การประเมินแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ (ต่อ)

รายการประเมิน พฤติกรรมของผู้เรียน	ระดับ		
	สูง	กลาง	ต่ำ
สมรรถนะการเลือกวิธีการดำเนินงานที่เหมาะสมกับการแก้ปัญหา			
	ผู้สอนกำหนดคืออะไร และร่วมกันระบุวิธีการ ดำเนินงานที่สอดคล้อง เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา ได้	ปัญหาที่ผู้สอนกำหนดคือ อะไรและร่วมกันระบุ วิธีการดำเนินงานที่ สอดคล้องเพื่อใช้ในการ แก้ปัญหาได้	คืออะไรและไม่สื่อสาร ร่วมกันเพื่อระบุวิธีการ ดำเนินงานที่ สอดคล้องเพื่อใช้ใน การแก้ปัญหาได้
ระบุและอธิบายภาระงานที่ ต้องปฏิบัติให้เสร็จ	สมาชิกทุกคนสามารถ ระบุอธิบายและเข้าใจ ขั้นตอนในการ ปฏิบัติงานเพื่อให้ บรรลุผลสำเร็จได้	สมาชิก 2-3 คน สามารถ ระบุอธิบายและเข้าใจ ขั้นตอนในการปฏิบัติงาน เพื่อให้บรรลุผลสำเร็จได้	สมาชิกไม่สามารถ ระบุอธิบายและไม่ เข้าใจขั้นตอนในการ ปฏิบัติงานเพื่อให้ บรรลุผลสำเร็จได้
ร่วมกันตรวจสอบผลการ ดำเนินงานและประเมินผล ความสำเร็จของงาน	สมาชิกในกลุ่มสามารถ ตรวจสอบผลการ ดำเนินงานอย่าง สม่ำเสมอว่าสอดคล้อง กับเป้าหมายที่ตั้งไว้ หรือไม่และสามารถ ประเมินความสำเร็จ ของงานได้ว่าสอดคล้อง กับเป้าหมายที่ตั้งไว้	สมาชิกในกลุ่มสามารถ ตรวจสอบผลบางครั้งว่า การดำเนินงานสอดคล้อง กับเป้าหมายที่ตั้งไว้ หรือไม่และไม่สามารถ ประเมินความสำเร็จของ งานได้ว่าสอดคล้องกับ เป้าหมายที่ตั้งไว้	สมาชิกในกลุ่มไม่ ตรวจสอบผลว่าการ ดำเนินงานสอดคล้อง กับเป้าหมายที่ตั้งไว้ หรือไม่และไม่ประเมิน ความสำเร็จของงาน ได้ว่าสอดคล้องกับ เป้าหมายที่ตั้งไว้
ร่วมกันวางแผนออกแบบ และดำเนินงาน	สมาชิกทุกคนร่วมกัน พูดคุย สื่อสารเพื่อวาง แผนการดำเนินงานและ การออกแบบชิ้นงาน ร่วมกัน	สมาชิก 2-3 คน เท่านั้น ร่วมกันพูดคุย สื่อสารเพื่อ วางแผนการดำเนินงาน และการออกแบบชิ้นงาน ร่วมกัน	มีสมาชิกเพียงคน เดียวเท่านั้นที่วาง แผนการทำงานและ การออกแบบชิ้นงาน ส่วนสมาชิกที่เหลือ ปฏิบัติตามเพียง เท่านั้น

เกณฑ์การประเมินแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ (ต่อ)

