

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม  
เรื่อง การตอบสนองของพืช เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ  
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

STEM EDUCATION THROUGH AN ENGINEERING DESIGN PROCESS  
ON THE PLANT RESPONSE FOR PROMOTING COLLABORATIVE PROBLEM  
SOLVING COMPETENCIES OF MATHAYOMSUKSA 5 STUDENTS

มธุละดา วีระพันธ์<sup>1</sup> และสุรีย์พร สว่างเมฆ<sup>2</sup>  
Matulada Weerapan<sup>1</sup> and Sureeporn Sawangmek<sup>2</sup>

<sup>1</sup>หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยนเรศวร

<sup>2</sup>ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

<sup>1</sup>Master of Education Program in Science Education, Naresuan University

<sup>2</sup>Department of Education, Faculty of Education, Naresuan University

E-mail: krumatulada.wp@gmail.com

Received:	May 23, 2021
Revised:	September 1, 2021
Accepted:	September 3, 2021

**บทคัดย่อ**

การวิจัยปฏิบัติการนี้มีจุดประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาแนวทางการปฏิบัติในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง การตอบสนองของพืช และ 2) ศึกษาผลการส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งเป็นห้องเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 35 คน ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ จำนวน 3 วงจร เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบบันทึกการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เก็บรวบรวมข้อมูลและนำข้อมูลมาวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ตรวจสอบข้อมูลด้วยวิธีสามเส้า

ผลการวิจัยพบว่า 1) แนวทางการปฏิบัติในการจัดการเรียนรู้แต่ละขั้นตอนต้องเน้นบทบาทของสมาชิกให้มีโอกาสแลกเปลี่ยนเรียนรู้อย่างเท่าเทียม กำหนดภาระงาน ที่มากแต่มีเวลาจำกัดในการทำกิจกรรม ออกแบบและสร้างชิ้นงานเพื่อนำไปทดสอบประสิทธิภาพการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดจริง เปิดโอกาสให้ผู้เรียนทุกคนได้สื่อสารแลกเปลี่ยนแสดงความคิดเห็นที่แต่ละคนมีเพื่อให้กลุ่มแก้ปัญหาสำเร็จและต้องมีการแบ่งหน้าที่ในการปฏิบัติงานให้เหมาะสมกับความสามารถ และ 2) สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับสูงทั้งหมด

## คำสำคัญ

สะเต็มศึกษา กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ การตอบสนองของพืช

## ABSTRACT

The objectives of the action research were 1) to study the teaching methodology using STEM education through the engineering design process to promote Collaborative Problem Solving (CPS) competencies on plant response and 2) to study the results of the promotion for CPS competencies. The participants were 35 Mathayomsuksa 5 students studying in science and mathematics program of the first semester, academic year 2020. The research was carried out by using 3-cycle research processes. The tools consisted of lesson plans, classroom reflection forms, CPS competency observation forms, and the CPS competency assessment. The data were collected and analyzed by Content analysis. The method of triangulation was used for data credibility.

The results of the research are as follows: 1) each step of learning activities has to emphasize on the roles of members, the equality in group discussion, and a huge amount of assignment with the limited time. The works designed and created by the students were evaluated to find the effectiveness of their problem solving. Learning in the assigned situation, every member was able to exchange their ideas to find the best way to solve the problem. The students' duties in the group were based on their abilities. 2) The learning management was able to promote students' CPS competencies at a high level.

## Keywords

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

## ความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันสังคมโลกในยุคศตวรรษที่ 21 มีการเปลี่ยนแปลงในด้านต่าง ๆ ทั้งด้านวิทยาการและความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตของคนในสังคมอย่างรวดเร็วและซับซ้อนมากยิ่งขึ้นทั้งแนวโน้มของปัญหาในปัจจุบันมีความซับซ้อนมากขึ้นจำเป็นต้องอาศัยความรู้ทักษะและกระบวนการกลุ่มมาช่วยในการแก้ปัญหาเพื่อให้แต่ละคนในกลุ่มที่มีความรู้ความเข้าใจในขั้นตอนหรือกระบวนการแก้ไขปัญหามีความสามารถช่วยกันแก้ไขปัญหาที่มีความยุ่งยากซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นการแก้ปัญหาแบบร่วมมือซึ่งเป็นการรวมกันของทักษะการทำงานร่วมกันและทักษะที่จำเป็นในการแก้ปัญหา จึงเป็นสิ่งหนึ่งที่มีความสำคัญต่อเด็กและเยาวชนรุ่นใหม่ในศตวรรษ ที่ 21 ดังนั้นในการประเมินของโครงการ Programme for

International Student Assessment หรือ PISA ในปี ค.ศ. 2015 ได้เพิ่มการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ (Collaborative problem solving หรือ CPS) ของนักเรียนที่มุ่งเน้นการทำความเข้าใจร่วมกันของกลุ่มและทำงานร่วมกันเพื่อแก้ไขสถานการณ์ที่เป็นปัญหาที่จะนำไปสู่การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์และมีประสิทธิภาพ โดยมีสมรรถนะในแต่ละด้านที่ทำการประเมิน ดังนี้ 1) การสร้างและทำความเข้าใจร่วมกัน 2) การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา 3) การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม (OECD, 2013)