รายการประเมิน พฤติกรรมของผู้เรียน	ระดับ		
	สูง	กลาง	ต่ำ
สมรรถนะสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม			
ร่วมมือกันระดมเพื่อหา แนวทางที่เหมาะสมใน การแก้ปัญหา	สมาชิกทุกคนร่วมกัน อภิปรายเพื่อระดมหา แนวทางที่เหมาะสมที่ใช้ ในการแก้ปัญหาร่วมกัน รวมถึงเมื่อมีข้อโต้แย้งก็ สามารถอธิบายได้อย่าง มีเหตุผลและยอมรับ ความคิดเห็นของผู้อื่น	สมาชิก 2-3 คน ร่วมกัน อภิปรายเพื่อระดมหา แนวทางที่เหมาะสมที่ใช้ ในการแก้ปัญหาร่วมกัน รวมถึงเมื่อมีข้อโต้แย้งก็ สามารถอธิบายได้อย่าง มีเหตุผลและยอมรับ ความคิดเห็นของผู้อื่น	สมาชิกไม่ร่วมกัน อภิปรายเพื่อระดมหา แนวทางที่เหมาะสมที่ใช้ ในการแก้ปัญหาร่วมกัน รวมถึงไม่มีข้อโต้แย้ง ใดๆ และไม่มีการแสดง ความคิดเห็นภายใน กลุ่ม
อธิบาย และประพจน์ ตนตามกฎหมายของกลุ่มที่ได้ ตั้งไว้	สมาชิกทุกคนสามารถ ปฏิบัติตามกฎหมายของกลุ่ม ที่ตั้งไว้ได้	สมาชิกบางคนสามารถ ปฏิบัติตามกฎหมายของกลุ่ม ที่ตั้งไว้ได้	สมาชิกทุกคนไม่ สามารถปฏิบัติตามกฎ ของกลุ่มที่ตั้งไว้ได้
ปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ ได้รับมอบหมายได้	สมาชิกทุกคนมีความ รับผิดชอบปฏิบัติงาน ตามหน้าที่ที่ตนได้รับ มอบหมายอย่างตั้งใจ และเสร็จภายในเวลาที่ วางแผนไว้	สมาชิก 2-3 คน เท่านั้น มีความรับผิดชอบ ปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ ตนได้รับมอบหมาย อย่างตั้งใจและเสร็จ ภายในเวลาที่วางแผนไว้	สมาชิกไม่มีความ รับผิดชอบไม่ปฏิบัติงาน ตามหน้าที่ที่ได้รับ มอบหมายและงานไม่ เสร็จภายในเวลาที่ กำหนด
เข้าใจบทบาทหน้าที่ ของตนเอง และของ สมาชิกกลุ่ม	สามารถแบ่งบทบาท หน้าที่ของทุกคนได้ตาม ความสามารถของแต่ละ คนและระบุน้ำหนักของ ตนเองและของสมาชิก ทุกคนได้	สามารถแบ่งบทบาท หน้าที่ของทุกคนได้ตาม ความสามารถของแต่ละ คนและระบุน้ำหนักของ ตนเองและของสมาชิก บางคนได้	ไม่สามารถแบ่งบทบาท หน้าที่ของทุกคนได้ตาม ความสามารถของแต่ละ คน รวมถึงไม่สามารถ ระบุน้ำหนักของตนเอง และของสมาชิกทุกคน ได้

เกณฑ์การประเมินแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ (ต่อ)

รายการประเมิน พฤติกรรมของผู้เรียน	ระดับ		
	สูง	กลาง	ต่ำ
สมรรถนะสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม			
ให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็น ข้อปรับปรุงในการ ทำงานร่วมกัน	สมาชิกสามารถรายงาน ปัญหาที่เกิดจากตนเอง หรือเกิดจากสมาชิกคน อื่นได้และสามารถ ร่วมกันวางแผนหรือ ปรับเปลี่ยนหน้าที่ใน การทำงานร่วมกันเมื่อ เกิดปัญหาอุปสรรคเพื่อ ป้องกันข้อขัดแย้งที่จะ เกิดขึ้นภายในกลุ่ม	สมาชิกสามารถรายงาน ปัญหาที่เกิดจากตนเอง หรือจากสมาชิกคนอื่น ได้แต่ไม่สามารถร่วมกัน วางแผนหรือปรับเปลี่ยน หน้าที่ในการทำงาน ร่วมกันเมื่อเกิดปัญหา อุปสรรคเพื่อป้องกันข้อ ขัดแย้งที่จะเกิดขึ้น ภายในกลุ่ม	สมาชิกไม่สามารถ รายงานปัญหาที่เกิด จากตนเองหรือจาก สมาชิกคนอื่นได้และไม่ สามารถร่วมกันวางแผน หรือปรับเปลี่ยนหน้าที่ ในการทำงานร่วมกัน เมื่อเกิดปัญหาอุปสรรค เพื่อป้องกันข้อขัดแย้งที่ จะเกิดขึ้นภายในกลุ่ม