อย่างไรก็ตามพบว่า ผลการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในการประเมิน PISA 2015 นักเรียนไทยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 436 ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของ OECD (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology [IPST], 2018) ซึ่งให้เห็นถึงคุณภาพการศึกษาของประเทศไทยการจัดการเรียนการสอนที่ไม่สอดคล้องกับการพัฒนานักเรียนให้เป็นผู้ที่มีทักษะในการแก้ปัญหาและการทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ทำให้ระบบการศึกษาทั่วโลกจำเป็นต้องเร่งส่งเสริมให้สมรรถนะนี้กับนักเรียน (Rosen & Foltz, 2014) สอดคล้องกับสภาพบริบทโรงเรียนที่ผู้วิจัยสอนในกิจกรรมการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนทำงานกลุ่มเพื่อร่วมกันแก้ปัญหาและสร้างสรรค์ชิ้นงานในรายวิชาชีววิทยา พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถร่วมแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างสมาชิกในกลุ่มได้เมื่อต้องทำงานเป็นกลุ่มขาดการทำความเข้าใจในการทำงานร่วมกันเพื่อแก้ไขสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด ขาดการแบ่งปันข้อมูลภายในกลุ่มมีการสื่อสารหรือมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมกลุ่มค่อนข้างน้อย ทำให้ผลลัพธ์ของงานไม่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยไม่มีการจัดการเรียนรู้ลักษณะบูรณาการที่ส่งเสริมให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ที่เรียนไปใช้ในการประยุกต์ใช้และสร้างชิ้นงานไปแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้

แนวทางการจัดการเรียนรู้หนึ่งที่สามารถช่วยส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนได้ คือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM Education) ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการข้ามสาขาวิชา ประกอบด้วย วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติเนื้อหาตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขามาผสมผสานกัน (Kijkuakul, 2015) เพื่อให้นักเรียนได้นำความรู้ทุกแขนงมาใช้ร่วมกันในการแก้ปัญหา เพราะในชีวิตประจำวันต้องใช้ความรู้หลายด้านในการทำงานทั้งสิ้น (Siriphatratthai, 2013) อย่างไรก็ตามงานวิจัยที่มีการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนที่ผ่านมาพบว่ายังไม่สามารถส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือให้อยู่ในระดับสูงได้ทั้งหมด นักเรียนต้องมีการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยกิจกรรมที่มีการกำหนดปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ในสถานการณ์ปัญหาจริงเป็นบริบทของการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหาเพราะในการทำงานจริงต้องใช้ความรู้หลายด้านในการทำงานไม่ได้แยกใช้ความรู้เป็นส่วน ๆ (Netrusamee, 2017; Cholsin, 2016)

จากความสำคัญดังกล่าวผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการนำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียน และเอื้อให้นักเรียนได้เรียนรู้ชีววิทยาควบคู่ไปกับการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาผ่านการสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ซับซ้อนที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงเกี่ยวกับ

การเกษตรเป็นบริบทของการเรียนรู้ เรื่อง การตอบสนองของพืช เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียนให้เพิ่มขึ้นในระดับสูง

### โจทย์วิจัย/ปัญหาวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การตอบสนองของพืชควรมีแนวทางการจัดการเรียนรู้อย่างไร
2. ผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การตอบสนองของพืช มีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือเป็นอย่างไร

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางการปฏิบัติในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง การตอบสนองของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
2. เพื่อศึกษาผลการส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเรื่อง การตอบสนองของพืชของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action research) ผู้วิจัยได้เลือกใช้ขั้นตอนการวิจัยปฏิบัติการตามแบบของ Schmuck (Cited in Kijkuakul, 2014) มีขั้นตอนการดำเนินการเป็นวงจรปฏิบัติการ 4 ขั้นตอน คือ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติ (Action) ขั้นสังเกต (Observe) และขั้นการสะท้อนผล (Reflect) การทำวิจัยปฏิบัติการจะซ้ำเป็นวงจรทั้งหมด 3 วงจรปฏิบัติการ

#### 1. ผู้เข้าร่วมวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งเป็นห้องเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดน่าน จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 35 คน โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

#### 2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จำนวน 3 แผน ประกอบด้วย การตอบสนองของพืชต่อเอทิลีน การตอบสนองของพืชต่อความชื้น และการตอบสนองของพืชต่อฮอร์โมนพืชสังเคราะห์ แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มี 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา ขั้นที่ 2 การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ขั้นที่ 3 การวางแผนและพัฒนา ขั้นที่ 4 การทดสอบและประเมินผล และขั้นที่ 5 การนำเสนอผลลัพธ์ ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ 12 ชั่วโมง ประเมินความเหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.62 ซึ่งอยู่ในระดับความเหมาะสมมากที่สุด

2.2 แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกตซึ่งเป็นครูชำนาญการพิเศษและมีประสบการณ์ในการสอนวิทยาศาสตร์เป็นเวลา 25 ปี ใช้ในการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้หลังเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนโดยเป็นการเขียนบรรยายตามหัวข้อที่กำหนดเพื่อนำไปปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไป

2.3 แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือมีลักษณะเป็นแบบสังเกตแบบกึ่งโครงสร้าง คือ มีแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) ระดับต่ำ กลาง และสูงของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือและบันทึกพฤติกรรมของผู้เรียนที่แสดงออกถึงการมีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้และสอบถามนักเรียนเพิ่มเติมขณะทำกิจกรรม โดยผู้วิจัยได้บันทึกวิดีโอพร้อมทั้งสังเกตและบันทึกข้อมูลผู้เรียนเป็นรายบุคคล

2.4 แบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือใช้เพื่อประเมินและจัดกลุ่มระดับสมรรถนะของนักเรียน ประกอบด้วย 2 สถานการณ์ปัญหา ที่นำมาสร้างข้อคำถามสถานการณ์ ละ 6 ข้อคำถาม รวม 12 ข้อ มีลักษณะเป็นข้อคำถามแบบสร้างคำตอบอิสระ ซึ่งครอบคลุมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือทั้ง 3 ด้าน (OECD, 2013) ประกอบด้วยสมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน สมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา และสมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม โดยอิงตามกรอบการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของ PISA 2015 มีการประเมินผลโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่าระหว่าง 0.67 – 1

### 3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้เข้าร่วมวิจัย โดยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การตอบสนองของพืช ตามแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 3 แผน รวม 12 ชั่วโมง ดำเนินการตามวงจรปฏิบัติการ 3 วงจรปฏิบัติการในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้แบ่งผู้เรียนออกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 5-6 คน ให้นักเรียนทำใบกิจกรรมการเรียนรู้แบบรายกลุ่ม ระหว่างการจัดการเรียนรู้แต่ละครั้งได้เก็บข้อมูลจากการสังเกตพฤติกรรมแก้ปัญหาแบบร่วมมือและให้ผู้เรียนทำการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือหลังการจัดการเรียนรู้เป็นรายบุคคล นำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมทั้งหมดไปวิเคราะห์ผลต่อไป

### 4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ มาทำการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

4.1 การวิเคราะห์แนวทางการปฏิบัติในการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยวิเคราะห์จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ที่บันทึกโดยผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกต ด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา (Content analysis) ทำการจัดกลุ่มข้อมูลตามประเด็นที่กำหนดไว้ในประเด็นคำถามของแต่ละชั้นการจัดการเรียนรู้และ ผลสรุปในแต่ละชั้นการจัดการเรียนรู้ จุดเด่น จุดที่ควรพัฒนาและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม และตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลด้วยการตรวจสอบสามเส้าด้านแหล่งข้อมูล (Resource triangulation)

4.2 การวิเคราะห์ผลการส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่บันทึกการสังเกตโดยผู้วิจัยและจาก

การตรวจคำตอบแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา เพื่อตีความ สรุปข้อมูลและจัดกลุ่มระดับสมรรถนะของผู้เรียนออกเป็นระดับสูง กลาง และต่ำ ตามกรอบการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของ PISA 2015 ดังตารางที่ 1 ทาร้อยละของจำนวนคำตอบ จากนั้นตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูล โดยวิธีการตรวจสอบข้อมูลสามเส้าด้านวิธีรวบรวมข้อมูล (Method triangulation)

ตารางที่ 1 ระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือตามกรอบแนวทางของ PISA 2015

ระดับสมรรถนะ	รายละเอียด
ระดับต่ำ	นักเรียนระบุปัญหาไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดมีการสื่อสารแบ่งปันข้อมูลกันน้อยมาก มีแนวทางในการแก้ปัญหาไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนด ไม่สามารถตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดจากการดำเนินการแก้ปัญหาของกลุ่มได้ให้ความช่วยเหลือสมาชิกในการแก้ปัญหาน้อยมาก นักเรียนแสดงถึงการไม่มีความเข้าใจในบทบาทหน้าที่ของตนเอง
ระดับกลาง	นักเรียนระบุปัญหาได้ค่อนข้างสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด มีการสื่อสารหรือแบ่งปันข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา ระบุแนวทางในการแก้ปัญหาได้ สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดบางส่วน ให้ความร่วมมือในการดำเนินการแก้ปัญหาของกลุ่มและปฏิบัติหน้าที่ตามบทบาทหน้าที่ได้อย่างเหมาะสม สามารถตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดจากการดำเนินการแก้ปัญหาของกลุ่มได้
ระดับสูง	นักเรียนสามารถระบุปัญหาและข้อจำกัดของปัญหาได้อย่างชำนาญ สามารถตรวจสอบข้อผิดพลาดที่เกิดจากการสื่อสารของสมาชิกได้ วางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหาสามารถตรวจสอบและแก้ไขปัญหาที่เป็นผลมาจากการดำเนินการแก้ปัญหาของกลุ่มได้อย่างเหมาะสม เข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเองและของสมาชิก ตลอดจนให้ความช่วยเหลือสมาชิกเมื่อเกิดปัญหาได้

### ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาแนวทางการปฏิบัติในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การตอบสนองของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา (Identify a challenge) แนวปฏิบัติในขั้นนี้ต้องกำหนดสถานการณ์ให้สอดคล้องกับบริบทชีวิตจริงของผู้เรียน แบ่งหน้าที่ตามความถนัดของสมาชิกในกลุ่ม สื่อสารร่วมกันในการระบุปัญหาที่สอดคล้องจากสถานการณ์ปัญหาที่ซับซ้อนที่กำหนด ในขั้นตอนนี้ผู้สอนแบ่งกลุ่มผู้เรียนโดยให้แต่ละกลุ่มมีสมาชิก 5-6 คน แบบคละความสามารถ และกำหนดสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงใกล้ตัวผู้เรียนมีความซับซ้อนต้องการความร่วมมือในการแก้ปัญหา ได้แก่ การออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้าจากเอทิลีน (Ethylene) โรงเรือนเพาะชำจำลองที่สามารถควบคุมความชื้นได้อย่างสม่ำเสมอ และโรงเรือนเพาะเลี้ยงกล้าปักชำที่สามารถควบคุมอุณหภูมิและ

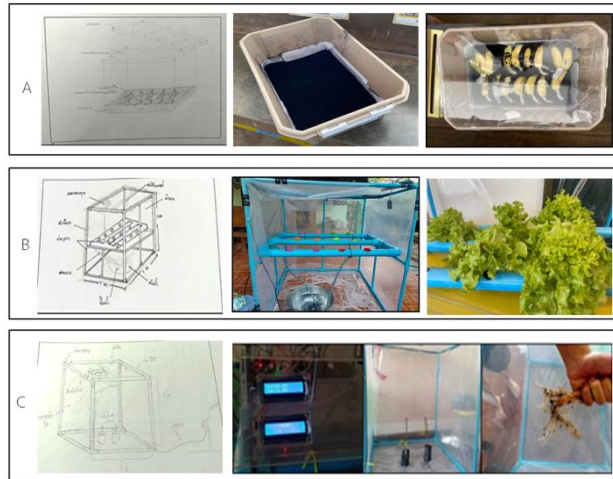
ความขึ้นเพื่อเร่งการเจริญเติบโตของรากพืชได้ พบว่า วงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้เรียนแบ่งหน้าที่โดยไม่คำนึงถึงความถนัดของสมาชิกในกลุ่ม ไม่รวมกันระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้สอนจึงให้ผู้เรียนแบ่งหน้าที่ตามความถนัดของสมาชิกในกลุ่ม พบว่า ผู้เรียนแบ่งหน้าที่ตามความถนัดของสมาชิกกลุ่ม และส่วนใหญ่ร่วมกันระบุปัญหา ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้สอนจึงกำหนดให้ผู้เรียนทุกคนระบุปัญหาและนำมาอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มเพื่อเลือกปัญหาที่มีความสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดมากที่สุดเป็นของกลุ่ม พบว่า ทุกคนระบุปัญหาและนำมาอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มทุกกลุ่มนำเสนอปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดได้ดี

ขั้นที่ 2 การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Imagine) แนวปฏิบัติในขั้นนี้ต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งสืบค้นที่หลากหลายผู้เรียนเข้าใจบทบาทหน้าที่และรักษาระเบียบของกลุ่ม ในขั้นนี้ผู้สอนให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันหาแนวทางหรือวิธีการในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดจากแหล่งสืบค้นต่าง ๆ พบว่า วงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้เรียนไม่ให้ความร่วมมือกับสมาชิกในกลุ่มสืบค้นข้อมูล ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้สอนจึงกำหนดให้ผู้เรียนทุกคนสืบค้นแนวคิดวิธีการเพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาและนำมาอภิปรายร่วมกันในกลุ่มเพื่อเลือกแนวทางที่ดีที่สุด พบว่า ผู้เรียนให้ความร่วมมือกับสมาชิกในกลุ่มแต่ไม่สืบค้นข้อมูลจากแหล่งอื่น ๆ เพิ่มเติม นอกจากที่ผู้สอนให้ตัวอย่าง ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้สอนจึงเปิดโอกาสให้ผู้เรียนทุกคนสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย พบว่า ผู้เรียนให้ความร่วมมือกับสมาชิกในกลุ่มสืบค้นแนวทางในการแก้ปัญหาจากแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลายและนำมาอภิปรายสื่อสารร่วมกันภายในกลุ่มเพื่อเลือกแนวทางการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด

ขั้นที่ 3 การวางแผนและพัฒนา (Plan and develop) แนวปฏิบัติในขั้นนี้ต้องกำหนดระยะเวลาในออกแบบและสร้างชิ้นงาน ผู้เรียนทุกคนต้องมีส่วนร่วมและสื่อสารร่วมกันในการเลือกรูปแบบและสร้างชิ้นงานที่ดีที่สุดในการนำไปใช้แก้ปัญหาจริงจากสถานการณ์ที่กำหนดมีการให้รางวัลกับชิ้นงานที่สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ดีที่สุดในขั้นนี้ผู้สอนให้ผู้เรียนร่วมกันออกแบบและสร้างชิ้นงาน พบว่า วงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้เรียนมีการสื่อสารแสดงความคิดเห็นในการออกแบบชิ้นงานร่วมกับสมาชิกในกลุ่มน้อย ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้สอนจึงให้ผู้เรียนทุกคนออกแบบชิ้นงานและนำมาอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มเพื่อร่วมกันเลือกรูปแบบที่ดีที่สุดมีการให้รางวัลกับชิ้นงานที่สามารถแก้ปัญหาได้ดีที่สุด พบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่สื่อสารแนวคิดการออกแบบและสร้างชิ้นงานร่วมกันมากขึ้น แต่การสร้างชิ้นงานแล้วเสร็จล่าช้า ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้สอนจึงกำหนดเวลาในการออกแบบและสร้างชิ้นงาน พบว่า ผู้เรียนมีการสื่อสารแนวคิดการออกแบบและสร้างชิ้นงานร่วมกันปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่ดีที่สุดในการนำไปใช้แก้ปัญหาจริงจากสถานการณ์ที่กำหนด ดังแสดงในภาพที่ 1

ขั้นที่ 4 การทดสอบและประเมินผล (Test and evaluation) แนวทางปฏิบัติในขั้นนี้ต้องมีการทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงานในสถานการณ์จริง กำหนดระยะเวลาและให้รางวัลกับชิ้นงานที่มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหา แบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและปฏิบัติหน้าที่ตามที่ได้รับมอบหมาย ในขั้นนี้ผู้สอนให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่ม นำชิ้นงานที่สร้างขึ้นไปทดสอบประสิทธิภาพในการแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์จริงที่กำหนด พบว่า วงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้เรียนไม่แบ่งหน้าที่ในการสังเกตบันทึกผลการทดสอบส่งผลให้ผลการทดสอบคลาดเคลื่อน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้สอนจึงให้ผู้เรียนแบ่งหน้าที่ในการสังเกตบันทึกผลเพื่อความถูกต้องของผลการทดสอบ พบว่า ผู้เรียนทุกกลุ่มส่วนใหญ่แบ่งหน้าที่ใน

การบันทึกผลการทดสอบแต่มีการสื่อสารร่วมกันน้อยในการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานที่ไม่เป็นไปตามเป้าหมาย วงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้สอนจึงกำหนดเวลาและให้รางวัลกับชิ้นงานที่มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้ดีที่สุด พบว่า ผู้เรียนทุกกลุ่มมีการสื่อสารร่วมกันถึงผลการทดสอบชิ้นงานและร่วมกันแก้ไขปรับปรุงแล้วเสร็จตามเวลาที่กำหนด ดังแสดงในตัวอย่างภาพที่ 1



**ภาพที่ 1** แสดงตัวอย่างการออกแบบภาพร่าง การสร้างชิ้นงานและการทดสอบชิ้นงานในสภาพปัญหาจริงในระหว่างการจัดการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 1-3

A การออกแบบและสร้างบรรจุภัณฑ์เพื่อชะลอการสุกของกล้วยน้ำว้า

B การออกแบบและสร้างโรงเรือนเพาะชำจำลองที่สามารถควบคุมความชื้นได้อย่างสม่ำเสมอเพื่อให้ผักสลัดที่ปลูกในโรงเรือนได้รับความชื้นอย่างสม่ำเสมอ

C การออกแบบและสร้างโรงเรือนเพาะเลี้ยงกล้าปักชำที่สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นเพื่อเร่งการเจริญเติบโตของรากพืช

ขั้นที่ 5 การนำเสนอผลลัพธ์ (Present the solution) แนวปฏิบัติในขั้นนี้ต้องกำหนดระยะเวลาในการนำเสนอและให้ข้อเสนอแนะจัดลำดับการนำเสนอไว้ล่วงหน้าผู้เรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการให้ข้อเสนอแนะเพื่อตรวจสอบข้อบกพร่องของชิ้นงานเพื่อร่วมกันปรับปรุงแก้ไข ในขั้นนี้ผู้สอนให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลลัพธ์ของงานจากการปฏิบัติร่วมกัน พบว่า วงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้เรียนไม่สนใจและไม่ร่วมให้ข้อเสนอแนะกับกลุ่มที่นำเสนอ ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้สอนจึงใช้วิธีสุ่มในการถามตอบให้ข้อเสนอแนะ พบว่า ผู้เรียนแต่ละกลุ่มตั้งใจร่วมแสดงความคิดเห็นแต่ใช้เวลามาก ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้สอนจึงให้ผู้เรียนจับฉลากลำดับการนำเสนอกำหนดเวลาในการนำเสนอและให้ข้อเสนอแนะ พบว่า ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอข้อมูลได้ชัดเจนส่วนสมาชิกกลุ่มอื่น ๆ มีการสื่อสารร่วมกันอภิปรายและให้ข้อเสนอแนะแล้วเสร็จตามเวลาที่กำหนด

2. ผลการส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องการตอบสนองของพืช



ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การตอบสนองของพืช เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ผู้วิจัยสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนที่เกี่ยวกับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการ จำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ โดยบันทึกผลในแบบบันทึกการสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ร่วมกับผู้เรียนทำแบบประเมินหลังการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือนำมาวิเคราะห์ผลและแสดงผลการวิจัย ดังตารางที่ 2

**ตารางที่ 2** แสดงผลการส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของผู้เรียน

สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ	ระดับสมรรถนะ	ร้อยละของจำนวนผู้เรียน			
		วงจรปฏิบัติการที่ 1	วงจรปฏิบัติการที่ 2	วงจรปฏิบัติการที่ 3	แบบประเมินสมรรถนะ
1. สมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน	สูง	6.43	38.57	70.71	77.15
	กลาง	76.43	59.29	29.29	22.14
	ต่ำ	17.14	2.14	0.00	0.71
2. สมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา	สูง	10.72	30.00	76.43	82.86
	กลาง	72.15	66.43	23.57	16.43
	ต่ำ	17.13	3.57	0.00	0.71
3. สมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม	สูง	18.57	23.57	77.14	87.14
	กลาง	73.57	75.00	22.86	12.86
	ต่ำ	7.86	1.43	0.00	0.00

จากตารางที่ 2 ผลการส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของผู้เรียนที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนในชั้นเรียน พบว่า ในแต่ละวงจรปฏิบัติการมีการเปลี่ยนแปลงของจำนวนนักเรียนตามกลุ่มระดับสมรรถนะต่าง ๆ โดยนักเรียนที่อยู่ในกลุ่มระดับต่ำและระดับกลางมีจำนวนลดลงในขณะที่จำนวนนักเรียนในกลุ่มระดับสูงมีจำนวนเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงพัฒนาการของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนในระดับที่สูงขึ้นทุกสมรรถนะสอดคล้องกับผลการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ภายหลังจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การตอบสนองของพืช ที่พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะย่อยของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมืออยู่ในระดับสูงทั้งหมดเรียงตามลำดับคือ สมรรถนะย่อยของสมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน (ร้อยละ 77.15) สมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม (ร้อยละ 82.86) และสมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา (ร้อยละ 87.14) ตามลำดับ

## อภิปรายผล

จากการศึกษาแนวปฏิบัติในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การตอบสนองของพืช พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยการนำสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในบริบทที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของผู้เรียน มีความซับซ้อนและสอดคล้องกับความรู้ เรื่อง การตอบสนองของพืช จะช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากที่จะเรียนรู้และมีการประยุกต์ใช้ความรู้จากหลายสาขาในการแก้ปัญหาแบบกลุ่ม แนวปฏิบัติในการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียนให้สูงขึ้น คือ การจัดการเรียนรู้แต่ละขั้นตอนต้องเน้นบทบาทของสมาชิกให้มีโอกาสแลกเปลี่ยนเรียนรู้อย่างเท่าเทียม การกำหนดภาระงานที่มากแต่มีเวลาจำกัดในการทำกิจกรรม มีการสร้างชิ้นงานและนำไปทดสอบประสิทธิภาพการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดจริง เปิดโอกาสให้ผู้เรียนทุกคนได้สื่อสารแลกเปลี่ยนความคิดเห็นแนวคิด และความรู้ที่แต่ละคนมี รวมถึงการดำเนินงานเพื่อให้กลุ่มแก้ปัญหาสำเร็จจะต้องมีการแบ่งหน้าที่ในการปฏิบัติให้เหมาะสมกับความสามารถ สอดคล้องกับ (Cholsin, 2016) พบว่า นักเรียนสามารถพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมืออยู่ในระดับปานกลาง คือ นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้เมื่ออยู่ในสภาวะร่วมกลุ่มแต่พบอุปสรรคเมื่ออยู่ด้วยตนเองดังนั้นการจัดการเรียนรู้จะต้องเน้นบทบาทของสมาชิกให้มีโอกาสแลกเปลี่ยนเรียนรู้อย่างเท่าเทียมเป็นการแก้ปัญหาแบบกลุ่มภายใต้สถานการณ์จริง

การจัดจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การตอบสนองของพืช ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนแต่ละขั้นตอนมีลักษณะดังนี้

ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา (Identify a challenge) ในขั้นนี้ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในสมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน กล่าวคือ ผู้เรียนระบุปัญหาเป็นรายบุคคลและนำมาอภิปรายร่วมกับสมาชิกในกลุ่มเกิดการสื่อสารแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันภายในกลุ่มเพื่อร่วมกันระบุปัญหาที่เหมาะสมกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ซึ่งสอดคล้องกับชีวิตจริงของผู้เรียนเกี่ยวกับด้านการเกษตรที่มีความซับซ้อนต้องอาศัยความรู้ในหลายสาขาวิชาและส่งผลให้ผู้เรียนมีการแบ่งหน้าที่ตามความถนัดของสมาชิกในกลุ่ม สอดคล้องกับ (Cholsin, 2016) กล่าวว่า ในการระบุปัญหาต้องสร้างสถานการณ์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงของผู้เรียนและสอดคล้องกับเนื้อหาวิชา ซึ่งสถานการณ์ที่กำหนดขึ้นนั้นจะส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ร่วมกันวิเคราะห์นำไปสู่การกำหนดเป้าหมายตลอดจนแนวทางการแก้ปัญหาร่วมกัน

ขั้นที่ 2 ขั้นการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Imagine) ในขั้นนี้จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม กล่าวคือ ผู้เรียนทุกคนปฏิบัติตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายจากกลุ่มด้วยการสืบค้นแนวทางการแก้ปัญหาและนำมาอภิปรายร่วมกันในกลุ่มซึ่งจะทำให้ผู้เรียนได้แนวทางในการแก้ปัญหาที่หลากหลายก่อนนำมาสรุปหาแนวทางที่เหมาะสมที่สุด สอดคล้องกับ (Morgan, Capraro & Capraro, 2013) กล่าวว่า การแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรมนั้นจะต้องมีการสืบค้นข้อมูลภูมิหลังที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหรือศึกษาวิธีการแก้ปัญหาที่เคยมีมาในอดีตอย่างครอบคลุมและต้องเข้าใจอย่างลึกซึ้งนำไปสู่การออกแบบและพัฒนาวิธีแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพ

ขั้นที่ 3 การวางแผนและพัฒนา (Plan and develop) ในขั้นนี้ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินงานที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา สมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน และสมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม กล่าวคือ ผู้เรียนทำการออกแบบชิ้นงานเป็นรายบุคคลเพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงออกถึงแนวคิดการแก้ปัญหาของผู้เรียนเองจากนั้นจึงนำมาอภิปรายร่วมกันกับสมาชิกในกลุ่มเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมตรวจสอบแก้ไขความเข้าใจร่วมกัน และเลือกแบบชิ้นงานที่ดีที่สุดเป็นของกลุ่มและสร้างชิ้นงานขึ้นจริงตามที่ออกแบบไว้ ซึ่งผู้เรียนต้องแบ่งหน้าที่และปฏิบัติตามหน้าที่ตามความถนัดความสามารถเพื่อให้แล้วเสร็จตามเวลาที่กำหนด สอดคล้องกับ (Householder & Hailey, 2012) กล่าวว่า การเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดอย่างมีประสิทธิภาพนั้นควรมาจากแนวคิดและการตัดสินใจของสมาชิกทุกคนในกลุ่ม

ขั้นที่ 4 การทดสอบและประเมินผล (Test and evaluation) ในขั้นนี้ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา และสมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม กล่าวคือ ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำชิ้นงานของกลุ่มมาทำการทดสอบการแก้ปัญหาในสภาพปัญหาจริงตามเงื่อนไขที่กำหนด เสริมแรงด้วยการให้รางวัลจะช่วยกระตุ้นผู้เรียนให้ร่วมกันตรวจสอบผลการดำเนินงาน สื่อสารให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นการปรับปรุงการทำงานร่วมกันให้แล้วเสร็จตามเวลาที่กำหนด ซึ่ง (Good, 1978) ระบุว่ากิจกรรมที่มีการประเมินแบบทีมมากกว่าแบบรายบุคคลจะช่วยลดโอกาสที่จะมีนักเรียนเพียงคนเดียวเป็นผู้ชนะหรือแพ้การแข่งขันระหว่างกลุ่ม จะเพิ่มความร่วมมือภายในกลุ่มเมื่อสมาชิกมีเป้าหมายเดียวกัน

ขั้นที่ 5 การนำเสนอผลลัพธ์ (Present the solution) ในขั้นนี้จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะการสร้างเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน และสมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม กล่าวคือ ผู้เรียนนำเสนอชิ้นงานอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับผลสำเร็จของชิ้นงาน ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นเพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนมุมมองเกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหา มีการจัดลำดับการนำเสนอทำให้เกิดความรวดเร็วขึ้นแล้วเสร็จตามเวลาที่กำหนด สอดคล้องกับ (NRC, 2012) ระบุว่า นักเรียนควรมีโอกาสที่จะมีส่วนร่วมในการอภิปรายและนำเสนอผลงานด้วยวาจาเกี่ยวกับผลลัพธ์และข้อสรุปของตนเองรวมถึงมีส่วนร่วมในการสนทนาที่เหมาะสมกับคนอื่น ๆ โดยการถามคำถามและอภิปรายประเด็นต่าง ๆ

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การตอบสนองของพืช ทั้ง 5 ขั้นตอน ผู้เรียนทุกคนได้ร่วมกันระบุปัญหา สืบค้นข้อมูลเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาร่วมกันวางแผนออกแบบและสร้างชิ้นงาน รวมไปถึงกระบวนการทดสอบและประเมินผล นำเสนอผลลัพธ์โดยมีการอภิปรายร่วมกันทุกขั้นตอนมีการปฏิบัติและทำกิจกรรมร่วมกันทำให้สามารถส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียนได้ทั้ง 3 สมรรถนะ คือ สมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน สมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา และสมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่มอยู่ในระดับสูง สอดคล้องกับ (McNaught, 2014) ได้กล่าวไว้ในทำนองเดียวกันว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้เผชิญกับสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับปัญหาในชีวิตจริงซึ่งมีหลายมุมมองและวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลายทำให้นักเรียนได้ตัดสินใจในการเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดผ่านกระบวนการกลุ่ม นอกจากนี้การเข้าร่วมกระบวนการกลุ่มจะช่วยฝึกฝนให้นักเรียนรู้จักการทำงานเป็นทีมและสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่น

ได้อีกทั้งการกำหนดหน้าที่ของสมาชิกแต่ละคนจะช่วยให้นักเรียนมีความรับผิดชอบในหน้าที่ และติดตามตรวจสอบการทำงานของตนเองและสมาชิกคนอื่น ๆ ในกลุ่มได้ สอดคล้องกับ (Buachoon, 2019) พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสอดคล้องกับ (Neadratsamee, 2017) พบว่า การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือควร จะเน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติงานร่วมกันเป็นกลุ่มเพื่อให้ผู้เรียนร่วมมือกันแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้

### ข้อเสนอแนะ

#### ข้อเสนอแนะสำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในการนำไปใช้ครั้งต่อไป

1. การจัดกิจกรรมผู้สอนควรกำหนดสถานการณ์ปัญหาที่ซับซ้อน (Complex problem) และสอดคล้องกับบริบทของนักเรียนมากที่สุด เป็นสถานการณ์ปัญหาที่ต้องใช้ความสามารถที่หลากหลายด้านในการแก้ปัญหา และต้องมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องเพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมืออย่างมีประสิทธิภาพ

2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการของ 4 สาขาวิชา แต่ในบางครั้งผู้เรียนยังไม่ได้ให้ความสำคัญกับด้านคณิตศาสตร์และวิศวกรรมผู้สอนจึงต้องให้คำแนะนำและชี้ให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของทั้งสองสาขาวิชาเพื่อให้ผู้เรียนสามารถดำเนินการแก้ไขปัญหาคิดสร้างสรรค์ได้มากขึ้น

#### ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยในครั้งต่อไป

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ผู้วิจัยได้ให้ผู้เรียนสร้างชิ้นงานจริงเพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดจริง ซึ่งผู้เรียนแต่ละกลุ่มมีการสร้างชิ้นงานที่มีรูปแบบแตกต่างกันแสดงให้เห็นถึงความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน ดังนั้นในการทำวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาความสัมพันธ์ของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือกับการคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนเพื่อหาแนวคิดและการมองปัญหาในรูปแบบใหม่ ๆ

### References

- Buachoon, N. (2019). phonkān chatkān rianrū tam nāokhit sa tem suksā thī mī tō phon samrit thāngkān rian wichā khēmī læ khwāmsāmāt nai kān kae panhā khōng nakriān chan matthayommasuksā pī thī sī [Effects of stem education approach on chemistry achievement, problem solving ability of grade 10 students]. *Journal of Graduate Studies Valaya Alongkorn Rajabhat University*. 14(3), 53-63.

- Cholsin, J. (2016). *kānwichai patibatkān phūā phatthanākān c̣hatkān rianrū rūāng parimān s̄an samphan tām n̄aō sa tem suksā thī nēn krabuānkān ‘ōk b̄aep chōēng witsawakam thī songsoēm samōṅ thana kān k̄aē panhā b̄aep rūāmmū* [Operational research to develop content learning management relationship according to STEM Education that focuses on the engineering design process that promotes the equation Collaborative problem solving]. Thesis M.Ed., Naresuan University, Phitsanulok.
- Good, L. & Brophy, E. (1978). *Looking in classrooms*. (2<sup>nd</sup> ed.). New York: Harper & Row.
- Householder, D. L. & Hailey, C. E. (2012). *Incorporating engineering design challenges into STEM courses*. Retrieved from [http://digitalcommons.usu.edu/ncete\\_publications/166](http://digitalcommons.usu.edu/ncete_publications/166).
- Kijkuakul, S. (2014). *kānc̣hatkān rianrū wittayāsāt : thitthāng samrap khru satawat thī yīsip‘et* [Learning management in science: direction for teacher in 21<sup>th</sup> century]. Phetchabun: Julladis Printing.
- Kijkuakul, S. (2015). sa tem suksā . [STEM Education]. *Journal of Education Naresuan University*. 17(2), 201-207.
- McNaught, C. (2014). *Implementing research based education at UCL*. Retrieved from <http://www.ycl.ac.th/teachinglearning/connectedcurriculum/researchbasededucation>.
- Morgan, J. R., Capraro, M. M. & Capraro, R. (2013). *STEM project-based learning: An integrated science, technology, engineering, and Mathematics (STEM) approach*. Rotterdam: Sense.
- Neadratsamee, C. (2017). *kānphatthana kānc̣hatkān rianrū b̄aep sa tem suksā thīnēn krabuānkān ‘ōk b̄aep chōēng witsawakam thī songsoēm samatthana kān k̄aē panhā b̄aep rūāmmū nai rūāng khēmī singwætloṃ khōṅg nakriān chan matthayommasuksā pī thī sī* [The development of learning management that focuses on a process Engineering design that promotes competency in solving chemistry problems Environment of Mathayomsuksa 4 students]. (Master's thesis). Naresuan University. Phitsanulok.
- NRC. (2012). *A framework for K-12 science education: practice’s, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: The National Academies.
- OECD. (2013). *PISA 2015: Draft collaborative problem solving framework*. Paris: OECD.

- 
- Rosen, S. & Foltz, P. W. (2014). Assessing collaborative problem solving through automated technologies. **Research and Practice in Technology Enhanced Learning**. 9(3), 389-140.
- Siriphatratchai, P. (2013). STEM Education kap k̄nphatthanā thaksa nai satawat thī yīsip'et [STEM Education and Skill Development in the 2<sup>1st</sup> Century]. **Executive Journal**. 33(2), 49-56.
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2018). **k̄n k̄æ panhā b̄æp rūammū (Collaborative Problem Solving) bot sarup samrap phūbōrihān PISA sōngphansiphā** [Collaborative Problem Solving Executive Summary PISA 2015]. PISA Thailand. Bangkok: The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. Ministry of Education.