ภาคผนวก ข ตัวอย่างแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การตอบสนองของพืช (สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

คำชี้แจง

โปรดพิจารณาข้อคำถามแต่ละข้อว่ามีความสอดคล้องกับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนหรือไม่ โดยพิจารณาจากสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ดังนี้

สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ คือ ความสามารถของนักเรียนในการแก้ปัญหา สถานการณ์ในชีวิตจริงผ่านกระบวนการแก้ปัญหาแบบกลุ่มโดยอาศัยการช่วยเหลือกันในกลุ่ม ในการเข้าใจปัญหา การสื่อสารแบ่งปันความรู้ ข้อมูลสารสนเทศ นำไปสู่การแก้ปัญหาอย่างประสบความสำเร็จ ซึ่งมี 3 สมรรถนะหลัก ดังนี้

1. การเลือกวิธีการดำเนินงานที่เหมาะสมกับการแก้ปัญหา (Taking Appropriate Action to Solve the Problem) คือ เข้าใจปัญหาและรู้แนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสมเพื่อให้บรรลุเป้าหมาย มีการสื่อสารในกลุ่มในกลุ่มระหว่างทำงานร่วมกัน โดยใช้การอธิบาย การอภิปราย การต่อรอง การใช้เหตุผล การโต้แย้ง สามารถดำเนินการตามแผนที่วางไว้ร่วมกันตามบทบาทหน้าที่ของตน

2. การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม (Establishing and Maintain Team Organization) คือ เข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนและเพื่อนร่วมกลุ่ม รวมทั้งเฝ้าติดตามและรักษากฎระเบียบที่มีร่วมกันมีการสื่อสารและถ่ายทอดข้อมูลที่สำคัญ ตลอดจนปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นกับเพื่อนร่วมกลุ่ม จนสามารถแก้ปัญหาได้สำเร็จ

3. การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน (Establishing and Maintaining Shared Understanding) คือ การรู้และเข้าใจข้อมูลสำคัญ รวมทั้งจุดแข็งและจุดอ่อนที่สัมพันธ์กับงานที่ตนเองและเพื่อนร่วมกลุ่มต้องดำเนินการ สร้างข้อตกลง และทำความเข้าใจปัญหาในทิศทางเดียวกัน สามารถสื่อสารกับเพื่อนร่วมทีมเกี่ยวกับสิ่งที่กระทำหรือลงมือกระทำ และสามารถตรวจสอบ ติดตาม แก้ไขและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกันตลอดจนการทำภารกิจ

ซึ่งผู้วิจัยแบ่งจุดประสงค์ของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนออกเป็น 12 จุดประสงค์ย่อย ดังนี้

1. สมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน
 - 1.1 ค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกภายในกลุ่ม
 - 1.2 แบ่งปันข้อมูล และทำความเข้าใจในปัญหาร่วมกัน
 - 1.3 สื่อสารร่วมกันเพื่อระบุถึงปัญหา และการดำเนินงานภายในกลุ่ม
 - 1.4 ตรวจสอบและแก้ไขความเข้าใจร่วมกัน
2. สมรรถนะการเลือกวิธีการดำเนินงานที่เหมาะสมกับการแก้ปัญหา
 - 2.1 ระบุและอธิบายภาระงานที่ต้องปฏิบัติให้เสร็จ
 - 2.2 ร่วมมือกันระบุเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา
 - 2.3 ร่วมกันวางแผนออกแบบและดำเนินงาน
 - 2.4 ร่วมกันตรวจสอบผลการดำเนินงานและประเมินผลความสำเร็จของงาน
3. สมรรถนะสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม
 - 3.1 เข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเอง และของสมาชิกกลุ่ม
 - 3.2 ปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้
 - 3.3 อธิบาย และประพฤติตนตามกฎของกลุ่มที่ได้ตั้งไว้
 - 3.4 ให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกัน

ระดับของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับสูง ระดับกลาง และระดับต่ำ

เกณฑ์การให้คะแนนความสอดคล้องของรายการพฤติกรรมแต่ละข้อมีดังต่อไปนี้

- | | |
|-----------|---|
| คะแนน + 1 | ถ้าเห็นด้วยว่าแบบประเมินสมรรถนะสอดคล้องกับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ |
| คะแนน 0 | ถ้าไม่แน่ใจว่าแบบประเมินสมรรถนะสอดคล้องกับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ |
| คะแนน - 1 | ถ้าไม่เห็นด้วยว่าแบบประเมินสมรรถนะสอดคล้องกับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ |

แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือใช้สำหรับผู้เชี่ยวชาญประเมินเพื่อพิจารณาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและความเหมาะสมของแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือโดยใช้เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

**ตารางพิจารณาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและความเหมาะสม
ของแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ**

ข้อ	รายการประเมิน	ความคิดเห็น		
		+1	0	-1
สถานการณ์ที่ 1 : กุหลาบผู้บอบบาง				
1	นักเรียนคิดว่าปัญหาที่ทำให้ดอกกุหลาบช้ำและเหี่ยวเร็ว ในระหว่างการขนส่ง จากสถานการณ์ข้างต้นคืออะไร ทำไมจึงคิดเช่นนั้น (วัดสมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน : 1.2 แบ่งปันข้อมูลและทำความเข้าใจในปัญหาร่วมกัน)			
2	จากที่เพื่อนนักเรียนเสนอวิธีการทั้งหมดในข้างต้น นักเรียนคิดว่าวิธีการแก้ปัญหาแบบใดน่าจะเหมาะสมที่สุดสำหรับการแก้ไขปัญห ในสถานการณ์นี้ เหตุใดนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น (วัดสมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา : 2.1 ระบุและอธิบายภาระงานที่ต้องปฏิบัติให้เสร็จ)			
3	จากข้อ 2 ให้นักเรียนอธิบายวิธีการแก้ไขปัญหาย่างคร่าวๆ (วัดสมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา : 2.2 ร่วมกันระบุเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา)			
4	จากบทสนทนาข้างต้น นักเรียนจะแบ่งหน้าที่การทำงานของสมาชิกในกลุ่มอย่างไร (วัดสมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม : 3.1 เข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเองและของสมาชิกในกลุ่ม)			
5	จากข้อ 4 เมื่อแบ่งหน้าที่การทำงานของสมาชิกในกลุ่มแล้ว นักเรียนคิดว่ากลุ่มของนักเรียนควรมีข้อตกลงในการทำงานกลุ่มร่วมกันในเรื่องใดบ้าง และเมื่อพบว่าสมาชิกในกลุ่มไม่ปฏิบัติตามข้อตกลงที่กลุ่มกำหนดขึ้น นักเรียนจะแก้ปัญหายังไง (วัดสมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม : 3.3 อธิบายและประพฤติดนตามกฎของกลุ่มที่ได้ตั้งไว้)			
6	นักเรียนจะมีวิธีการวางแผนขั้นตอนในการดำเนินงานแก้ปัญหาจากสถานการณ์ข้างต้นได้อย่างไร (วัดสมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา : 2.3 ร่วมกันวางแผนออกแบบและดำเนินการ)			

ข้อ	รายการประเมิน	ความคิดเห็น		
		+1	0	-1
สถานการณ์ที่ 2 โรงเรือนเพื่อผลิตพืชแห่งอนาคต				
7	นักเรียนจะมีวิธีติดตามผลการดำเนินงานในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ข้างต้นอย่างไร และมีวิธีการวัดประเมินผลได้อย่างไรว่าวิธีการแก้ปัญหาที่นักเรียนเลือกใช้สามารถแก้ปัญหาได้ (วัดสมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา : 2.4 ร่วมกันตรวจสอบผลการดำเนินงานและประเมินผลความสำเร็จของงาน)			
8	หลังจากได้วิธีการแก้ปัญหาแล้ว ฟางซึ่งมีหน้าที่ในการออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในการแก้ปัญหา ถ้านักเรียนเป็นฟาง นักเรียนจะมีขั้นตอนในการปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายอย่างไร (วัดสมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม : 3.2 ปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย)			
9	จากข้อ 8 ถ้าหากฟางออกแบบเครื่องมือผิดพลาดนักเรียนจะทำอย่างไร (วัดสมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม : 3.4 ให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกัน)			
10	ในการดำเนินการในระยะหนึ่ง นักเรียนพบว่าเพื่อนของนักเรียนมีความถนัดในด้านต่างๆ เพิ่มคือคุณมีความรู้ในเรื่องการเลือกวัสดุสิ่งของต่างๆ อาร์ทมีความรู้ในเรื่องวัสดุอุปกรณ์ชิ้นส่วนประกอบเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นอย่างดี และตอนนี้กลุ่มของนักเรียนต้องเลือกซื้อวัสดุเพื่อมาใช้ในการสร้างโรงเรือนปลูกพริกหวานที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้เพื่อให้ได้ผลผลิตจำนวนมากและมีคุณภาพดี นักเรียนคิดว่าจะให้ใครไปเลือกซื้อวัสดุพร้อมกับนักเรียน (วัดสมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน : 1.1 ค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกในกลุ่ม)			
11	จากข้อ 10 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น (วัดสมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน : 1.4 ตรวจสอบและแก้ไขความเข้าใจร่วมกัน)			
12	เมื่อไปเลือกซื้อวัสดุอุปกรณ์แล้ว เพื่อนนักเรียนยังมีความเข้าใจผิดเกี่ยวกับชนิดของพลาสติกที่จะนำมาใช้ในการคลุมหลังคาโรงเรือนปลูกพริกหวาน นักเรียนจะสื่อสารเพื่อแก้ไขความเข้าใจผิดเพื่อให้เพื่อนทราบอย่างไร (วัดสมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน : 1.3 สื่อสารร่วมกันเพื่อระบุถึงปัญหาและการดำเนินงานภายในกลุ่ม)			

ข้อเสนอแนะ

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

ลงชื่อ.....ผู้เชี่ยวชาญ

(.....)

ตำแหน่ง.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ภาคผนวก ข ตัวอย่างผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินสมรรถนะ
การแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

ข้อที่	ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่า IOC	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
สถานการณ์ที่ 1						
1	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
2	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
3	+1	+1	0	2	0.67	สอดคล้อง
4	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
5	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
6	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
สถานการณ์ที่ 2						
7	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
8	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
9	+1	+1	0	2	0.67	สอดคล้อง
10	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
11	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
12	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง

ค่า IOC มากกว่า 0.5 ขึ้นไป ถือว่าแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ
เรื่อง การตอบสนองของพืช มีความตรงเชิงเนื้อหาที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้สามารถ
นำไปใช้ได้

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ - ชื่อสกุล	มธุละดา วีระพันธ์
วัน เดือน ปี เกิด	23 กันยายน 2521
ที่อยู่ปัจจุบัน	107 หมู่ 6 ตำบลแม่สา อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน 55110
ที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนศรีสวัสดิ์วิทยาคารจังหวัดน่าน ตำบลคูใต้ อำเภอเมือง จังหวัดน่าน 55000
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน	ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ โรงเรียนศรีสวัสดิ์วิทยาคารจังหวัดน่าน
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2544	วท.บ. ชีววิทยาประยุกต์ สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก
พ.ศ. 2545	ประกาศนียบัตรบัณฑิตวิชาชีพอครุ สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก