



ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม เรื่อง การเจริญเติบโตของพืช
ที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

EFFECTS OF STEM LEARNING APPROACH ON PLANT GROWTH TOWARDS
CREATIVE PROBLEM SOLVING AND LEARNING ACHIEVEMENT OF ELEVENTH

ปยุตยาพร พลายนาม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2564

ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม เรื่อง การเจริญเติบโตของพืช
ที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

EFFECTS OF STEM LEARNING APPROACH ON PLANT GROWTH TOWARDS
CREATIVE PROBLEM SOLVING AND LEARNING ACHIEVEMENT OF ELEVENTH
GRADE STUDENTS



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of MASTER OF EDUCATION
(Educational Science & Learning Management)
Faculty of Education, Srinakharinwirot University

2021

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม เรื่อง การเจริญเติบโตของพืช
ที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ของ

ปุณยาพร พलयงาม

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์จัตตราชัย เอกปัญญาสกุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกริก ศักดิ์สุภาพ)

..... ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัชรี ร่มพยอม วิชัยดิษฐ์)

..... ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุนีย์ เหมะประสิทธิ์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันเพ็ญ ประทุมทอง)

ชื่อเรื่อง	ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม เรื่อง การเจริญเติบโตของพืช ที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
ผู้วิจัย	ปยุตยาพร พลายงาม
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2564
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เกริก ศักดิ์สุภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร. สุณีย์ เหมะประสิทธิ์

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์คือ 1) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม และเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม และเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด และ 3) เพื่อศึกษาพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ระหว่างเรียนของนักเรียน แบบแผนที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน และแบบแผนการทดลองกลุ่มเดียวแบบวัดซ้ำ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบางปะกอกวิทยาคม 1 ห้องเรียน รวม 36 คน จากการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือวิจัยคือ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม เรื่อง การเจริญเติบโตของพืช 2) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และ 3) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐานคือ การทดสอบค่าที (Dependent t-test, One-sample t-test) และ และการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (Repeated Measures ANOVA ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และผ่านเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และผ่านเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) และมีพัฒนาการในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ : สะเต็ม, สะเต็มศึกษา, การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Title	EFFECTS OF STEM LEARNING APPROACH ON PLANT GROWTH TOWARDS CREATIVE PROBLEM SOLVING AND LEARNING ACHIEVEMENT OF ELEVENTH GRADE STUDENTS
Author	PUNYAPORN PLAINGAM
Degree	MASTER OF EDUCATION
Academic Year	2021
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr. Krirk Saksupub
Co Advisor	Associate Professor Dr. Sunee Haemaprasith

The purposes of this research are as follows: (1) to compare the pretest and posttest results involving the creative problem-solving abilities of students who learned through the STEM education approach according to the specified criteria; (2) to compare the pretest and posttest results involving the learning achievements of the students who learned through the STEM education approach; and (3) to study the development of the creative problem-solving abilities of the students for the duration of the research. The research design was a one-group pretest posttest design and a one group repeated measures design. The sample in this research included 36 eleventh-grade students during the first semester of the 2020 academic year at Bangpakokwitthayakom School. The sample for this study was obtained by cluster random sampling. The research tools consisted of the following: (1) lesson plans; and (2) a creative problem-solving ability test; and (3) a learning achievement test. The statistics used were derived from the dependent samples, t-test for one sample, and One-Way ANOVA repeated measures. The results of this research were as follows: (1) students who learned through the STEM education approach had a creative problem-solving ability higher than before the instruction and higher than the 60% of the criteria with a .05 level of statistical significance; (2) students who learned through the STEM education approach had learning achievement higher than before the instruction and higher than the 60% of the criteria, and a .05 level of statistical significance; and (3) the development of creative the problem-solving abilities of students increased to a .05 level of statistical significance.

Keyword : STEM, STEM Education, Creative problem solving, Learning achievement

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ เนื่องจากผู้วิจัยได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกริก ศักดิ์สุภาพ ที่ปรึกษา และรองศาสตราจารย์ ดร.สุนีย์ เหมะประสิทธิ์ ที่ปรึกษาร่วม ที่ให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ และชี้แนะแนวทางตลอดจนให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยในการทำปริญญาานิพนธ์ทุกขั้นตอนจนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

กราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัชรี ร่มพยอ มวิชัยดิษฐ์ ที่ให้ความกรุณาเป็นประธานในการสอบปากเปล่าปริญญาานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันเพ็ญ ประทุมทอง ที่ให้ความกรุณาเป็นกรรมการในการสอบปากเปล่าปริญญาานิพนธ์ และได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์ ทำให้ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

กราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าในการตรวจเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์เพื่อนำไปใช้ในการทำปริญญาานิพนธ์

กราบขอบพระคุณผู้อำนวยการ และคณะครูอาจารย์โรงเรียนบางปะกอกวิทยาคมทุกท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือ และให้ความอนุเคราะห์ในการทำวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อนนิสิตปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ กลุ่มวิชาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ให้กำลังใจ ให้ความช่วยเหลือ และให้คำแนะนำที่ดีเสมอมา และขอขอบคุณนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนบางปะกอกวิทยาคมทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และญาติพี่น้องเป็นอย่างยิ่ง และขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ สนับสนุน และให้กำลังใจเสมอมาจนทำให้ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

บุญยาพร พลายงาม

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูปภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	4
ความสำคัญของการวิจัย	5
ขอบเขตของการวิจัย	5
ประชากรที่ใช้ในการวิจัย.....	5
กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย.....	5
เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย.....	5
ระยะเวลาในการวิจัย.....	5
ตัวแปรที่ศึกษา	5
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
กรอบแนวคิดการวิจัย	8
สมมติฐานของการวิจัย.....	9
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม.....	10
1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม	10

1.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม	10
1.2 หลักการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม	11
1.3 บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม	17
1.4 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม	19
2 การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์.....	21
2.1 ความหมายของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์.....	21
2.2 ขั้นตอนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์.....	21
2.3 แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์.....	26
2.4 การวัดประเมินผลการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์.....	31
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	35
3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	35
3.2 การวัดประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	35
3.3 การสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	36
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	38
4.1 งานวิจัยในประเทศที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม	38
4.2 งานวิจัยต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม	41
4.3 งานวิจัยในประเทศที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์	44
4.4 งานวิจัยต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์	45
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	49
1. การเตรียมการ	49
2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	49
3. การดำเนินการวิจัย.....	60
4. การวิเคราะห์ข้อมูล.....	61

บทที่ 4 ผลการศึกษา	63
ตอนที่ 1 ผลการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม.....	63
ตอนที่ 2 ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม.....	66
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	69
สรุปผลการวิจัย.....	70
อภิปรายผลการวิจัย	71
ข้อเสนอแนะ	76
บรรณานุกรม	78
ภาคผนวก.....	87
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	88
ภาคผนวก ข ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	90
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	115
ภาคผนวก ง ภาพกิจกรรมและผลงานนักเรียน.....	127
ประวัติผู้เขียน.....	134

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของบุคคลิโและคนอื่น ๆ.....	21
ตาราง 2 กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของไอแซคเซน, ดอร์วัล, และเทรฟฟินเจอร์....	22
ตาราง 3 เปรียบเทียบกระบวนการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของผู้เชี่ยวชาญ	25
ตาราง 4 แสดงขั้นตอน บทบาทนักเรียนและครูในการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหา อย่างสร้างสรรค์ตามแนวคิดของ กัญญารัตน์ โคจร, สุณีย์ เหมะประสิทธิ์, น้ำฝน คุณเจริญไพศาล, และ ประมวล ศิริพันธ์แก้ว(2554, น. 10-13).....	26
ตาราง 5 แสดงขั้นตอนบทบาทนักเรียนและครูในการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาอย่าง สร้างสรรค์ตามแนวคิดของคันทร์พีย์ ชมพูพาทย์ และปิยดา สมบัติวัฒนา.....	29
ตาราง 6 แสดงมาตรฐานการเรียนรู้ และผลการเรียนรู้ ที่เกี่ยวข้องในการออกแบบการจัดการเรียนรู้	50
ตาราง 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง สาระ มาตรฐาน ผลการเรียนรู้ และวัตถุประสงค์ในแผนการ จัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม.....	52
ตาราง 8 การวิเคราะห์เนื้อหาและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยสำหรับการสร้างแบบวัด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	57
ตาราง 9 แบบแผนการวิจัย.....	61
ตาราง 10 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนก่อน และหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม	64
ตาราง 11 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนหลัง ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มกับเกณฑ์ (ร้อยละ 60).....	64
ตาราง 12 ผลการเปรียบเทียบพัฒนาการในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียน ระหว่างได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม	65
ตาราง 13 ผลการเปรียบเทียบสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการ เรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม.....	67

ตาราง 14 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางเรียนของนักเรียน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ ตาม แนวทางสะเต็มกับเกณฑ์ (ร้อยละ 60)	68
ตาราง 15 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้	116
ตาราง 16 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่าง สร้างสรรค์.....	117
ตาราง 17 แสดงค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก ของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา อย่างสร้างสรรค์	118
ตาราง 18 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	119
ตาราง 19 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม	121
ตาราง 20 คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ก่อนและหลังได้รับการจัดการ เรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม.....	123
ตาราง 21 คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ตาม แนวทางสะเต็ม.....	125

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย	8
ภาพประกอบ 2 กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมตามกรอบแนวคิดของมาตรฐานการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ยุคใหม่	13
ภาพประกอบ 3 กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมตามแนวคิดของสถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	15
ภาพประกอบ 4 คะแนนพัฒนาการของความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ระหว่าง ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม	66



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ปัจจุบันสังคมได้ก้าวเข้าสู่ศตวรรษที่ 21 ซึ่งเต็มไปด้วยการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วอันเนื่องมาจากความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เข้ามามีอิทธิพลอย่างมีต่อการดำรงชีวิตทั้งแง่ของตัวบุคคล และต่อสังคมอย่างรอบด้าน ไม่ว่าจะเป็นการเข้าถึงแหล่งสารสนเทศที่ง่ายดาย การใช้ชีวิตประจำวันที่สะดวกขึ้นส่งผลให้คุณภาพชีวิตดีขึ้น หรือแม้แต่การนำไปใช้ส่งเสริมประสิทธิภาพในการทำงาน และการประกอบอาชีพในหลากหลายสาขา ด้วยบทบาทของเทคโนโลยีจึงปฏิเสธไม่ได้ว่าเทคโนโลยีกลายเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งที่ช่วยขับเคลื่อนสังคมในหลาย ๆ ให้เดินหน้าไปได้อย่างต่อเนื่องเพื่อนำสู่ความมั่นคงของประเทศ (The partnership for 21st century skills. 2009 อ้างถึงใน พรทิพย์ ศิริภักตราชัย, 2556, น. 52; พรสวรรค์ วงศ์ตาธรรม, 2558, น. 112) แต่อย่างไรก็ดี การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นก็เปรียบเสมือนดาบสองคมหากมีการนำเทคโนโลยีไปใช้ในทางที่ไม่เหมาะสมก็จะทำให้เกิดความเสียหายตามมาได้เช่นกัน ดังนั้นการเตรียมความพร้อมให้กับประชากรในสังคมมีศักยภาพเพียงพอในการรู้จักใช้เทคโนโลยีให้เป็นประโยชน์ เท่าทันการเปลี่ยนแปลงจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ควรสนับสนุนให้เกิดขึ้น ซึ่งเครื่องมือสำคัญที่จะช่วยยกระดับคุณภาพประชากรให้มีคุณสมบัติดังกล่าว ได้นั้นก็คือการศึกษา

การศึกษาในอดีตมีลักษณะเป็นการเรียนรู้แบบตั้งรับ (Passive leaning) อันเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นเนื้อหาแบบแยกส่วน ไม่มีการเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่น ทำให้ยากต่อการนำมาปรับใช้ ซึ่งไม่สอดคล้องกับยุคสมัยในปัจจุบันที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา อีกทั้งเกิดการสร้างสรรค์สิ่งต่าง ๆ ตลอดจนการสร้างองค์ความรู้ใหม่ ๆ อย่างต่อเนื่อง นักการศึกษาจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญในการพัฒนาแนวทางการจัดการศึกษาในปัจจุบันเพื่อให้เท่าทันสังคม โดยปรับเปลี่ยนเป็นการจัดเรียนรู้เชิงรุก (Active learning) ที่ให้ความสำคัญกับการเรียนรู้ผ่านการลงมือทำ โดยบูรณาการความรู้จากหลายศาสตร์และต้องใช้ทักษะที่หลากหลายเพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับการจัดการสิ่งที่จะต้องเผชิญให้บรรลุเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้แบบตั้งรับจึงเป็นการส่งเสริมให้ประชากรในปัจจุบันเกิดทักษะต่าง ๆ ขึ้น อาทิ ทักษะการทำงานร่วมกัน ทักษะด้านเทคโนโลยี ทักษะการสื่อสาร รวมไปถึงทักษะการคิดขั้นสูง (Higher order thinking skills-HOTS) ต้องใช้กระบวนการทางสมองที่ซับซ้อนในการแสดงความสามารถออกมาและจำเป็นต้องได้รับการสอนและฝึกฝนเพื่อให้เกิดผลลัพธ์จากการคิดอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ เป็นต้น ซึ่งทักษะดังกล่าว

นับเป็นทักษะพื้นฐาน (General skill) ในศตวรรษที่ 21 ที่จำเป็นต่อการใช้ชีวิต และยังมี การรายงานสนับสนุนด้วยว่า ผู้ที่ได้รับการฝึกฝนทักษะดังกล่าวอย่างสม่ำเสมอจะสามารถปรับตัวให้ เข้ากับการเปลี่ยนแปลงในอนาคตได้สูงกว่าผู้ที่ไม่ได้รับการฝึกฝน ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่า การ ส่งเสริมการจัดการเรียนรู้แบบรุกอย่างเต็มที่เพื่อเสริมสร้างทักษะพื้นฐานดังกล่าวจะช่วยยกระดับ คุณภาพประชากรให้สามารถปรับตัวและเท่าทันการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ (ประสาธ เมืองเฉลิม, 2561, น. 11 - 12; สนธิ พลชัยยา, 2557, น. 7; สำนักงานเลขาธิการสภา การศึกษา, 2562, น. 96, 113; สุพรรณิ ชาญประเสริฐ, 2557, น. 3 - 4)

อย่างไรก็ตามมีข้อบ่งชี้ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา อาทิ จากรายงานผลการทดสอบ PISA ของ ปี 2018 ซึ่งจัดขึ้นโดยองค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organisation for Economic Cooperation and Development, OECD) พบว่าประเทศไทยมีผลการประเมินอยู่ใน กลุ่มต่ำ โดยมีคะแนนทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และการอ่านต่ำกว่าค่าเฉลี่ยใน ทุกด้าน และผลการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์เทียบกับนานาชาติพบว่า มี ระดับเฉลี่ยต่ำกว่านานาชาติเช่นกัน และจากผลคะแนน O-NET ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 6 ระหว่างปี พ.ศ. 2554 - 2560 พบว่าค่าเฉลี่ยในรายวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ต่ำกว่า 50 คะแนนมาตลอด อีกทั้งยังมีการรายงานว่านักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายมีความสนใจ ทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์น้อยลงส่งผลให้แนวโน้มของผลการเรียนรู้ในวิชาดังกล่าวลดลง ด้วยเช่นกัน (มนตรี จุฬาววัฒนทล, 2556, น. 15; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยี, 2562, ออนไลน์; สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2562, น. 74-75)

จากการรายงานดังกล่าวได้สะท้อนให้เห็นถึงคุณภาพทางการศึกษาที่ยังไม่พร้อมสำหรับ การพัฒนาศักยภาพของนักเรียนในปัจจุบันให้มีทักษะชีวิตที่จำเป็นรวมไปถึงความสามารถ ทางความคิดให้ดีเท่าที่ควร อันเป็นผลให้กำลังคนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไม่เพียงพอที่จะ รองรับการแข่งขันในอนาคตได้ ทางหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจึงพยายามผลักดันเพื่อหาวิธีการจัดการ กับปัญหาดังกล่าวด้วยการนำเสนอแนวทางเพิ่มขีดความสามารถทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และการสร้างนวัตกรรมเพื่อเตรียมความพร้อมนักเรียน หนึ่งในนั้นก็คือการใช้แนวทางการจัดการ เรียนรู้แบบสะเต็ม (STEM Education) ซึ่งดำเนินการโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยี (สสวท.) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาคุณภาพของนักเรียน และนำไปสู่การ ยกระดับคุณภาพของประเทศ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559, น. 12- 15; สุทธิดา จำรัส, 2560, น. 14)

อนึ่ง แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็ม (STEM learning approach) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการนำพื้นฐานความรู้ความเข้าใจใน 4 ศาสตร์ ประกอบด้วย วิทยาศาสตร์ (S-Science) เทคโนโลยี (T-Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (E-Engineering) และคณิตศาสตร์ (M-Mathematics) มาบูรณาการร่วมกัน หรืออาจเพิ่มเติมศาสตร์อื่นที่เกี่ยวข้องในการจัดการเรียนรู้ เพื่อเป็นการเชื่อมโยงความรู้เชิงทฤษฎีสู่การปฏิบัติในชีวิตจริง โดยมีจุดเด่นประการหนึ่งคือการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมร่วมกับการจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนรู้จักการทำความเข้าใจปัญหาและข้อจำกัดภายใต้สถานการณ์ต่าง ๆ การสืบค้นรวบรวมข้อมูลเพื่อสร้างแนวทางที่มีความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหา แล้วทำการวางแผนและดำเนินการจัดการปัญหาเหล่านั้นด้วยวิธีการที่เหมาะสม พร้อมทั้งคอยตรวจสอบ ประเมิน ปรับปรุงผลการแก้ปัญหาจนสำเร็จลุล่วง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559, น. 16-17; National Research Council, 2012 อ้างถึงใน อภิสสิทธิ์ ธงไชย, 2559, น. 50-51) ทั้งนี้มีตัวอย่างจากงานวิจัยที่ได้มีการนำแนวทางสะเต็มไปใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนานักเรียนในด้านต่าง ๆ อาทิ การแก้ปัญหา การนำความรู้หรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ ความสามารถในการออกแบบเชิงวิศวกรรม ความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างผลงาน รวมทั้งการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่านักเรียนมีพัฒนาการอยู่ในระดับที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับผลก่อนการทำวิจัย (ดวงพร สมจันทร์ตา, 2559, น. 61-63; อัจฉรีย์ สังขรักษ์, สิงหา ประสิทธิ์พงศ์, และ สิทธิชัย วิชัยดิษฐ, 2560, น. 68-70; อาทิตย์ ฉิมกุล, สกลรัชต์ แก้วดี, และ นิพาดา เรือนแก้ว ดิษยทัต, 2560, น. 336-337) อีกทั้งบางงานวิจัยยังรายงานว่านักเรียนให้การตอบรับที่ดีในการจัดการเรียนรู้เพราะได้ฝึกทักษะการทำงานร่วมกัน ฝึกความรับผิดชอบ และทำให้ได้รับประสบการณ์ใหม่ที่ไม่เคยเจอมาก่อน (Mayasari, Kadarohan, Rusdiana, & Kaniawati, 2016, p. 5) ผลการวิจัยเหล่านี้จึงชี้ให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มสามารถพัฒนาทักษะนักเรียนได้อย่างหลากหลาย เนื่องจากธรรมชาติของศาสตร์ในสะเต็มมีความยืดหยุ่นของเนื้อหาวิชา มีความทันสมัย จึงสามารถสร้างความท้าทาย และส่งเสริมการใช้ความคิดขั้นสูง ส่งผลให้นักเรียนสามารถใช้ชีวิต และปรับตัวในสังคมยุคโลกาภิวัตน์ได้เป็นอย่างดี อันเป็นการปูพื้นฐานสำคัญที่จะช่วยพัฒนาขีดความสามารถของนักเรียนซึ่งนำไปสู่การสร้างสรรค์นวัตกรรม การพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม สาธารณสุข และความมั่นคงของประเทศชาติต่อไปได้ (พรทิพย์ ศิริภักทราชัย, 2556, น. 55; มนตรี จุฬาววัฒนทล, 2556, น. 15)

ทั้งนี้การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative problem solving) เป็นกระบวนการคิดขั้นสูงประเภทหนึ่งเพื่อใช้ในการออกแบบหรือพัฒนาแนวคิดให้แปลกใหม่และหลากหลาย โดยอาศัย

ความรู้ ประสบการณ์เดิมร่วมกับการคิดออกนอกกรอบอย่างอิสระควบคู่ไปกับความมีเหตุผล เพื่อให้การแก้ปัญหาสำเร็จลุล่วงได้ แม้ว่าความสามารถทางการคิดของแต่ละบุคคลจะแตกต่างกัน แต่ก็สามารถพัฒนาได้ด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การใช้การจัดการเรียนรู้เพื่อให้เกิดการฝึกฝนอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอจนกระทั่งเกิดความชำนาญแล้วนำความรู้ และทักษะที่เกี่ยวข้องมาปรับใช้เพื่อสร้างสรรค์สิ่งต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ได้ ดังนั้นการส่งเสริมการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์จึงมีส่วนช่วยพัฒนาการคิดได้อย่างหลากหลายซึ่งจะนำมาสู่ผลดีด้านอื่น ๆ ตามมาด้วย (พรสวรรค์ วงศ์ตาธรรม, 2558, น. 119-120; วิชา เล่าเรียนดี, ปรณัฐ กิจรุ่งเรือง, และ อรพิน ศิริสัมพันธ์, 2560, น. 27) ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มจึงน่าจะมีส่วนช่วยพัฒนานักเรียนให้เกิดความสามารถดังกล่าวขึ้น

อย่างไรก็ดียังพบว่าในปัจจุบันมีการนำหลักการและทฤษฎีทางชีววิทยามานบูรณาการร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มไม่แพ้อีกหลายคนแม้จะเป็นวิชาพื้นฐานที่มีความสำคัญในการต่อยอดสิ่งต่าง ๆ เพื่อการดำรงชีวิต เช่น เทคโนโลยีชีวภาพ การเกษตร (Putwattana, 2018 อ้างถึงใน นฤพจน์ พุฒวัฒน์, 2561, น. 34) ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการนำการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มโดยอาศัยกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมาใช้ร่วมกับเนื้อหาในรายวิชาชีววิทยา เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อเป็นแนวทางหนึ่งในการส่งเสริมให้นักเรียนสามารถนำความรู้ และทักษะอื่น ๆ ที่ได้จากบทเรียนไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้กับเกณฑ์ (ร้อยละ 60)
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม
4. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้กับเกณฑ์ (ร้อยละ 60)
5. เพื่อศึกษาพัฒนาการในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม

ความสำคัญของการวิจัย

เป็นแนวทางสำหรับครู และผู้ที่สนใจในการนำการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม มาใช้เสริมสร้างความรู้ และส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ให้แก่ นักเรียน และเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้กับเนื้อหาและระดับชั้นอื่น ๆ

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 แผน การเรียนคณิตศาสตร์ - วิทยาศาสตร์ ของห้องเรียนพิเศษส่งเสริมศักยภาพทางวิชาการ จำนวน 4 ห้องเรียน รวม 144 คน จากโรงเรียนบางปะกอกวิทยาคม แขวงบางปะกอก เขตราชบุรีบูรณะ จังหวัดกรุงเทพมหานคร

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งกำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 แผนการเรียนคณิตศาสตร์ - วิทยาศาสตร์ ของห้องเรียนพิเศษส่งเสริมศักยภาพทางวิชาการ จำนวน 1 ห้องเรียน รวม 36 คนจากโรงเรียนบางปะกอกวิทยาคม แขวงบางปะกอก เขตราชบุรีบูรณะ จังหวัดกรุงเทพมหานคร ซึ่งได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (cluster random sampling)

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เป็นเนื้อหาของหลักสูตรในรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยา ตามหลักสูตร แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 5 เรื่อง การเจริญเติบโตของพืช

ระยะเวลาในการวิจัย

ดำเนินการในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 ใช้เวลาทดลอง 16 คาบ คาบละ 50 นาที โดยไม่รวมการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม
2. ตัวแปรตาม คือ
 - 2.1 ความสามารถในการแก้ปัญหอย่างสร้างสรรค์
 - 2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเจริญเติบโตของพืช

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม หมายถึง การจัดการเรียนรู้ เรื่อง การเจริญเติบโตของพืช ที่มีการบูรณาการความรู้จากรายวิชาชีววิทยา เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ โดยใช้

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 6 ขั้นตอนตามแนวทางของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2559, น. 16-17) ดังนี้

1.1 การระบุปัญหา คือ การนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้สื่อหรือกิจกรรมเพื่อนำเสนอสถานการณ์เพื่อให้นักเรียนได้ศึกษาแล้วทำการระบุและวิเคราะห์ปัญหาที่พบ

1.2 การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง คือการให้นักเรียนร่วมกันศึกษาข้อมูลและระดมความคิดเพื่อสร้างแนวทางสำหรับการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด อีกทั้งมีการจัดบันทึกสิ่งที่ได้ค้นพบเพื่อประกอบการตัดสินใจให้เหมาะสมกับขอบเขตปัญหา และครูเป็นผู้ให้คำแนะนำ คอยตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของข้อมูลร่วมกับนักเรียน พร้อมทั้งกระตุ้นและสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนขณะทำกิจกรรม

1.3 การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา คือ การให้นักเรียนได้ร่วมกันระดมความคิดเพื่อออกแบบการแก้ปัญหาให้หลากหลายที่สุด ร่วมกับการใช้ข้อมูลที่สืบค้น มีการจัดบันทึก และคัดเลือกแนวทางการแก้ปัญหาที่มีความเหมาะสมที่สุดและเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยครูเป็นผู้ให้คำแนะนำ คอยตรวจสอบความเหมาะสมของสิ่งที่นักเรียนได้ออกแบบ กระตุ้นและสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนขณะทำกิจกรรม

1.4 วางแผนดำเนินการและดำเนินการแก้ปัญหา คือ การที่นักเรียนร่วมกันวางแผนการทำงานอย่างเป็นขั้นตอนและชัดเจน จัดบันทึกข้อมูล ร่วมกันร่างต้นแบบการแก้ปัญหา และลงมือแก้ปัญหา โดยครูทำหน้าที่ให้คำแนะนำ คอยกระตุ้นและสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนขณะทำกิจกรรม

1.5 การทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการหรือชิ้นงาน คือ การให้นักเรียนร่วมกันนำวิธีการหรือชิ้นงานไปใช้แก้ปัญหา แล้ววิเคราะห์และประเมินผลที่เกิดขึ้นจากการนำไปใช้เพื่อหาวิธีการปรับปรุงแก้ไขให้งานสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยครูคอยให้คำแนะนำ กระตุ้นและสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนขณะทำกิจกรรม

1.6 การนำเสนอผลงาน คือการให้นักเรียนได้แสดงและเผยแพร่ผลการจัดกระทำข้อมูลที่ได้จากการแก้ปัญหามาตามวิธีการที่ได้สร้างไว้และผลการแก้ปัญหาให้อยู่ในรูปแบบที่เข้าใจได้ง่ายให้แก่เพื่อนนักเรียนต่างกลุ่มได้รับทราบ รวมทั้งได้ร่วมกันแสดง และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นที่มีต่อผลงานของเพื่อนนักเรียนต่างกลุ่ม โดยครูทำหน้าที่อำนวยความสะดวกในการจัดเตรียมการนำเสนอ ร่วมให้ข้อมูลสะท้อนกลับแก่นักเรียน และกระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันแลกเปลี่ยนความคิดเห็นต่อผลงานของนักเรียนต่างกลุ่ม

2. การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถในการเข้าใจปัญหา ระบุปัญหา และสร้างแนวคิดที่หลากหลายในการแก้ปัญหา สามารถเลือกแนวทางที่แปลกใหม่เหมาะสม และนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ ซึ่งวัดได้จากแบบวัดการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ที่พัฒนามาจากแนวคิดของนิพิฐพร โกมลภิตติศักดิ์ (2553, น. 126-139) กัญญารัตน์ โคจร (Cojorn, 2011, pp.226-228) และยุพาพันธ์ มินวงษ์ (2558, น. 32) มีลักษณะเป็นข้อคำถามชนิดเขียนตอบ ให้คะแนนโดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic rubric scoring) 5 ระดับ ได้แก่ 4 คะแนน (ดีมาก) 3 คะแนน (ดี) 2 คะแนน (ปานกลาง) 1 คะแนน (พอใช้) และ 0 คะแนน (ปรับปรุง) โดยวัดจากพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกมา 3 ด้าน คือ

2.1 การระบุปัญหา พิจารณาจาก 3 ด้าน ได้แก่ การค้นหาปัญหา ระบุสาเหตุของปัญหา และการตัดสินใจเลือกปัญหาที่จะแก้ไข

2.2 การสร้างแนวคิดที่หลากหลาย พิจารณาจาก 4 ด้าน ได้แก่ การคิดคล่อง การคิดยืดหยุ่น การคิดริเริ่ม และการคิดอย่างมีเหตุผล

2.3 การวางแผนการแก้ปัญหา พิจารณาจาก ความชัดเจนในการแสดงขั้นตอนการแก้ปัญหา

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถในการเรียนวิชาชีววิทยา เรื่อง การเจริญเติบโตของพืช ซึ่งวัดผลจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนซึ่งเป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ และชนิดเขียนตอบ รวม 16 ข้อ โดยข้อคำถามครอบคลุมวัตถุประสงค์การเรียนรู้ และวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยทั้งหมด 6 ด้านตามทฤษฎีการเรียนรู้ใหม่ของบลูม ได้แก่

3.1 จำ (Remembering) คือ ความสามารถในการระบุโครงสร้างของเมล็ดพืช โครงสร้างที่ใช้ในการลำเลียงของพืช

3.2 เข้าใจ (Understanding) คือ ความสามารถในการอธิบายและสรุปเรื่องการงอกของเมล็ด กลไกการลำเลียงของพืช การคายน้ำ การแลกเปลี่ยนแก๊ส และปัจจัยที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช

3.3 ประยุกต์ใช้ (Applying) คือ ความสามารถในการนำความรู้เรื่องการงอกของเมล็ด และการลำเลียงของพืชมาใช้ในการออกแบบแนวทาง หรือทำชิ้นงานหรือเพื่อแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนด

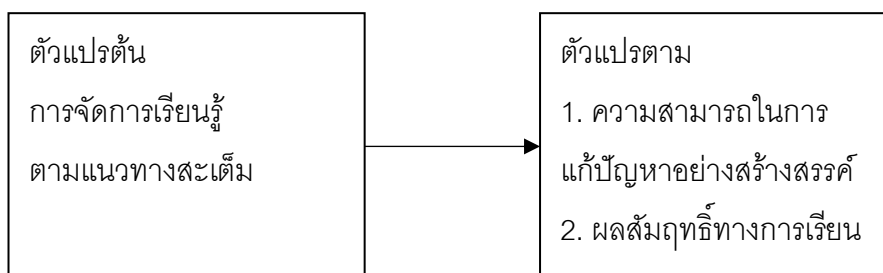
3.4 วิเคราะห์ (Analysis) คือ ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของพืชที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต

3.5 ประเมินค่า (Evaluating) คือ ความสามารถในการตัดสินใจ และตรวจสอบเกี่ยวกับสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชให้เหมาะสมที่สุดตามสถานการณ์ที่กำหนดโดยใช้เกณฑ์ร่วมกับการใช้เหตุผลที่เหมาะสม

3.6 คิดสร้างสรรค์ (Creating) คือ ความสามารถในการเสนอวิธีการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช

กรอบแนวคิดการวิจัย

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม คือ การจัดการเรียนรู้ที่นำความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มาเชื่อมโยงกัน เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกฝนการระบุปัญหา การสืบค้นและรวบรวมข้อมูล การสร้างทางเลือกที่หลากหลายในการวางแผนแก้ปัญหา แล้วลงมือทดสอบ ปฏิบัติ และปรับปรุงเพื่อให้ได้แนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดภายใต้สถานการณ์ที่กำหนดซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ทั้งนี้จากหลายงานวิจัยที่ได้นำการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มไปประยุกต์ใช้พบว่าการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมีส่วนช่วยในการส่งเสริมความสามารถทางการคิดขั้นสูงต่าง ๆ เช่น การคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การแก้ปัญหา การแก้ปัญหาสร้างสรรค์ เป็นต้น และยังมีส่วนในการส่งเสริมทักษะด้านต่าง ๆ เช่น ทักษะวิทยาศาสตร์ ทักษะการออกแบบทางวิศวกรรม เพราะนักเรียนได้นำความรู้มาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างวิธีการ หรือผลงานสำหรับแก้ปัญหาด้วยการลงมือทำ และทำให้นักเรียนเกิดการสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง (Mayasari, Kadarohan, Rusdiana, & Kaniawati, 2016, pp. 1-5; กัญญารัตน์ โคจร, สุณีย์ เหมะประสิทธิ์, น้ำฝน คุณเจริญไพศาล, และ ประมวล ศิริผันแก้ว, 2554, น. 16-17; ดวงพร สมจันทร์ตา, 2559, น. 58-63; ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว, 2558, น. 145-156; สุขานาฏ สุวรรณพิบูลย์, 2559, น. 80-89; อัจฉรีย์ สังขรักษ์ และคนอื่น ๆ, 2560, น. 60-71) การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้นำการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มมาใช้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหอย่างสร้างสรรค์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาดีภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

สมมติฐานของการวิจัย

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์อยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ (ร้อยละ 60)
4. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ (ร้อยละ 60)
5. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มมีพัฒนาการในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์สูงขึ้น



บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

การวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม เรื่อง การเจริญเติบโตของพืช ที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้ทบทวนวรรณกรรมเพื่อเป็นแนวทางในการทำวิจัย ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม
 - 1.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม
 - 1.2 หลักการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม
 - 1.3 บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม
 - 1.4 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม
2. การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์
 - 2.1 ความหมายของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์
 - 2.2 องค์ประกอบของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์
 - 2.3 แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์
 - 2.4 การวัดประเมินผลการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 3.2 การวัดประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 3.3 การสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 4.1 งานวิจัยในประเทศที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม
 - 4.2 งานวิจัยต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม
 - 4.3 งานวิจัยในประเทศที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์
 - 4.4 งานวิจัยต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม

- 1.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม

สะเต็มศึกษา (STEM Education) คือแนวทางในการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ เพื่อให้นักเรียนได้รับความรู้และทักษะจากศาสตร์ทาง วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ ผ่านการลงมือปฏิบัติโดยใช้ความรู้ที่ได้รับมาปรับใช้เพื่อแก้ปัญหาภายใต้

สถานการณ์ที่กำหนดซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันในรูปแบบต่าง ๆ เช่นการพัฒนากระบวนการ การออกแบบวิธีการ หรือ การออกแบบชิ้นงาน โดยแต่ละวิชามีเป้าหมาย ดังนี้ (พรทิพย์ ศิริภักทราชัย, 2556, น. 13-15; วศินีส อิศรเสนา ณ อยุธยา, 2559, น. 13-15; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559, น. 13-15)

1) วิทยาศาสตร์ มุ่งให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเกี่ยวกับกฎและความจริงของธรรมชาติ มีทักษะทางวิทยาศาสตร์ หาความรู้และแก้ปัญหาอย่างเป็นกระบวนการ และเป็นระบบ เป็นระบบ สามารถคิดและตัดสินใจโดยใช้เหตุผลโดยอ้างอิงจากข้อมูลและหลักฐานที่ตรวจสอบได้

2) เทคโนโลยี มุ่งให้นักเรียนเข้าถึงการเปลี่ยนแปลงสิ่งต่าง ๆ รอบตัวได้ด้วยตนเอง สามารถจัดการความรู้ เลือกใช้เทคโนโลยีเพื่อการทำงาน แก้ปัญหา หรือสร้างสิ่งต่าง ๆ อย่างสร้างสรรค์ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันอย่างเป็นกระบวนการ

3) วิศวกรรมศาสตร์ มุ่งให้นักเรียนนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี มาใช้ประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา หรือสร้างสรรค์สิ่งต่าง ๆ อย่างเป็นกระบวนการเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิต

4) คณิตศาสตร์ มุ่งให้นักเรียนนำแนวคิดทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้เพื่อการวิเคราะห์ผล การให้เหตุผล การทำนาย การตัดสินใจ หรือการสร้างคำอธิบายให้กับสิ่งที่พบได้ในชีวิตประจำวัน

1.2 หลักการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม เกี่ยวข้องกับทฤษฎีสรรมนิยม (Constructivism) ซึ่งกล่าวว่าการสร้างความรู้ของแต่ละบุคคลเป็นผลจากการมีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลและสิ่งแวดล้อม ร่วมกับการใช้ความรู้ ประสบการณ์เดิม และวิธีการเรียนรู้ที่แตกต่างกันในแต่ละคน ส่งผลให้แต่ละคนนั้น ๆ สามารถสร้างองค์ความรู้ขึ้นมาได้ด้วยตนเอง ซึ่งครูสามารถเป็นส่วนสำคัญในการจัดประสบการณ์เพื่อสนับสนุนให้นักเรียนได้มีโอกาสลงมือสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง (Thibaut et al. 2018, p.3-4; กมลฉัตร กล่อมอิม, 2559, น.342)

ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวจึงมีลักษณะเด่น คือ เป็นการเรียนรู้ผ่านการจัดกิจกรรมที่ได้บูรณาการความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ผนวกกับกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมโดยอ้างอิงบริบทในชีวิตจริง เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเห็นคุณค่าของการเรียนรู้ สามารถนำความรู้และทักษะไปใช้ประโยชน์ในการดำรงชีวิตการออกแบบการเรียนรู้นั้นต้องคำนึงถึงพัฒนาการของนักเรียนในแต่ละระดับชั้นเรียนให้ความสำคัญกับความรู้และแนวคิดพื้นฐานที่จำเป็น จากนั้นจึงเพิ่มความซับซ้อนของเนื้อหาหรือกิจกรรมอย่างค่อย

เป็นค่อยไปโดยครูคอยให้คำแนะนำช่วยเหลือ ตรวจสอบความก้าวหน้า เพื่อให้นักเรียนได้ความรู้ ได้ฝึกฝนทักษะเฉพาะที่เกี่ยวข้อง ฝึกกระบวนการคิด และเจตคติตามที่ต้องการจนสามารถนำ ความรู้และทักษะมาใช้ในการออกแบบ ปรับปรุงพัฒนา หรือดัดแปลงวิธีการหรือชิ้นงานเพื่อ แก้ปัญหา หรือตอบสนองความต้องการ (มนตรี จุฬาวัฒนทล, 2556, น. 16; สุทธิดา จำรัส, 2559, น. 21-22; สุธีระ ประเสริฐสรรพ, 2558, น. 2) ทั้งนี้หลักการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม สามารถดำเนินการได้ดังตัวอย่างต่อไปนี้ (Vasquez, J. A., Sneider, C., & Comer, M., 2013, pp. 18-19 อ้างถึงใน วศิณิส อิศรเสนา ณ อยุธยา, 2559, น. 37-38; สถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560, น. 2-3)

1) จัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ เป็นการนำความรู้และทักษะมาจัดกิจกรรมการ เรียนรู้ผ่านการทำกิจกรรม (Activity based) หรือการทำโครงการ (Project based) ซึ่งสามารถทำ ได้หลายรูปแบบโดยครูเชื่อมโยงการสอนหลาย ๆ วิชาเข้าด้วยกันในการจัดการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริม นักเรียนให้เชื่อมโยงความรู้นี้กับความรู้ที่ได้รับโดยใช้นวัตกรรม รู้จักวิธีการหาและการใช้ความรู้ เกิดความคิดสร้างสรรค์ มีความสามารถในการสื่อสาร มีทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น และใช้ ความคิดในด้านต่างๆ รวมถึงความคิดในการแก้ปัญหาที่ได้รับมอบหมาย เช่น

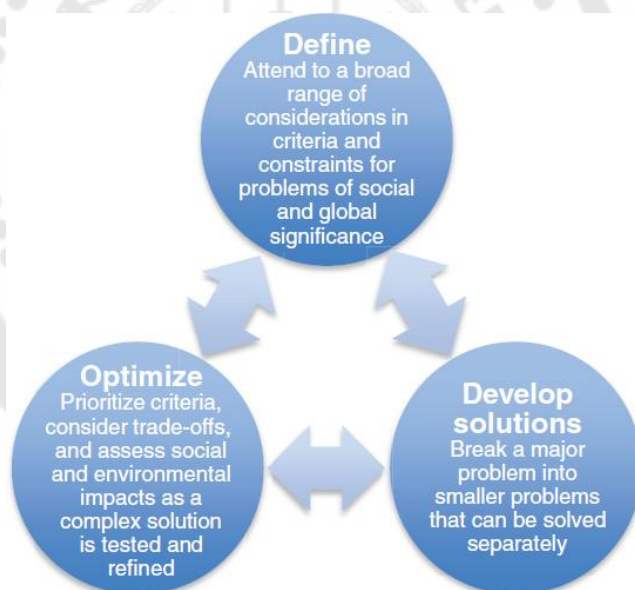
1.1) การบูรณาการเนื้อหา (Integration of subject areas) เป็นการนำ เนื้อหาจากสาระการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กันมาเชื่อมโยงเป็นเรื่องเดียวกัน เพื่อนำสาระสำคัญ และทักษะจากแต่ละสาระการเรียนรู้มาผสมผสานกัน เพื่อให้นักเรียนได้ความรู้ ทักษะ และเจตคติ ตามที่ต้องการ

1.2) การบูรณาการกระบวนการเรียนรู้ (Integration of learning process) เป็นการนำรูปแบบ วิธีการ หรือเทคนิคในการถ่ายทอดความรู้ของครูมาผสมผสานกันจนได้เป็น กิจกรรมสำหรับจัดการเรียนรู้แก่นักเรียน หรืออาจเป็นการจัดเตรียมประสบการณ์ แหล่งการเรียนรู้ เพื่อให้ นักเรียนได้สามารถแสวงหาและสร้างองค์ความรู้จากกระบวนการและวิธีการต่าง ๆ โดยครู อาจกำหนดหัวข้อที่เป็นประเด็นหลัก แล้วพิจารณาว่าแต่ละหัวข้อย่อยสามารถใช้วิธีการใดที่ เหมาะสมได้บ้างในการจัดการเรียนรู้

1.3) การบูรณาการเป้าหมายของการเรียนรู้ (Integration of learning outcome) เป็นการบูรณาการที่มุ่งเน้นเป้าหมายการเรียนรู้ โดยครูอาจกำหนดหัวข้อที่เป็นประเด็น หลัก จากนั้นพิจารณาเป้าหมายที่ต้องการให้นักเรียนได้เรียนรู้จากหัวข้อที่กำหนด แล้วนำเนื้อหา ต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์ และมีเป้าหมายการเรียนรู้สอดคล้องกับสิ่งที่ศึกษานั้นมาผสมผสาน เพิ่มเติม

2) จัดการเรียนรู้แบบบูรณาการโดยนำกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมาใช้ ทั้งนี้ได้มีนักการศึกษาหลายท่านนำเสนอแนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มซึ่งมีขั้นตอนแตกต่างกันไป อาทิ

2.1) National Research Council (2012) อ้างถึงใน อภิสิตธิ์ ธงไชย (2559, น.50-51) ได้กล่าวถึงกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมตามกรอบแนวคิดของมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยุคใหม่ (Next Generation Science Standard: NGSS) ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้โดยผนวกกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมร่วมกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สำหรับการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบภายใต้ข้อจำกัดต่าง ๆ เพื่อให้เกิดผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด โดยแต่ละขั้นตอนสามารถย้อนกลับแบบมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างแต่ละขั้นตอนการทำงาน (Interactive cycle) ได้ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังภาพประกอบ 2 โดยมาตรฐานสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (NGSS, 2017, pp. 101-102)



ภาพประกอบ 2 กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมตามกรอบแนวคิดของมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยุคใหม่

ที่มา: NGSS (2013, online)

2.1.1) การระบุปัญหา เงื่อนไข และข้อจำกัดที่เกี่ยวข้อง (Defining problem) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความต้องการให้ชัดเจนว่าสิ่งใดเป็นเงื่อนไข และ

ข้อจำกัดของปัญหา เพื่อให้สามารถจัดการกับปัญหาได้อย่างตรงประเด็น โดยในระดับมัธยมปลาย นักเรียนต้องสามารถวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพได้ และสามารถระบุปัญหาที่เป็นปัญหาระดับโลก

2.1.2) พัฒนาแนวทางแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ (Developing possible solutions) เป็นการสำรวจหรือรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ หรือจากการทดลองเพื่อให้ทราบถึงปัจจัยที่มีช่วยในการแก้ไขปัญหา และทำการวิเคราะห์ทางเลือกที่น่าจะเป็นแนวทางที่ดีที่สุดหรือเหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหา โดยในระดับมัธยมปลายนักเรียนต้องสามารถออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาที่เป็นปัญหาระดับโลก โดยเลือกประเด็นย่อยที่ตนสามารถลงมือทำได้ผ่านกระบวนการทางวิศวกรรม สามารถประเมินแนวทางการแก้ปัญหาโดยใช้เกณฑ์ประกอบการตัดสินใจถึงลำดับความสำคัญของปัญหาที่ต้องแก้ไข

2.1.3) ดำเนินการ และปรับแก้ปัญหามาตามแนวทางที่วางแผนไว้ (Improving designs) คือการลงมือปฏิบัติ ทดสอบและปรับปรุงแก้ไขวิธีการที่ได้ออกแบบหลังจากตัดสินใจเลือกวิธีแก้ปัญหานั้นว่าเหมาะสมหรือไม่ ซึ่งหากแนวทางแก้ปัญหายังไม่ดีพอก็สามารถย้อนกลับไปเลือกวิธีแก้ปัญหานั้น หรือวิเคราะห์ปัญหาให้ละเอียดอีกครั้งเพื่อให้การดำเนินการลุล่วงได้ โดยคาดหวังว่านักเรียนในระดับมัธยมปลายสามารถใช้คอมพิวเตอร์เพื่อสร้างแบบจำลอง และใช้วิธีการดังกล่าวเพื่อพิจารณาเกณฑ์และข้อจำกัดเพื่อลองและคาดการณ์ผลกระทบจากวิธีการแก้ปัญหานั้นที่อาจเกิดขึ้นต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม และทำการทดสอบความเป็นไปได้ของแบบจำลองที่สร้างขึ้นโดยเปรียบเทียบกับความสถานการณ์จริง

2.2) Lakose (2015) อ้างถึงใน นฤพจน์ พุทธิวัฒน์ (2561, น. 35-36) และ Reeve (2016) อ้างถึงใน นฤพจน์ พุทธิวัฒน์ (2561, น. 35-36) กล่าวถึงกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมซึ่งมีลักษณะเป็นวงจร ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

2.2.1) ถาม (Ask) เป็นการระบุปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์รวมถึงข้อจำกัดที่พบซึ่งมีผลต่อการแก้ปัญหา

2.2.2) คิด (Imagine) เป็นการระดมความคิดเพื่อค้นหาแนวทางแก้ปัญหาและคัดเลือกแนวทางที่ดีที่สุดสำหรับนำไปแก้ปัญหา

2.2.3) วางแผน (Plan) เป็นการสร้างแผนการดำเนินงานสำหรับการแก้ปัญหา ไม่ว่าจะเป็นการระบุขั้นตอนการดำเนินงานที่ชัดเจนและทรัพยากรที่จำเป็น

2.2.4) ผลิต (Create) เป็นการลงมือปฏิบัติตามแผนที่ได้วางไว้เพื่อทดสอบผลลัพธ์และเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกิดขึ้นจากการลงมือปฏิบัติ

2.2.5) ปรับปรุง (Improve) เป็นการนำผลลัพธ์ที่ได้จากการปฏิบัติมาประเมินพร้อมทั้งหาแนวทางปรับปรุงพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับผลลัพธ์ต่อไป

2.3) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2559, น. 16-17) ได้เสนอแนวการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบด้วย 6 ขั้นตอนซึ่งมีลักษณะเป็นวงจร ดังภาพประกอบ 3 โดยการทำงานไม่จำเป็นต้องมีลำดับที่แน่นอน แต่ละขั้นตอนสามารถสลับหรือย้อนกลับได้จนกว่าจะได้ผลงานสำเร็จ ดังนี้



ภาพประกอบ 3 กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมตามแนวคิดของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2559, น. 16-17)

2.3.1) ระบุปัญหา (Problem identification) คือการให้นักเรียนได้ค้นหาและตระหนักถึงสิ่งที่เป็นปัญหาทั้งปัญหาหลักและองค์ประกอบย่อยของปัญหานั้น ๆ ซึ่งเป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน และจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ปัญหา

2.3.2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related information search) คือการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี เพื่อตรวจสอบวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวที่อาจมีวิธีการแก้ไขมาแล้วก่อนหน้านี้ แล้วนำมาพิจารณา หาข้อเสนอแนะ และจัดบันทึกเพื่อเป็นแนวทางในการนำไปปรับใช้ต่อไป จากนั้นนำ

ข้อมูลดังกล่าวมาประเมินโดยพิจารณาจากความเป็นไปได้ ความคุ้มค่า ข้อดีและข้อจำกัด และ ความเหมาะสมกับเงื่อนไขและขอบเขตปัญหา แล้วเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

2.3.3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution design) เป็นการนำความรู้ ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่ได้รวบรวมและคัดเลือกมา มาสร้างเป็นเค้าโครง สำหรับการแก้ปัญหาโดยการกำหนดองค์ประกอบที่เกี่ยวข้อง และแนวทางแก้ปัญหา

2.3.4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and development) เป็นการพัฒนาต้นแบบ (Prototype) สิ่งที่ได้ออกแบบไว้ พร้อมทั้งกำหนดขั้นตอนย่อย เป้าหมาย และระยะเวลาที่ใช้ให้มีความชัดเจน

2.3.5) การทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือ ชิ้นงาน (Testing, evaluation, and design) เป็นการนำสิ่งที่ได้วางแผนและสร้างไว้มาใช้จริงเพื่อ ทดสอบผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น ร่วมกับการประเมินผลการทดสอบเพื่อนำข้อมูลมาปรับปรุงพัฒนาให้ ผลลัพธ์มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งขั้นตอนนี้สามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้งในระหว่างการแก้ปัญหา

2.3.6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เมื่อมีการปรับปรุงพัฒนา และประเมินผลงานให้เป็นที่น่าพอใจ ต้องมีการ นำเสนอผลงานดังกล่าวให้กับสาธารณชนผ่านการนำเสนอข้อมูลที่น่าสนใจและเข้าใจง่ายเพื่อ เผยแพร่ความรู้

2.4) ปาฐกถา ประเสริฐสังข์ (2559, น. 135) กล่าวถึงขั้นตอนการจัดการ เรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มโดยใช้ขั้นตอนแบบ P-I-D-A ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนคือ

2.4.1) ให้สถานการณ์ปัญหา (P-Problem based learning) ครูใช้ สถานการณ์ปัญหาที่เป็นปัจจุบันหรือใกล้ตัวนักเรียนที่สุดเพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน

2.4.2) ค้นคว้าสืบหาวิธีการแก้ปัญหา (I-Inquiry based learning) ครูทำ การจัดหาวัสดุอุปกรณ์ที่หลากหลาย และให้คำแนะนำนักเรียนในการใช้เทคโนโลยีในการหาวิธี แก้ปัญหา

2.4.3) ออกแบบเชิงวิศวกรรม (D-Design) ครูให้นักเรียนทำการออกแบบ และสร้างสิ่งประดิษฐ์โดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

2.4.4) ประกวดแข่งขันหรือนำเสนอสิ่งประดิษฐ์ (A-Award and Reflection) ครูให้นักเรียนจัดการประกวดสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นเพื่อกระตุ้นความสนุกสนาน หรือ จัดเสนอผลงาน ซึ่งครูมีหน้าที่หลักในการกระตุ้นนักเรียน คอยควบคุมกฎกติกาที่ตกลงร่วมกันใน

ชั้นเรียน จากนั้นจึงสรุปบทเรียนผ่านการสะท้อนคิด (Reflection) ระหว่างนักเรียนกับครู เพื่อเชื่อมโยงกับศาสตร์ของสะเต็ม และสร้างความเข้าใจให้แก่ นักเรียนในการนำแนวคิดมาใช้

ทั้งนี้สามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มเป็นการบูรณาการความรู้ของวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้อย่างเป็นขั้นตอนที่สามารถสลับตำแหน่งหรือดำเนินการแบบย้อนกลับได้ ประกอบด้วย การระบุปัญหา การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา การวางแผนการดำเนินงาน และการทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้ นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ของแต่ละสาขาวิชา เกิดการต่อยอดความคิด และสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาผ่านการทำกิจกรรมเพื่อสร้างวิธีการหรือชิ้นงานตามเงื่อนไขที่กำหนดซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้การบูรณาการเนื้อหา (Integration of subject areas) ซึ่งดำเนินการจัดกิจกรรมโดยใช้กระบวนการทางวิศวกรรม 6 ขั้นตอนตามแนวทางของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพราะมีขั้นตอนการดำเนินงานที่ชัดเจน และมีขั้นตอนการนำเสนอผลงานซึ่งนักเรียนจะได้ฝึกการประมวลความรู้ทักษะที่ได้จากการทำกิจกรรม และแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับกลุ่มอื่น ๆ ผ่านการสื่อสาร ซึ่งจะช่วยให้ นักเรียนได้มุมมองการเรียนรู้ที่หลากหลายมากขึ้น

1.3 บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม

Robert (2013) อ้างถึงใน สิริวิภา กิจเกื้อกูล (2558, น.155-157) กล่าวถึงบทบาทของครูในการนำแนวทางสะเต็มมาปรับใช้ในชั้นเรียนในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1) ทำการวิเคราะห์หลักสูตร มาตรฐานตัวชี้วัดหรือผลการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้ เพื่อคัดเลือกสาระการเรียนรู้หลักและนำไปใช้กำหนดขอบเขตของสาระการเรียนรู้แกนกลาง และวัตถุประสงค์การเรียนรู้

2) นำสาระการเรียนรู้หลักที่ได้คัดเลือกมาเชื่อมโยงกับบริบทในสังคมที่เกิดขึ้นจริง และเป็นปัญหาในปัจจุบัน

3) คัดเลือกสาระการเรียนรู้รองมาสนับสนุนสาระการเรียนรู้หลักเพิ่มเติม โดยเชื่อมโยงเนื้อหาส่วนอื่นที่เกี่ยวข้องให้ครอบคลุมกับประเด็นปัญหาที่จะนำไปใช้ออกแบบการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้หลักที่ได้กำหนดไว้

4) จัดการเรียนรู้ตามที่กำหนดไว้ โดยการนำสาระการเรียนรู้ที่เลือกมาวิเคราะห์เพื่อตั้งวัตถุประสงค์การเรียนรู้ โดยเน้นสาระการเรียนรู้หลักเป็นสำคัญ และให้สาระการเรียนรู้รอง

เป็นส่วนเสริมเพื่อให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาเพิ่มขึ้น การจัดการเรียนรู้อาจเริ่มต้นด้วยการนำเสนอ วิดีทัศน์ จากนั้นจึงให้นักเรียนได้เรียนเนื้อหาสาระที่จำเป็น และนำไปใช้ประโยชน์ในการออกแบบ นวัตกรรมหรือวิธีการแก้ปัญหา ทั้งนี้ในการจัดการเรียนรู้แต่ละครั้งไม่จำเป็นต้องมีสาระการเรียนรู้ ครอบคลุมทุกวิชา แต่เมื่อดำเนินการสอนจนจบหน่วยการเรียนรู้แล้วนักเรียนจะได้เรียนรู้สาระอย่าง ครบถ้วน

5) สนับสนุนนักเรียนให้ร่วมกันทำกิจกรรมด้วยตนเองทุกขั้นตอน เพื่อให้นักเรียน มีส่วนร่วมอย่างเต็มที่ และได้ฝึกฝนทักษะต่าง ๆ เช่นการใช้ความคิดสร้างสรรค์ การคิดแก้ปัญหา เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์หลักผนวกกับการได้ใช้ความรู้รอบในการลงมือแก้ปัญหา โดยครูต้องจัดเตรียมความพร้อมของวัสดุอุปกรณ์ กำหนดเวลาที่ใช้ชัดเจนเพื่อให้กิจกรรมดำเนินไป ได้อย่างต่อเนื่อง ตลอดจนต้องคอยตรวจสอบ อีกทั้งต้องมีการตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของ นักเรียนเป็นระยะ เช่น อาจตั้งคำถามให้นักเรียนอธิบายสิ่งที่ออกแบบไว้ คอยให้คำแนะนำเพื่อ ไม่ให้นักเรียนหลงประเด็น และให้นักเรียนจดบันทึกการทำกิจกรรมอย่างสม่ำเสมอ

6) ประเมินผลงานร่วมกับนักเรียนตามเกณฑ์ที่กำหนด พร้อมให้คำแนะนำ เพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนสามารถแก้ไขปรับปรุงผลงานได้

7) จัดเตรียมพื้นที่แลกเปลี่ยนเรียนรู้ และนำเสนอผลงาน เพื่อฝึกให้นักเรียนกล้า ตั้งคำถาม กล้าแสดงความคิดเห็น รู้จักรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น พร้อมทั้งจดบันทึกข้อเสนอแนะ ของครูและเพื่อนไว้เพื่อปรับปรุงพัฒนาผลงานต่อไป รวมไปถึงการกระตุ้นนักเรียน และสร้าง กำลังใจให้นักเรียนมีความภาคภูมิใจในผลงาน และมีความพยายามในการปรับปรุงพัฒนาผลงาน ให้ดียิ่งขึ้นไป

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2559, น. 20) กล่าวถึงสิ่งที่ควร คำนึงถึงเพื่อให้การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการเกิดประสิทธิภาพสูงสุดแก่นักเรียน มีดังนี้

1) ส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนเป็นผู้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้มากที่สุดผ่านการเรียนรู้จากสถานการณ์ที่พบได้ในชีวิตจริงเพื่อให้นักเรียนรู้จักประยุกต์ใช้ความรู้

2) จัดกิจกรรมต่าง ๆ ให้หลากหลายเพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ในการเรียนรู้ และการทำงานร่วมกับผู้อื่นให้แก่ นักเรียน

3) จัดบรรยากาศการเรียนรู้ที่ดี ให้เอื้อต่อการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น เพื่อ ส่งเสริมให้นักเรียนมีความมั่นใจ กล้าคิด และกล้าแสดงออกอย่างเหมาะสม

4) มีการสอดแทรกคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมที่เหมาะสมในการจัดการ เรียนรู้เพื่อให้นักเรียนดำรงชีวิตในสังคมได้ สามารถแยกแยะความถูกต้องดีงามเพื่อการใช้ชีวิตได้

กล่าวโดยสรุปคือ ครูมีบทบาทสำคัญในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม 4 ประการ ได้แก่

1) เป็นผู้ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ และกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ให้ครอบคลุม และสอดคล้องกับสาระการเรียนรู้แกนกลาง เพื่อให้นักเรียนได้รับความรู้และทักษะตามแนวทางสะเต็มครบถ้วน

2) เป็นผู้อำนวยความสะดวกตลอดการจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียนไม่ว่าจะเป็นด้านสถานที่ วัสดุอุปกรณ์ วางแผนเวลา ตลอดจนเป็นผู้ดำเนินกิจกรรมให้สำเร็จลุล่วง

3) เป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนลงมือทำกิจกรรมด้วยตนเอง คอยส่งเสริม และสนับสนุนให้นักเรียนกล้าคิด กล้าแสดงออก กล้าแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในทางสร้างสรรค์ เปิดใจรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น หมั่นจดบันทึกเพื่อนำข้อมูลมาปรับปรุง พัฒนางานของตน ตลอดจนให้กำลังใจ และให้คำปรึกษาแก่นักเรียนจนดำเนินกิจกรรมสำเร็จลุล่วง เพื่อให้นักเรียนเห็นคุณค่าของการทำงานและเกิดความภาคภูมิใจ

4) เป็นผู้ตรวจสอบความคิด และวัดประเมินผลร่วมกันกับนักเรียน เพื่อไม่ให้นักเรียนหลงประเด็น รวมทั้งคอยสอดแทรกจริยธรรมในการทำงาน เพื่อให้นักเรียนสามารถแยกแยะสิ่งที่ดีงามและเลือกนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

1.4 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม

1.4.1 ข้อดี

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มมีข้อดีดังนี้ (Chen, 2012; Fioriello, 2011 อ้างถึงใน ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว, 2558, น. 45)

1) ช่วยส่งเสริมความเท่าเทียมทางการศึกษาระหว่างเพศชายและเพศหญิง เนื่องจากมีข้อมูลที่ได้รับการพิสูจน์ว่าแนวคิดในรายวิชาต่าง ๆ เน้นภาคทฤษฎีซึ่งส่งเสริมการเรียนรู้ของเพศหญิงมากกว่าเพศชาย แต่สะเต็มถูกออกแบบให้ทั้งสองเพศมีความเท่าเทียมกันโดยมีเป้าหมายหลักคือการประสบความสำเร็จในการเรียนรู้โดยไม่มีการแบ่งแยก

2) ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างสาขาวิชาซึ่งเป็นสิ่งที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงในชีวิตประจำวัน

3) ช่วยให้นักเรียนมีพัฒนาการทั้งด้านความรู้ และทักษะที่จำเป็น อาทิ การคิดเชิงระบบ การสื่อสาร การทำงานร่วมกับผู้อื่น ทั้งยังช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนบุคลากรด้านสะเต็มที่มีส่วนสำคัญในการสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ๆ เพื่อขับเคลื่อนสังคมให้มีความมั่นคงและเจริญก้าวหน้า

1.4.2 ข้อจำกัด

แม้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มจะมีผลดีในการส่งเสริมทักษะที่จำเป็นในการดำรงชีวิตในปัจจุบันให้กับนักเรียนเป็นสำคัญแต่ก็ยังคงพบข้อจำกัดในการนำไปใช้ดังนี้ (Kuenzi, 2008; Moyer-Packenham, et. al, 2008; National Commission on Mathematics and Science Teaching for the 21st Century, 2007 as cited in Herschbach, 2011, pp. 111-117; Holmes, Mackenzie, Berger, & Walker, 2021, p.5-6; Hanuscin, 2016 อ้างถึงใน นุศวดี พจนานุกิจ, ตรีสุคนธ์ ตรีบุษชาติสกุล, และ สุนทร พรหมมงคล, 2559, ออนไลน์)

1) ความเข้าใจผิดเกี่ยวกับการนำแนวทางสะเต็มไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ โดยครูมักมุ่งเน้นไปที่เนื้อหาคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ และมองว่าศาสตร์ทั้งสองนั้นได้ครอบคลุมสาระของเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ไปแล้ว หรือครูเกิดความสับสนว่าในการจัดการเรียนรู้ต้องมุ่งเน้นเฉพาะ 4 ศาสตร์นี้ซึ่งในความเป็นจริงแล้วครูสามารถสอดแทรกความรู้จากสาระอื่นได้เช่นกัน

2) การคงรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบดั้งเดิมที่เน้นการสอนแบบแยกรายวิชา โดยเนื้อหาหลักสูตรในแต่ละสาระการเรียนรู้ส่วนใหญ่ยังแยกขาดจากกัน กระบวนการวิศวกรรมและวิธีการวัดประเมินผลยังไม่ชัดเจนในตัวหลักสูตร การจัดการเรียนรู้จึงอาจมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอ

3) การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มมุ่งเน้นให้นักเรียนลงมือทำกิจกรรมซึ่งต้องใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ที่เพียงพอที่จะมั่นใจได้ว่านักเรียนจะได้รับความรู้ที่ และสามารถเชื่อมโยงความรู้ได้อย่างสมบูรณ์เนื่องจากความสามารถในการเรียนรู้ของนักเรียนแต่ละคนแตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ดีด้วยข้อจำกัดของหลักสูตรอาจทำให้เวลาในการจัดการเรียนรู้ถูกจำกัดไปด้วย และส่งผลให้การเรียนรู้ของนักเรียนพัฒนาได้ไม่เต็มศักยภาพ

อย่างไรก็ดีทางหน่วยงานที่เกี่ยวข้องก็พยายามหาแนวทางแก้ไขข้อจำกัดดังกล่าว อาทิ สภาวิจัยแห่งชาติ (NRC) และสภาการศึกษาแห่งชาติ (NAS) ได้ร่วมกันกำหนดกรอบแนวคิดจนเกิดเป็นมาตรฐานการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์สำหรับคนรุ่นใหม่ (NGSS) ในด้านการปฏิบัติด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ (Scientific and engineering practices) เพื่อให้ครูเห็นความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์กับวิศวกรรมศาสตร์ และเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ ตลอดจนมีการสำรวจครูเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง การจัดอบรมเชิงปฏิบัติการโดยผู้เชี่ยวชาญเพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจ ค้นหาแนวทางวิธีการช่วยเหลือ และให้การสนับสนุน รวมถึงการส่งเสริมครูที่เข้ารับการอบรมให้มีความเป็นผู้นำเพื่อเป็นแกนนำต่อไปซึ่งจะนำไปสู่การนำแนวทางสะเต็มไป

ปรับใช้ให้เกิดประสิทธิภาพในสถานศึกษาต่อไป (ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว, 2558, น. 46-47; สุทธิดา จำรัส, 2559, น. 38)

2 การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

2.1 ความหมายของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถในการสร้างแนวคิดหรือวิธีการ เพื่อการแก้ไขปัญหาหรือพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ให้เป็นไปในแนวทางที่ดีขึ้นอย่างเป็นกระบวนการโดยอาศัย การคิดแก้ปัญหาเพื่อกำหนดเป้าหมายที่จะทำการแก้ไข การคิดสร้างสรรค์เพื่อสร้างแนวคิดหรือวิธีการที่มีความหลากหลายและแปลกใหม่ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยพิจารณาไตร่ตรอง แล้วเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุดเพื่อนำมาปรับปรุงและพัฒนาจนสามารถนำไปใช้ได้จริง ซึ่งความสามารถนี้เป็นสิ่งที่ฝึกฝนและพัฒนาให้เกิดขึ้นกับแต่ละบุคคลได้ (Treffinger, 1995; Treffinger & Isaksen, 2005 อ้างถึงใน คันธทรัพย์ ชมพูพาทย์ และ ปิยดา สมบัติวัฒนา, 2558, น. 47-49; ญัฐพงษ์ กาญจนฉายา, 2559, น. 208; พรสวรรค์ วงศ์ตาธรรม, 2558, น. 114; ศิริเดช สุชีวะ และคณะ, 2559, น. 39)

2.2 ขั้นตอนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

มีผู้เชี่ยวชาญหลายท่านได้กล่าวถึงกระบวนการของการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ซึ่งมีขั้นตอนที่แตกต่างกันออกไป ดังนี้

พูคซิโอ และคนอื่น ๆ (Puccio et al. 2011, online) กล่าวว่ากระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ประกอบด้วย 4 ระยะเวลา และ 6 ขั้นตอนย่อย โดยในแต่ละขั้นตอนย่อยประกอบด้วย การคิดแบบอบเนกนัย (Divergent thinking) ซึ่งเป็นการคิดหลากหลายทิศทางเพื่อให้เกิดแนวคิดหรือแนวทางที่มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ร่วมกับการคิดแบบทิศทางเดียว (Convergent thinking) เสมอเพื่อประเมินและตัดสินแนวคิดหรือแนวทางที่เป็นไปได้สำหรับนำไปใช้แก้ปัญหา ดังรายละเอียดในตาราง 1

ตาราง 1 กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของพูคซิโอและคนอื่น ๆ

ระยะเวลา	ขั้นตอน	เป้าหมาย
1) สร้างความกระจ่าง (Clarify)	1.1 สสำรวจมุมมอง (Explore the vision)	เพื่อระบุเป้าหมาย ความคาดหวัง หรือ ความท้าทายที่เกิดขึ้น

ตาราง 1 (ต่อ)

ระยะ	ขั้นตอน	เป้าหมาย
	1.2 รวบรวมข้อมูล (Gather data)	เพื่ออธิบายและสร้างข้อมูลที่ทำให้เข้าใจปัญหาได้ชัดเจนยิ่งขึ้น
	1.3 กำหนดความท้าทาย (Formulate challenge)	เพื่อให้เกิดความตระหนักในปัญหา และสร้างคำถามเพิ่มเติมที่จะนำไปสู่การหาทางออกให้กับปัญหา
2) สร้างแนวคิด (Ideate)	2.1 สำรวจแนวคิด (Explore idea)	เพื่อให้เกิดแนวคิดที่จะเป็นคำตอบในการหาทางออกให้กับปัญหาต่อไป
3) พัฒนา (Develop)	3.1 กำหนดวิธีแก้ปัญหา (Formulate solution)	เพื่อประเมิน ปรับเปลี่ยน และคัดเลือกแนวคิดต่าง ๆ มาสร้างวิธีการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสม
4) ดำเนินการ (Implement)	4.1 กำหนดแผนการแก้ปัญหา (Formulate a plan)	เพื่อสำรวจการยอมรับและทรัพยากรที่เกี่ยวข้องซึ่งจะช่วยสนับสนุนให้วิธีการแก้ปัญหาดำเนินการต่อไปได้

ไอแซคเซน, ดอร์วัล, และเทรฟฟิงเจอร์ (Isaksen, Dorval, & Treffinger 2011, pp. 32-35) กล่าวว่า การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ประกอบด้วยรายละเอียดดังตาราง 2

ตาราง 2 กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของไอแซคเซน, ดอร์วัล, และเทรฟฟิงเจอร์

องค์ประกอบ	ขั้นตอน	รายละเอียด
1) ทำความเข้าใจปัญหา (Understand the challenge)	1.1 การสร้างโอกาส (Constructing opportunities)	เป็นการค้นหาและระบุความท้าทายที่อาจเกิดขึ้นจากปัญหา จากนั้นทำการคัดเลือกสิ่งที่จะเป็นประโยชน์เพื่อนำไปใช้ดำเนินงานในขั้นต่อไป
เป็นการเพิ่มความกระจ่างให้กับความพยายามในการแก้ปัญหา	1.2 สำรวจข้อมูล (Exploring data)	เป็นการค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติมให้ได้อีกและหลากหลาย แล้วนำมาพิจารณาเพื่อให้เข้าใจปัญหาได้ดียิ่งขึ้น

ตาราง 2 (ต่อ)

องค์ประกอบ	ขั้นตอน	รายละเอียด
	1.3 กำหนดขอบเขต ปัญหา (Framing problem)	เป็นการคิดหาปัญหาให้มากและ หลากหลายที่สุด แล้วคัดเลือกปัญหาให้ เฉพาะเจาะจงและสำคัญที่สุดเพื่อให้ได้ แนวคิดหรือหนทางแก้ปัญหาที่ หลากหลาย และเป็นไปได้ในการ นำไปใช้จริง รวมทั้งทำให้เห็นแนวทางใน การแก้ปัญหาที่มีความชัดเจนขึ้นด้วย
2) การรวบรวมแนวคิด (Generating ideas)	2.1 การรวบรวมแนวคิด (Generating ideas)	เป็นการสร้างแนวคิดที่หลากหลาย และ แปลกใหม่ให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ สำหรับเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาที่ ระบุไว้แล้วในขั้นก่อนหน้า
3) การเตรียมการ (Preparing for action) เป็นการปรับปรุงแนวคิด ให้เป็นที่ยอมรับและใช้ แก้ปัญหาได้	3.1 การพัฒนาวิธีการ แก้ปัญหา (Developing solutions)	เป็นการวิเคราะห์แนวคิดที่ได้มาอย่าง ละเอียดถี่ถ้วน โดยลดจุดอ่อนและสร้าง จุดแข็งให้แนวคิดมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และเหมาะสมกับการนำไปใช้
	3.2 การสร้างการยอมรับ (Building acceptance)	เป็นการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาต่อผู้อื่น เพื่อช่วยตรวจสอบและปรับปรุงวิธีการ แก้ปัญหาให้พร้อมใช้งานอย่างมี ประสิทธิภาพ โดยผลลัพธ์ที่ได้จาก ขั้นตอนนี้คือแผนงานเชิงปฏิบัติการ

ตาราง 2 (ต่อ)

องค์ประกอบ	ขั้นตอน	รายละเอียด
4) การวางแผนการแก้ปัญหา (Planning your approach) เป็น การวางแผนทางการ ดำเนินการแก้ปัญหาเพื่อกำกับติดตามสิ่งที่ได้วางไว้ให้เป็นไปตามแผนการ	4.1 การประเมินภารกิจ (Appraising tasks)	เป็นการพิจารณาว่าการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์สามารถนำไปใช้จัดการกับภารกิจใดๆโดยเฉพาะได้หรือไม่ โดยต้องพิจารณาถึงข้อตกลงร่วมกันของกลุ่ม ผลลัพธ์ที่ต้องการให้เกิดขึ้นภายใต้บริบท และวิธีการที่มีอยู่อย่างมีประสิทธิภาพ
	4.2 การออกแบบกระบวนการแก้ปัญหา (Designing process)	เป็นการปรับแต่งแผนการแก้ปัญหา รวมทั้งเครื่องมือต่างๆเพิ่มเติมที่เหมาะสมกับการแก้ปัญหาที่สุด เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปตามเป้าหมายที่ต้องการ

คันททรัพย์ ชมพูพาทย์ และ ปิยดา สมบัติวัฒนา (2558, น. 47-49) กล่าวถึงการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ว่ามีขั้นตอนหลักเหมือนกับการแก้ปัญหา แต่มีการใช้ความคิดแบบอเนกนัย (Divergent thinking) โดยนำความคิดสร้างสรรค์มาใช้ในการค้นหาแนวคิด แนวทางที่แปลกใหม่และหลากหลายมากที่สุด จากนั้นจึงใช้ความคิดแบบเอกนัย (Convergent thinking) ในการคิดพิจารณาปัญหา เพื่อคัดเลือกและตัดสินใจแนวคิดที่มีความเหมาะสม ตรงกับสภาพปัญหา มากที่สุดมาปรับปรุง วางแผน และนำไปใช้แก้ปัญหาโดยมุ่งเน้นไปที่เป้าหมายของการแก้ปัญหา และการจัดการกับความรู้สึกของบุคคลขณะแก้ปัญหา ซึ่งขั้นตอนของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1) การเข้าถึงปัญหา เป็นการทำความเข้าใจสาเหตุของปัญหา ตระหนักถึงผลกระทบของปัญหาที่เกิดขึ้น และสำรวจข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อให้เกิดความกระจ่างในปัญหาอย่างแท้จริงตลอดจนเพื่อกำหนดเป้าหมายในการแก้ปัญหา ซึ่งขั้นตอนแรกนี้เป็นขั้นตอนสำคัญเพราะการแก้ปัญหาได้อย่างตรงจุดต้องเริ่มจากการที่เรายอมรับว่าสิ่งที่เผชิญอยู่เป็นปัญหา

2) การคิดวิธีการแก้ปัญหา คือการคิดหาวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ให้มากที่สุด โดยยังไม่คำนึงถึงความเหมาะสมในการนำไปใช้จริง

3) การเลือกวิธีการแก้ปัญหา คือการพิจารณาและคัดเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดตามเกณฑ์ที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ประเมินวิธีการแก้ปัญหาด้วย ซึ่งในขั้นตอนนี้สามารถปรับปรุงวิธีการเพิ่มเติมได้ รวมทั้งมีการพิจารณาทรัพยากรที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหาด้วย

4) การวางแผนการแก้ปัญหา คือการวางแผนขั้นตอน และทรัพยากรที่จะใช้ในการแก้ปัญหาด้วย รวมถึงการคำนึงถึงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้วิธีการแก้ปัญหาดังกล่าว รวมถึงข้อจำกัดและบริบทของการแก้ปัญหาด้วย เพื่อให้สามารถใช้ได้จริง

5) การดำเนินการ เป็นการนำแผนการที่ได้สร้างไว้ไปใช้จริงโดยมีการเปรียบเทียบสิ่งที่วางแผนไว้กับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงว่าได้ผลอย่างไร สามารถนำไปปรับปรุงพัฒนาอย่างไรได้บ้าง

จากรายละเอียดกระบวนการแก้ปัญหาด้วยอย่างสร้างสรรค์ของผู้เชี่ยวชาญท่านต่าง ๆ สามารถสรุปได้ดังตาราง 3

ตาราง 3 เปรียบเทียบกระบวนการคิดแก้ปัญหาด้วยอย่างสร้างสรรค์ของผู้เชี่ยวชาญ

ประเด็น	ผู้เชี่ยวชาญ		
	พูคซิโอ และคนอื่น ๆ (Puccio et al. 2011, online)	ไอแซคเซน, ดอร์วัล, และเทรฟฟิงเจอร์ (Isaksen, Dorval, & Treffinger 2011, pp. 32-35)	คันทร์พีย์ ชมพูพาทย์ และ ปิยดา สมบัติวัฒนา (2558, น. 47-49)
1) การเข้าใจปัญหา	✓	✓	✓
2) การรวบรวมข้อมูล	✓	✓	✓
3) การคัดเลือก แนวทางแก้ปัญหาด้วย	✓	✓	✓
4) การวางแผนการ แก้ปัญหาด้วย	✓	✓	✓
5) การดำเนินการ	✓	✓	✓

ทั้งนี้อาจกล่าวได้ว่ากระบวนการในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์มี 4 ขั้นตอน ได้แก่

1) การทำความเข้าใจปัญหา เป็นการศึกษาปัญหาหรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างละเอียดพร้อมหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติมเพื่อให้เกิดมุมมองที่หลากหลาย และจัดกลุ่มข้อมูลและมุมมองที่ได้เพื่อนำไปสู่การระบุนสาเหตุของปัญหาที่แท้จริง

2) การรวบรวมข้อมูลเพื่อสร้างแนวคิดที่หลากหลาย เป็นขั้นตอนที่มีการใช้ความคิดสร้างสรรค์อย่างเต็มที่ในการสร้างแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาให้ได้มากที่สุดแล้วค่อยจัดกลุ่มความคิดที่ได้เพื่อให้เกิดแนวทางในการตัดสินใจในขั้นตอนต่อไป

3) การเลือกและพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนในการนำแนวคิดที่ได้สร้างสรรค์และรวบรวมมาพิจารณาเพื่อให้ได้แนวคิดที่เหมาะสมกับการแก้ปัญหามากที่สุด และมีการปรับปรุงพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ต่อไป

4) การวางแผน ปรับปรุงพัฒนา และดำเนินการ เป็นการวางแผนการทำงานก่อนนำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้จริง โดยคำนึงถึงทรัพยากรที่ต้องใช้ ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น มีการสร้างแผนสำรองเพื่อรับมือกับสถานการณ์เฉพาะหน้าที่อาจเกิดขึ้น จากนั้นจึงนำแผนการไปใช้จริง

2.3 แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

ในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ได้มีผู้เชี่ยวชาญเสนอรายละเอียดของขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ บทบาทของนักเรียนและครูดังตาราง 4 และ 5

ตาราง 4 แสดงขั้นตอน บทบาทนักเรียนและครูในการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหา

อย่างสร้างสรรค์ตามแนวคิดของ กัญญารัตน์ โคจร, สุนีย์ เหมาะประสิทธิ์, น้ำฝน คุณเจริญไพศาล, และ ประมวล ศิริพันธ์แก้ว(2554, น. 10-13)

ขั้นตอนและรายละเอียด	บทบาทนักเรียน	บทบาทครู
<p>ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engaging)</p> <p>เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นและเตรียมความพร้อม โดยใช้การสำรวจและทบทวนความรู้เดิม</p>	<p>ร่วมกิจกรรมในชั้นเรียนโดยใช้การตั้งคำถาม สังเกต อภิปราย ทบทวนความรู้เดิม และค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติม</p>	<p>สร้างความสนใจ กระตุ้นให้นักเรียนได้ทบทวนความรู้เดิม โดยใช้คำถาม และประเมินระดับความรู้นักเรียน</p>
<p>ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจตรวจสอบทำความเข้าใจปัญหา</p>	<p>- ทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา</p>	<p>- กำหนดสถานการณ์ปัญหา – กระตุ้นให้นักเรียนได้ฝึกคิด</p>

ตาราง 4 (ต่อ)

ขั้นตอนและรายละเอียด	บทบาทนักเรียน	บทบาทครู
(Problem Exploring) เป็นการจัดกิจกรรมเพื่อให้ นักเรียนตระหนักใน สถานการณ์ปัญหา สสำรวจ ทำ ความเข้าใจ และกำหนด ขอบเขตปัญหาให้ รอบด้าน ชัดเจน	- ตั้งคำถามที่เกี่ยวข้องกับ สถานการณ์ให้มากที่สุด - ร่วมกันอภิปรายแลกเปลี่ยน คำถามแล้วสรุปข้อคำถามให้ เหมาะสมกับสถานการณ์ ปัญหา	อย่างสร้างสรรค์ - เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ แลกเปลี่ยน และอภิปรายข้อ คำถาม - ช่วยนักเรียนสรุปข้อคำถาม
ขั้นที่ 3 ขั้นสร้างทางเลือกใน การแก้ปัญหา (Solutions creating) เป็นการจัดกิจกรรม ที่เน้นการฝึกคิดแก้ปัญหา อย่างสร้างสรรค์โดยสร้าง แนวคิดเพื่อเป็นทางเลือกที่ หลากหลายแล้วลงข้อสรุปเพื่อ หาทางเลือกที่เหมาะสม	- ศึกษา ค้นคว้าเพิ่มเติมเพื่อ สร้างทางเลือกในการ แก้ปัญหา - อภิปราย แลกเปลี่ยน เปรียบเทียบ และประเมิน ข้อมูล - ร่วมกันลงข้อสรุปเพื่อให้ได้ แนวทางที่เหมาะสมที่สุด สำหรับหาคำตอบของ สถานการณ์ปัญหา	- ให้นักเรียนได้ศึกษา ค้นคว้า และสร้างทางเลือกใน การแก้ปัญหา - ช่วยแนะนำแนวทางในการ สร้างทางเลือกโดยใช้คำถาม - ประเมินแนวทางที่นักเรียน สร้างขึ้น
ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการ แก้ปัญหา (Plan executing) เป็นการจัดกิจกรรมเพื่อฝึกคิด แก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์โดย การออกแบบ วางแผน ลงมือ ทำ แล้วเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อ สร้างมโนทัศน์สำหรับอธิบาย	- วางแผนวิธีการสืบเสาะหา คำตอบที่หลากหลาย - อภิปราย ระดมความคิด แลกเปลี่ยน เปรียบเทียบข้อมูล กับเพื่อนร่วมชั้นเรียนเพื่อหา ข้อสรุปที่เหมาะสมกับการ แก้ปัญหา	- กระตุ้นนักเรียนให้ออกแบบ แผนการหาคำตอบของตนเอง - ช่วยแนะนำแนวทางการสร้าง ทางเลือกให้กับนักเรียนโดยใช้ คำถาม - ประเมินการทำกิจกรรมของ นักเรียน

ตาราง 4 (ต่อ)

ขั้นตอนและรายละเอียด	บทบาทนักเรียน	บทบาทครู
สถานการณ์ปัญหาด้วยตนเอง	<ul style="list-style-type: none"> - ลงมือทำกิจกรรมตามแผน - เก็บรวบรวมข้อมูล - สร้างมโนทัศน์ และคำอธิบาย <p>เพื่อเป็นคำตอบของปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none"> - ร่วมกันอภิปราย ตอบข้อสงสัยเพื่อตรวจสอบความเข้าใจที่เกิดขึ้น 	<ul style="list-style-type: none"> - กระตุ้นนักเรียนให้สร้างมโนทัศน์ และคำอธิบายที่ค้นพบ - คอยซักถามเพื่อให้นักเรียนอธิบาย และอ้างอิงที่มาของคำอธิบายที่สร้างขึ้น
<p>ขั้นที่ 5 ขั้นตรวจสอบ ยอมรับ และขยายองค์ความรู้ (Concepts examining)</p> <p>เป็นการจัดกิจกรรมเพื่อให้ นักเรียนสำรวจ ตรวจสอบ คำอธิบายที่สร้างขึ้นกับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ ยอมรับในปัจจุบันเพื่อปรับปรุง แก้ไขให้สมบูรณ์และน่าเชื่อถือ</p> <p>ตลอดจนมีการแลกเปลี่ยนมโนทัศน์กับเพื่อนร่วมชั้นเรียนเพื่อ สร้างความเข้าใจที่ดียิ่งขึ้น</p>	<ul style="list-style-type: none"> - อภิปราย ซักถาม ตอบคำถาม และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ คำอธิบายที่สร้างขึ้น - ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม พิจารณา แก้ไข และปรับปรุง มโนทัศน์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น - แล้วร่วมกันสรุปอภิปรายเพื่อหาคำอธิบายที่เหมาะสมที่สุด - เชื่อมโยงองค์ความรู้เดิม สำหรับแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ 	<ul style="list-style-type: none"> - ให้นักเรียนนำเสนอคำอธิบายที่สร้างขึ้น - ร่วมซักถามกับนักเรียนเพื่อ ประเมินและตรวจสอบความเข้าใจ - ร่วมอภิปรายและหาข้อสรุป เพื่อให้เกิดคำอธิบาย มโนทัศน์ ที่ถูกต้อง - ให้สถานการณ์ใหม่ๆ เพื่อให้นักเรียนได้ขยายองค์ความรู้

ตาราง 5 แสดงขั้นตอนบทบาทนักเรียนและครูในการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาอย่าง
สร้างสรรค์ตามแนวคิดของคันทรีพีย์ ชมพูพาทย์ และปิยดา สมบัติวัฒนา

ขั้นตอนและรายละเอียด	บทบาทนักเรียน	บทบาทครู
<p>ขั้นที่ 1 การเข้าใจปัญหา</p> <p>เป็นการสร้างความกระจ่าง ในสถานการณ์หรือปัญหา ตลอดจนหาข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อค้นหาสาเหตุของปัญหา ที่แท้จริงและวางเป้าหมาย แก้ปัญหาต่อไป</p>	<p>- ศึกษาข้อมูลจาก แหล่งข้อมูลที่หลากหลาย</p> <p>- ระบุสาเหตุของปัญหา</p> <p>- ตั้งเป้าหมายการแก้ปัญหา</p> <p>- พุดคุยแลกเปลี่ยนมุมมอง ในการมองปัญหาร่วมกับ เพื่อนๆ</p>	<p>- กำหนด/ปัญหาให้สอดคล้องกับ วัตถุประสงค์การเรียนรู้</p> <p>- จัดเตรียมข้อมูลให้นักเรียน</p> <p>- ใช้คำถามที่ช่วยกระตุ้นนักเรียนให้ ระบุปัญหาที่แท้จริงได้</p> <p>- สร้างแรงจูงใจเพื่อให้นักเรียนเห็น คุณค่าของการเรียนรู้</p>
<p>ขั้นที่ 2 คิดและเลือกวิธีการ แก้ปัญหา</p> <p>เป็นขั้นตอนที่ฝึกฝนให้ นักเรียนได้คิดและเลือกวิธี แก้ปัญหาโดยใช้ กระบวนการกลุ่ม</p>	<p>- สืบค้นข้อมูลเพื่อหาคำตอบ</p> <p>- นำเสนอ และรับฟังมุมมอง ของเพื่อนในกลุ่มเพื่อร่วมกัน วิเคราะห์วิธีการแก้ปัญหา ของแต่ละคนแล้วนำมา ปรับเปลี่ยนวิธีการของตนเอง ให้เหมาะสมยิ่งขึ้นก่อนจะ นำไปปรับเปลี่ยนให้เป็น วิธีการของกลุ่ม</p>	<p>- กระตุ้นนักเรียนให้คิดหาวิธีการให้ ได้มากที่สุด</p> <p>- ให้คำแนะนำและเสนอแนะ แนวทางเกี่ยวกับการคิด การต่อยอด ความคิด การเลือกวิธีแก้ปัญหาของ นักเรียน</p> <p>- จัดบรรยากาศให้นักเรียนรู้สึกผ่อนคลาย ได้คิดอย่างเต็มที่</p>
<p>ขั้นที่ 3 ขึ้นวางแผน</p> <p>เป็นการลงรายละเอียด ขั้นตอนที่จะใช้แก้ปัญหา</p>	<p>- ผสมผสานวิธีแก้ปัญหาของ แต่ละคนให้เป็นวิธีการของกลุ่ม</p> <p>- ระบุแผนการแก้ปัญหาอย่าง ละเอียด เช่น ขั้นตอน วิธีการ ทรัพยากรที่ใช้ ระยะเวลา แผน สำรองเมื่อเจอกับสถานการณ์ เฉพาะหน้า</p>	<p>- ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นการคิด สร้างสรรค์ การคิดวิเคราะห์และ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ ขณะที่ นักเรียนวางแผนเป็นระยะ จน นักเรียนได้แผนการแก้ปัญหาที่ ชัดเจน</p>

ตาราง 5 (ต่อ)

ขั้นตอนและรายละเอียด	บทบาทนักเรียน	บทบาทครู
	- นำเสนอวิธีแก้ปัญหา แลกเปลี่ยนมุมมองกับเพื่อน ต่างกลุ่ม	
ขั้นที่ 4 การดำเนินการ เป็นการลงมือทำตามแผนที่ วางไว้ ประเมินผลและ บันทึกผลขณะดำเนินการ เทียบกับแผนที่วางไว้	- ดำเนินการตามแผน	- กำกับติดตามให้นักเรียน ดำเนินการตามแผน - ให้คำปรึกษานักเรียนสม่ำเสมอ - ควบคุมชั้นเรียน
ขั้นที่ 5 ขั้นสรุปและขยาย ความคิด เป็นการประมวล ความรู้และประสบการณ์ที่ ได้จากการทำกิจกรรม	- อธิบายความรู้และ ประสบการณ์ที่ได้ วิเคราะห์ ข้อดี ข้อบกพร่อง การ แก้ปัญหา และข้อเสนอแนะ เพิ่มเติม	- ให้คำแนะนำ และสะท้อนการคิด ในสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้จากการ แก้ปัญหา - กระตุ้นนักเรียนให้นำเสนอความรู้ ประสบการณ์อย่างเต็มที่เพื่อ แลกเปลี่ยนเรียนรู้

กล่าวโดยสรุป การจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์นั้น ครูมีหน้าที่สำคัญในการสนับสนุนนักเรียน สร้างแรงจูงใจ และให้คำแนะนำอย่างเหมาะสมตลอดการจัดการเรียนรู้ เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีอิสระทางความคิดอย่างเต็มที่ สามารถติดตามก้าวหน้า และประเมินผลตนเองได้ อีกทั้งคอยสร้างแรงจูงใจและให้คำแนะนำอย่างเหมาะสม เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาศักยภาพในการคิดได้อย่างเต็มความสามารถ (Hallman, 1971, pp. 220-224 อ้างถึงใน ไพฑูรย์ สินลารัตน์ และคนอื่น ๆ, 2560, น. 67-68)

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้จะนำแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์โดยสรุป 4 ขั้นตอน ไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มได้ดังนี้ คือ

1) การทำความเข้าใจปัญหา ขั้นตอนนี้ครูมีหน้าที่ในการกำหนดสถานการณ์ สร้างความสนใจ กระตุ้น และแนะนำเพื่อให้นักเรียนเข้าใจปัญหา และระบุปัญหาที่แท้จริงได้ สามารถนำไปปรับใช้ได้ในการระบุปัญหา

2) การสร้างทางเลือก และเลือกวิธีการแก้ปัญหา ขั้นตอนนี้ครูมีหน้าที่กระตุ้น และให้คำแนะนำ คอยรับฟัง และช่วยประเมินทางเลือก เพื่อให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลได้อย่างเหมาะสม ตรงประเด็น สามารถคิดหาทางเลือกเพื่อแก้ปัญหาได้หลากหลาย ตลอดจนตัดสินใจเลือกวิธีแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม สามารถนำไปปรับใช้ได้ในช่วงตอนการรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

3) การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ครูทำการกระตุ้น ให้คำปรึกษา และกำกับติดตามเพื่อให้นักเรียนได้ร่วมกันวางแผนการทำงานอย่างเป็นขั้นตอนและชัดเจนจนไปใช้งานได้ พร้อมทั้งเก็บรวบรวมข้อมูลจากการลงมือปฏิบัติรวมทั้งการแก้สถานการณ์เฉพาะที่อาจเกิดขึ้น สามารถนำไปปรับใช้ได้ในช่วงตอนการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา การวางแผน การดำเนินการแก้ปัญหา การทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไข

4) ขั้นสรุปและขยายความรู้ ครูมีหน้าที่รับฟังสิ่งที่นักเรียนได้นำเสนอเมื่อดำเนินการแก้ปัญหาเสร็จสิ้น ให้คำแนะนำ สะท้อนการคิด และกระตุ้นให้นักเรียนได้ร่วมกันแลกเปลี่ยนเรียน และลงข้อสรุปเพื่อให้ได้องค์ความรู้ที่ถูกต้อง ตลอดจนนำเสนอสถานการณ์อื่นๆ เพิ่มเติมเพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เชื่อมโยงความรู้สู่การแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ซึ่งสามารถนำไปปรับได้ในขั้นตอนการนำเสนอผลงาน

2.4 การวัดประเมินผลการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์เป็นความสามารถทางการคิดในการเลือกใช้แนวคิดใหม่ สร้างแนวคิดใหม่ หรือต่อยอดแนวความคิดเดิมควบคู่กับการคิดอย่างมีเหตุผลเพื่อแก้ปัญหา หรือพัฒนางานใหม่ ๆ ที่มีคุณค่าต่อตนเองและสังคม ดังนั้นในการวัดประเมินผลจึงควรหลีกเลี่ยงการวัดความรู้ความจำ แต่เน้นการวัดความสามารถที่นักเรียนได้แสดงออกมาผ่านใช้วิธีการต่าง ๆ ให้เป็นสิ่งใหม่ ๆ เช่น การเขียน การนำเสนองาน การสร้างชิ้นงาน ร่วมกับการพิจารณาความสามารถในการคิดคล่อง การคิดยืดหยุ่น การคิดริเริ่ม การคิดละเอียดลออ การคิดอย่างมีเหตุผลในการระบุปัญหา การเลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้อง และการเลือกแนวทางการแก้ปัญหา การวางแผนปฏิบัติงาน การใช้กระบวนการกลุ่มในการทำงาน ซึ่งเป็นองค์ประกอบของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ โดยการวัดประเมินผลนี้ควรดำเนินการอย่างต่อเนื่องตั้งแต่เริ่มต้น ระหว่างการเรียนรู้ และจบกระบวนการจัดการเรียนรู้ (วัชรวิภา เล่าเรียนดี และคนอื่น ๆ, 2560, น. 53-55; วิชา

ต้นทูลพงษ์, 2557, น. 39; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555, น. 108-110) จากการศึกษาเครื่องมือสำหรับใช้ในการวัดความสามารถอย่างสร้างสรรค์จากงานวิจัยต่างๆ พบว่ามีแนวทางในการสร้างคลังรายละเอียดต่อไปนี้

นิพิฐพร โกมลทิศักดิ์ (2553, น. 63-64, 126-139) ได้สร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ มีลักษณะเป็นสถานการณ์ แล้วเลือกมา 1 สถานการณ์เพื่อตอบคำถามจำนวน 4 ข้อ แบบอัตนัย ใช้เวลาในการทำ 30 นาที แต่ละข้อมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic rubrics scoring) โดยให้คะแนนแต่ละด้าน 5 ระดับ (0-4 คะแนน) พิจารณาจากประเด็นเหล่านี้

- 1) การตัดสินใจเลือกปัญหา
- 2) การใช้เหตุผลในการเลือกปัญหา
- 3) การแสดงวิธีการแก้ปัญหาที่แปลกใหม่ หลากหลาย
- 4) การตัดสินใจเลือกวิธีแก้ปัญหา
- 5) การเลือกวิธีแก้ปัญหาที่ก่อประโยชน์สูงสุด
- 6) การแสดงขั้นตอนปฏิบัติในการแก้ปัญหา
- 7) การแก้ปัญหาได้ภายในเวลาที่กำหนด

จากการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัด พบว่ามีค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ระหว่าง 0.6 – 1.00 และค่าความเชื่อมั่น (Reliability) เท่ากับ 0.827

กัญญารัตน์ โคจร (Cojorn, 2011, pp. 81-82, 226-228) ได้สร้างแบบวัดการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ มีลักษณะเป็นสถานการณ์เพื่อให้นักเรียนอ่าน แล้วตอบคำถามแบบอัตนัยจำนวน 5 ข้อ ตรวจให้คะแนนโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic rubrics scoring) โดยให้คะแนนแต่ละด้าน 4 ระดับ (0-3 คะแนน) พิจารณาจากพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออก 4 ด้าน ได้แก่

1) ความคิดคล่อง (Fluency) คือความคิดที่คิดออกมาได้อย่างรวดเร็ว และหลากหลายเกี่ยวกับเรื่องหรือสถานการณ์ใดๆ วัดได้จากจำนวนคำตอบทั้งหมดที่นักเรียนตอบได้ โดยยังไม่คำนึงว่าคำตอบจะซ้ำกับคนอื่น

2) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) คือความคิดที่ถูกจัดเป็นหมวดหมู่อย่างมีหลักเกณฑ์เพื่อลดความซ้ำซ้อนและเพิ่มคุณภาพให้กับความคิด วัดได้จากการจัดประเภทคำตอบที่แตกต่างกันและมีความเป็นไปได้โดยยังไม่คำนึงว่าคำตอบจะซ้ำกับคนอื่น

3) ความคิดริเริ่ม (Originality) คือความคิดที่แปลกใหม่ ไม่ซ้ำใคร ได้มาจากการจินตนาการและการดัดแปลงความคิดให้แตกต่างไปจากเดิม วัตถุประสงค์การหาค่าความถี่ของคำตอบจากนักเรียนทั้งหมด

4) การคิดอย่างมีเหตุผล (Reasoning) คือความคิดที่เป็นพื้นฐานของการคิดหรือต่อยอดความคิดอื่น มีความสอดคล้องเหมาะสม และช่วยสนับสนุน ส่งเสริมให้ความคิดอื่น ๆ มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือ วัตถุประสงค์การพิจารณาเหตุผลที่นำมาประกอบการตัดสินใจในการเลือกแนวทางการแก้ปัญหาว่ามีความเหมาะสม เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ และมีความเป็นไปได้ในการใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้

จากการตรวจสอบคุณภาพแบบวัดโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พบว่ามีค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) มากกว่า 0.5 ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) เท่ากับ 0.69 ค่าความยากง่าย (Difficulty) อยู่ระหว่าง 0.2-0.8 และค่าอำนาจจำแนก (Item discrimination) มากกว่า 0.20

ยุพาพันธ์ มินวงษ์ (2558, น. 123-124, 262-264) ได้สร้างแบบวัดการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ประกอบด้วยสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน 4 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์มีข้อคำถามแบบอัตนัยจำนวน 3 ข้อ ให้คะแนนโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic rubrics scoring) โดยให้คะแนนแต่ละด้าน 5 ระดับ (0-4 คะแนน) พิจารณาจาก 3 ประเด็น ได้แก่

1) การระบุปัญหา พิจารณาจากการค้นหาปัญหาภายในขอบเขตข้อเท็จจริงจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ การระบุสาเหตุของปัญหาที่สอดคล้องกับปัญหาที่ได้ระบุไว้ และการตัดสินใจเลือกปัญหาพร้อมการให้เหตุผลสนับสนุน

2) การแสวงหาและคัดสรรแนวทางแก้ปัญหา พิจารณาจาก ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดอย่างมีเหตุผล

3) การวางแผนแก้ปัญหา พิจารณาจากจำนวนแผนการแก้ปัญหาที่มีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ ความสามารถในการตัดสินใจเลือกวิธีแก้ปัญหาและการให้เหตุผลสนับสนุน

จากการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัด พบว่ามีค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (content validity) มากกว่า 0.5 ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) เท่ากับ 0.88 ค่าความยากง่าย (Difficulty) อยู่ระหว่าง 0.58-0.66 และค่าอำนาจจำแนก (Item discrimination) อยู่ระหว่าง 0.51-0.57

นงนุช เอกตระกูล (2560, น. 44-46) ได้สร้างแบบวัดการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ประกอบด้วยสถานการณณ์ 4 สถานการณณ์ แต่ละสถานการณณ์มีข้อความจำนวน 3 ข้อ แบบอัตนัย แต่ละข้อมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic rubrics scoring) โดยให้คะแนนแต่ละด้าน 4 ระดับ (0-3 คะแนน) พิจารณาจาก 3 ประเด็น ได้แก่

1) การระบุปัญหา พิจารณาจาก การค้นหาปัญหา ระบุสาเหตุของปัญหา และตัดสินใจเลือกปัญหา

2) การแสวงหาและคัดสรรแนวทางการแก้ปัญหา พิจารณาจาก ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดอย่างมีเหตุผล

3) การวิเคราะห์แผนการแก้ปัญหา พิจารณาจาก แผนการแก้ปัญหา และตัดสินใจเลือกแผนการแก้ปัญหา

จากการตรวจสอบคุณภาพแบบวัดโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พบว่ามีค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (content validity) เท่ากับ 0.95 ซึ่งอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) เท่ากับ 0.89 ค่าความยากง่าย (Difficulty) อยู่ระหว่าง 0.22-0.79 และค่าอำนาจจำแนก (Item discrimination) อยู่ระหว่าง 0.21-0.76 และค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้ให้คะแนน (r_{xy}) เท่ากับ 0.96

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำแนวทางของนิพิฐพร โกมลภิตีศักดิ์ (2553, น. 126-139) กัญญารัตน์ โคจร (Cojorn, 2011, pp.226-228) และยุพาพันธ์ มินวงษ์ (2558, น. 32) มาพัฒนาเป็นแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์โดยมีการกำหนดสถานการณณ์ปัญหาเพื่อวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียน 3 ด้าน ได้แก่

1) การระบุปัญหา วัดจากการค้นหาปัญหา ระบุสาเหตุของปัญหา และการตัดสินใจเลือกปัญหาที่จะแก้ไขตามลำดับความสำคัญ

2) การสร้างแนวทางในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย วัดจากการคิดคล่องโดยคิดหาแนวทางแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสถานการณณ์ให้ได้จำนวนมาก คิดยืดหยุ่นโดยสามารถจัดกลุ่มแนวทางแก้ปัญหามีหลักการ คิดริเริ่มโดยสามารถดัดแปลงความคิดให้แตกต่างไปจากเดิม และการคิดมีเหตุผลในการคัดเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ใช้ความรู้และเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์พร้อมให้เหตุผลสนับสนุนวิธีการแก้ปัญหาที่คัดเลือกมาได้

3) การวางแผนการแก้ปัญหา วัดจากความชัดเจนในการแสดงขั้นตอนการแก้ปัญหา มีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งาน และการให้เหตุผลในการตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลการเรียนรู้ซึ่งเป็นความรู้ความสามารถทางวิชาการที่นักเรียนแสดงออกมาหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ การได้รับประสบการณ์ หรือการฝึกอบรวมในช่วงเวลาหนึ่ง จนสามารถวัดพฤติกรรมที่แสดงออกมาได้โดยใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์เพื่อบ่งบอกสิ่งที่นักเรียนได้รับ (โชติกา ภาชีผล, 2559, น. 31; ไพศาล หวังพานิช, 2542, น.209; ภพเลาห์ไพบูลย์, 2542, น.295; ศิริชัย ภาณุจนวาสี, 2556, น. 166; อุทุมพร จามรमान, 2532, น. 73)

3.2 การวัดประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ในการวัดประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนซึ่งเป็นการวัดความสามารถที่แสดงผลการเรียนรู้นิยมใช้แบบวัดหรือแบบทดสอบ (Test) เพื่อวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยหรือกระบวนการทางปัญญาของผู้เรียนตามทฤษฎีการเรียนรู้ใหม่ของบลูมและคณะ ซึ่งแบ่งได้ 6 ชั้น ดังนี้ (Anderson, 2014, p. 31; Krathwohl, 2002, pp. 213-218; ขวลิต ชูกำแพง, 2550, น. 90-93)

1) จำ (Remembering) คือ ความสามารถในการจำได้ ระลึกได้จากความทรงจำระยะยาวเพื่อบอก ระบุน เกี่ยวกับข้อเท็จจริง เรื่องราว หรือประสบการณ์เดิมของผู้เรียน เช่น ความรู้ในเนื้อหา วิธีดำเนินการ ความรู้รวบยอด

2) เข้าใจ (understanding) คือ ความสามารถในการนำความรู้ไปดัดแปลงเพื่ออธิบายและเปรียบเทียบสิ่งที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับของเดิมได้ เช่น การแปลความ การตีความ การขยายความ การยกตัวอย่าง การจำแนก การอนุมาน การเปรียบเทียบ การสรุป ให้อยู่ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ข้อความ การพูด การเขียน รวมถึงการสื่อสารผ่านกราฟิก

3) ประยุกต์ใช้ (Applying) คือ ความสามารถในการนำความรู้ ความเข้าใจในข้อเท็จจริง เรื่องราว หรือวิธีการไปแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ทั้งสถานการณ์ทั่ว ๆ ไป หรือสถานการณ์ใหม่

4) วิเคราะห์ (Analysis) คือ ความสามารถในการแยกแยะองค์ประกอบของสิ่งต่าง ๆ เช่น ข้อเท็จจริง เรื่องราว เหตุการณ์ แล้วระบุความสัมพันธ์ของแต่ละองค์ประกอบและความสัมพันธ์ในภาพรวมได้ รวมถึงสามารถระบุความสัมพันธ์ ความสำคัญ ความแตกต่าง คุณลักษณะของสิ่งนั้น ๆ ได้

5) ประเมินค่า (evaluating) คือ ความสามารถในการตัดสินใจ ตรวจสอบ หรือวิจารณ์ โดยใช้เกณฑ์หรือมาตรฐานของสิ่งต่าง ๆ อย่างมีหลักการ

6) คิดสร้างสรรค์ (Creating) คือ ความสามารถในการนำองค์ประกอบต่าง ๆ มา ออกแบบ วางแผน ผลิตให้เกิดเป็นสิ่งใหม่ที่มีลักษณะแตกต่างไปจากเดิม

3.3 การสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นเพียงตัวแทนในการวัดความรู้และทักษะของผู้เรียนที่ได้รับเนื่องจากข้อจำกัดต่าง ๆ ดังนั้นการสร้างแบบวัดควรมุ่งวัดความสามารถในการเรียนรู้ระดับสูงได้แก่ การวิเคราะห์ การประเมินค่า และการสร้างสรรค์ ไม่ใช่แค่การวัดความจำ ความเข้าใจ และการนำไปใช้ นอกจากนี้การสร้างแบบวัดที่ดีจำเป็นต้องมีการกำหนดขอบเขตโดยสรุป 3 ข้อ ได้แก่ (เยาวดี รวงชัยกุล วิบูลย์ศรี, 2553, น. 19-20; ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556, น. 167)

1) เนื้อหาหรือทักษะที่นำไปใช้สร้างแบบวัดต้องเป็นไปตามจุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้ และสามารถระบุพฤติกรรมผลการเรียนรู้ได้อย่างชัดเจนและเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปได้

2) แบบวัดต้องมีความเที่ยงตรงตามเนื้อเรื่อง (content validity) สอดคล้องกับสิ่งที่ได้จัดการเรียนรู้เท่านั้น

3) ผู้เรียนที่เข้ารับการประเมินผลต้องมีโอกาสได้เรียนรู้ และรับประสบการณ์การเรียนรู้อย่างเท่าเทียมกัน และครอบคลุมในสิ่งที่แบบวัดต้องการวัดประเมิน

ลักษณะของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอาจจำแนกได้ตามรูปแบบคำถามและวิธีการตอบ ตัวอย่างเช่น (ชวลิต ชูกำแหง, 2550, น. 94-99)

1) แบบอัตนัย มีลักษณะเป็นข้อความที่ให้ผู้เรียนเขียนอธิบายอย่างอิสระเพื่อแสดงความรู้ ความเข้าใจ ความคิดเห็น หรือทัศนคติ ซึ่งเป็นการสะท้อนความสามารถทางด้านการจัดระบบความคิด การประเมินค่า และความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้ หรืออาจให้ผู้เรียนเขียนอธิบายหรือระบุคำตอบที่มีความเฉพาะเจาะจงภายใต้ขอบเขตของเนื้อหาเพื่อเป็นการสะท้อนความสามารถด้านความจำ และความเข้าใจ

2) แบบตอบสั้น ๆ และเติมคำ มีลักษณะเป็นข้อความที่อาจเป็นข้อความแผนภูมิต่าง ๆ หรือรูปภาพเพื่อให้ผู้เรียนเขียนตอบเป็นข้อความสั้น ๆ ให้สอดคล้องกับข้อความหรือเพื่อให้ข้อความนั้นเป็นข้อความที่สมบูรณ์ได้ แบบวัดในลักษณะนี้เหมาะสำหรับการใช้ในวิชาที่ต้องการวัดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหา แต่อาจไม่เหมาะสำหรับการวัดความสามารถทางการเรียนรู้ขั้นสูง เช่น การวิเคราะห์ การสังเคราะห์เพราะลักษณะการตอบค่อนข้างตายตัว

3) แบบปรนัย หรือแบบเลือกตอบหลายตัวเลือก ลักษณะข้อความประกอบด้วยส่วนที่เป็นข้อความ และส่วนที่เป็นตัวเลือกที่กำหนดไว้ซึ่งประกอบด้วยตัวเลือกที่ถูกต้อง และตัวลวงเพื่อให้ผู้เรียนเลือกคำตอบที่เหมาะสมที่สุด ลักษณะแบบวัดดังกล่าวสามารถวัดความสามารถ

ในการเรียนรู้ได้หลายระดับ เช่น ความจำ ความเข้าใจ การวิเคราะห์ การประเมินค่า แบบวัดดังกล่าวสามารถควบคุมระดับความยากง่ายได้จากการออกแบบตัวเลือกรับเลือกตัวดวง สามารถตรวจให้คะแนนได้ง่ายและรวดเร็ว และสามารถใช้ได้กับผู้เรียนหลายระดับ

ในการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีขั้นตอนการสร้างดังนี้ (โชติกา ภาชีผล, 2559, น. 55-66)

1) กำหนดจุดมุ่งหมายของการสอบ เป็นการกำหนดกรอบการสร้างแบบวัดให้ชัดเจนว่าจะนำแบบวัดไปใช้ในวัตถุประสงค์ใด เช่น การสอบเพื่อตรวจสอบความรู้ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ การสอบเพื่อวัดความรอบรู้และตัดสินผลการเรียนในปลายภาคเรียน รวมไปถึงวิธีการวัดประเมินว่าเป็นแบบอิงกลุ่มหรืออิงเกณฑ์ และนำผลการประเมินหลังจากการสอบไปใช้ เช่น เพื่อการจัดการสอนซ่อมเสริม เพื่อการปรับปรุงพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เป็นต้น

2) วิเคราะห์หลักสูตร เป็นการแยกแยะและจัดระเบียบความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา วัตถุประสงค์ในการจัดการเรียนรู้ และวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อให้สามารถเลือกเนื้อหา ช่วงเวลาที่สอบ และสร้างข้อสอบได้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ครูต้องการวัดได้อย่างเหมาะสม

3) ออกแบบการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นการกำหนดแนวทางการสร้างแบบวัด ประกอบด้วย

3.1 วางแผนจำนวนครั้งในการสอบ โดยคำนึงถึงระยะเวลาในการสอบแต่ละครั้ง ช่วงเวลาที่จัดสอบเพื่อให้ครอบคลุมเนื้อหา วัตถุประสงค์การเรียนรู้ และวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ต้องการวัด

3.2 กำหนดรูปแบบของแบบวัด เพื่อให้รูปแบบข้อคำถามสอดคล้องเหมาะสมกับเนื้อหา วัตถุประสงค์การเรียนรู้ และพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัด เช่น ข้อคำถามแบบอัตนัย แบบตัวเลือก แบบเติมคำ เป็นต้น

3.3 สร้างแผนผังการสอบ เพื่อให้เห็นภาพรวมของวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด ทำให้สามารถกำหนดลำดับความสำคัญของเนื้อหา ความถี่ของช่วงเวลาการสอบ และรูปแบบของแบบวัดได้อย่างเหมาะสม

3.4 สร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบ เพื่อให้เห็นความสัมพันธ์ของเนื้อหา กับ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ทำให้สามารถกำหนดลำดับความสำคัญของแต่ละเนื้อหาและค่าน้ำหนักของระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัดได้

4) เขียนข้อสอบ ในขั้นตอนนี้ประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ 3 ขั้นตอน ได้แก่

4.1) กำหนดแบบแผนข้อสอบ ได้แก่ จุดประสงค์การเรียนรู้ และพฤติกรรมกา
เรียนรู้เพื่อให้ได้ข้อคำถามที่ครอบคลุมตรงตามสิ่งที่ต้องการวัด

4.2) ร่างข้อสอบตามแบบแผนข้อสอบที่วางไว้ โดยทั่วไปควรเขียนข้อสอบให้
มีความยากง่ายปานกลาง และครอบคลุมเพื่อให้สามารถจำแนกกลุ่มผู้เรียนเป็นกลุ่มเก่ง-อ่อนได้

4.3 ทบทวน และตรวจสอบปรับปรุง โดยจัดเรียงข้อคำถามให้เป็นหมวดหมู่
เช่นเรียงเนื้อหาตามบท เรียงข้อคำถามจากระดับง่ายไปยาก

5) ทดลองใช้แบบวัด ในกรณีทั่วไปเมื่อสร้างแบบวัดเสร็จแล้วสามารถนำไปใช้ได้
เลย แต่หากต้องการตรวจสอบความเชื่อมั่นของแบบวัดจะต้องนำไปทดลองใช้กับกลุ่มผู้เรียนที่เป็น
ตัวแทนที่ดีของผู้สอบจริงได้ เพื่อนำผลการทดลองใช้มาวิเคราะห์ข้อมูลด้านภาษาที่ใช้ในข้อคำถาม
ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา และความเชื่อมั่นของแบบวัด หาก
พบว่าแบบวัดยังไม่มีคุณภาพต้องทำการปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้จริงต่อไป

6) นำแบบวัดไปใช้ เป็นการนำแบบวัดไปใช้จริงกับผู้สอบ ในการสอบนั้นจะต้อง
คำนึงถึงปัจจัยที่มีผลต่อความเที่ยงในการวัด เช่น ความชัดเจนของคำสั่ง ข้อคำถาม ระยะเวลา
สำหรับการสอบ สภาพแวดล้อมทางกายภาพ และสภาพแวดล้อมทางจิตวิทยาระหว่างการทดสอบ
เมื่อผู้สอบทำแบบวัดเสร็จสิ้น ผู้ตรวจจะต้องตรวจให้คะแนนอย่างเป็นธรรมโดยมีเกณฑ์ถูกต้อง
และเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจนเพื่อนำผลการสอบไปใช้ในการปรับปรุงพัฒนาการจัดการเรียนรู้
หรือตัดสินผลการเรียนต่อไป

7) วิเคราะห์คุณภาพแบบวัด ทำโดยการวิเคราะห์สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความเที่ยง ความเชื่อมั่น หากแบบวัดมีคุณภาพควรพัฒนาเพื่อเก็บเป็น
คลังข้อสอบต่อไป

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำแนวทางในการสร้างและการวัดประเมินผลมาใช้ในการ
สร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยแบบวัดประกอบด้วยข้อคำถามแบบปรนัย 4 ตัวเลือก
จำนวน 14 ข้อ เพื่อวัดพฤติกรรมกาเรียนรู้ในชั้น จำ เข้าใจ ประยุกต์ใช้ วิเคราะห์ และประเมินค่า
และข้อคำถามแบบอัตนัย จำนวน 2 ข้อ เพื่อวัดพฤติกรรมกาเรียนรู้ชั้น สร้างสรรค์ รวม 16 ข้อ

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 งานวิจัยในประเทศที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม

ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว และ สุนีย์ เหมาะประสิทธิ์ (2558, น. 229-235) ได้พัฒนา
หลักสูตรตามแนวทางสะเต็ม เรื่องอ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 81 คน เพื่อ
พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความตระหนักต่อ

สิ่งแวดล้อมและความรู้เรื่องอภัยโดยใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) พบว่าเมื่อนำหลักสูตรมาทดลองใช้พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดที่ร้อยละ 65 ตลอดจนคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม สูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ.05 ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมว่าควรมีการศึกษาผลการใช้หลักสูตรเพิ่มเติม เช่น ความสามารถในการแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์

สุชานาฏ สุวรรณพิบูลย์ (2559, น. 80-89) ได้พัฒนาหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวทางสะเต็มเพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ เรื่องบ้านพักเชิงนิเวศสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 30 คน โดยใช้การสอนรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับแนวทางสะเต็มโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 5 ขั้นตอน ได้แก่ การระบุปัญหา การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง การวางแผนและการพัฒนา การทดสอบและการประเมินผลลัพธ์ และการนำเสนอผลลัพธ์ พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคิดสร้างสรรค์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมว่าควรนำแนวทางการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ไปปรับใช้กับสาระการเรียนรู้ อื่นๆ และระดับชั้นอื่นๆ เพิ่มเติม ตลอดจนศึกษาผลต่อตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับทักษะการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 เช่น ทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรม ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และทักษะในการแก้ปัญหา เป็นต้น

อาทิตย์ ฉิมกุล (2559, น. 76-81) ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวทางสะเต็มที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา เรื่องการรักษาคุณภาพในร่างกาย ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 42 คน ผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม 7 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นระบุปัญหาและข้อจำกัด ขั้นศึกษาค้นคว้าขั้นคิดออกแบบ ขั้นวิเคราะห์ความคิด ขั้นสร้างผลงาน ขั้นสื่อสารและสะท้อนผล พบว่า นักเรียนมีร้อยละคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนเท่ากับ 76.35 (ระดับดีมาก) และสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 75) และสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และยังพบว่าการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวสะเต็มทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ด้านการนำความรู้หรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้อยู่ในระดับดีเยี่ยม นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ให้ข้อเสนอแนะว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มสามารถนำมาปรับใช้วิชาชีววิทยาได้เพราะมีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิตซึ่งสามารถสร้างสถานการณ์อิงกับบริบทในสังคมได้ ในการจัดการเรียนรู้ควรแบ่งกลุ่มนักเรียน กลุ่มละ 3-4 คน เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมอย่างเต็มที่ และหากนักเรียนยังมีความรู้พื้นฐานและ

ทักษะทางวิทยาศาสตร์ไม่เพียงพอควรทบทวนก่อนเริ่มกิจกรรมเพื่อให้การทำกิจกรรมมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ดวงพร สมจันทร์ตา (2559, น. 58-63) ได้ทำการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 43 คน เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของใบ การลำเลียงน้ำและสารอาหาร ผลและเมล็ด ดำเนินการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นนำ ขั้นกิจกรรม ขั้นนำเสนอ และขั้นอภิปรายและสรุปผล พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และมีความก้าวหน้าของความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ในระดับปานกลาง ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ให้ข้อเสนอในการจัดการเรียนรู้ว่าควรจัดสรรเวลาในแต่ละขั้นตอนให้เหมาะสมโดยเฉพาะขั้นทำกิจกรรมเพื่อให้ นักเรียนได้กระบวนกรเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ และใช้สถานการณ์ใกล้เคียงตัวที่ทำทหาย ความสามารถในการออกแบบกิจกรรมเพื่อสร้างความสนใจให้นักเรียน และเกิดความเข้าใจที่ดี ยิ่งขึ้นในการทำกิจกรรม

สิงหา ประสิทธิ์พงศ์, และ สิทธิชัย วิชัยดิษฐ์ (2560, น. 60-71) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชเพื่อพัฒนากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 144 คน โดยใช้รูปแบบการวิจัยของเคมมิต และแมกเทกการ์ต (Kemmis and McTaggart) ซึ่งมี 4 ขั้นตอน คือ ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติ ขั้นสังเกต และขั้นสะท้อนผล โดยดำเนินการเป็นวงจรทั้งหมด 3 วงจร ได้แก่ วงจรที่ 1 ให้นักเรียนทำกิจกรรมสร้างแบบจำลองโรงเรือนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสังเคราะห์ด้วยแสง เปรียบเทียบกับโรงเรือนที่ผู้วิจัยสร้าง วงจรที่ 2 และ 3 ให้นักเรียนปรับปรุงโรงเรือนโดยต้องนำ ปัญหาที่พบในวงจรก่อนหน้ามาปรับปรุงแก้ไข ผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม 5 ขั้นตอน ได้แก่ ระบุปัญหา รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง วางแผนและออกแบบ ลงมือปฏิบัติ ประเมินผล ทั้งนี้พบว่านักเรียนมีการพัฒนากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมดีขึ้นตามลำดับระหว่างการจัดการเรียนรู้ในแต่ละครั้ง และมีความสามารถในการออกแบบเชิงวิศวกรรมหลักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่ามีความสามารถดังกล่าวอยู่ในระดับดีขึ้น โดยผู้วิจัยได้ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวว่าการจัดกิจกรรมจะกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้น และเกิดทักษะการแก้ไขปัญหาได้จะต้องเป็นสถานการณ์ที่มีความท้าทาย น่าสนใจ และใกล้เคียงกับสิ่งที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน อีกทั้งการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม มักใช้เวลานาน นักเรียนและครูจึงควรมีการเตรียมงานและวางแผนการทำงานร่วมกัน มีการ

อภิปรายปัญหาที่หลากหลายของแต่ละกลุ่มเพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดตลอดจนส่งเสริมให้นักเรียนได้ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน

อาภรณ์ เพลินพนา (2561, น. 88-89) ได้ทำการพัฒนาชุดกิจกรรมตามแนวทางสะเต็มเรื่องเครื่องกลอย่างง่ายเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผ่านกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ 5 ขั้นตอนตามแนวทางของกัญญารัตน์ โคจร (2555 อ้างถึงใน อาภรณ์ เพลินพนา, 2561, น. 88) ได้แก่ ขั้นตอนความสนใจ ขั้นสำรวจตรวจสอบทำความเข้าใจปัญหา ขั้นสร้างทางเลือกในการแก้ปัญหา วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา และขั้นตรวจสอบ ยอมรับและขยายองค์ความรู้ พบว่านักเรียนมีความสามารถหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากระบวนการจัดการเรียนรู้ได้เชื่อมโยงความรู้ 4 ศาสตร์ของสะเต็ม โดยมุ่งเน้นการบูรณาการกับวิศวกรรมศาสตร์ที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมเพื่อแก้ปัญหาซึ่งมีความสอดคล้องกับรูปแบบการเรียนรู้แบบการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ จึงทำให้นักเรียนเกิดความคุ้นเคยในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และมีโอกาสได้ฝึกฝนการคิดอย่างอิสระร่วมกับเพื่อนในกลุ่มเพื่อให้เกิดแนวทางที่หลากหลาย จนนำไปสู่การลงมือแก้ปัญหาให้ลุล่วง นอกจากนี้ในระหว่างการทำกิจกรรมนักเรียนได้มีโอกาสปรับปรุงแก้ไขงานที่สร้างขึ้น ทำให้นักเรียนไม่ต้องกังวลกับความล้มเหลวของชิ้นงาน อีกทั้งกิจกรรมที่นักเรียนได้ลงมือทำจากการใช้ชุดกิจกรรมมีความหลากหลาย ทำให้นักเรียนเกิดความสนใจต่อสิ่งที่เรียนรู้

จากงานวิจัยข้างต้นสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้หลากหลาย โดยอาจนำเอาศาสตร์ทางสะเต็มมาออกแบบให้อยู่ในรูปแบบของหลักสูตร ชุดกิจกรรม หน่วยการเรียนรู้ หรือการนำกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมาเป็นขั้นตอนดำเนินกิจกรรม ซึ่งลักษณะกิจกรรมที่จัดให้นักเรียนเป็นสถานการณ์อิงกับเหตุการณ์ในสังคม ทั้งนี้การจัดการเรียนรู้ดังกล่าวสามารถพัฒนาทักษะและความสามารถต่าง ๆ ให้สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติได้ เช่น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นต้น

4.2 งานวิจัยต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม

มายาสารี, คาดาโรห์มัน, รัสเตียนา และคาเนียวาติ (Mayasari, Kadarohman, Rusdiana, & Kaniawati 2016, pp. 1-5) ได้ทำการศึกษาความคิดสร้างสรรค์ที่มีต่อการสร้างผลงานในเรื่อง พลังงานทดแทน โดยการใช้การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานร่วมกับแนวทางสะเต็ม ซึ่งได้วิจัยในนักศึกษาฝึกสอนวิชาฟิสิกส์จำนวน 29 คน ในประเทศอินโดนีเซีย พบว่า

1) นักเรียนมีร้อยละของความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนในทุก ๆ ด้านอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ได้แก่ การคิดคล่อง การคิดยืดหยุ่น การคิดริเริ่ม และการคิดละเอียดลออเพิ่มขึ้นร้อยละ 16.8, 22.9, 16.7 และ 15.2 ตามลำดับ โดยนักเรียนมีพัฒนาการด้านการคิดยืดหยุ่นสูงสุด 2) ระดับความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ผู้วิจัยได้สังเกตระดับความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนจาก 4 องค์ประกอบ (4P) ได้แก่ ตัวบุคคล (Person) กระบวนการ (Process) ผลิตภัณฑ์ (Product) และสภาพแวดล้อม (Press) พบว่านักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงในทุกด้านอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 โดยด้านผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด และด้านตัวบุคคลมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด 3) จุดแข็งและจุดอ่อนของการจัดการเรียนรู้ พบว่านักเรียนให้การตอบรับที่ดีต่อการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวเพราะสามารถส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ให้กับนักเรียน ได้ฝึกทักษะการทำงานร่วมกัน ฝึกความรับผิดชอบ และทำให้ได้รับประสบการณ์ใหม่ที่ไม่เคยเจอมาก่อน แต่จุดอ่อนของการจัดการเรียนรู้ที่พบคือ ใช้เวลามากในการจัดกิจกรรม และมีค่าใช้จ่ายสูงในการสร้างสรรค์ผลงานให้สำเร็จ อีกทั้งนักเรียนจะคุ้นเคยกับการเรียนรู้ที่เน้นครูเป็นสำคัญ ดังนั้นนักเรียนจึงรู้สึกว่าการพยายามหาแนวทางในการแก้ปัญหาที่หลากหลายเมื่อเจอกับอุปสรรคเป็นเรื่องยาก ครูจึงต้องคอยให้ความช่วยเหลือและคอยสร้างแรงกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนสามารถทำงานต่อไปได้จนสำเร็จลุล่วง

อุกราส (Ugras 2018, pp. 167-174) ได้ศึกษาผลของการใช้กิจกรรมสะเต็มที่มีต่อทัศนคติทางสะเต็ม และความคิดสร้างสรรค์เชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเกรด 7 จำนวน 25 คน ประเทศตุรกี ด้วยการวิจัยแบบผสมผสานโดยได้ใช้เวลาในการจัดกิจกรรมจำนวน 7 กิจกรรม กิจกรรมละ 3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์เป็นเวลา 7 สัปดาห์ ซึ่งการเก็บข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) การเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์เชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน และ 2) การเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพจากหลักฐานการจดบันทึกของนักเรียนหลังทำกิจกรรมแต่ละครั้ง และมีการสัมภาษณ์เมื่อนักเรียนได้ทำกิจกรรมครบทั้งหมด พบว่านักเรียนมีทัศนคติ ความคิดสร้างสรรค์เชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนแตกต่างจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้จากการสัมภาษณ์และบันทึกของนักเรียนยังพบว่า นักเรียนได้กล่าวถึงการทำกิจกรรมทำให้ได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เพิ่มแรงจูงใจในชั้นเรียนและสร้างความสนใจในการประกอบอาชีพด้านสะเต็มในอนาคต แม้ว่าการทำกิจกรรมในช่วงแรกจะรู้สึกยากและน่าเบื่อแต่นักเรียนก็มีความกระตือรือร้นและมีพัฒนาการที่ดียิ่งขึ้นในครั้งถัด ๆ มา และการจัดกิจกรรมได้มีการคำนึงถึงการใช้เวลาที่เหมาะสมกับการทำกิจกรรมอีกด้วย ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในการทำวิจัยว่า ครูและครูฝึกสอนควรได้รับการฝึกฝนในการจัดกิจกรรมตามแนวทางสะเต็มและควรมีการนำสะ

เต็มไปใช้ทั้งในการจัดกิจกรรมในห้องและนอกห้องเรียนด้วยเพื่อให้เกิดการส่งเสริมทักษะดังกล่าวอย่างมีประสิทธิภาพ

อับดุลเราะห์มาน (Abdurrahman, 2019, pp. 2-5) ได้ทำการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มเพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ให้แก่นักเรียนในยุคอุตสาหกรรม 4.0 ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งช่วงการวิจัยเป็น 2 ระยะ คือ 1) ระยะพัฒนาการจัดการเรียนรู้ และ 2) ระยะวัดผล โดยผู้วิจัยได้ทำการทดลองกับนักเรียนมัธยมจำนวน 30 คน เพื่อวัดการคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการแก้ปัญหา จากผลการวิจัยในระยะแรกทำให้ได้รูปแบบการจัดการกิจกรรมซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ 1) วิพากษ์วิจารณ์ (criticize) เพื่อฝึกการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 2) สร้าง (build) เพื่อฝึกทักษะการคิดอย่างสร้างสรรค์ และ 3) รังสรรค์ (create) เพื่อฝึกทักษะการแก้ปัญหา ส่วนผลการวิจัยในระยะที่สองพบว่านักเรียนมีคะแนนการคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ และการแก้ปัญหาหลังเรียนอยู่ในระดับสูง โดยนักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองอธิบายหลักการที่เกี่ยวข้อง ทดสอบ หรือให้ข้อคิดเห็นในการปรับปรุงผลงานได้ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ให้ข้อสังเกตว่าครูสามารถนำแนวทางการจัดการเรียนรู้จากระยะที่หนึ่งไปปรับใช้เพื่อส่งเสริมศักยภาพด้านสะเต็มและส่งเสริมความสามารถในการคิดขั้นสูงให้กับนักเรียนได้

ไบเซอร์ คาพราโร และคาพราโร (Bicer, Capraro & Capraro, 2019, pp. 4-5) ได้ทำการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มที่มีต่อทัศนคติในการคิดแบบอเนกนัยซึ่งเกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหอย่างสร้างสรรค์ในนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาจำนวน 48 คน ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นเวลา 2 สัปดาห์ จากนั้นจะได้ลงมือทำกิจกรรมที่นักเรียนได้เลือกตามความสนใจ ซึ่งลักษณะกิจกรรมจะเป็นภารกิจที่นักเรียนได้ฝึกความคิดสร้างสรรค์ในออกแบบและสร้างผลงานให้สอดคล้องกับสถานการณ์ หรือปัญหาที่พบในกิจกรรมนั้น ๆ โดยก่อนเข้าร่วมค่ายนักเรียนจะได้ทำแบบสำรวจ และทำแบบสำรวจอีกครั้งหลังจากเสร็จสิ้นจากกิจกรรมค่ายไปแล้ว 2 สัปดาห์ จากผลการศึกษาพบว่าทัศนคติทางการคิดแบบอเนกนัยมีความเกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และยังชี้ให้เห็นว่านักเรียนมีความเชื่อมั่นในความสำคัญของการสร้างแนวคิดใหม่ ๆ เพื่อการแก้ปัญหา เนื่องจากรูปแบบการทำกิจกรรมได้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือแก้ปัญหาด้วยตนเองตลอดกระบวนการ และยังส่งเสริมให้นักเรียนเห็นคุณค่าของการทำงานร่วมกับผู้อื่น ได้แลกเปลี่ยนมุมมองความคิดเห็นที่หลากหลาย และเปิดกว้างมากขึ้นซึ่งจะนำไปสู่การทำกิจกรรมต่าง ๆ ให้ประสบความสำเร็จได้ นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ให้ข้อคิดเห็นเพิ่มเติมเกี่ยวกับการการนำไปปรับใช้ในการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนโดยหากสามารถ

จัดสรรเวลาในการให้นักเรียนได้ทำความเข้าใจในปัญหาได้มากเพียงพอ และทำให้นักเรียนสามารถคิดหาแนวทางการแก้ปัญหาอย่างสรรค์ที่หลากหลายเพิ่มขึ้นได้ด้วย

จากงานวิจัยข้างต้นสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มสามารถประยุกต์ใช้ในการจัดกิจกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ และช่วยสร้างทัศนคติเชิงบวกในการเรียนรู้และทักษะการทำงาน อีกทั้งสร้างแรงจูงใจให้กับนักเรียนได้ ทั้งนี้ครูมีบทบาทสำคัญในการให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ และสร้างกำลังใจอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้นักเรียนสามารถผ่านช่วงยากลำบากของการทำกิจกรรมที่อาจเกิดขึ้นได้ในระหว่างการจัดการเรียนรู้

4.3 งานวิจัยในประเทศที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

กัญญารัตน์ โคจร, สุณีัย เหมะประสิทธิ์, น้ำฝน คุณเจริญไพศาล, และ ประมวล ศิริพันธ์ แก้ว (2554, น. 10-11, 16-17) ได้ศึกษาผลการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้การคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่องสารและสมบัติของสาร พบว่า รูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นกระตุ้นความสนใจ 2) ขั้นสำรวจตรวจสอบทำความเข้าใจปัญหา 3) ขั้นสร้างทางเลือกในการแก้ปัญหา 4) ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา และ 5) ขั้นตรวจสอบ ยอมรับ และขยายองค์ความรู้ ช่วยพัฒนาทักษะการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ให้กับนักเรียนได้ และเหมาะสำหรับการนำไปใช้ในชั้นเรียนที่นักเรียนมีความรู้พื้นฐานแตกต่างกัน อีกทั้งผู้วิจัยได้ให้ข้อเสนอแนะสำหรับเป็นแนวทางในการวิจัยครั้งต่อไปว่าควรนำรูปแบบการเรียนรู้แบบแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ไปปรับใช้และเชื่อมโยงกับรายวิชาอื่นๆ เช่น ฟิสิกส์ ชีววิทยา คณิตศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนเห็นถึงวิธีการแก้ปัญหาในชีวิตจริงใด ๆ จำเป็นต้องใช้ความรู้หลากหลายด้าน เพื่อให้ได้แนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด

ยุพาพันธ์ มินวงษ์, สุณีัย เหมะประสิทธิ์, และ อธิพงษ์ แสงประดิษฐ์ (2558, น. 216-222) ได้ทำการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โครงการวิทยาศาสตร์ที่เน้นการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (3P) เพื่อศึกษาผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 39 คน และกลุ่มควบคุม 42 คน พบว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ 3 ระยะ ได้แก่ ระยะเตรียมความพร้อม (Preparation) ระยะสร้างสรรค์โครงการ (Project Creation) และระยะนำเสนอผลงาน (Presentation) ส่งผลให้กลุ่มทดลองมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ และมีคะแนนเฉลี่ยพัฒนาการในแต่ละระยะสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการที่นักเรียนได้ลงมือทำโครงการด้วยตนเองผ่านกระบวนการแก้ปัญหาที่ได้ใช้ทั้งเหตุผลและจินตนาการเพื่อเชื่อมโยงความรู้เดิมและความรู้ใหม่ของตนเองใน

การสร้างสรรคโครงการวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมว่าควรศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้กับตัวแปรอื่น ๆ เช่น ความคงทนในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ความเชื่อมั่นในตนเอง ความรับผิดชอบ เป็นต้น

กวิณนาฏ พลอยกระจ่าง, ศศิเทพ ปิติพรเทพิน, และ บุญเสถียร บุญสูง (2564, น. 166-170) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEAM education) เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 26 คน มีการจัดการเรียนรู้โดยนำแนวสะเต็มศึกษาไปปรับใช้กับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E) ในชั้นขยายความรู้ พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ เฉลี่ยด้านการทำความเข้าใจปัญหา และการรวบรวมความคิด เท่ากับ 3.80 และ 3.50 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับดีเยี่ยม และด้านการเตรียมก่อนลงมือทำ และการวางแผนการดำเนินการ เท่ากับ 2.90 และ 2.70 ตามลำดับซึ่งอยู่ในระดับดี นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้สถานการณ์ปัญหาที่เชื่อมโยงกับเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน และมีความท้าทายเหมาะสมกับระดับความสามารถนักเรียน จะช่วยสร้างความน่าสนใจและกระตุ้นให้นักเรียนนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ได้ การกำหนดเวลาในการจัดกิจกรรมที่เพียงพอเหมาะสม และการจัดกลุ่มที่มีขนาดพอดี และนักเรียนในกลุ่มมีความคุ้นเคยกันจะส่งผลให้นักเรียนสามารถสร้างแนวคิดที่หลากหลายในการแก้ปัญหาได้ดียิ่งขึ้น อีกทั้งการออกแบบคำถามในใบกิจกรรมให้ครอบคลุมประเด็นในสถานการณ์ที่กำหนดจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจปัญหาได้ดียิ่งขึ้น และส่งผลดีต่อการรวบรวมแนวคิดที่จะนำไปใช้แก้ปัญหาได้ด้วย

จากงานวิจัยข้างต้นสรุปได้ว่าความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนสามารถพัฒนาได้โดยการนำกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ไปประยุกต์ใช้กับการจัดการเรียนรู้ตามรายวิชา หรือการทำโครงการ ทั้งนี้ควรเชื่อมโยงสถานการณ์ที่นักเรียนจะต้องแก้ปัญหาเข้ากับหลากหลายศาสตร์ มีความท้าทายเหมาะสมกับระดับความสามารถนักเรียน เพื่อให้นักเรียนเห็นถึงความสำคัญของการใช้ความรู้ และแนวคิดที่หลากหลายในการแก้ปัญหา อีกทั้งควรให้เวลาในการทำกิจกรรมแต่ละขั้นตอนอย่างเหมาะสมเพื่อให้นักเรียนมีโอกาสในการฝึกฝนความสามารถอย่างเต็มที่

4.4 งานวิจัยต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

รัต น สรี, สุ เชีย ตี และ มา ริ ดี (Ratnasari, Suciati, & Maridi, 2019, p.64-65) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับผลของความสามารถทางการคิดเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบเสริมต่อการเรียนรู้ (Scaffolding learning)

ในหัวข้อเรื่อง ระบบย่อยอาหาร กับนักเรียนเกรด 11 จำนวน 96 คนจากโรงเรียนแห่งหนึ่ง ประเทศอินโดนีเซีย จัดการเรียนรู้โดยนำกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์มาผนวกรวมกับการเสริมต่อความรู้ ประกอบด้วยการจัดเตรียมสภาพแวดล้อม (Environmental provision) การพิจารณาความสับสนยุ่งยาก (Mess finding) การค้นหาข้อเท็จจริง (Fact finding) การค้นหาปัญหาที่แท้จริง (problem finding) การหาคำอธิบาย ทบทวน และปรับโครงสร้าง (Explaining, reviewing and reconstructing) การค้นหาแนวทางแก้ปัญหา (Idea finding) การค้นพบแนวทางในการแก้ปัญหา (Solution finding) การพัฒนามโนทัศน์ (Developing conceptual thinking) และ การลงมือและพัฒนาแผนงานตามแนวทางที่ได้เลือกไว้ (Action finding) พบว่าการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบเสริมต่อการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมความสามารถทางการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ให้สูงขึ้นได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ช่วยให้นักเรียนคุ้นชินกับบางทักษะซึ่งพบได้ในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การสังเกต การตั้งคำถาม การให้เหตุผล การวิเคราะห์ข้อมูล และการสื่อสาร อย่างไรก็ตามการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวค่อนข้างมีกระบวนการที่ซับซ้อน และเป็นเรื่องยากสำหรับนักเรียนในการเสริมต่อความรู้ด้วยตนเอง ครูจึงต้องมีความพร้อมทั้งการจัดเตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการเรียนรู้ และการให้คำแนะนำแก่นักเรียนอย่างใกล้ชิด

อาปิโน และ เรนะวาตี (Apino & Retnawati, 2017, pp. 251-254) ได้ทำการสร้างเครื่องมือสำหรับจัดการเรียนรู้ในรายวิชาคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ที่ส่งผลต่อความสามารถในการคิดขั้นสูง 2 ด้าน คือ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดสร้างสรรค์ และคุณลักษณะของนักเรียนในด้านต่าง ๆ โดยได้ทำการวิจัยกับนักเรียนเกรด 10 จากโรงเรียนแห่งหนึ่ง ในประเทศอินโดนีเซีย ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยโดยเริ่มจากการสัมภาษณ์ครูเกี่ยวกับความต้องการในการพัฒนาความสามารถในการคิดขั้นสูงของนักเรียน และปัญหาที่พบระหว่างการจัดการเรียนรู้ จากนั้นได้ทำการสร้างเครื่องมือ ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้และใบงานซึ่งมุ่งเน้นการใช้คำถาม อย่างไรก็ตาม อย่างไร เพราะอะไร ในกิจกรรมการเรียนรู้ และเลือกใช้ปัญหาที่มีความเกี่ยวข้องกับบริบทในชีวิตประจำวันที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ และคิดหาแนวทางในการแก้ปัญหาได้หลากหลายแนวทาง จากนั้นนำเครื่องมือที่ได้ไปใช้ แล้ววัดประเมินผลการเรียนรู้ พบว่านักเรียนมีความสามารถในการคิดขั้นสูงเพิ่มขึ้น เนื่องจากนักเรียนได้มีส่วนร่วมในการลงมือแก้ปัญหาผ่านกิจกรรมที่ทำทนาย มีความหมายกับนักเรียน ทำให้นักเรียนมีแรงจูงใจ และเกิดความกระตือรือร้นในการเรียน ได้ฝึกใช้ความคิดอย่างเต็มที่ เนื่องจากการแก้ปัญหาสามารถทำได้หลายแนวทาง นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนมีคุณลักษณะในการเรียนที่ดีขึ้น เช่น ความ

ขยันหมั่นเพียร มีความสนใจใฝ่รู้ ความรับผิดชอบ และเอาใจใส่ การทำงานร่วมกับผู้อื่น ความอดทน และความมั่นใจในตนเอง

จากงานวิจัยข้างต้นกล่าวโดยสรุปได้ว่าการนำกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ไปประยุกต์ใช้เพื่อออกแบบการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวิชาสามารถส่งเสริมทักษะความสามารถด้านต่าง ๆ ได้ เช่น การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และทักษะทางวิทยาศาสตร์ การคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นต้น เพราะนักเรียนได้มีส่วนร่วมในการคิดและลงมือทำกิจกรรมด้วยตนเอง นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้ดังกล่าวยังช่วยเสริมสร้างคุณลักษณะในการเรียนรู้ที่ดีให้กับนักเรียนได้ด้วย เช่น ความสนใจใฝ่รู้ ความรับผิดชอบ กล้าคิดกล้าลงมือทำ

ทั้งนี้จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศจึงสามารถสรุปได้ว่า

1) มีการนำการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มไปใช้ในหลากหลายรูปแบบ เช่น การบูรณาการกับเนื้อหาในรายวิชาต่าง ๆ การประยุกต์ใช้ร่วมกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ การนำไปประยุกต์ใช้กับการทำโครงงาน การทำกิจกรรมเสริมประสบการณ์ เพื่อมุ่งเน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์ตรงผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ที่เป็นลักษณะของสถานการณ์ปัญหาที่มีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ซึ่งเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำความรู้มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนเห็นคุณค่าของการเรียนรู้ ซึ่งนำไปสู่การสร้างทัศนคติที่ดีในการเรียนรู้ในระดับสูงต่อไป

2) มีการนำการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มไปใช้ในการส่งเสริมความสามารถทางการคิดขั้นสูงของนักเรียนในด้านต่าง ๆ เช่น การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดแก้ปัญหา การคิดอย่างสร้างสรรค์ และการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ โดยพบว่าสามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถทางการคิดสูงขึ้นไปได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น และเจตคติในการเรียน ซึ่งพบว่าหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้นเช่นกัน

3) มีการนำกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์มาประยุกต์ใช้ในหลากหลายรูปแบบ เช่น การนำขั้นตอนของกระบวนการมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ นำมาพัฒนาเป็นชุดกิจกรรม หรือนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับการทำโครงงาน การเรียนรู้แบบเสริมต่อความรู้ เป็นต้น เพื่อส่งเสริมความสามารถทางการคิดขั้นสูงของนักเรียนในด้านต่าง ๆ เช่น ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ การคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดแก้ปัญหา การคิด

เชิงวิทยาศาสตร์ โดยพบว่าสามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถทางการคิดสูงขึ้นได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ได้มีการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความพึงพอใจในการเรียน และคุณลักษณะทางการเรียน ซึ่งพบว่าหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้นเช่นกัน

5) บางงานวิจัยที่ชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม กับความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์โดยพบว่าทั้งการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม และการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ต่างสามารถพัฒนาการคิดขั้นสูง ให้กับนักเรียนได้ เนื่องจากรูปแบบของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มเอื้อให้นักเรียนได้รู้จักนำความรู้มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา โดยอาศัยการทำความเข้าใจปัญหา รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ออกแบบวิธีการ และลงมือแก้ไขตามแนวทาง พร้อมมีการปรับปรุงและทดสอบผลลัพธ์จนได้แนวทางในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งกระบวนการเป็นไปในแนวทางเดียวกับการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ทั้งนี้การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์มีจุดเด่นในด้านการส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้ความคิดอย่างอิสระ และหลากหลาย เพื่อเป็นการเพิ่มแนวทางในการแก้ปัญหา ก่อนที่จะนำไปคัดเลือก วางแผน และนำไปใช้เช่นเดียวกับกระบวนการตามแนวทางสะเต็ม อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมความสามารถด้านอื่น ๆ ตามมาด้วย

ดังนั้นงานวิจัยในครั้งนี้จึงได้ทำการศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม เรื่องการเจริญเติบโตของพืช ที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยนำกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม 6 ขั้นตอนอันมีความสอดคล้องกับกระบวนการการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์มาใช้เป็นแกนหลักในการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกฝนความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ผนวกกับการบูรณาการความรู้รายวิชาชีววิทยา คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกฝนการนำความรู้มาประยุกต์ใช้ภายใต้สถานการณ์ต่าง ๆ และเป็นการส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนต่อไป

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัย ผู้วิจัยได้ดำเนินการซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่

1. การเตรียมการ
2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การดำเนินการวิจัย
4. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การเตรียมการ

1.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1.2 ศึกษาหลักสูตร มาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้ในสาระชีววิทยา (เนื้อหาหลักที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้) สาระคณิตศาสตร์ จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) และสาระเทคโนโลยี จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1.3 ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม เรื่อง การเจริญเติบโตของพืช

1) ศึกษามาตรฐานการเรียนรู้ และผลการเรียนรู้จากสาระชีววิทยา สาระคณิตศาสตร์ จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) และ สาระเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกเนื้อหาสำหรับการจัดการเรียนรู้ ดังรายละเอียดในตาราง 6

ตาราง 6 แสดงมาตรฐานการเรียนรู้ และผลการเรียนรู้ ที่เกี่ยวข้องในการออกแบบการจัดการเรียนรู้

มาตรฐาน	ผลการเรียนรู้
1. สารชีววิทยา (เนื้อหาหลักที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้)	
เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำของพืช การลำเลียงของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	<ol style="list-style-type: none"> 1. สืบค้นข้อมูล สังเกต และอธิบายการแลกเปลี่ยนแก๊ส และการคายน้ำ 2. อธิบายการเกิดเมล็ดและผลของพืชดอก โครงสร้างของเมล็ดและผล และยกตัวอย่างการใส่ประโยชน์จากโครงสร้างต่าง ๆ ของเมล็ดและผล 3. สืบค้นข้อมูล และอธิบายกลไกการลำเลียงน้ำและธาตุอาหารของพืช 4. อธิบายกลไกการลำเลียงอาหารในพืช 5. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และสรุปปัจจัยความเข้มของแสง ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ และอุณหภูมิที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง
2. สารเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์	
มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่นๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม	<ol style="list-style-type: none"> 1. ประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะจากศาสตร์ต่าง ๆ รวมทั้งทรัพยากรในการทำโครงการเพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนา งาน

ตาราง 6 (ต่อ)

มาตรฐาน	ผลการเรียนรู้
3. สารคดีศาสตร์	
มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจและวิเคราะห์ แบบรูป ความสัมพันธ์ ฟังก์ชัน ลำดับ และอนุกรม และการนำไปใช้	1. ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องฟังก์ชันมาอธิบายสถานการณ์ที่กำหนด
มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐาน เกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนของ สิ่งที่ต้องการวัดและนำไปใช้	1. ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องพื้นที่ผิว และปริมาตรของรูปทรงต่าง ๆ มาใช้ในการแก้ปัญหา
มาตรฐาน ค 3.1 เข้าใจกระบวนการ ทางสถิติ และใช้ความรู้ทางสถิติใน การแก้ปัญหา	1. ประยุกต์ใช้ความรู้ทางสถิติในการนำเสนอข้อมูล และแปลความหมายของค่าสถิติเพื่อประกอบการตัดสินใจผล

2) กำหนดวัตถุประสงค์เพื่อใช้สร้างกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม

3) จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การเจริญเติบโตของพืช ตามแนวทางสะเต็ม 6
ขั้นตอน ประกอบด้วย (1) การระบุปัญหา (2) การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการ
แก้ปัญหา (3) การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (4) การวางแผนการดำเนินการและดำเนินการ
แก้ปัญหา (5) การทดสอบ ประเมิน และปรับปรุงผล และ (6) การนำเสนอผลการแก้ปัญหา ในแต่
ละแผนการจัดการเรียนรู้ดังรายละเอียดในตาราง 7

4) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นจำนวน 4 แผน ไปเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ปริญญาโทเพื่อพิจารณาลักษณะข้อคำถาม ภาษาที่ใช้ และความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์
การเรียนรู้ที่ต้องการวัด จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญซึ่งมีความชำนาญในการสอนมากกว่า 5 ปี หรือมีวุฒิ
การศึกษาในระดับดุษฎีบัณฑิตที่เกี่ยวข้องกับการสอนวิทยาศาสตร์ จำนวน 5 ท่าน ทำการ
ตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของเนื้อหา ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรม
การเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ และการวัดประเมินผล โดยการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Item-
Objective Congruence Index: IOC) โดยมีค่าประเมิน 3 ระดับ ดังนี้

+ 1	หมายถึง	สอดคล้อง
0	หมายถึง	ไม่แน่ใจ
- 1	หมายถึง	ไม่สอดคล้อง

พบว่ามีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.80 – 1.00 (ภาคผนวก ค) แสดงว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาตามเกณฑ์ จากนั้นปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญดังนี้

- ตรวจสอบความถูกต้องและความสม่ำเสมอของภาษาที่ใช้

- พิจารณาความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในบางกิจกรรม

5) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญและผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 36 คน เพื่อค้นหาข้อบกพร่องในการใช้ จากการทดลองใช้พบว่าข้อควรระวัง ดังนี้

- กิจกรรมที่ให้นักเรียนลงมือทำเป็นการแก้ปัญหาแบบปลายเปิดที่อิงจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งในช่วงแรกของการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนอาจยังไม่คุ้นเคยกับการค้นหาปัญหา ทำให้การกำหนดทิศทางการดำเนินกิจกรรมของนักเรียนบางกลุ่มคลาดเคลื่อน หรือหลงประเด็น ครูจึงควรให้คำแนะนำอย่างละเอียดและยกตัวอย่างให้นักเรียนเข้าใจ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่วางแผนไว้

- กิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้เน้นการลงมือทำเป็นส่วนใหญ่ จึงต้องพยายามควบคุมเวลาให้เป็นไปตามแผนที่วางไว้หรืออาจปรับเวลาในบางขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ให้ยืดหยุ่นเพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมอย่างเต็มที่

- การลงมือทำกิจกรรมเป็นเวลาต่อเนื่องกันหลายคาบเรียนอาจทำให้นักเรียนบางกลุ่มรู้สึกเหนื่อยล้า หรืออาจรู้สึกท้อเมื่อพบอุปสรรคทำให้ผลการทำกิจกรรมไม่เป็นไปตามที่คาดหวังไว้ ครูจึงควรเสริมแรงผู้เรียนเป็นระยะ เพื่อให้นักเรียนมีแรงจูงใจในการทำกิจกรรมให้ลุล่วง

6) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการปรับปรุงไปใช้จริงกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

ตาราง 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง สาระ มาตรฐาน ผลการเรียนรู้ และวัตถุประสงค์ในแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม

แผนจัดการเรียนรู้	สาระ มาตรฐาน และผลการเรียนรู้	วัตถุประสงค์
แผนที่ 1 การปลูกผักไม่ใครกรีน (5 คาบ)	ชีววิทยา - ผลการเรียนรู้ที่ 2 เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ ว 4.1 - ผลการเรียนรู้ที่ 1	1. ระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด (P) 2. สืบค้นข้อมูล และอธิบายการเกิดเมล็ด และโครงสร้างและการงอกของเมล็ด (K) 3. สืบค้นข้อมูล และอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อการ

ตาราง 7 (ต่อ)

แผนจัดการเรียนรู้	สาระ มาตรฐาน และผลการเรียนรู้	วัตถุประสงค์
	คณิตศาสตร์ - ค 1.2 - ผลการเรียนรู้ที่ 1 - ค 2.1 - ผลการเรียนรู้ที่ 1 - ค 3.1 - ผลการเรียนรู้ที่ 1	งอกของเมล็ด และสภาพพักตัวของเมล็ด (K) 4. สืบค้นข้อมูล และยกตัวอย่างวิธีการจัดการเจริญเติบโตที่เหมาะสมกับพืชลักษณะต่างๆ (K) 5. ออกแบบแนวทางการเพาะปลูกผักไมโครกรีนตามเงื่อนไขที่กำหนดได้อย่างสร้างสรรค์ (P) 6. ออกแบบวิธีการเก็บบันทึกผลการเพาะปลูกผักไมโครกรีนได้อย่างเหมาะสม (P) 7. ลงมือเพาะปลูกผักไมโครกรีนที่สนใจได้อย่างเหมาะสมและสร้างสรรค์ตามเงื่อนไข (P) 8. นำเสนอผลการเพาะปลูกผักไมโครกรีนตามหัวข้อที่กำหนด (P)
แผนที่ 2 การ ลำเลียงน้ำ ของพืช (3 คาบ)	ชีววิทยา - ผลการเรียนรู้ที่ 1 และ 3 เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ ว 4.1 - ผลการเรียนรู้ที่ 1 คณิตศาสตร์ - ค 1.2 - ผลการเรียนรู้ที่ 1 - ค 2.1 - ผลการเรียนรู้ที่ 1 - ค 3.1 - ผลการเรียนรู้ที่ 1	1. ระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด (P) 2. สืบค้นข้อมูลและอธิบายกลไกการลำเลียงน้ำของพืช (K) 3. ออกแบบการทดลองเกี่ยวกับการลำเลียงของพืชตามเงื่อนไขที่กำหนดได้อย่างสร้างสรรค์ (P) 4. ออกแบบวิธีการเก็บบันทึกผลการลำเลียงน้ำของพืชได้อย่างเหมาะสม (P) 5. ลงมือทดลองการลำเลียงน้ำของพืชตามเงื่อนไขที่กำหนดได้อย่างสร้างสรรค์ (P)
แผนที่ 3 บำบัดบาง ประการที่มี ผลต่อการ เจริญเติบโต ของพืช	ชีววิทยา - ผลการเรียนรู้ที่ 5 เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ ว 4.1 - ผลการเรียนรู้ที่ 1 คณิตศาสตร์ - ค 1.2 - ผลการเรียนรู้ที่ 1	1. ระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด (P) 2. สืบค้นข้อมูล และอธิบายปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช (K) 3. ออกแบบวิธีการทดสอบพืชตัวอย่างตามเงื่อนไขที่กำหนดได้อย่างสร้างสรรค์ (P) 4. ออกแบบวิธีเก็บบันทึกผลการทดสอบพืช

ตาราง 7 (ต่อ)

แผนจัดการเรียนรู้	สาระ มาตรฐาน และผลการเรียนรู้	วัตถุประสงค์
	- ค 2.1 - ผลการเรียนรู้ที่ 1	ตัวอย่างได้อย่างเหมาะสม (P) 5. ลงมือทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของพืชตัวอย่าง (P) 1. นำเสนอผลการทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของพืชวิธีการตามหัวข้อที่กำหนด (P)
แผนที่ 4 ภาชนะ ปลูกพืช (5 คาบ)	ชีววิทยา -ผลการเรียนรู้ที่ 4 และ 5 เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ ว 4.1 - ผลการเรียนรู้ที่ 1 คณิตศาสตร์ - ค 1.2 - ผลการเรียนรู้ที่ 1 - ค 2.1 - ผลการเรียนรู้ที่ 1	1. ระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด (P) 2. สืบค้นข้อมูล และอธิบายความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช (A) 3. สืบค้นข้อมูล และอธิบายกลไกการลำเลียงอาหารของพืช (K) 4. ออกแบบภาชนะปลูกพืชตามเงื่อนไขที่กำหนดได้อย่างสร้างสรรค์ตามเงื่อนไข (P) 5. นำเสนอผลการออกแบบภาชนะปลูกพืชตามหัวข้อที่กำหนด (P)

2.2 แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และการประเมินผลความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ เพื่อสร้างนิยามเชิงปฏิบัติการ

2) สร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ซึ่งผู้วิจัยได้พัฒนาแนวคิดของนิพิฐพร โกมลภิตติศักดิ์ (2553, น. 126-139) กัญญารัตน์ โคจร (Cojorn, 2011, pp.226-228) และยุพาพันธ์ มินวงษ์ (2558, น. 32) มาสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ โดยแบบวัดเป็นรูปแบบสถานการณ์ ชนิดเขียนตอบ จำนวน 2 ฉบับ ฉบับละ 2 สถานการณ์ โดยแต่ละฉบับให้เลือกตอบเพียง 1 สถานการณ์ แล้วให้คะแนนโดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic rubric scoring) ซึ่งแบ่งคะแนนและระดับ

คุณภาพออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ 4 คะแนน (ดีมาก) 3 คะแนน (ดี) 2 คะแนน (ปานกลาง) 1 คะแนน (พอใช้) และ 0 คะแนน (ปรับปรุง) โดยวัดจากพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกมา 3 ด้าน คือ

2.1) การระบุปัญหา พิจารณาจาก

2.1.1) ความครบถ้วนในการค้นหาปัญหาจากสถานการณ์ (4 คะแนน)

2.1.2) ความครบถ้วนและความสอดคล้องของสาเหตุปัญหาจากสถานการณ์ (4 คะแนน)

2.1.3) การตัดสินใจเลือกปัญหาที่จะแก้ไขตามลำดับความสำคัญและเหตุผล (4 คะแนน)

2.2) การสร้างแนวคิดที่หลากหลาย พิจารณาจาก

2.2.1) การคิดคล่อง พิจารณาจากจำนวนความคิดที่เป็นไปได้ในการแก้ปัญหา (4 คะแนน)

2.2.2) การคิดยืดหยุ่น พิจารณาจากการจัดประเภทความคิดที่เป็นไปได้ในการแก้ปัญหา (4 คะแนน)

2.2.3) การคิดริเริ่ม พิจารณาจากความถี่ของจำนวนความคิดเทียบกับจำนวนนักเรียนในแต่ละห้อง (4 คะแนน)

2.2.4) การคิดมีเหตุผล พิจารณาจากการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาให้เกิดผลในการตัดสินใจ (4 คะแนน)

2.3) การวางแผนการแก้ปัญหา พิจารณาจาก ความชัดเจนของขั้นตอนในการแก้ปัญหา ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้น และแนวโน้มที่เป็นไปได้ในการนำไปใช้ (4 คะแนน)

3) นำแบบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ที่สร้างขึ้นไปเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทเพื่อพิจารณาลักษณะข้อคำถาม ภาษาที่ใช้ และความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ซึ่งเป็นผู้ที่มีความชำนาญในการสอนมากกว่า 5 ปี หรือผู้ที่มีวุฒิการศึกษาในระดับดุษฎีบัณฑิตที่เกี่ยวข้องกับการสอนวิทยาศาสตร์ตรวจลักษณะข้อคำถาม ภาษาที่ใช้ ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด และเกณฑ์การให้คะแนน แล้วนำมาตรวจค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยมีค่าประเมิน 3 ระดับ ดังนี้

+ 1	หมายถึง	สอดคล้อง
0	หมายถึง	ไม่แน่ใจ
- 1	หมายถึง	ไม่สอดคล้อง

ซึ่งจากการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญพบว่าแบบวัดทั้ง 2 ฉบับมีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.80 – 1.00 (ภาคผนวก ค) แสดงว่าแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาตามเกณฑ์ จากนั้นปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญดังนี้

- ค่าชี้แจงส่วนต้นของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ควรระบุด้วยว่าการให้เหตุผลประกอบในข้อคำถามควรเป็นเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อให้สอดคล้องกับการประเมินความสามารถของนักเรียนที่เป็นผลมาจากการเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์

- ปรับพื้นที่สำหรับการตอบคำถามให้เหมาะสม ไม่มากหรือน้อยจนเกินไป

- ปรับระยะเวลาในการทำแบบวัด ฯ ให้มีความเหมาะสม ไม่น้อยจนเกินไป

- ตรวจสอบการสะกดและการเรียงเรียงข้อความในเกณฑ์การให้คะแนนให้ถูกต้อง

4) นำแบบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 70 คน เนื่องจากนักเรียนกลุ่มดังกล่าวได้ผ่านการเรียนเนื้อหาเรื่องการเจริญเติบโตของพืช และได้ผ่านการฝึกความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์มาแล้ว จากนั้นนำแบบวัดมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์

5) นำแบบวัดทั้ง 2 ฉบับมาหาค่าความเชื่อมั่นของเกณฑ์ในการตรวจสอบอัตราจากผู้ตรวจ 2 คน (Rater Agreement Index; RAI) ซึ่งผู้ตรวจเป็นคุณครูผู้สอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีประสบการณ์พบว่า ข้อคำถามฉบับที่ 1 มีค่าความเชื่อมั่นของเกณฑ์ในการตรวจเท่ากับ 0.97 และฉบับที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0.96 ซึ่งมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าผู้ประเมินทั้ง 2 คน ให้คะแนนได้ใกล้เคียงกัน ซึ่งแปลผลได้ว่าเกณฑ์การตรวจสามารถใช้ได้

6) นำข้อคำถามจากทั้ง 2 ฉบับมาตรวจวิเคราะห์เพื่อหาค่าความยากง่าย (P_E) และค่าอำนาจจำแนก (D) พบว่า ฉบับที่ 1 มีค่าความยากง่าย (P_E) อยู่ระหว่าง 0.35 – 0.85 และค่าอำนาจจำแนก (D) อยู่ระหว่าง 0.08 – 0.39 ฉบับที่ 2 มีค่าความยากง่าย (P_E) ระหว่าง 0.20 – 0.28 และค่าอำนาจจำแนก (D) อยู่ระหว่าง 0.27 – 0.34 (ภาคผนวก ค)

7) ทำการคัดเลือกข้อคำถามในแบบวัดที่มีค่าความยากง่าย ระหว่าง 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 เป็นต้นไป เพื่อสร้างเป็นแบบวัดการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ จำนวน 1 ฉบับ ซึ่งประกอบด้วย 2 สถานการณ์ เลือกตอบเพียง 1 สถานการณ์จำนวน 8 ข้อ พบว่ามีค่าความยากง่าย (P_E) ระหว่าง 0.39 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (D) อยู่ระหว่าง 0.21 – 0.39

8) หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบวัดทั้งฉบับโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient: α) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.85

9) นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ที่ผ่านการปรับปรุงแล้วไปใช้จริงกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

2.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1) ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวัดประเมินผล วิธีการสร้างข้อสอบ และเขียนข้อสอบวิชาวิทยาศาสตร์

2) ศึกษาผลการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้ชีววิทยาที่เกี่ยวข้อง จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) เพื่อวิเคราะห์เนื้อหาและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยที่ต้องการวัด ดังตาราง 8

ตาราง 8 การวิเคราะห์เนื้อหาและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยสำหรับการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลการเรียนรู้	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย					จำนวนข้อ	ร้อยละ	
	จำ	เข้าใจ	ประยุกต์ใช้	วิเคราะห์	ประเมินค่า			
1. สืบค้นข้อมูล สังเกตและอธิบายการแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำ	1			1		2	12.50	
2. อธิบายการเกิดเมล็ดและการเกิดผลของพืช ดอก โครงสร้างของเมล็ดและผล และยกตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากโครงสร้างต่าง ๆ ของเมล็ดและผล			1	1	1	1	5	31.25
3. สืบค้นข้อมูล และอธิบายกลไกการลำเลียงน้ำและธาตุอาหารของพืช	1	1		1		3	18.75	

ตาราง 8 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย						จำนวน (ข้อ)	ร้อยละ
	จำ	เข้าใจ	ประยุกต์ใช้	วิเคราะห์	ประเมิน ค่า	สร้างสรรค์		
4. อธิบายกลไกการ ลำเลียงอาหารในพืช	1	1		1			2	12.50
5. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และสรุปปัจจัยความเข้ม ของแสง ความเข้มข้น ของคาร์บอนไดออกไซด์ และอุณหภูมิที่มีผลต่อ การสังเคราะห์ด้วยแสง			1	1	1	1	4	25.00
รวม	2	3	2	5	2	2	16	100.00

3) สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้ครอบคลุมวัตถุประสงค์การเรียนรู้และวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ จำนวน 2 ฉบับ โดยแบบทดสอบแต่ละฉบับประกอบด้วยคำถามชนิดเลือกตอบ และชนิดเขียนตอบ ดังนี้

- ตอนที่ 1 ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 14 ข้อ สำหรับวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ในระดับจำ เข้าใจ ประยุกต์ใช้ วิเคราะห์ และประเมินค่า แต่ละข้อมีคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียง 1 ตัวเลือก ข้อละ 1 คะแนน หากตอบผิดหรือไม่ตอบให้ 0 คะแนน

- ตอนที่ 2 ชนิดเขียนตอบ จำนวน 2 ข้อ สำหรับวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ระดับสร้างสรรค์จำนวน 2 ข้อ โดยแต่ละข้อให้คะแนนโดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic rubric scoring) คะแนนเต็มข้อละ 3 คะแนน

4) นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้นไปเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท เพื่อพิจารณาลักษณะข้อคำถาม ภาษาที่ใช้ และความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ซึ่งเป็นผู้ที่มีความชำนาญในการสอนมากกว่า 5 ปี หรือผู้ที่มีวุฒิการศึกษาในระดับดุษฎีบัณฑิตที่เกี่ยวข้องกับการสอนวิทยาศาสตร์ตรวจลักษณะข้อคำถาม ภาษาที่ใช้ และความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด แล้วนำมาตรวจค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยมีค่าประเมิน 3 ระดับ ดังนี้

+ 1	หมายถึง	สอดคล้อง
0	หมายถึง	ไม่แน่ใจ
- 1	หมายถึง	ไม่สอดคล้อง

พบว่าค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบฉบับที่ 1 อยู่ระหว่าง 0.60 – 1.00 และตอนที่ 2 อยู่ระหว่าง 0.80 – 1.00 (ภาคผนวก ค) แสดงว่าแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาตามเกณฑ์ จากนั้นปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญดังนี้

- พิจารณาตัวเลือกตัวลวงให้มีความเหมาะสมทั้งในเรื่องของความยาวของข้อความและภาษาที่ใช้เพื่อเลี่ยงการชี้นำคำตอบ

- ปรับภาพประกอบให้มีขนาดที่เหมาะสม และระบุข้อมูลชัดเจนสัมพันธ์กับโจทย์

5) นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 70 คน เนื่องจากนักเรียนได้ผ่านการเรียนรู้เรื่องการเจริญเติบโตของพืชมาแล้ว

6) นำข้อคำถามจากทั้ง 2 ฉบับมาตรวจวิเคราะห์เพื่อหาค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก พบว่า

- ตอนที่ 1 แบบปรนัย ฉบับที่ 1 มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.16 – 0.68 และค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.03 – 0.44 ฉบับที่ 2 มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.15 – 0.72 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.03 – 0.42 (ภาคผนวก ค)

- ตอนที่ 2 แบบอัตนัย ฉบับที่ 1 มีค่าความยากง่าย (P_e) ระหว่าง 0.50 – 0.60 และค่าอำนาจจำแนก (D) อยู่ระหว่าง 0.55 – 0.61 ฉบับที่ 2 มีค่าความยากง่าย ระหว่าง 0.20 – 0.28 ค่าอำนาจจำแนก (D) อยู่ระหว่าง 0.27 – 0.34 (ภาคผนวก ค)

7) ทำการคัดเลือกข้อคำถามในแบบวัดจากทั้ง 2 ฉบับ รวม 28 ข้อ ซึ่งมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 เป็นต้นไป แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขเพื่อสร้างเป็นแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 1 ฉบับ ประกอบด้วย แบบปรนัย จำนวน 14 ข้อ และ อัตนัย จำนวน 2 ข้อ รวม 16 ข้อ ซึ่งมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.31 – 0.69 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.24 – 0.61

8) หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบวัดทั้งฉบับโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient: α) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.78

9) นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผ่านการปรับปรุงแล้วไปใช้จริงกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

3. การดำเนินการวิจัย

3.1 กำหนดขอบเขตของการวิจัย ได้แก่

ประชากร

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งกำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 แผนการเรียนคณิตศาสตร์ - วิทยาศาสตร์ ของห้องเรียนพิเศษส่งเสริมศักยภาพทางวิชาการ จำนวน 4 ห้องเรียน รวม 144 คน จากโรงเรียนบางปะกอกวิทยาคม แขวงบางปะกอก เขตราชบุรี บุรณะ จังหวัดกรุงเทพมหานครกลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งกำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 แผนการเรียนคณิตศาสตร์ - วิทยาศาสตร์ ของห้องเรียนพิเศษส่งเสริมศักยภาพทางวิชาการ จำนวน 1 ห้องเรียน รวม 36 คน จากโรงเรียนบางปะกอกวิทยาคม แขวงบางปะกอก เขตราชบุรี บุรณะ จังหวัดกรุงเทพมหานคร ซึ่งได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (cluster random sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 ใช้เวลาทดลอง 16 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที โดยไม่รวมการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เป็นเนื้อหาในหลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยา ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การเจริญเติบโตของพืช ประกอบด้วย

1. โครงสร้างและการงอกของเมล็ด
2. ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช
3. การลำเลียงของพืช

แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi-experimental design) ซึ่งดำเนินการโดยใช้แบบแผนการวิจัยแบบศึกษากลุ่มเดียวแบบวัดซ้ำ (One-group Repeated Measures design) ซึ่งมีรูปแบบการวิจัยดังตาราง 9

ตาราง 9 แบบแผนการวิจัย

กลุ่ม	ก่อนเรียน	ระหว่างเรียน							หลังเรียน
		x	T ₂	x	T ₃	x	T ₄	x	
E	T ₁	x	T ₂	x	T ₃	x	T ₄	x	T ₅

โดย E คือ กลุ่มตัวอย่าง
 x คือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม
 T₁ คือ ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้
 T₂ T₃ และ T₄ คือ ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ระหว่างเรียน
 T₅ คือ ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้

3.2 เก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการเรียนรู้ โดยทำการทดสอบก่อนเรียนโดยแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างแล้วนำมาตรวจให้คะแนน

3.3 ดำเนินการจัดการเรียนรู้ กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอน ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ 16 คาบ คาบละ 50 นาที และเก็บรวบรวมข้อมูลจากบันทึกการจัดการเรียนรู้หลังการสอนทุกครั้ง โดยเมื่อจบการสอนในแต่ละหัวข้อจะทำการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ระหว่างเรียน รวมทั้งสิ้น 3 ครั้ง โดยตรวจให้คะแนนจากใบกิจกรรม

3.4 เก็บรวบรวมข้อมูลเมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แล้วนำมาตรวจให้คะแนน

3.5 นำผลคะแนนที่ได้ทั้งจากก่อนเรียนและหลังเรียนมาวิเคราะห์โดยใช้วิธีทางสถิติเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 วิเคราะห์คะแนนจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.2 วิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยโดยใช้การทดสอบค่าที (t-test for dependent samples) สำหรับตอบสมมติฐานข้อที่ 1-2 นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

4.3 วิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยโดยใช้การทดสอบค่าที (t-test for one sample) สำหรับตอบสมมติฐานข้อที่ 3-4 นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60)

4.4 วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบมีการวัดซ้ำ (one way ANOVA repeated measures) สำหรับตอบสมมติฐานข้อที่ 5 นักเรียนมีพัฒนาการในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์



บทที่ 4

ผลการศึกษา

ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการศึกษาออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม ประกอบด้วย

1.1 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม

1.2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มกับเกณฑ์ (ร้อยละ 60)

1.3 ผลการศึกษาพัฒนาการในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ระหว่างได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม

2.1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม

2.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มกับเกณฑ์ (ร้อยละ 60)

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

\bar{X} แทน คะแนนเฉลี่ย

S.D. แทน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)

t แทน การทดสอบสถิติ t-test for dependent samples และ One sample t-test

* แทน ระดับนัยสำคัญที่ระดับ .05

p แทน ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (significance)

n แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม

1.1 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม ดังตาราง 10

ตาราง 10 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม

ความสามารถในการ แก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์	คะแนน เต็ม	n	df	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t	p
				\bar{x}	S.D.	\bar{x}	S.D.		
1. การระบุปัญหา	12	36	35	9.72	1.70	10.64	1.31	3.06*	.00
2. การสร้างแนวคิดที่หลากหลาย	16	36	35	11.11	3.27	12.56	2.69	2.40*	.02
3. การวางแผนการแก้ปัญหา	4	36	35	2.25	1.32	2.81	0.89	2.62*	.01
ภาพรวม	32	36	35	23.08	4.94	26.00	3.25	3.65*	.00

* p<.05

จากตาราง 10 พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์เฉลี่ยทั้งคะแนนภาพรวม และรายด้านหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มกับเกณฑ์ (ร้อยละ 60) ดังตาราง 11

ตาราง 11 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มกับเกณฑ์ (ร้อยละ 60)

ความสามารถในการ แก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์	คะแนน เต็ม	n	df	เกณฑ์ ร้อยละ 60	หลังเรียน		t	p
					\bar{x}	S.D.		
1. การระบุปัญหา	12	36	35	7.20	10.64	1.31	15.72*	.00
2. การสร้างแนวคิดที่ หลากหลาย	16	36	35	9.60	12.56	2.69	6.60*	.00
3. การวางแผนการแก้ปัญหา	4	36	35	2.40	2.81	0.89	2.74*	.01
ภาพรวม	32	36	35	19.20	26.00	3.25	12.55*	.00

*p<.05

จากตาราง 11 พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์เฉลี่ยภาพรวม และรายด้านสูงกว่าเกณฑ์ (ร้อยละ 60) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

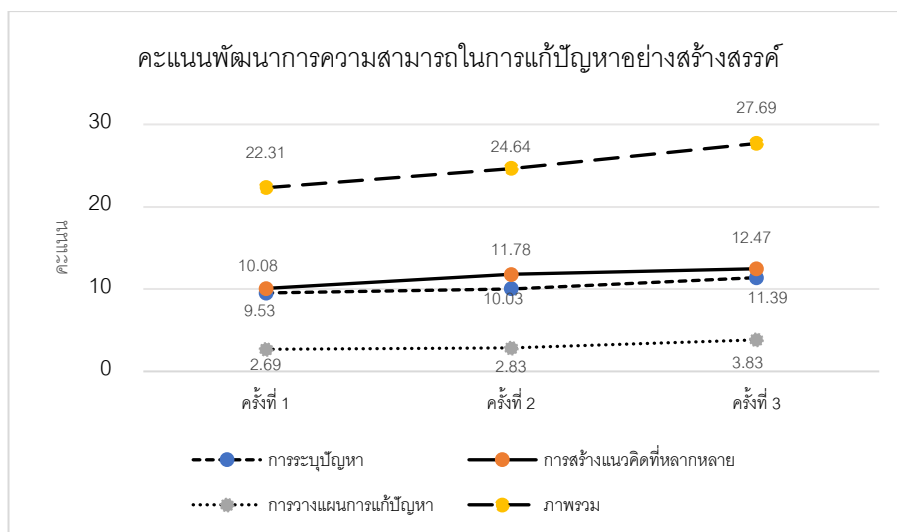
1.3 ผลการศึกษาพัฒนาการในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ระหว่างได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม ดังตาราง 12

ตาราง 12 ผลการเปรียบเทียบเทียบพัฒนาการในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนระหว่างได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม

ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์	คะแนนเต็ม	df	คะแนนครั้งที่			F	p	คู่ที่แตกต่าง
			1	2	3			
			\bar{X} (S.D.)	\bar{X} (S.D.)	\bar{X} (S.D.)			
1. การระบุปัญหา	12	2	9.53 (1.34)	10.03 (0.91)	11.39 (0.90)	39.94	.00	(1,2) (1,3)* (2,3)*
2. การสร้างแนวคิดที่หลากหลาย	16	2	10.08 (2.21)	11.78 (1.02)	12.47 (1.83)	19.69	.00	(1,2)* (1,3)* (2,3)
3. การวางแผนการแก้ปัญหา	4	2	2.69 (0.47)	2.83 (0.38)	3.83 (0.38)	89.50	.00	(1,2) (1,3)* (2,3)*
ภาพรวม	32	2	22.31 (3.08)	24.64 (1.46)	27.69 (2.30)	55.64	.00	(1,2)* (1,3)* (2,3)*

*p<.05

จากตาราง 12 พบว่าในระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม นักเรียนมีคะแนนพัฒนาการเฉลี่ยภาพรวมในครั้งที่ 1, 2 และ 3 เป็น 22.31 (S.D.=3.08), 24.64 (S.D.=1.46) และ 27.69 (S.D.=2.30) และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 (F = 55.64, p=.00) ในทุกการเปรียบเทียบของคะแนนในแต่ละครั้ง ซึ่งสามารถนำมาสร้างเป็นกราฟแสดงพัฒนาการได้ดังเส้นทึบ (ภาพรวม) ในภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 คะแนนพัฒนาการของความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ระหว่างได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม

จากภาพประกอบ 3 แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มคะแนนพัฒนาการของความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทั้งภาพรวม และรายด้านที่สูงขึ้น ซึ่งเมื่อพิจารณารายด้าน พบว่าคะแนนเฉลี่ยด้านการแก้ปัญหาในครั้งที่ 1, 2 และ 3 เป็น 9.53 (S.D.=1.34), 10.03 (S.D.=0.91) และ 11.39 (S.D.=0.90) ตามลำดับ คะแนนเฉลี่ยด้านการสร้างแนวคิดที่หลากหลายในครั้งที่ 1, 2 และ 3 เป็น 10.08 (S.D.=2.21), 11.78 (S.D.=1.02) และ 12.47 (S.D.=1.83) ตามลำดับ และการวางแผนการแก้ปัญหาในครั้งที่ 1, 2 และ 3 เป็น 2.69 (S.D.=0.47), 2.83 (S.D.=0.38) และ 3.38 (S.D.=0.38) ตามลำดับ ทั้งนี้คะแนนเฉลี่ยรายด้านที่เพิ่มขึ้นในแต่ละครั้ง มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม

2.1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม

ตาราง 13 ผลการเปรียบเทียบสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	คะแนนเต็ม	n	df	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t	p
				\bar{x}	S.D.	\bar{x}	S.D.		
จำ	2	36	35	0.92	0.81	1.17	0.88	1.66	.17
เข้าใจ	3	36	35	1.44	1.13	1.78	0.87	1.92	.06
ประยุกต์ใช้	2	36	35	0.58	0.60	1.17	0.85	3.86*	.00
วิเคราะห์	5	36	35	1.94	0.75	3.11	0.95	5.58*	.00
ประเมินค่า	2	36	35	0.67	0.68	0.89	0.75	1.24	.22
สร้างสรรค์	6	36	35	3.03	1.68	4.89	1.04	6.07*	.00
ภาพรวม	20	36	35	8.58	2.49	13.00	2.82	9.16*	.00

* $p < .05$

จากตาราง 13 พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 8.58 คะแนน (S.D.=2.49) และเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 13.00 (S.D.=2.82) เมื่อนำมาเปรียบเทียบพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มภาพรวมสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และเมื่อจำแนกเป็นรายด้านของพฤติกรรมการเรียนรู้เชิงพุทธิพิสัยพบว่า ด้านการประยุกต์ใช้วิเคราะห์ และสร้างสรรค์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

2.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางเรียนของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มกับเกณฑ์

ตาราง 14 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางเรียนของนักเรียน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มกับเกณฑ์ (ร้อยละ 60)

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	คะแนนเต็ม	n	df	คะแนนตามเกณฑ์ร้อยละ 60	หลังเรียน		t	p
					\bar{x}	S.D.		
จำ	2	36	35	1.20	1.17	0.88	-0.23	.82
เข้าใจ	3	36	35	1.80	1.78	0.87	-0.15	.87
ประยุกต์ใช้	2	36	35	1.20	1.17	0.85	-0.24	.81
วิเคราะห์	5	36	35	3.00	3.11	0.95	0.70	.49
ประเมินค่า	2	36	35	1.20	0.89	0.75	-2.50	.02
สร้างสรรค์	6	36	35	3.60	4.89	1.04	7.47*	.00
ภาพรวม	20	36	35	1.20	13.00	2.82	2.13*	.04

* $p < .05$

จากตาราง 14 พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยหลังเรียนภาพรวมสูงกว่าเกณฑ์ (ร้อยละ 60) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อพิจารณารายด้าน พบว่ามีเพียงด้านการสร้างสรรค์ที่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 4.89 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มีความมุ่งหมายในการวิจัย คือ 1) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม 3) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้กับเกณฑ์ 4) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้กับเกณฑ์ 5) เพื่อศึกษาพัฒนาการในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม โดยมีสมมติฐานการวิจัยดังนี้

- 1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
- 2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
- 3) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์อยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ (ร้อยละ 60)
- 4) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ (ร้อยละ 60)
- 5) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มมีพัฒนาการในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์สูงขึ้น

สำหรับแบบแผนที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi-experimental design) โดยใช้แบบแผนการวิจัยแบบศึกษากลุ่มเดียวแบบวัดซ้ำ (One-group Repeated Measures design) ประชากรที่ใช้ในการวิจัยคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 4 ห้องเรียน รวม 144 คน จากโรงเรียนบางปะกอกวิทยาคม แล้วทำการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (cluster random sampling) จำนวน 36 คน จากนั้นทำการทดลองเป็นเวลา 16 คาบเรียน ไม่รวมการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้เครื่องมือในการวิจัย ได้แก่

- 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม จำนวน 4 แผน เมื่อผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ด้านความถูกต้องเหมาะสมของเนื้อหา ความสอดคล้องกับ

วัตถุประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ และการวัดประเมินผล พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.80 – 1.00

2) แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ เมื่อผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ด้านข้อคำถาม ภาษาที่ใช้ ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด และเกณฑ์การให้คะแนน พบว่ามีค่าความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.80 – 1.00 และเมื่อนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 70 คน แล้วนำไปให้ครูวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 2 ท่านตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่ได้ปรับปรุงตามคำแนะนำเพื่อหาค่าความเชื่อมั่นของเกณฑ์ในการตรวจข้อสอบอัตโนมัติ (Rater Agreement Index; RAI) พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.96 – 0.97 ซึ่งมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงได้ว่าเกณฑ์การตรวจสามารถใช้ได้ และเมื่อทำการคัดเลือกข้อคำถามที่ใช้ได้พบว่ามีค่าความยากง่าย (P_E) อยู่ระหว่าง 0.39 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (D) อยู่ระหว่าง 0.21 – 0.39 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทั้งฉบับเท่ากับ 0.85

3) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เมื่อผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ด้านข้อคำถาม ภาษาที่ใช้ ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด และเกณฑ์การให้คะแนน พบว่ามีค่าความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.80 – 1.00 และเมื่อทำการคัดเลือกข้อคำถามที่ใช้ได้พบว่ามีค่าความยากง่าย (P) อยู่ระหว่าง 0.31 – 0.69 และค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.24 – 0.61 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทั้งฉบับเท่ากับ 0.78

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วย สถิติพื้นฐาน ได้แก่ 1) ค่าเฉลี่ย 2) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบสมมติฐาน ประกอบด้วย 1) t-test dependent สำหรับเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ 2) one sample t-test สำหรับเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับเกณฑ์ที่กำหนด และ 3) repeated measures ANOVA สำหรับศึกษาพัฒนาการในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

สรุปผลการวิจัย

1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

3) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์อยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

4) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

5) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มมีพัฒนาการในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัย

ในการอภิปรายการวิจัย ผู้วิจัยขอเสนอเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ (ร้อยละ 60) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 อีกทั้งมีพัฒนาการของความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ระหว่างเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เนื่องจาก การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้บูรณาการความรู้จากหลากหลายสาขา มาใช้ในการแก้ปัญหาภายใต้สถานการณ์ที่กำหนดซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันโดยผลลัพธ์ในการแก้ปัญหาอาจอยู่ในรูปของชิ้นงาน กระบวนการ หรือแนวคิดที่เหมาะสมต่อปัญหานั้น ๆ ผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ซึ่งนักเรียนจะเป็นผู้ลงมือปฏิบัติเองโดยมีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกให้ ทำให้นักเรียนได้ฝึกฝนความสามารถที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 อย่างเต็มที่ ซึ่งจะก่อให้เกิดพัฒนาการในด้านต่าง ๆ แก่นักเรียนโดยตรง เช่น ความสามารถในการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการคิดอย่างสร้างสรรค์ เป็นต้น (พรทิพย์ ศิริภัทรราชย์, 2556, น. 51; สนธิ พลชัยยา, 2557, น. 7-8)

นอกจากนี้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมซึ่งถูกนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้อย่างมีความสอดคล้องกับกระบวนการในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ในประเด็นต่อไปนี้

1.1 ขั้นการระบุปัญหา เนื่องจากกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมและการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ต่างเริ่มมาจากการระบุปัญหา ซึ่งช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ เพราะการกำหนดสถานการณ์ในการจัดการเรียนรู้ที่มีข้อจำกัดเป็นการท้าทายให้นักเรียนเกิดความสนใจที่จะตั้งคำถาม และค้นหาสาเหตุของปัญหาที่แท้จริง เพื่อนำไปสู่การใช้ความคิดสร้างสรรค์ผนวกกับความรู้เพื่อสร้างแนวทางในการแก้ปัญหาต่อไป (Nazzal & Kaufman 2020, p.10-11; ขงุาลักษณ์ จิตรราช, 2563, น. 11; Kanematsu & Barry, 2016 อ้างถึงใน ณัฐวุฒิ อรุณรัตน์ และปราวินยา สุวรรณรัฐโชติ, 2562, น. 27-29; Starkey et al. อ้างถึงใน ณัฐวุฒิ อรุณ

รัตน์ และ ปราวีนญา สุวรรณรัฐโชติ, 2562, น. 27-29) ดังตัวอย่างที่พบได้จากการวิจัย เช่น ในกิจกรรมแรกนักเรียนจะได้ศึกษาสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้เพื่อลงมือทำคือกิจกรรมปลูกผักไม่โคกรีนตามเงื่อนไข ซึ่งนักเรียนจะต้องระบุปัญหา และหาข้อจำกัดของสถานการณ์ให้เจอว่า จะต้องช่วยกันลงมือปลูกผักไม่โคกรีนให้มีดัชนีการงอกสูงสุดภายในระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่กำหนด ทั้งนี้ในกิจกรรมดังกล่าวซึ่งเป็นกิจกรรมแรกของการวิจัยพบว่า มีทั้งนักเรียนที่สามารถระบุปัญหาได้อย่างถูกต้องครบถ้วน และนักเรียนที่ยังไม่สามารถระบุปัญหาที่แท้จริงได้ เช่น นักเรียนระบุว่าปัญหาของสถานการณ์คือสภาพแวดล้อมในการเพาะปลูกซึ่งไม่ใช่ปัญหาที่แท้จริงของสถานการณ์ กำหนดแต่เป็นปัจจัยหนึ่งที่นักเรียนจะต้องนำมาใช้วางแผนการเพาะปลูก เป็นต้น ซึ่งครูต้องคอยให้คำแนะนำเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนระบุปัญหาได้อย่างถูกต้อง และเมื่อมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในครั้งถัด ๆ ไป พบว่านักเรียนมีพัฒนาการในการระบุปัญหาได้อย่างตรงประเด็นยิ่งขึ้นตามลำดับโดยครูไม่ต้องให้คำแนะนำมากเหมือนในกิจกรรมแรก เช่น ในกิจกรรมการทดลองเรื่องปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งนักเรียนสามารถระบุปัญหาได้ว่าจะต้องออกแบบการทดลองโดยให้ปัจจัยต่าง ๆ แก่พืชเพื่อให้พืชเกิดการเปลี่ยนแปลงภายในระยะเวลาที่กำหนด เป็นต้น ซึ่งการเข้าใจปัญหาและข้อจำกัดอย่างถูกต้องเป็นส่วนสำคัญในการกำหนดขอบเขตให้นักเรียนสามารถค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้อย่างตรงประเด็น

1.2 ขั้นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา และขั้นการออกแบบวิธีแก้ปัญหา ใน 2 ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมนี้ อาจกล่าวได้ว่า ความสอดคล้องกับขั้นการสร้างแนวคิดที่หลากหลายของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ เพราะนักเรียนยังได้มีโอกาสในการคิดหาแนวทางการแก้ปัญหาอย่างอิสระ และสร้างสรรค์ผ่านการพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ทำให้นักเรียนได้ฝึกการคิดคล่องผสมผสานกับการคิดริเริ่มเพื่อให้เกิดแนวทางแก้ปัญหาที่หลากหลายมากที่สุดโดยที่ยังไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้จากนั้นจึงใช้การคิดยืดหยุ่นเพื่อจัดกลุ่มแผนที่มีความคล้ายคลึงกัน ร่วมกับการคิดอย่างมีเหตุผลเพื่อนำแนวทางการแก้ปัญหามาเชื่อมโยงกับข้อมูลที่เกี่ยวข้อง กลับกรองแนวคิดออกมาจนเกิดเป็นแนวทางการแก้ปัญหาที่มีความเป็นไปได้ และเหมาะสมที่สุด จนสามารถนำไปใช้ในการวางแผน และลงมือแก้ปัญหาเพื่อให้เกิดผลลัพธ์อย่างเป็นรูปธรรม (Bicer, Capraro, & Capraro, 2019, p. 5; Nazzal & Kaufman 2020, pp.2-3; ณัฐวุฒิ อรุณรัตน์ และ ปราวีนญา สุวรรณรัฐโชติ, 2562, น. 28) ตัวอย่างเช่น กิจกรรมปลูกผักไม่โคกรีน นักเรียนจะต้องหาข้อมูลเกี่ยวกับบงอกของเมล็ด ปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ดมาประยุกต์ใช้กับเมล็ดพันธุ์ที่นักเรียนเลือก การเตรียมเมล็ดพืช การจัดเตรียมสภาพแวดล้อมและการดูแลพืชจนกว่าจะถึงเวลาเก็บเกี่ยว หรือในกิจกรรมการทดลอง

ปัจจัยต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งนักเรียนจะต้องหาข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับปัจจัยต่าง ๆ เช่น แสง ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งในการรวบรวมข้อมูลนั้นนักเรียนจะได้ฝึกการคิด ยืดหยุ่นในการจัดกลุ่มข้อมูลที่ได้สืบค้นจากหลายแหล่งร่วมกับการคิดอย่างมีเหตุผลในการ คัดเลือกข้อมูลที่ต้องเหมาะสมและเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้ ตลอดจนต้องร่วมกันเสนอ แนวทางแล้วคัดเลือกแผนการปลูกผักไมโครกรีน และออกแบบการทดลองปัจจัยต่อการ เจริญเติบโตของพืชเพื่อใช้ในการวางแผนและดำเนินการต่อไป

1.3 ขั้นการวางแผน และดำเนินการ และขั้นการทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง ใน 2 ขั้นของกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมนี้อาจกล่าวได้ว่าสอดคล้องกับขั้นการสร้างแนวคิดที่ หลากหลายของกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ สังเกตได้จากในระหว่างการทำกิจกรรมที่มี ทั้งนักเรียนที่มีแนวทางในการวางแผนการแก้ปัญหาที่คล้ายกัน และแตกต่างออกไป เช่น ใน กิจกรรมปลูกผักไมโครกรีน นักเรียนบางกลุ่มหย่อนเมล็ดพืชลงไปปลูกแล้วรดน้ำตามช่วงเวลา ที่วางแผนไว้ ในขณะที่บางกลุ่มเลือกที่จะคัดเลือกเมล็ดที่มีคุณภาพก่อนปลูกโดยการแช่น้ำเพื่อดูการ ลอยของเมล็ด หรือใช้การบ่มเมล็ดโดยคลุมผ้าขึ้นไว้ก่อนย้ายลงภาชนะปลูกที่นักเรียนจัดเตรียม ไว้ เช่น แฉงไข่หรือกล่องพลาสติกเจาะรูเพื่อช่วยระบายความชื้น บางกลุ่มมีฝาครอบเพื่อรักษา ความชื้น บางกลุ่มติดตั้งโคมไฟเพิ่มเพื่อให้พืชได้รับแสงอย่างเพียงพอแม้ปลูกในที่ร่ม ในส่วนของ การเลือกใช้วัสดุปลูกนั้น บางกลุ่มใช้ดินเป็นวัสดุปลูกหลักเพื่อให้พืชได้รับอาหารเพียงพอ ระหว่าง การเจริญเติบโต บางกลุ่มนำขุยมะพร้าวมาผสมเพื่อช่วยระบายอากาศ และเก็บรักษาความชื้นเพื่อ จะได้ไม่ต้องรดน้ำบ่อย เป็นต้น หรืออย่างในกิจกรรมการทดลองปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโต ของพืชที่พบว่านักเรียนแต่ละกลุ่มมีแนวทางการออกแบบการทดลองแตกต่างกันไป บางกลุ่มนำ ปัจจัยเรื่องคลื่นแสงมาใช้โดยเลือกแก้วพลาสติกสีต่าง ๆ ที่คาดว่าจะทำให้พืชตัวอย่างมีอัตราการ สังเคราะห์ด้วยแสงดีที่สุดมาครอบโคมไฟเพื่อเปรียบเทียบผลการทดลอง บางกลุ่มใช้ความรู้เรื่อง ความเข้มแสงเพื่อหาระยะห่างที่เหมาะสมที่สุดของหลอดไฟกับพืชตัวอย่าง หรือบางกลุ่มใช้ความรู้ เรื่องความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์มาปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ในการ ทดลอง เป็นต้น

นอกจากนี้ยังอาจสอดคล้องกับขั้นการวางแผนการแก้ปัญหาของกระบวนการ แก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ เนื่องจากในระหว่างการทำกิจกรรม พบว่านักเรียนบางกลุ่มประสบ ปัญหา เช่น เมล็ดพืชไม่งอกเพราะเตรียมความพร้อมเมล็ดผิดวิธี หรือบางกลุ่มพืชเจริญเติบโตได้ดี แต่ถูกศัตรูพืชกัดกินเสียหาย เนื่องจากไม่ได้คำนึงถึงปัจจัยนี้ในการออกแบบสภาพแวดล้อม จึงต้อง ลงมือปลูกพืชใหม่ และหาวิธีแก้ปัญหาที่พบเพื่อปลูกพืชให้ทันช่วงเวลาที่กำหนด หรือในกิจกรรม

การทดลองปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชซึ่งพบว่านักเรียนหลายกลุ่มไม่สามารถทำกิจกรรมได้สำเร็จในรอบแรก จึงต้องมีการปรึกษาหารือ และวางแผนการแก้ปัญหาใหม่ เพื่อให้การทดลองในรอบที่สองเป็นไปตามเป้าหมาย

1.4 ชี้นำเสนอผลการแก้ปัญหา ในขั้นนี้อาจกล่าวได้ว่าเป็นการรวบยอดเพื่อแสดงให้เห็นถึงการใช้ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ในแต่ละขั้นจากการทำกิจกรรม เพราะเมื่อเสร็จสิ้นกิจกรรมในแต่ละครั้ง นักเรียนแต่ละกลุ่มก็จะนำผลการทำกิจกรรมที่ได้มานำเสนอ เพื่อให้เพื่อนต่างกลุ่มได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้กัน ทำให้เกิดการขยายความรู้ที่กว้างขวางขึ้นต่อไป

ซึ่งจากความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม และกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์จึงทำให้นักเรียนได้ฝึกฝนความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ได้อย่างต่อเนื่อง อันเป็นผลให้นักเรียนมีพัฒนาการที่ดีขึ้นตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของชาติชาย โคกเขา (2562, น. 69) ซึ่งพบว่าจัดการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มโดยเน้นกระบวนการทำงานออกแบบทางวิศวกรรมทำให้นักเรียนมีการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อสร้างสรรค์ผลงานให้สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ดีขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากนักเรียนได้ฝึกฝนกระบวนการจนเกิดเป็นความชำนาญที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของอับดุลยามีน หยีฮาเดร์ (2562, น. 177) ที่พบว่าจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มทำให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เนื่องจากนักเรียนได้ฝึกฝนการหาแนวทางการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาข้อมูลเพื่อสร้างสรรค์ผลงานหรือหาแนวทางให้ตอบโจทย์กับปัญหาที่กำหนดได้ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของชฎาลักษณ์ จิตรราช (2563, น. 10-11) ที่พบว่าจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มแบบ 6E ทำให้นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา และความคิดสร้างสรรค์สูงขึ้นกว่าก่อนเรียน และสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นให้นักเรียนแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม อีกทั้งการใช้สถานการณ์ปัญหา นั้นนับเป็นส่วนสำคัญที่จะฝึกให้นักเรียนได้รู้จักตั้งคำถาม และค้นหาปัญหาที่แท้จริง ซึ่งจะนำไปสู่การใช้ความคิดสร้างสรรค์ผนวกกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปสู่การลงมือปฏิบัติ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของอาภรณ์ เพลินพนา (2561, น. 89) ซึ่งพบว่าการสร้างชุดกิจกรรมตามแนวทางสะเต็มในรายวิชาวิทยาศาสตร์ส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากนักเรียนเกิดความคุ้นชินกับกระบวนการแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนมีมุมมองในการแก้ปัญหาที่กว้างขึ้น ตลอดจนจนสามารถ

ยอมรับความแตกต่างของแนวคิดและสร้างสรรค์เป็นแนวคิดที่แปลกใหม่ ซึ่งจะเพิ่มโอกาสให้การแก้ปัญหาประสบความสำเร็จได้มากขึ้น

อย่างไรก็ดีเมื่อพิจารณาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ภาพรวมก่อนเรียน และหลังเรียน มีค่าเท่ากับ 4.94 และ 3.25 ตามลำดับ และด้านการสร้างแนวคิดที่หลากหลายก่อนเรียนและหลังเรียน มีค่าเท่ากับ 3.27 และ 2.69 ตามลำดับ ดังตาราง 12 แสดงให้เห็นว่าคะแนนที่นักเรียนทำได้มีการกระจายตัวสูง ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากบรรยากาศในชั้นเรียนขณะทำแบบทดสอบแตกต่างจากการทำกิจกรรมระหว่างเรียน เพราะการทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์มีเวลาอย่างจำกัด และนักเรียนไม่สามารถแลกเปลี่ยนแนวคิดกับเพื่อนได้ ซึ่งแตกต่างจากระหว่างเรียนที่เวลามีความยืดหยุ่นกว่า มีเพื่อนนักเรียนคอยช่วยเหลือกัน และครูสามารถให้คำแนะนำได้ จึงส่งผลให้นักเรียนบางกลุ่มทำคะแนนได้ค่อนข้างต่ำ

2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60)

นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) เนื่องจาก การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม เรื่อง การเจริญเติบโตของพืช ได้มุ่งเน้นให้นักเรียนได้นำความรู้ทางด้านชีววิทยามาประยุกต์ใช้ร่วมกับความรู้ในศาสตร์อื่น ๆ เพื่อบูรณาการความรู้ และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ ร่วมกับกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม เพื่อให้ผู้เรียนได้นำความรู้ไปใช้แก้ปัญหา ปรับปรุงหรือพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันได้ ผ่านการทำกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่ครูได้กำหนดให้ (กมลฉัตร กล่อมอิม, 2559, น. 335; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559, น. 13; สนิธิ พลชัยยา, 2557, น.

7) ในการจัดกิจกรรมผู้วิจัยได้ออกแบบให้สอดคล้องกับเนื้อหาในบทเรียน และเป็นเรื่องที่นักเรียนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในชีวิตประจำวัน อาทิเช่น กิจกรรมปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยนักเรียนจะต้องนำความรู้เรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น ความรู้เรื่องแสง ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นปัจจัยพื้นฐานของพืชมาใช้ในการออกแบบการทดลองเพื่อให้ตัวอย่างพืชเกิดการเปลี่ยนแปลงภายในช่วงเวลาที่กำหนด เป็นต้น ทั้งนี้การที่นักเรียนจะทำกิจกรรมหรือแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดได้ จำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานและข้อมูลเพิ่มเติมให้เพียงพอ และต้องผ่านการพูดคุยแลกเปลี่ยนมุมมอง ความคิดเห็น

และประสบการณ์กับเพื่อนในกลุ่มเพื่อนำไปสู่การดำเนินการจนกิจกรรมจนสำเร็จลุล่วง โดยครูทำหน้าที่ให้คำแนะนำ และคอยให้ความช่วยเหลือที่เหมาะสม ซึ่งจะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มในทุกขั้นตอนนั้นมุ่งเน้นให้นักเรียนได้คิด และลงมือทำด้วยตนเอง ซึ่งแนวทางการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ที่เชื่อว่าการเรียนรู้เกิดจากการลงมือทำ เพราะนักเรียนจะเกิดการเชื่อมโยงเนื้อหาที่ได้จากประสบการณ์เดิมร่วมกับประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับผ่านการมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกับบุคคลที่เกี่ยวข้อง จนเกิดเป็นองค์ความรู้ใหม่ที่นักเรียนได้สร้างขึ้นด้วยตนเอง และเป็นการเรียนรู้ที่มีความหมายและเกิดเป็นความรู้ที่คงทน (กมลฉัตร กล่อมอิม, 2559, น. 342-343; วดีณีส อิศรเสนา ณ อยุธยา, 2559, น. 15-17) การจัดการเรียนรู้ดังกล่าวจึงส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น และผ่านเกณฑ์ที่กำหนด อีกทั้งยังสอดคล้องกับผลการวิจัยที่ผ่านมาซึ่งได้นำการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มไปใช้ในรายวิชาชีววิทยาในหัวข้อต่าง ๆ เช่น การเจริญเติบโตของพืช (นัสรินทร์ ปือชา, 2558, น. 60) และกายวิภาคศาสตร์ของพืช (ดวงพร สมจันทร์ตา, 2559, น. 62-63) และการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุด้วย (ชาติชาย โคกเขา, 2562, น. 69) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายด้านพบว่าด้านประยุกต์ใช้ วิเคราะห์ และสร้างสรรค์ มีคะแนนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ และมีเพียงด้านการสร้างสรรค์ที่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการออกแบบการจัดการเรียนรู้ไม่ได้เน้นย้ำการทบทวนเนื้อหาความรู้พื้นฐานในขั้นการรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องมากเพียงพอ และเนื้อหาความรู้ในแต่ละกิจกรรมมีความแตกต่างกัน จึงควรมีการปรับปรุงพัฒนาต่อไปเพื่อให้นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถทางการเรียนรู้ได้อย่างรอบด้าน

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1. ครูควรทำความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มเพื่อให้สามารถให้คำแนะนำนักเรียนได้อย่างถูกต้อง และเกิดประโยชน์ต่อนักเรียนมากที่สุด
2. ครูควรจัดเตรียมสื่อการเรียนรู้ และอุปกรณ์ต่างๆ ให้พร้อม และเพียงพอต่อการจัดกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนสามารถทำกิจกรรมได้อย่างต่อเนื่อง
3. การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มใช้เวลาค่อนข้างมาก ครูอาจจัดช่องทางออนไลน์เพื่อให้คำแนะนำแก่นักเรียนนอกเวลาเรียน หรือปรับเปลี่ยนเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ รวมถึงลักษณะงานที่มอบหมายให้มีความยืดหยุ่น เหมาะสม และสอดคล้องกับเวลาเรียน

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการพัฒนาขั้นตอนการจัดกิจกรรมตามแนวทางสะเต็มให้น่าสนใจยิ่งขึ้น เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจและได้ฝึกฝนความสามารถผ่านการทำกิจกรรมอย่างเต็มที่ เช่น

1.1 ขั้นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ควรเพิ่มความหลากหลายของกิจกรรมนอกเหนือจากการสืบค้นแล้วตอบคำถามลงในใบกิจกรรม เช่น การอภิปราย การใช้เกม เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้นำข้อมูลมาแลกเปลี่ยนและตรวจสอบความรู้ความเข้าใจร่วมกันซึ่งอาจช่วยในการส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้

1.2 ขั้นการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา เนื่องจากในการวิจัยพบว่าในระหว่างเรียนนักเรียนสามารถแลกเปลี่ยนแนวคิดที่หลากหลายและสร้างสรรค์กับกลุ่มเพื่อนได้ดี แต่เมื่อนักเรียนต้องทำแบบวัดเป็นรายบุคคลกลับพบว่านักเรียนบางคนมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ด้านการสร้างแนวคิดที่หลากหลายไม่ผ่านเกณฑ์ จึงควรมีใช้เทคนิคอื่น ๆ ร่วมด้วย เช่น เทคนิคเพื่อนคู่คิด (Think pair share) เพื่อสร้างความมั่นใจให้นักเรียนกล้าคิด และส่งเสริมความสามารถให้กับนักเรียนเป็นรายบุคคล

1.3 ขั้นการวางแผนการแก้ปัญหา อาจแบ่งขั้นตอนการวางแผนเป็นระยะย่อยเพื่อให้นักเรียนได้ค่อย ๆ เติมรายละเอียดงาน และฝึกฝนการวิเคราะห์จุดที่ควรปรับปรุงหรือพัฒนาในแต่ละระยะจนสมบูรณ์ ซึ่งอาจช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ได้

2. ควรมีการศึกษาตัวแปรอื่นๆ เพิ่มเติม เช่น ความรับผิดชอบต่อกิจกรรมที่ได้รับมอบหมาย ทักษะการทำงานเป็นกลุ่ม ความสุขในการเรียน เจตคติของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาการออกแบบกิจกรรมให้ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ได้ดียิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

- Abdurrahman. (2019). Developing STEM Learning Makerspace for Fostering Student's 21st Century Skills in The Fourth Industrial Revolution Era. *Journal of Physics: Conference Series*, 1-7. Retrieved from <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1155/1/012002/pdf>
- Anderson, L. W. (2014). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing : a revision of Bloom's*. Harlow: Pearson.
- Apino, E., & Retnawati, H. (2017). *Creative problem solving for improving students' higher order thinking skills (HOTs) and characters*. Paper presented at the Character education for 21st century citizens, The 2nd international conference on teacher education and professional development (INCOTEPD 2017).
- Bicer, A. L., Y., Capraro, R. M., & Capraro, M. M. (2019). *Examining the Effects of STEM PBL on students' Divergent Thinking Attitudes Related to Creative Problem Solving*. Paper presented at the IEEE Frontiers in Education Conference. Retrieved from <https://ieeexplore.ieee.org/document/9028431>
- Cojorn, K. (2011). *A development of creative problem solving (CPS) learning model on matter and properties of matter for seventh grade students*. (Doctoral dissertation). Srinakharinwirot University, Bangkok. Retrieved from http://ils.swu.ac.th:8991/exlibris/aleph/a22_1/apache_media/92H5S8T4MP54S351NNFN6ENPXTAM65.pdf
- Herschbach, D. R. (2011). The STEM Initiative: Constraints and Challenges. *Journal of STEM Teacher Education*, 48(1), 96-119. Retrieved from <https://scholar.lib.vt.edu/ejournals/JSTE/v48n1/pdf/herschbach.pdf>
- Holmes, K., Mackenzie, E., Berger, N., & Walker, M. (2021). Linking K-12 STEM Pedagogy to Local Contexts: A Scoping Review of Benefits and Limitations. *Frontiers in Education*, 6, 1-10. Retrieved from <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/feduc.2021.693808>
- Isaksen, S. G., Dorval, B. K., & Treffinger, D. J. (2011). *Creative approaches to problem*

- solving : a framework for innovation and change* (3rd ed.). Los Angeles: SAGE.
- Krathwohl, D. R. (2002). A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. *Theory Into Practice*, 41(4), 212-218.
- Mayasari, T., Kadarohman, A., Rusdiana, D., & Kaniawati, I. (2016, February). Exploration of student's creativity by integrating STEM knowledge into creative products. *Proceedings Of International Seminar On Mathematics, Science, And Computer Science Education (Msceis 2015)*, 1708(1), 1-5. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/313252207_Exploration_of_student's_creativity_by_integrating_STEM_knowledge_into_creative_products
- Nazzal, L. J., & Kaufman, J. C. (2020). The relationship of the quality of creative problem solving stages to overall creativity in engineering students. *Thinking Skills and Creativity*, 38, 1-15. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187118712030208X>
- NGSS. (2013). Next Generation Science Standards: For states, By States. Retrieved from <https://www.nap.edu/read/18290/chapter/15>
- NGSS. (2017). Topic Arrangements of the Next Generation Science Standards. Retrieved from <https://www.nextgenscience.org/sites/default/files/AllTopic.pdf>
- Puccio, G. J., Mance, M., Murdock, M. C., Miller, B., Vehar, J., Firestien, R., Thurber, S., & Nielsen, D. (2011). The CPS Process. Retrieved from <http://www.creativeeducationfoundation.org/creative-problem-solving/the-cps-process/>
- Ratnasari, D., Suciati, S., & Maridi, M. (2019). Empowering scientific thinking skills through creative problem solving with scaffolding learning. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 5(1), 61-68. Retrieved from <https://ejournal.umm.ac.id/index.php/jpbi/article/view/7135/6459>
- Thibaut, L., Ceuppens, S., De Loof, H., De Meester, J., Goovaerts, L., Struyf, A., Boeve-de Pauw, J., Dehaene, W., Deprez, J., De-Cock, M., Hellinckx, L., Knipprath, H., Langie, G., Struyven, K., Van de Velde, D., Van Petegge, P., & Depaepe, F. (2018). Integrated STEM Education: A Systematic Review of Instructional Practices in

- Secondary Education. *European Journal of STEM Education*, 3(1), 1-12. Retrieved from <https://eric.ed.gov/?id=EJ1178347>
- Ugras, M. (2018). The Effects of STEM Activities on STEM Attitudes, Scientific Creativity and Motivation Beliefs of the Students and Their Views on STEM Education. *International Online Journal of Educational Sciences*, 10(5), 165-182. Retrieved from <http://www.iojes.net/Makaleler/20326b8f-f86a-41e4-93c4-15b83293067b.pdf>
- เยาวดี ราชชัยกุล วิบูลย์ศรี. (2553). การวัดผลและการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- โชติกา ภาชีผล. (2559). การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ = *Learning measurement and evaluation*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ไพฑูริย์ สีนลารัตน์, นวลจิตต์ เขาวกิตพิงศ์, ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์, ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, ไสว พักขาว, และ ศรเนตร อารีโสภณพิเชฐ. (2560). การคิดสร้างสรรค์. ใน *คิดสร้างสรรค์: สอนและสร้างได้อย่างไร* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ไพศาล หวังพานิช. (2542). การวัดผลการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- กมลฉัตร กล่อมอิม. (2559, ตุลาคม-ธันวาคม). การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา สำหรับนักศึกษาวิชาชีพครู. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 18(4), 334-348.
- กวิณาภรณ์ พลอยกระจ่าง, ศศิเทพ ปิติพรเทพิน, และ บุญเสถียร บุญสูง. (2564). การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องเซลล์และการทำงานของเซลล์โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทรรศน์*, 36(3), 163-175. สืบค้นจาก <https://so04.tci-thaijo.org/index.php/eduku/article/view/244398/174123>
- กัญญารัตน์ ไคจร, สุนีย์ เหมะประสิทธิ์, น้าฝน คุณเจริญไพศาล, และ ประมวล ศิริพันธ์แก้ว. (2554, กรกฎาคม-กันยายน). การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้การคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์เรื่องสารและสมบัติของสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *วารสารวิจัยมข.*, 1(2), 1-20. สืบค้นจาก http://resjournal.kku.ac.th/social/PDF/1_2_1.pdf
- คันธทรัพย์ ชมพูพาทย์, และ ปิยดา สมบัติวัฒนา. (2558). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของผู้เรียน: ขั้นตอนและแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียน วิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อการวิจัยทางพฤติกรรมในชุมชนและโรงเรียน (46-64): สถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ มศว.
- ชฎาลักษณ์ จิตรราช. (2563). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์โดย

ใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแบบ 6E Learning ร่วมกับการใช้สื่อสังคมออนไลน์ ในรายวิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. Paper presented at the การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 21, มหาวิทยาลัยขอนแก่น. สืบค้นจาก

<https://app.gs.kku.ac.th/images/img/support/grc2020/pdfabstracts/HMP14.pdf>

ชวลิต ชูกำแหง. (2550). การประเมินการเรียนรู้. มหาสารคาม: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ชาติชาย โคกเขา. (2562, พฤษภาคม-สิงหาคม). การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การลำเลียงน้ำและแร่ธาตุของพืช เพื่อพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 30(2), 57-71.

ณัฐพงษ์ กาญจนฉายา. (2559, กันยายน - ธันวาคม). การจัดการเรียนการสอนตามกระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์. วารสารวิจัยมส., 12(3), 207-224. สืบค้นจาก

<https://research.dusit.ac.th/new/upload/file/390447ebe24801d30e38abe58784a7d0.pdf>

ณัฐวุฒิ อรุณรัตน์, และ ปราวินญา สุวรรณณัฐโชติ. (2562). การทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบเกี่ยวกับรูปแบบกิจกรรมการสอนด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. คุรุศาสตร์อุตสาหกรรม, 18(1), 22-31.

ดวงพร สมจันทร์ตา. (2559). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการเรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่องกายวิภาคศาสตร์ของพืช. (ปริญญาานิพนธ์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ). สืบค้นจาก

http://ils.swu.ac.th:8991/exlibris/aleph/a22_1/apache_media/YSQ1YQT4A1JHY4URNQAMM2F53KLJN5.pdf

นงนุช เอกตระกูล. (2560). การพัฒนาโปรแกรมเพิ่มพูนประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์และความสุขในการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ). สืบค้นจาก

http://ils.swu.ac.th:8991/exlibris/aleph/a22_1/apache_media/AKJJ2YPPMFRB9VPKD5DMMUK9PJ97TN.pdf

นฤพจน์ พุทธิพัฒนะ. (2561, กรกฎาคม - ธันวาคม). การออกแบบเชิงวิศวกรรมและเทคโนโลยี
เลียนแบบธรรมชาติในสะเต็มศึกษา. วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ., 11(2), 31-42. สืบค้นจาก
https://www.tci-thaijo.org/index.php/edjour_stou/article/view/162004/118463

นัสนรินทร์ ปือชา. (2558). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อ
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการ
จัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต,
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา). สืบค้นจาก
<https://kb.psu.ac.th/psukb/bitstream/2016/10625/1/TC1218.pdf>

นิพิฐพร โกมลทิตศักดิ์. (2553). การวิเคราะห์ผลของกระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ที่มีต่อ
ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ทักษะการทำงานกลุ่ม และการเห็นคุณค่าใน
ตนเองของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น: การทดลองแบบอนุกรมเวลา. (วิทยานิพนธ์
มหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (ครุศาสตร์). สืบค้นจาก
<http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/30682>

นุศวดิ พจนานุกิจ, ตรีสุคนธ์ ตรีบุพชาติสกุล, และ สุนทร พรหมมงคล. (2559). ปัญหาและแนว
ทางการแก้ไขในการจัดการเรียนการสอนตามกระบวนการสะเต็มศึกษา. สืบค้นจาก
<http://oho.ipst.ac.th/stem-ed-workshop-problem/>

ประสาธ เนืองเฉลิม. (2561). สะเต็มศึกษากับสไตล์การเรียนรู้ตามแนวคิด Kolb. การวิจัยเพื่อพัฒนา
ชุมชน (มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์), 11(2).

ปาริชาติ ประเสริฐสังข์. (2559, กันยายน-ธันวาคม). การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะ
เต็มศึกษา. วิชาการแพรวกาฟ้าสินธุ์ มหาวิทยาลัยกาฟ้าสินธุ์, 3(3), 129-140. สืบค้นจาก
https://www.tci-thaijo.org/index.php/Praewa-ksu_Journal/article/view/89707/70538

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556, เมษายน-มิถุนายน). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษ
ที่ 21. วารสารนักบริหาร, 33(2), 49-56. สืบค้นจาก
https://www.bu.ac.th/knowledgecenter/executive_journal/april_june_13/pdf/aw07.pdf

พรสวรรค์ วงศ์ตาธรรม. (2558, เมษายน-มิถุนายน). การคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ทักษะการคิดใน
ศตวรรษที่ 21. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 38(2), 111-121.

- ภาพ เล่าห์ไพบูลย์. (2542). แนวการสอนวิทยาศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- มนตรี จุฬาวัดมนทล. (2556). สะเต็มศึกษาประเทศไทยและทูตสะเต็ม. นิตยสาร สสวท., 42(185), 14-18.
- ยุพาพันธ์ มินวงษ์. (2558). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโครงการวิทยาศาสตร์ที่เน้นการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (3P) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญา ดุษฎีบัณฑิต). (มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ). สืบค้นจาก http://thesis.swu.ac.th/swudis/Sci_Ed/Yupapun_M.pdf
- ยุพาพันธ์ มินวงษ์, สุนีย์ เหมะประสิทธิ์, และ อีรพงษ์ แสงประดิษฐ์. (2558, มกราคม-เมษายน). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโครงการวิทยาศาสตร์ที่เน้นการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (3P) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 26(1), 210-223.
- วศินีส อิศรเสนา ณ อยุธยา. (2559). เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับ *STEM Education* (สะเต็มศึกษา). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วัชรวิภา เล่าเรียนดี, ปรมันัฐ กิจรุ่งเรือง, และ อรพิน ศิริสัมพันธ์. (2560). กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้เชิงรุก เพื่อพัฒนาการคิดและยกระดับคุณภาพการศึกษาสำหรับศตวรรษที่ 21 (พิมพ์ครั้งที่ 12). นครปฐม: เพชรเกษมพรินติ้ง กรุ๊ป.
- วิภา ตันฑุลพงษ์. (2557). ลักษณะครูมืออาชีพโรงเรียนสร้างสรรค์ไพฑูรย์ สินลาร์ตัน โรงเรียน สร้างสรรค์: นวัตกรรมสู่การปฏิบัติ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.
- ศิริเดช สุชีวะ และคณะ. (2559). ทักษะทางปัญญาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา: การพัฒนาโมเดล และเครื่องมือวัดออนไลน์. สืบค้นจาก <https://www.niets.or.th/th/content/download/5929>
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม = *Classical test theory* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว. (2558). การพัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่องอ้อยสำหรับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญา ดุษฎีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ). สืบค้นจาก http://ils.swu.ac.th:8991/exlibris/aleph/a22_1/apache_media/B8QT6ICL9K8GNG224HVU5FIFYI9T6D.pdf
- ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว, และ สุนีย์ เหมะประสิทธิ์. (2558, มกราคม - เมษายน). การพัฒนาหลักสูตร

- บูรณาการแบบ STEM รายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม เรื่อง อ้อย สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 26(1), 224-326.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). การวัดประเมินผลวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2559). ความรู้เบื้องต้นสะเต็มศึกษา. สืบค้นจาก <https://www.scimath.org/stem>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). คู่มือกิจกรรมสะเต็มศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (ม.4-ม.6) เล่ม 2. กรุงเทพฯ: องค์การค้ำของ สกสศ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). การแถลงข่าวผลการประเมิน PISA 2018. สืบค้นจาก <https://pisathailand.ipst.ac.th/news-12/>
- สนธิ พลชัยยา. (2557, กรกฎาคม-สิงหาคม). สะเต็มศึกษากับการคิดขั้นสูง. สสวท., 42(189), 7-10. สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2562). สภาวะการศึกษาไทย ปี 2560/2561 ฐานข้อมูลกับการบรรลุตามเป้าหมายแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2560-2579. In. สืบค้นจาก <http://fliphtml5.com/wbpvz/fkbe>
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558, กรกฎาคม-กันยายน). สะเต็มศึกษา (ตอนที่ 2): การบูรณาการสะเต็มศึกษาสู่การจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน. ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์, 17(3).
- สุชานาฏ สุวรรณพิบูลย์. (2559). การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการ เรื่อง บ้านพักเชิงนิเวศตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ). สืบค้นจาก http://ils.swu.ac.th:8991/exlibris/aleph/a22_1/apache_media/V1VQR8DYPT176R56YGDEF81GDYX111.pdf
- สุทธิดา จำรัส. (2559). สะเต็มศึกษาบนเส้นทางวิชาการรับใช้สังคม: จุดเปลี่ยนการเรียนรู้สู่อนาคต. วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์, 31(3), 34-47. สืบค้นจาก <https://www.tci-thaijo.org/index.php/eduku/article/view/78093/62598>
- สุทธิดา จำรัส. (2560, กรกฎาคม-ธันวาคม). นิยามของสะเต็มและลักษณะสำคัญของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา. ศึกษาศาสตร์ มสธ., 10(2).
- สุธีระ ประเสริฐสรรพ. (2558). สะเต็มศึกษา: ความท้าทายใหม่ของการศึกษาไทย. สงขลา: นำศิลป์ โฆษณา.
- สุพรรณณี ชาญประเสริฐ. (2557). Active Learning: การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. สสวท.,

42(188), 3-6.

อภิสิทธิ์ ธงไชย. (2559, กันยายน - ธันวาคม). ความสำคัญของวิศวกรรมในการจัดการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21. วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์, 31(3), 48-53.

<https://www.tci-thaijo.org/index.php/eduku/article/view/78096/62600>

อัจริยะ สังขรักษ์, สิงหา ประสิทธิ์พงศ์, และ สิทธิชัย วิชัยดิษฐ. (2560, 7 เมษายน 2562). การจัดการ
เรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช เพื่อพัฒนา
กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วารสารศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 28(3), 59-71. สืบค้นจาก

http://edujournal.psu.ac.th/edujn/index.php/edu_jn2015/article/view/260/7pdf

อัปดุลยามีน หยีชาเดร์. (2562). ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการ
จัดการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วารสารศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 30(1), 170-180.

อาทิตย์ ฉิมกุล. (2559). ผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อ
ความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนระดับ
มัธยมศึกษาตอนปลาย. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
กรุงเทพฯ). สืบค้นจาก

<http://cuir.car.chula.ac.th/bitstream/123456789/55146/1/5783457927.pdf>

อาทิตย์ ฉิมกุล, สกลรัตน์ แก้วดี, และ นิพาดา เรือนแก้ว ดิษยทัต. (2560, มกราคม - มีนาคม). ผล
ของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา
และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. วารสาร
อิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา *An Online Journal of Education*, 12(1), 324-342. สืบค้น

จาก <https://www.tci-thaijo.org/index.php/OJED/article/view/110514/86641>

อาภรณ์ เพลินพนา. (2561). การพัฒนาชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็ม ในวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง
เครื่องกลอย่างง่าย เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และความสุข
ในการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในห้องเรียนพิเศษ. (วิทยานิพนธ์ปริญญา
มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ). สืบค้นจาก <http://ir->

[thesis.swu.ac.th/dspace/bitstream/123456789/309/1/g571130060.pdf](http://ir-thesis.swu.ac.th/dspace/bitstream/123456789/309/1/g571130060.pdf)

อุทุมพร จามรมาน. (2532). การสร้างและพัฒนาเครื่องมือวัดลักษณะผู้เรียน (พิมพ์ครั้งที่ 2).

กรุงเทพ: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.





ภาคผนวก

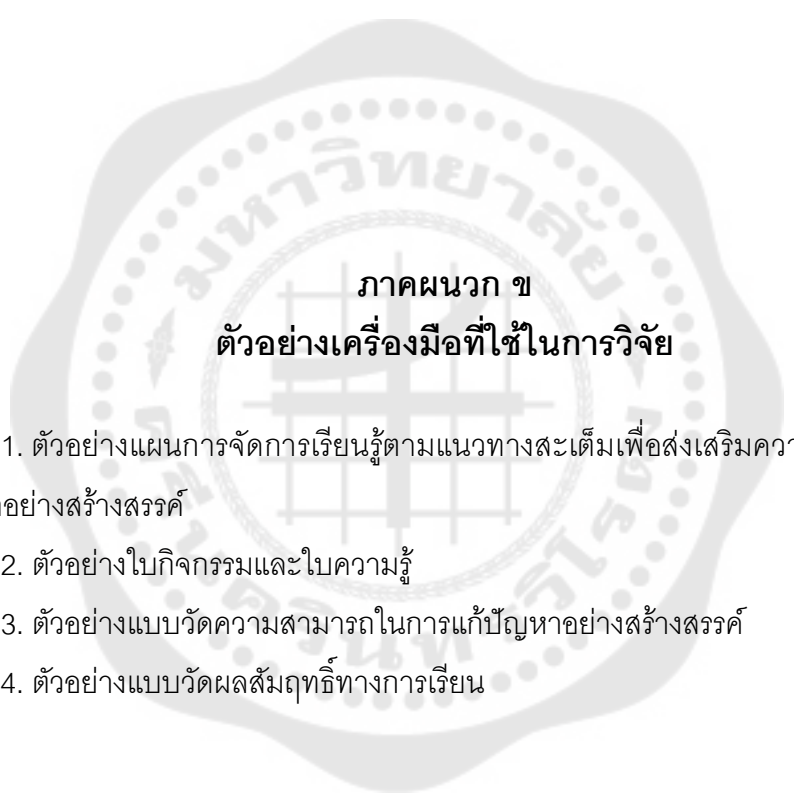


ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- 1) รศ.ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษาศาสตร์
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- 2) ผศ.ดร. สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ อาจารย์ประจำภาควิชาชีววิทยา
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
- 3) ผศ.ดร.อรอุมา เจริญสุข อาจารย์ประจำภาควิชาการวัดผลและวิจัยทางการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
- 4) ผศ.ดร.กัญญารัตน์ โคจร อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
- 5) ดร.กรกนก เลิศเดชาภัทร อาจารย์ประจำสาขาวิชาหลักสูตร และการสอน
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- 6) ดร.ยุพาพันธ์ มินวงษ์ ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนบ้านหมี่วิทยา
- 7) นางชไมพร งามยิ่งยวด ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนมัธยมวัดหนองแขม
- 8) นางจรัส ไชกระโทก ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนบางปะกอกวิทยาคม
- 9) ดร.ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว ครูชำนาญการ โรงเรียนวัดสระประทุม
- 10) นายณพคุณ สุขสวัสดิ์ ครูชำนาญการ โรงเรียนบดินทร์เดชา (สิงห์ สิงหเสนี)



ภาคผนวก ข
ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์
2. ตัวอย่างใบกิจกรรมและใบความรู้
3. ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์
4. ตัวอย่างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

รายวิชา ชีววิทยาเพิ่มเติม

รหัสวิชา ว 30244 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ภาคเรียนที่ 1

ปีการศึกษา 2563

เรื่อง การปลูกผักไมโครกรีน

จำนวน 5 คาบ

1. มาตรฐานและตัวชี้วัด/ ผลการเรียนรู้

1.1 สาระชีววิทยา

สาระที่ 3 เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำ การลำเลียงของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต และการตอบสนองของพืช รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้ที่ 3 อธิบายการเกิดเมล็ดและการเกิดผลของพืชดอก โครงสร้างของเมล็ดและผล และยกตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากโครงสร้างต่างๆ ของเมล็ดและผล

2. สาระสำคัญ

วิทยาศาสตร์ (ชีววิทยา)

โครงสร้างของเมล็ดประกอบด้วย เปลือกเมล็ด เอ็มบริโอ และ เอนโดสเปิร์ม โดยเมล็ดที่เจริญเต็มที่ที่เกิดการงอกได้โดยอาศัยปัจจัยต่างๆ เช่น น้ำหรือความชื้น ออกซิเจน อุณหภูมิ และแสง เมล็ดบางชนิดสามารถงอกได้ทันทีและเมล็ดบางชนิดไม่สามารถงอกได้ทันทีเพราะอยู่ในสภาพพักตัวแต่ก็สามารถแก้ไขได้ตามปัจจัยที่ไปยับยั้งการเจริญของเมล็ด ดังนั้นการที่เราทราบข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่เหมาะสมต่อพืชแต่ละชนิดก็จะช่วยเพิ่มอัตราการงอกได้มากขึ้น

ไมโครกรีน คือ ต้นกล้าที่งอกจากเมล็ดเจริญเต็มที่จากการได้รับปัจจัยจำเป็น เช่น น้ำ ออกซิเจน อุณหภูมิ และแสง ในปริมาณที่เหมาะสม จนมีลำต้นสูง 1 – 3 นิ้ว ใบเลี้ยงคลี่ออกเต็มที่ และมีใบจริงอยู่ที่ 1 - 4 ใบ เก็บเกี่ยวได้ในช่วง 7 – 14 วันหลังการเพาะ โดยสามารถวัดการเจริญเติบโตได้หลายวิธี เช่น ดัชนีการงอก การวัดขนาดลำต้น การนับจำนวนใบ

เทคโนโลยี

การสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างเมล็ด ปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด และวิธีการเพาะเมล็ดที่เหมาะสมกับชนิดของพืช และการนำเสนอผลงาน

วิศวกรรมศาสตร์

การใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมเพื่อออกแบบวิธีการปลูกผักไมโครกรีน

คณิตศาสตร์

การวัดพื้นที่ผิวและปริมาตรเพื่อออกแบบวิธีการเพาะปลูกผักไมโครกรีน

การใช้ความสัมพันธ์ ฟังก์ชัน และสถิติในการเก็บข้อมูลและนำเสนอผลงาน

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

คาบที่ 1

1. ระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด
2. สืบค้นข้อมูล และอธิบายการเกิดเมล็ด และโครงสร้างและการงอกของเมล็ด

คาบที่ 2 - 3

1. สืบค้นข้อมูล และอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด และสภาพพักตัวของเมล็ด
2. สืบค้นข้อมูล และยกตัวอย่างวิธีการวัดการเจริญเติบโตที่เหมาะสมกับพืชลักษณะต่างๆ
3. ออกแบบแนวทางการเพาะปลูกผักไมโครกรีนตามเงื่อนไขที่กำหนดได้อย่างสร้างสรรค์
4. ออกแบบวิธีการเก็บบันทึกผลการเพาะปลูกผักไมโครกรีนได้อย่างเหมาะสม

คาบที่ 4

1. ลงมือเพาะปลูกผักไมโครกรีนที่สนใจได้อย่างเหมาะสมและสร้างสรรค์ตามเงื่อนไข

คาบที่ 5

1. นำเสนอผลการเพาะปลูกผักไมโครกรีนตามหัวข้อที่กำหนด

4. ภาระงาน/ ชิ้นงาน

การเพาะปลูกผักไมโครกรีน

5. สื่อและแหล่งเรียนรู้

- หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 3 ของ สสวท. ตามผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
- ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ผักไมโครกรีน
- วิดีทัศน์ เรื่อง อาชีพทั่วไทย: สาวบ้านโป่งเพาะผักไมโครกรีนขาย (<https://youtu.be/rGOifupXjY>)
- วิดีทัศน์ เรื่อง การงอกของเมล็ด (<https://youtu.be/vN0wqoaV0Gs>)
- วิดีทัศน์ เรื่อง การวัดการเจริญเติบโตของพืช (<https://youtu.be/TdZkMdgHuE8>)
- หนังสือ และเว็บไซต์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับผักไมโครกรีน โครงสร้างและการงอกของเมล็ด

6. กิจกรรมการเรียนรู้

คาบที่ 1 (50 นาที)

1) การระบุปัญหา (15 นาที)

- ครูนำนักเรียนเข้าสู่บทเรียนโดยชวนนักเรียนพูดคุยเกี่ยวกับผักผลไม้ในท้องตลาดที่เคยพบเห็นว่ามีลักษณะเป็นอย่างไรบ้าง จากนั้นให้นักเรียนดูภาพบางส่วนจากภาพยนตร์โฆษณา เรื่อง กวางตุ้ง (<https://youtu.be/IP4bnsiK9gk>) และชวนพูดคุยว่ามีเรื่องราวโดยสรุปเป็นอย่างไร (เรื่องย่อเหตุการณ์: สาวรับใช้คนหนึ่งต้องดูแลเจ้านายที่เจ็บป่วยแต่ไม่ยอมรับประทานอะไรเลยนอกจากกวางตุ้งน้ำมันหอย เธอจึงต้องออกตามหาทั้งในตลาดและแปลงผักแต่ก็ไม่พบเพราะไม่ใช่ฤดูกาลที่กวางตุ้งเจริญเติบโตเต็มที่ เธอจึงขอร้องให้ชาวสวนหากวางตุ้งให้ ชาวสวนจึงต้องคิดสารเคมีเพื่อเร่งกวางตุ้งให้โต ในที่สุดสาวรับใช้ก็ได้กวางตุ้งมาทำกวางตุ้งผัดน้ำมันหอย แต่ปรากฏว่าเมื่อเจ้านายรับประทานเข้าไปกลับมีอาการผิดปกติ)
- ครูให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้
 - นอกจากการกินผักตามฤดูกาลแล้วนักเรียนมีวิธีการใดอีกบ้างที่จะหลีกเลี่ยงสารพิษจากการบริโภคผักผลไม้ (แนวคำตอบ เช่น ล้างให้ถูกวิธี โดยล้างให้น้ำผ่าน เลือกร้านค้าที่ไว้ใจได้ ปลูกผักไว้รับประทานเอง)
 - ให้แลกเปลี่ยนประสบการณ์ว่าเคยปลูกผักเองหรือไม่ และมีวิธีการดูแลอย่างไร (แนวคำตอบ นักเรียนอาจไม่เคยปลูก บางคนอาจเคยปลูก เช่น เพาะถั่วงอก/ทานตะวันงอก/ผักบุ้ง ปักชำกะเพรา/โหระพา/สะระแหน่ โดยใช้วิธีการดูแลอย่างง่ายเช่นเตรียมดิน เตรียมพื้นที่สำหรับปลูก ให้น้ำให้แสงให้เหมาะสม หรือบางคนอาจเคยปลูกผักไฮโดรโปนิกส์โดยมีวิธีการดูแลคือปลูกในน้ำโดยต้องเติมปุ๋ยน้ำในสัดส่วนที่พอเหมาะเพื่อให้พืชเจริญเติบโตได้ดี)
- ครูแนะนำให้นักเรียนได้รู้จักการปลูกผักอีกแบบหนึ่ง คือ การปลูกผักแบบไมโครกรีน ซึ่งเป็นการปลูกผักที่ไม่ต้องใช้สารเคมี สามารถปลูกเองได้ง่าย และใช้เวลาไม่นาน จากนั้นครูให้นักเรียนดูวิดีโอที่ชื่อ เรื่อง อาชีพทั่วไทย: สาวบ้านโป่งเพาะผักไมโครกรีนขาย เพื่อทำความรู้จักกับการปลูกผักในลักษณะดังกล่าวเพิ่มเติมแล้วร่วมกันแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในประเด็นต่อไปนี้

- ความรู้ที่ได้รับ (แนวคำตอบ 1. ความหมายของผักไมโครกรีน: เป็นต้นกล้าผักขนาดเล็กที่ได้จากการเพาะเมล็ดจนงอกแล้วเกิดใบจริง 3-4 ใบ มีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าผักโตเต็มวัย 2. ระยะเวลาในการเก็บเกี่ยว: 10 – 14 วัน 3. วิธีการปลูกผักไมโครกรีน: นำภาชนะที่ใช้เพาะมาเจาะรูสำหรับระบายน้ำ ปูด้วยกระดาษทิชชู ใส่ดินลงภาชนะแล้วโรยเมล็ดที่ต้องการปลูกให้ทั่วพื้นที่ จากนั้นรดน้ำให้ชุ่มแล้วนำไปไว้ในที่มีแดด เมื่อต้นพืชเริ่มงอกค่อยย้ายออกมาในที่ร่ม ให้ได้รับแดดบ้าง และรดน้ำสม่ำเสมอ เข้าเย็นจนกระทั่งต้นพืชงอกใบ 3 – 4 ใบ จึงเก็บเกี่ยวได้ 4. การจัดจำหน่าย: ขายเป็นกระถางหรือกระบะ ส่งตามตลาดนัดสุขภาพ หรือตลาดที่เน้นความปลอดภัยของอาหาร)
- แนวคิดที่ได้/ความคิดเห็นเกี่ยวกับการปลูกผักไมโครกรีน (นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ)

- ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5-6 คน แล้วศึกษาสถานการณ์ต่อไปนี้

หากนักเรียนเป็นเยาวชนกลุ่มหนึ่งที่รักสุขภาพ และมีความสนใจเกี่ยวกับผักไมโครกรีนเป็นพิเศษ เพราะมีรูปร่างสวยงาม แปลกตา น่ารับประทาน และมีคุณค่าทางอาหารสูง เยาวชนกลุ่มนี้จึงมีความตั้งใจที่จะทดลองปลูกผักไมโครกรีนเพื่อรับประทานและวางจำหน่าย อีกทั้งเป็นการเชิญชวนให้คนหันมารับประทานผักกันมากขึ้น ทั้งนี้ในระยะเริ่มต้นซึ่งเป็นการทดลองปลูกผักก่อนออกจำหน่าย นักเรียนจึงได้แบ่งกลุ่มกันเพื่อหาวิธีการปลูกผักไมโครกรีนให้มีน้ำหนักรสหลังเก็บเกี่ยวแตกต่างจากน้ำหนักรสเริ่มต้นมากที่สุด และลำต้นผักมีความสูง 1.5 - 3 นิ้ว ในวันที่จะเก็บเกี่ยว (10-14 วันหลังเพาะ) เพื่อให้ผู้บริโภคได้รับประทานผักที่มีคุณภาพ และในขณะเดียวกันจะเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์อย่างไรให้คุ้มค่าและมีต้นทุนต่ำที่สุด โดยมีวัสดุอุปกรณ์ที่ให้ ดังนี้

1. เมล็ดพืช 1 กรัม ราคา 5 บาท (เลือกได้ 1 ชนิด	3. กาบมะพร้าวสับ 2 กรัม ราคา 2 บาท
คือ เมล็ดแมงลัก เมล็ดงาดำ เมล็ดกะเพรา เมล็ด	4. ดินร่วน 2 กรัม ราคา 7 บาท
ทานตะวัน เมล็ดผักบุ้ง)	5. ถุงดำ 1 ถุง ราคา 2 บาท
2. ชูยมะพร้าว 2 กรัม ราคา 5 บาท	6. กระดาษแข็งขนาด A3 1 แผ่น ราคา 3 บาท

หมายเหตุ หากนักเรียนต้องการอุปกรณ์นอกเหนือจากนี้สามารถจัดหาเองได้ หากวัสดุอุปกรณ์ใดเป็นของเหลือใช้ไม่ต้องบันทึกค่าใช้จ่าย แต่หากซื้อจะต้องบันทึกค่าใช้จ่ายไว้ด้วยเพื่อนำมาคำนวณต้นทุนในการทำกิจกรรม

- นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระบุปัญหา/เงื่อนไข/ข้อจำกัดของสถานการณ์ต่อไปนี้ลงในใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 1 (แนวคำตอบ 1.ต้องปลูกผักให้ได้น้ำหนักรสหลังจากเก็บเกี่ยวแตกต่างจากน้ำหนักรสเริ่มต้นมากที่สุด 2. ความสูงของพืชในช่วงวันเก็บเกี่ยวอยู่ที่ 2-3 นิ้ว และ 3. ใช้วัสดุอุปกรณ์ให้คุ้มค่าและมีต้นทุนต่ำที่สุด)

- ครูชี้แจงนักเรียนเพิ่มเติมเกี่ยวกับการให้คะแนนในการทำกิจกรรม ดังนี้
 - ความสูงของต้นพืช (เต็ม 3 คะแนน) กลุ่มใดมีความสูงตามเกณฑ์ ได้ 3 คะแนน/ ต่ำกว่าเกณฑ์ได้ 2 คะแนน
 - ต้นทุนการผลิต (เต็ม 3 คะแนน) กลุ่มใดมีต้นทุนการผลิตต่ำที่สุดเป็นอันดับ 1 ได้ 3 คะแนน/ อันดับ 2 ได้ 2 คะแนน/ อันดับ 3 ลงไปได้ 1 คะแนน

2) การรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา (35 นาที)

- ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระดมความคิดว่าจากสถานการณ์ดังกล่าวต้องใช้ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เรื่องใดบ้าง จากนั้นให้นักเรียนบันทึกหัวข้อความรู้ที่ต้องสืบค้นเพิ่มเติมลงในใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 2 (แนวคำตอบ 1. วิทยาศาสตร์: การงอกของเมล็ด ปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด การวัดการเจริญเติบโตของพืช 2. เทคโนโลยี: การสืบค้นข้อมูล การออกแบบวิธีการปลูกพืชด้วยเทคนิคต่างๆ เทคนิคการเพาะปลูกพืช 3. วิศวกรรมศาสตร์: การใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมในการทำกิจกรรม 4. คณิตศาสตร์: การคำนวณพื้นที่ ปริมาตรของวัสดุที่จะนำมาใช้ปลูกผักไม้โครกรีน การใช้ความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ ฟังก์ชัน และสถิติในการเก็บและนำเสนอข้อมูล เป็นต้น)
- ครูแนะนำแหล่งข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อเป็นทางเลือกในการสืบค้นข้อมูล
- นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อเป็นแนวคิดในการปลูกผักไม้โครกรีนจากอินเทอร์เน็ต แล้วตอบคำถามลงในใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 3 ของตนเองให้เสร็จเรียบร้อยเพื่อนำมาตรวจสอบความถูกต้องในครั้งถัดไป

คาบที่ 2 – 3 (100 นาที)

2) การรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา (20 นาที)

- ครูสุ่มถามคำถามนักเรียนเพื่อตรวจสอบความรู้ที่ได้จากการสืบค้น ดังนี้
 - ในระยะแรกที่ต้นพืชงอกออกมาจากเมล็ด ต้นพืชที่เกิดขึ้นพัฒนามาจากส่วนใดของเมล็ด และอาศัยอาหารจากส่วนใดในการเจริญเติบโตในขณะที่ยังไม่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ (แนวคำตอบ ต้นพืชพัฒนามาจากส่วน embryo โดยอาศัยอาหารจาก endosperm ในการเจริญเติบโตช่วงแรก)

- นักเรียนและครูร่วมกันตรวจสอบความถูกต้องในการตอบคำถามในใบกิจกรรม
- ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อเตรียมความพร้อมในการออกแบบวิธีการปลูกผักไมโครกรีน ดังนี้
 - นักเรียนคิดว่าปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่ส่งเสริมให้การงอกของเมล็ดมีประสิทธิภาพคืออะไร เพราะเหตุใด (แนวคำตอบ น้ำ เพราะน้ำจะทำให้เปลือกของเมล็ดอ่อนนิ่มลง ทำให้น้ำและแก๊สออกซิเจนผ่านเข้าไปได้ ซึ่งจะกระตุ้นให้เกิดกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในเมล็ดจนพ้นจากสภาพพักตัวและงอกเป็นพืชต้นใหม่ออกมา, คุณภาพเมล็ด เพราะ การเลือกเมล็ดที่ผ่านการทำความสะอาด คัดเลือก ผ่านการทดสอบการงอก เก็บรวบรวมในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ย่อมทำให้การงอกของเมล็ดมีประสิทธิภาพมากขึ้น)
 - นักเรียนสามารถนำแนวทางการวัดการเจริญเติบโตของพืชมาใช้กับการบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของผักไมโครกรีนอย่างไรได้บ้าง (แนวคำตอบ นักเรียนสามารถเสนอความคิดเห็นได้อย่างอิสระ เช่น ทำการวัดส่วนสูง นับจำนวนใบ วัดพื้นที่ใบ ใช้การชั่งน้ำหนักสดแต่ต้องกำหนดเวลาการเก็บเกี่ยวหรือการให้น้ำครั้งสุดท้ายแก่พืชในแต่ละกลุ่มให้ตรงกันเพื่อให้เกิดความยุติธรรมในการตัดสินผล หรือทำการชั่งน้ำหนักแห้งในกรณีที่จะไม่นำพืชไปบริโภค)

3) การออกแบบวิธีแก้ปัญหา (30 นาที)

- นักเรียนแต่ละคนออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์อย่างคร่าวๆ ด้วยตนเอง โดยเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้หลากหลายที่สุดเท่าที่จะทำได้
- นักเรียนแต่ละคนนำแนวคิดที่ตนเองได้มาระดมความคิด และแลกเปลี่ยนกับเพื่อนในกลุ่มเพื่อออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดให้ครบถ้วนแล้ว บันทึกข้อมูลลงในใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 4 ตามประเด็นที่ได้กำหนดไว้ตามประเด็นต่อไป
 - วัสดุอุปกรณ์ที่เลือกใช้ในการปลูกผักไมโครกรีน
 - ขั้นตอนการเตรียมเมล็ด การเตรียมสภาพแวดล้อมในการปลูก และการดูแลรักษาระหว่างการเพาะปลูกให้เป็นไปตามเงื่อนไข

- วิธีการสังเกตและบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงของผักไมโครกรีนในแต่ละวัน

4) วางแผนการดำเนินการ และดำเนินการแก้ปัญหา (50 นาที)

- นักเรียนร่วมกันวางแผนการทำงานอย่างละเอียดให้เสร็จสมบูรณ์โดยสามารถขอคำปรึกษาเพิ่มเติมจากครูได้เพื่อเตรียมความพร้อมในการสร้างภาชนะปลูกผักในคาบเรียนถัดไป

คาบที่ 4 (50 นาที)

4) วางแผนการดำเนินการ และดำเนินการแก้ปัญหา (40 นาที)

- นักเรียนดำเนินการตามแผนที่วางไว้ภายในเวลาที่กำหนดและลงมือปลูกพืช

5) การทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง (10 นาที และนอกเวลาจนกระทั่งครบ 2 สัปดาห์)

- นักเรียนบันทึกผลการเพาะปลูกผักไมโครกรีนในแต่ละวันอย่างละเอียดโดยเริ่มบันทึกตั้งแต่วันนี้เป็นวันแรก รวมทั้งจดบันทึกปัญหาที่อาจพบในระหว่างการเก็บข้อมูล วิธีการแก้ไขปัญหานั้นที่นักเรียนเลือกใช้ พร้อมเหตุผลที่เลือกใช้วิธีนั้นๆ
- นักเรียนเตรียมนำเสนอผลการทำกิจกรรม โดยนำเสนอหลังจากที่เก็บผลการทำกิจกรรมครั้งนี้ครบ 1 สัปดาห์ แต่ละกลุ่มใช้เวลาในการนำเสนอไม่เกิน 6 นาที ในรูปแบบใดก็ได้ โดยเตรียมข้อมูลที่จะนำเสนอดังประเด็นต่อไปนี้
 - ผลการออกแบบสภาพแวดล้อมในการปลูกผักไมโครกรีน และผลการเปลี่ยนแปลงของต้นพืช
 - การนำความรู้ด้าน วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มาใช้
 - ปัญหาและอุปสรรคที่พบในการปลูกผักครั้งนี้ พร้อมวิธีการที่นักเรียนได้แก้ไข
 - ข้อเสนอแนะในการออกแบบวิธีการปลูกผักให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

คาบที่ 5 (50 นาที)

6) ชื่นนำเสนอผลการแก้ปัญหา (50 นาที)

- ครูทบทวนเกณฑ์สำหรับการนำเสนอผลงาน จากนั้นให้นักเรียนจับฉลากสุ่มลำดับการนำเสนอ
- นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลงานตามประเด็นที่กำหนดให้
- นักเรียนและครูร่วมกันสรุป และอภิปรายความรู้ แนวคิด และความรู้สึกที่ได้จากการทำกิจกรรม

7. การประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการประเมิน	เครื่องมือวัดผล	เกณฑ์การประเมินผล
คาบที่ 1			
1. ระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด 2. สืบค้นข้อมูล และอธิบายการเกิดเมล็ด และโครงสร้างและการงอกของเมล็ด	- ตรวจใบกิจกรรมที่ 1 - สังเกตพฤติกรรม	- แบบประเมินใบกิจกรรม - แบบประเมินการทำกิจกรรม	ระดับดีขึ้นไป
คาบที่ 2 - 3			
1. สืบค้นข้อมูล และอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด และสภาพพักตัวของเมล็ด 2. สืบค้นข้อมูล และยกตัวอย่างวิธีการวัดการเจริญเติบโตที่เหมาะสมกับพืชลักษณะต่างๆ 3. ออกแบบแนวทางการเพาะปลูกผักไมโครกรีนตามเงื่อนไขที่กำหนดได้อย่างสร้างสรรค์ 4. ออกแบบวิธีการเก็บบันทึกผลการเพาะปลูกผักไมโครกรีนได้อย่างเหมาะสม	- ตรวจใบกิจกรรมที่ 1 - สังเกตพฤติกรรม	- แบบประเมินใบกิจกรรม - แบบประเมินการทำกิจกรรม	ระดับดีขึ้นไป
คาบที่ 4			
1. ออกแบบวิธีการเก็บบันทึกผลการเพาะปลูกผักไมโครกรีนได้อย่างเหมาะสม	- ตรวจใบกิจกรรมที่ 1 - สังเกตพฤติกรรม	- แบบประเมินการทำกิจกรรม	ระดับดีขึ้นไป
2. ลงมือเพาะปลูกผักไมโครกรีนที่สนใจได้อย่างเหมาะสมและสร้างสรรค์ตามเงื่อนไข	- ตรวจใบกิจกรรมที่ 1 - สังเกตพฤติกรรม	- แบบประเมินการทำกิจกรรม	ระดับดีขึ้นไป
คาบที่ 5			
1. นำเสนอผลการเพาะปลูกผักไมโครกรีนตามหัวข้อที่กำหนด	- สังเกตพฤติกรรม	- แบบประเมินการทำกิจกรรม	ระดับดีขึ้นไป

เกณฑ์การประเมินใบกิจกรรม

รายการประเมิน	คำอธิบายและคะแนน			
	3	2	1	0
1. ความถูกต้อง	-เนื้อหาถูกต้อง - ตอบคำถามครบถ้วน ทุกประเด็นตั้งแต่ร้อยละ 70 ของจำนวนข้อ	-เนื้อหาถูกต้อง - ตอบคำถามครบถ้วน ทุกประเด็นร้อยละ 50-79 ของจำนวนข้อ	-เนื้อหาถูกต้อง - ตอบคำถามครบถ้วน ทุกประเด็นตั้งแต่ร้อยละ 49 ลงไปของจำนวนข้อ	- เนื้อหาไม่ถูกต้อง ตอบคำถามไม่ครบถ้วน ไม่ตรงประเด็น หรือไม่ตอบคำถาม
ความเป็นระเบียบ	ภาพรวมของงานเป็นระเบียบ แสดงถึงความตั้งใจ	ภาพรวมของงานเป็นระเบียบ พบข้อบกพร่องเล็กน้อย	ภาพรวมของงานดูเป็นระเบียบบางส่วน พบข้อบกพร่องเล็กน้อย	ภาพรวมของงานไม่เป็นระเบียบ
ความตรงต่อเวลา	ส่งงานภายในเวลาที่กำหนด	ส่งงานล่าช้า 1 วัน	ส่งงานล่าช้า 2 วัน	ส่งงานล่าช้าตั้งแต่ 3 วันหรือไม่ส่งงาน

เกณฑ์การประเมินการทำกิจกรรม

ประเด็นพิจารณา	คำอธิบายและคะแนน				
	4	3	2	1	0
1. การระบุปัญหา	- ระบุปัญหาถูกต้อง ตรงประเด็น และครบถ้วน - บอกสาเหตุสอดคล้องกับปัญหาที่ระบุไว้ครบถ้วน	- ระบุปัญหาถูกต้อง ตรงประเด็น แต่ไม่ครบถ้วน - บอกสาเหตุสอดคล้องกับปัญหาที่ระบุไว้ครบถ้วน	- ระบุปัญหาได้ถูกต้อง ตรงประเด็น แต่ไม่ครบถ้วน - บอกสาเหตุไม่สอดคล้องกับปัญหาที่ระบุไว้บางปัญหา	- ระบุปัญหาได้ถูกต้อง ตรงประเด็น แต่ไม่ครบถ้วน - ไม่บอกสาเหตุของปัญหา	- ไม่สามารถระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด - ไม่บอกสาเหตุของปัญหา

เกณฑ์การประเมินการทำกิจกรรม (ต่อ)

ประเด็น พิจารณา	คะแนน				
	4	3	2	1	0
2. การตัดสินใจเลือกปัญหาที่จะแก้ไข	- มีการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมอย่างรอบด้าน - ตัดสินใจเลือกปัญหาเพื่อออกแบบวิธีปลูกผักได้ - เลือกแก้ปัญหาตามความสำคัญ - แสดงเหตุผลสมเหตุสมผลโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ประกอบชัดเจน	- มีการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม - ตัดสินใจเลือกปัญหาเพื่อออกแบบวิธีปลูกผักได้ - แสดงเหตุผลสมเหตุสมผลแต่ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ประกอบไม่ชัดเจน	- มีการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม - ตัดสินใจเลือกปัญหาเพื่อออกแบบวิธีปลูกผักได้ - แสดงเหตุผลแต่ไม่สมเหตุสมผล	- ตัดสินใจเลือกปัญหาเพื่อออกแบบวิธีปลูกผักได้ - ไม่แสดงเหตุผลประกอบ	ไม่สามารถตัดสินใจเลือกปัญหาเพื่อออกแบบวิธีปลูกผักได้
3. การคิดค้น	เสนอวิธีปลูกผักที่มีแนวโน้มนำไปใช้ได้มากกว่า 3 วิธี	เสนอวิธีปลูกผักที่มีแนวโน้มนำไปใช้ได้ 3 วิธี	เสนอวิธีปลูกผักที่มีแนวโน้มนำไปใช้ได้ 2 วิธี	เสนอวิธีปลูกผักที่มีแนวโน้มนำไปใช้ได้ 1 วิธี	ไม่เสนอวิธีปลูกผักหรือเสนอวิธีที่นำไปใช้ไม่ได้
4. การคิดยืดหยุ่น	- เสนอวิธีปลูกผักที่เหมาะสมกับวัสดุอุปกรณ์ที่เลือก และระยะเวลาในการปลูก - วิธีปลูกผักมีแนวโน้มนำไปใช้ได้	- เสนอวิธีปลูกผักที่เหมาะสมกับวัสดุอุปกรณ์ที่เลือกหรือระยะเวลาในการปลูก - วิธีปลูกผักมีแนวโน้มนำไปใช้ได้	- เสนอวิธีปลูกผักแต่ยังไม่เหมาะสมกับวัสดุอุปกรณ์ที่เลือกและระยะเวลาในการปลูก - วิธีปลูกผักมีแนวโน้มนำไปใช้ได้	- เสนอวิธีปลูกผักแต่ยังไม่เหมาะสมกับวัสดุอุปกรณ์หรือระยะเวลาในการปลูกที่เลือก	ไม่เสนอวิธีปลูกผัก

เกณฑ์การประเมินการทำกิจกรรม (ต่อ)

ประเด็น พิจารณา	คะแนน				
	4	3	2	1	0
5. การคิดริเริ่ม	เสนอวิธีปลูกผักที่ ไม่ซ้ำใครหรือซ้ำไม่ เกินร้อยละ 5 ของวิธี ปลูกผักทั้งหมดที่ เสนอมา	เสนอวิธีปลูกผักที่ ซ้ำกันคิดเป็นร้อย ละ 5 - 10 ของวิธี ปลูกผักทั้งหมดที่ เสนอมา	เสนอวิธีปลูกผักที่ ซ้ำกันคิดเป็นร้อย ละ 11 - 15 ของวิธี ปลูกผักทั้งหมดที่ เสนอมา	เสนอวิธีปลูกผักที่ ซ้ำกันคิดเป็นร้อย ละ 16 - 20 ของวิธี ปลูกผักทั้งหมดที่ เสนอมา	เสนอวิธีปลูกผักที่ ซ้ำกันคิดเป็นร้อย ละ 21 ขึ้นไปของ วิธีปลูกผัก ทั้งหมดที่เสนอมา
6. การคิดมี เหตุผล	- เลือกวิธีปลูกผักที่ ใช้ความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ - แสดงเหตุผลเชิง วิทยาศาสตร์เพื่อ ตัดสินใจเลือกวิธี แก้ปัญหา	- เลือกวิธีปลูก ผักที่ใช้ความรู้ ทาง วิทยาศาสตร์ - แสดงเหตุผล ไม่เป็นเชิง วิทยาศาสตร์ เพื่อตัดสินใจ เลือกวิธี แก้ปัญหา	- เลือกวิธีปลูก ผักที่ไม่ใช่ ความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ - แสดงเหตุผล ไม่เป็นเชิง วิทยาศาสตร์ เพื่อตัดสินใจ เลือกวิธี แก้ปัญหา	- เลือกวิธีปลูก ผักที่ไม่ใช่ ความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ - แสดงเหตุผลที่ ไม่สนับสนุนการ ตัดสินใจเลือก วิธีแก้ปัญหา	ไม่เลือกวิธีปลูก ผักและไม่แสดง เหตุผล
7. การวางแผน การแก้ปัญหา และการ ดำเนินงาน	- แสดงแผนการใน การปลูกผักและดูแล ผักอย่างละเอียด ชัดเจน - สามารถนำ แผนการมาใช้ได้จริง ทุกขั้นตอน - ผลการ ดำเนินงานเป็นไป ตามเงื่อนไขที่ กำหนดทุกเงื่อนไข	- แสดงแผนการใน การปลูกผักและ ดูแลผักไม่ชัดเจน - สามารถนำ แผนการมาใช้ได้ จริงทุกขั้นตอน - ผลการ ดำเนินงาน เป็นไปตาม เงื่อนไขที่ กำหนดทุก เงื่อนไข	- แสดงแผนการใน การปลูกผักและ ดูแลผักไม่ชัดเจน - สามารถนำ แผนการบาง ขั้นตอนมาใช้ได้ จริงบางขั้นตอน - ผลการ ดำเนินงาน เป็นไปตาม เงื่อนไขที่ กำหนดบาง เงื่อนไข	- แสดงแผนการใน การปลูกผักและ ดูแลผักไม่ชัดเจน - สามารถนำ แผนการบาง ขั้นตอนมาใช้ได้ จริงบางขั้นตอน - ผลการ ดำเนินงานไม่ เป็นไปตาม เงื่อนไข	ไม่แสดงขั้นตอน การปลูกผักและ ดูแลผัก

ระดับคุณภาพ

22 – 28 ดีมาก

15 – 21 ดี

8 – 14 พอใช้

0 – 7 ปรับปรุง

ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ผักไมโครกรีน

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....กลุ่ม.....

ให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ต่อไปนี้แล้วตอบคำถาม

ไมโครกรีน คือ ต้นกล้าที่ได้จากการเพาะเมล็ดผักหรือสมุนไพรให้เจริญเติบโตจนมีความสูงของลำต้นอยู่ที่ 1 – 3 นิ้ว ใบเลี้ยงคลี่ออกเต็มที่ และมีใบจริงอยู่ที่ 1 - 4 ใบ โดยอายุเก็บเกี่ยวไมโครกรีนจะอยู่ในช่วง 7 – 14 วันหลังการเพาะ ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช เนื่องจากไมโครกรีนเพิ่งผ่านกระบวนการงอกซึ่งต้องมีการย่อยสลายสารอาหารที่สะสมไว้ในเมล็ด หลากหลายการวิจัยจึงได้ค้นพบว่าและยืนยันว่าไมโครกรีนเต็มไปด้วยคุณค่าทางอาหาร เช่น กรดอะมิโน กรดไขมัน วิตามิน เกลือแร่ และสารต้านอนุมูลอิสระสูง นอกจากนี้ด้วยระยะเวลาเพาะปลูกที่สั้น ดูแลรักษาง่ายโดยไม่ต้องใช้สารเคมี ใช้พื้นที่ในการปลูกน้อย อีกทั้งยังมีรูปลักษณะที่สวยงาม เนื้อสัมผัสกรอบ รสชาติเข้มข้นกว่าผักที่มีอายุเก็บเกี่ยวมากกว่า ไมโครกรีนจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจสำหรับผู้บริโภคที่รักสุขภาพ โดยตัวอย่างไมโครกรีนที่นิยมเพาะ เช่น ทานตะวัน ใต้วเหมียว ฟักทอง ผักโขม ผักบุ้ง กระถิน กะเพรา แมงลัก งาดำ กวางตุ้ง

หากนักเรียนเป็นเยาวชนกลุ่มหนึ่งที่รักสุขภาพ และมีความสนใจเกี่ยวกับผักไมโครกรีนเป็นพิเศษ เพราะมีรูปร่างสวยงาม แปลกตา น่ารับประทาน และมีคุณค่าทางอาหารสูง เยาวชนกลุ่มนี้จึงมีความตั้งใจที่จะทดลองปลูกผักไมโครกรีนเพื่อรับประทานและวางจำหน่าย อีกทั้งเป็นการเชิญชวนให้คนหันมารับประทานผักกันมากขึ้น ทั้งนี้ในระยะเริ่มต้นซึ่งเป็นการทดลองปลูกผักก่อนออกจำหน่ายนักเรียนจึงได้แบ่งกลุ่มกันเพื่อหาวิธีการว่าควรการปลูกผักไมโครกรีนอย่างไรให้มีดัชนีการงอกสูงที่สุดและลำต้นผักมีความสูง 1.5 - 3 นิ้ว ในวันที่จะเก็บเกี่ยว (10-14 วันหลังเพาะ) เพื่อให้ผู้บริโภคได้รับประทานผักที่มีคุณภาพ และในขณะเดียวกันจะเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์อย่างไรให้คุ้มค่าและมีต้นทุนต่ำที่สุด โดยมีวัสดุอุปกรณ์ที่ให้ ดังนี้

- | | |
|--|--|
| 1. เมล็ดพืช 1 กรัม ราคา 5 บาท (เลือกได้ 1 ชนิด คือ เมล็ดแมงลัก เมล็ดงาดำ เมล็ดกะเพรา เมล็ดทานตะวัน เมล็ดผักบุ้ง) | 3. กาบมะพร้าวสับ 2 กรัม ราคา 2 บาท |
| 2. ขุยมะพร้าว 2 กรัม ราคา 5 บาท | 4. ดินร่วน 2 กรัม ราคา 7 บาท |
| | 5. ถุงดำ 1 ถุง ราคา 2 บาท |
| | 6. กระดาษแข็งขนาด A3 1 แผ่น ราคา 3 บาท |

หมายเหตุ หากนักเรียนต้องการอุปกรณ์นอกเหนือจากนี้สามารถจัดหาเองได้ หากวัสดุอุปกรณ์ใดเป็นของเหลือใช้ไม่ต้องบันทึกค่าใช้จ่าย แต่หากซื้อมาจะต้องบันทึกค่าใช้จ่ายไว้เพื่อนำมาคำนวณต้นทุนในการทำกิจกรรม

1. ให้นักเรียนระบุปัญหาและสาเหตุจากของสถานการณ์ต่อไปนี้โดยระบุมาเป็นข้อๆ

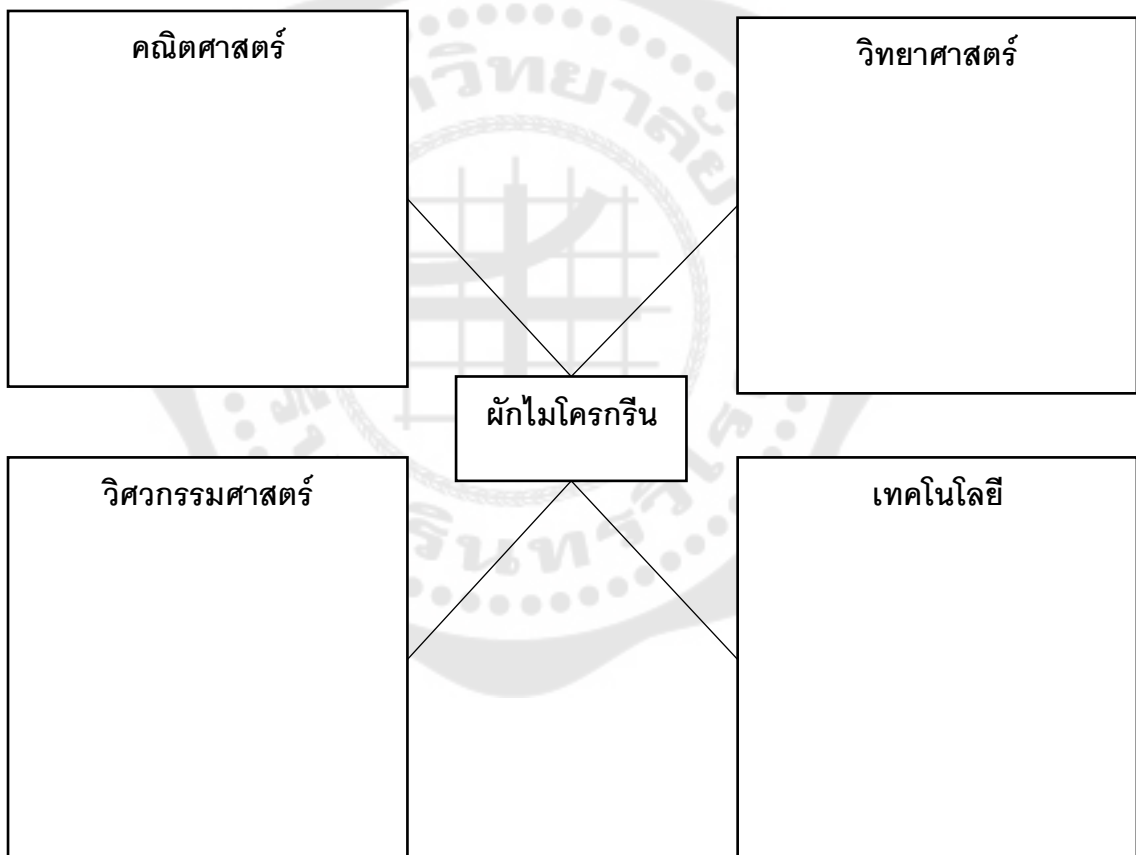
.....

.....

.....

.....

2. ให้นักเรียนเขียนหัวข้อความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าวลงในแผนภาพ



3. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบวิธีการปลูกผักไมโครกรีน และตอบคำถามต่อไปนี้ พร้อมบันทึกชื่อแหล่งอ้างอิงที่สืบค้นลงในช่องว่าง (หากเป็นเว็บไซต์สามารถบันทึกไว้ในส่วนของ bookmark ในเว็บเบราว์เซอร์ได้)

3.1 นักเรียนจะเลือกปลูกพืชชนิดใด เพราะเหตุใด

.....

.....

3.2 พืชที่นักเรียนเลือกปลูกเป็นพืชใบเลี้ยงคู่หรือใบเลี้ยงเดี่ยว และโครงสร้างภายในเมล็ดพืชของนักเรียนควรประกอบด้วยอะไรบ้าง และเมล็ดพืชดังกล่าวจะมีลักษณะการงอกเป็นแบบใบเลี้ยงอยู่เหนือดิน (epigeal germination) หรือใบเลี้ยงอยู่ใต้ดิน (hypogeal germination) จงอธิบายพร้อมวาดภาพประกอบ

.....

.....

3.3 หากเมล็ดพืชไม่มีเอนโดสเปิร์ม (endosperm) นักเรียนคิดว่าเมล็ดพืชจะสามารถงอกได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

3.4 น้ำมีความสำคัญต่อการงอกของเมล็ดพืชที่อยู่ในระยะพัก (seed dormancy) อย่างไร

.....

.....

3.5 หากนักเรียนต้องการตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์พืชที่นำมาเพาะปลูก นักเรียนจะเลือกใช้วิธีการใด และวิธีการนั้นมีขั้นตอนอย่างไร จงอธิบายมาพอเข้าใจ

.....

.....

.....
.....
3.6 หากเมล็ดพันธุ์ที่นักเรียนนำมาเพาะปลูกไม่ออกเสียที่ นักเรียนจะใช้ความรู้เรื่องการทำลายสภาพ
ระยะพักเมล็ดมาใช้แก้ปัญหาอย่างไร จงอธิบายมาพอเข้าใจ

.....
.....
3.7 การวัดการเจริญเติบโตของพืชสามารถทำได้หลายวิธี เช่น วัดความสูง และวัดน้ำหนัก ทั้งนี้
นอกเหนือจากวิธีการดังกล่าว นักเรียนสามารถสังเกตการเจริญเติบโตของพืชได้ด้วยวิธีได้อีกบ้าง จง
ยกตัวอย่าง

.....
.....
หัวข้อเรื่อง และชื่อแหล่งอ้างอิงที่สืบค้น

.....

4. ให้นักเรียนออกแบบวิธีการปลูกผักไมโครกรีนให้เป็นไปตามเงื่อนไขของสถานการณ์ในประเด็นต่อไปนี้
อย่างละเอียด (เขียนในรูปแบบที่เข้าใจได้ง่าย เช่น ผังความคิด flowchart เขียนอธิบายพร้อมวาด
ภาพประกอบ)

4.1) วัสดุอุปกรณ์ที่เลือกใช้

วัสดุอุปกรณ์ที่เลือกใช้	จำนวน	ราคา

4.2) การเตรียมเมล็ด การเตรียมสภาพแวดล้อม วิธีการดูแลรักษาระหว่างการเพาะปลูก

4.3) ออกแบบวิธีการเก็บบันทึกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของผักไมโครกรีนในแต่ละวัน

5. ให้นักเรียนบันทึกผลการดำเนินงานในแต่ละวันอย่างละเอียดตามที่ได้ออกแบบไว้ พร้อมทั้งจับบันทึกปัญหาที่อาจพบในระหว่างการเก็บข้อมูล วิธีการแก้ไขปัญหาที่นักเรียนเลือกใช้ พร้อมเหตุผลที่เลือกใช้วิธีดังกล่าว



6. เตรียมตัวสำหรับการนำเสนอ ให้นักเรียนเตรียมการนำเสนอผลการปลูกผักไมโครกรีนในรูปแบบใดก็ได้ กลุ่มละไม่เกิน 6 นาที โดยเนื้อหาในการนำเสนอประกอบด้วยประเด็นต่อไปนี้

- ผลการออกแบบสภาพแวดล้อมในการปลูกผักไมโครกรีน และผลการเปลี่ยนแปลงของผัก
- การนำความรู้ด้าน วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มาใช้
- ปัญหาและอุปสรรคที่พบในการปลูกผักครั้งนี้ พร้อมวิธีการที่นักเรียนได้แก้ไข
- ข้อเสนอแนะในการออกแบบวิธีการปลูกผักให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

ชื่อ - สกุล ชั้น เลขที่

คำชี้แจง

1. แบบวัดฉบับนี้ใช้สำหรับวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์สำหรับนักเรียน
2. แบบวัดฉบับนี้ประกอบด้วยสถานการณ์ จำนวน 2 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์ประกอบด้วยคำถามแบบเขียนตอบจำนวน 5 ข้อ ให้นักเรียนเลือกทำจำนวน 1 สถานการณ์
3. นักเรียนจะได้คะแนนสูงเมื่อตอบคำถามได้จำนวนมาก แปลกใหม่ หลากหลาย และมีการใช้ความรู้เชิงวิทยาศาสตร์ประกอบการให้เหตุผล
4. ให้นักเรียนใช้เวลาในการทำแบบวัดฉบับนี้ 40 นาที

สถานการณ์ที่ 1

ณ ตอนนี้ โลกกำลังเผชิญกับสภาพอากาศที่เลวร้ายขึ้นทุกวันอันเนื่องมาจากภาวะโลกร้อนซึ่งมีสาเหตุมาจากแก๊สเรือนกระจกที่มนุษย์สร้างขึ้น สิ่งที่มีมนุษย์อาจจะต้องเผชิญต่อในอนาคตอันใกล้คือความมั่นคงทางอาหาร เพราะความต้องการอาหารยังคงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามจำนวนประชากรมนุษย์ แต่ด้วยสภาพอากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้น และความชื้นไม่เพียงพอ จึงมีการคาดการณ์กันว่าในอนาคตอันใกล้พื้นที่ทะเลทรายจะแห้งแล้งเพิ่มขึ้นจนไม่สามารถทำการเกษตรได้ตามปกติ นักวิทยาศาสตร์จึงพยายามคิดหาวิธีการต่างๆ เพื่อหลีกเลี่ยงภาวะขาดแคลนอาหารที่อาจจะเกิดขึ้นในไม่ช้านี้

สถานการณ์ที่ 2

พื้นที่สีเขียว คือพื้นที่ที่ปกคลุมไปด้วยพืชพรรณต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นพื้นที่ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติหรือมนุษย์สร้างขึ้น ทุกวันนี้ทั่วโลกจึงให้ความสำคัญกับการเพิ่มพื้นที่สีเขียวอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเมืองใหญ่ซึ่งเป็นศูนย์กลางความเจริญในทุกด้าน ทำให้เมืองมีความแออัด พื้นที่สีเขียวสำหรับพักผ่อนหย่อนใจลดลง มีมลพิษมากมายเกิดขึ้น ทำให้สุขภาพกายและสุขภาพจิตของคนในเมืองถูกบั่นทอนอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ การเพิ่มพื้นที่สีเขียวจึงเป็นทางออกหนึ่งที่จะช่วยบรรเทาผลกระทบดังกล่าว แต่ก็นับเป็นเรื่องท้าทายสำหรับพื้นที่ในเมืองที่มีอยู่จำกัด ซึ่งจะต้องร่วมกันจัดการต่อไป

1. นักเรียนเลือกสถานการณ์ที่.....

ให้นักเรียนระบุปัญหาและสาเหตุของปัญหาจากสถานการณ์ดังกล่าว

	ปัญหา	สาเหตุของปัญหา
1		
2		
3		
4		
5		

2. นักเรียนคิดว่าจากปัญหาในข้อ 1 ข้อใดควรได้รับการแก้ไขเป็นอันดับแรก เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

จากปัญหาที่นักเรียนเลือกในข้อ 2 ให้นักเรียนเสนอวิธีการแก้ปัญหามาให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

วิธีที่ 1 คือ.....

วิธีที่ 2 คือ.....

วิธีที่ 3 คือ.....

วิธีที่ 4 คือ.....

วิธีที่ 5 คือ.....

วิธีที่ 6 คือ.....

เกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

ประเด็นพิจารณา	คะแนน				
	4 (ดีมาก)	3 (ดี)	2 (ปานกลาง)	1 (พอใช้)	0 (ปรับปรุง)
1. การระบุปัญหา					
1.1 การค้นหาปัญหา	ระบุปัญหาภายในขอบเขตข้อเท็จจริงจากสถานการณ์ที่กำหนดมากกว่า 3 ปัญหา	ระบุปัญหาภายในขอบเขตข้อเท็จจริงจากสถานการณ์ที่กำหนด 3 ปัญหา	ระบุปัญหาภายในขอบเขตข้อเท็จจริงจากสถานการณ์ที่กำหนด 2 ปัญหา	ระบุปัญหาภายในขอบเขตข้อเท็จจริงจากสถานการณ์ที่กำหนด 1 ปัญหา	ไม่สามารถระบุหรือระบุปัญหานอกขอบเขตข้อเท็จจริงจากสถานการณ์ที่กำหนด
1.2 ระบุสาเหตุของปัญหา	บอกสาเหตุสอดคล้องกับปัญหาที่ระบุไว้ครบถ้วน	บอกสาเหตุไม่ครบหรือไม่สอดคล้องกับปัญหาที่ระบุไว้ 1 ปัญหา	บอกสาเหตุไม่สอดคล้องกับปัญหาที่ระบุไว้ 2 ปัญหา	บอกสาเหตุไม่สอดคล้องกับปัญหาที่ระบุไว้มากกว่า 2 ปัญหา	ไม่บอกสาเหตุหรือสาเหตุไม่สอดคล้องกับทุกปัญหาที่ระบุ
1.3 การตัดสินใจเลือกปัญหาที่จะแก้ไข	- ตัดสินใจเลือกปัญหาได้ - เลือกแก้ปัญหาได้ตาม ความสำคัญ - แสดงเหตุผลสมเหตุสมผลโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ประกอบชัดเจน	- ตัดสินใจเลือกปัญหาได้ - เลือกแก้ปัญหาได้ตาม ความสำคัญ - แสดงเหตุผลสมเหตุสมผลแต่ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ประกอบไม่ชัดเจน	- ตัดสินใจเลือกปัญหาได้ - เลือกแก้ปัญหาได้ตาม ความสำคัญ - แสดงเหตุผลแต่ไม่สมเหตุสมผล	- ตัดสินใจเลือกปัญหาได้ - ไม่เลือกแก้ปัญหามาตาม ความสำคัญ - ไม่แสดงเหตุผลประกอบ	ไม่สามารถตัดสินใจเลือกปัญหาหรือเลือกปัญหาที่อยู่นอกขอบเขตข้อเท็จจริงของสถานการณ์ที่กำหนด
2. การสร้างแนวคิดที่หลากหลาย					
2.1 การคิดคลอง	บอกวิธีแก้ปัญหาที่มีแนวโน้มนำไปใช้ได้มากกว่า 3 วิธี	บอกวิธีแก้ปัญหาที่มีแนวโน้มนำไปใช้ได้ 3 วิธี	บอกวิธีแก้ปัญหาที่มีแนวโน้มนำไปใช้ได้ 2 วิธี	บอกวิธีแก้ปัญหาที่มีแนวโน้มนำไปใช้ได้ 1 วิธี	ไม่บอกวิธีแก้ปัญหาหรือบอกวิธีแก้ปัญหาที่นำไปใช้ไม่ได้

เกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (ต่อ)

ประเด็นพิจารณา	คะแนน				
	4 (ดีมาก)	3 (ดี)	2 (ปานกลาง)	1 (พอใช้)	0 (ปรับปรุง)
2.2 การคิด ยืดหยุ่น	บอกวิธี	บอกวิธี	บอกวิธี	บอกวิธี	บอกวิธี
	แก้ปัญหา	แก้ปัญหา	แก้ปัญหา	แก้ปัญหา	แก้ปัญหา
	สอดคล้องกับ	ที่สอดคล้องกับ	ที่สอดคล้องกับ	ที่สอดคล้องกับ	ไม่สอดคล้องกับ
	สถานการณ์และ	สถานการณ์และ	สถานการณ์และ	สถานการณ์และ	สถานการณ์
	มีแนวโน้ม	มีแนวโน้ม	มีแนวโน้ม	มีแนวโน้ม	
	นำไปใช้ได้	นำไปใช้ได้ 3 วิธี	นำไปใช้ได้ 2 วิธี	นำไปใช้ได้ 1 วิธี	
	มากกว่า 3 วิธี				
2.3 การคิดริเริ่ม	มีแนวทาง	มีแนวทาง	มีแนวทาง	มีแนวทาง	ไม่มีแนวทาง
	แก้ปัญหา	แก้ปัญหา	แก้ปัญหา	แก้ปัญหา	แก้ปัญหา
	แตกต่างจาก	แตกต่างจาก	แตกต่างจาก	แตกต่างจาก	แตกต่างจาก
	คำตอบทั้งหมด	คำตอบทั้งหมด	คำตอบทั้งหมด	คำตอบทั้งหมด	คำตอบทั้งหมด
	มากกว่า 3	3 แนวทาง	2 แนวทาง	1 แนวทาง	
	แนวทาง				
2.4 การคิดมี เหตุผล	- เลือกวิธี	- เลือกวิธี	- เลือกวิธี	- เลือกวิธี	ไม่เลือกวิธี
	แก้ปัญหาที่ใช้	แก้ปัญหาที่ใช้	แก้ปัญหาที่ไม่ใช้	แก้ปัญหาที่ไม่ใช้	แก้ปัญหาและไม่
	ความรู้ทาง	ความรู้ทาง	ความรู้ทาง	ความรู้ทาง	แสดงเหตุผล
	วิทยาศาสตร์	วิทยาศาสตร์	วิทยาศาสตร์	วิทยาศาสตร์	
	- แสดงเหตุผล	- แสดงเหตุผลไม่	- แสดงเหตุผลไม่	- แสดงเหตุผลที่	
	เชิงวิทยาศาสตร์	เป็นเชิง	เป็นเชิง	ไม่สนับสนุนการ	
	เพื่อตัดสินใจ	วิทยาศาสตร์เพื่อ	วิทยาศาสตร์เพื่อ	ตัดสินใจเลือกวิธี	
	เลือกวิธี	ตัดสินใจเลือกวิธี	ตัดสินใจเลือกวิธี	แก้ปัญหา	
	แก้ปัญหา	แก้ปัญหา	แก้ปัญหา		
3. การวางแผนการแก้ปัญหา					
3.1 ความชัดเจน ในการแสดง ขั้นตอนการ แก้ปัญหา	- แสดงขั้นตอนใน	- แสดงขั้นตอนใน	- แสดงขั้นตอนใน	- แสดงขั้นตอน	ไม่แสดงขั้นตอน
	การแก้ปัญหา	การแก้ปัญหาไม่	การแก้ปัญหาไม่	ในการแก้ปัญหา	การแก้ปัญหา
	ละเอียดชัดเจน	ชัดเจน	ชัดเจน	ไม่ชัดเจน	- แผนการ
	- แผนฯ สอดคล้อง	- แผนฯ สอดคล้อง	- แผนฯ สอดคล้อง	- แผนฯ ไม่	แก้ปัญหา
	กับวิธีที่เลือก	กับวิธีที่เลือก	กับวิธีที่เลือก	สอดคล้อง	
	- แผนฯ มีแนวโน้ม	- แผนฯ มีแนวโน้ม	- แผนฯ ยังเป็นไป	กับวิธีที่เลือก	
	นำไปใช้ได้	นำไปใช้ได้	ไม่ได้ในการใช้		

แบบทดสอบ รายวิชา ว30243 ชีววิทยาเข้มข้น ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การเจริญเติบโตของพืช

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดแล้วฝนคำตอบด้วยลงในกระดาษคำตอบที่แจกให้

1. เหตุการณ์ใดไม่เกิดขึ้นหลังการปฏิสนธิของพืชดอก
 - 1) เกิดเมล็ดขึ้นซึ่งพัฒนามาจาก ovule
 - 2) เกิดเปลือกหุ้มเมล็ดซึ่งพัฒนามาจาก ovary
 - 3) เกิดต้นอ่อนของพืชซึ่งพัฒนามาจากการผสมกันของ sperm และ egg cell
 - 4) เกิดอาหารสะสมในเมล็ดซึ่งพัฒนามาจากการผสมกันของ sperm และ polar nuclei
2. หากนักเรียนต้องการได้รับสารอาหารแหล่งเดียวกับที่ต้นอ่อนใช้ในขณะงอกเมล็ดเพราะยังไม่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้เต็มที่ นักเรียนจะนำพืชชนิดใดมาประกอบอาหาร
 - 1) ถั่วฝักยาว ถั่วฝักยาว
 - 2) ถั่วแดง ข้าวกล้อง
 - 3) ถั่วฝักยาว ถั่วแดง
 - 4) ถั่วฝักยาว ข้าวกล้อง
3. น้ำมีความสำคัญต่อการงอกของเมล็ดอย่างไร

A. ช่วยให้โครงสร้างของเมล็ดอ่อนนุ่มลง แก๊สออกซิเจนและน้ำเข้าไปได้ง่าย

B. ช่วยกระตุ้นกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในเมล็ดให้เมล็ดงอกได้

C. ช่วยละลายสารอาหารจาก endosperm หรือใบเลี้ยงให้แก่ต้นอ่อน

 - 1) A, B
 - 2) A, C
 - 3) B, C
 - 4) A, B และ C
4. จากตารางบันทึกผลการทดลองเพาะเมล็ดพืชเขตร้อนชนิดหนึ่งในอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และมีออกซิเจนเพียงพอ ชุดการทดลองใดน่าจะงอกเป็นลำดับแรก เพราะเหตุใด

การทดลองที่	อายุเมล็ด	น้ำ	แสง	ผลการทดลอง
1	5 เดือน	ไม่มี	มี	ไม่งอก
2	5 เดือน	มี	ไม่มี	งอก
3	5 เดือน	มี	มี	งอก
4	12 เดือน	ไม่มี	มี	ไม่งอก
5	12 เดือน	มี	มี	งอก
6	12 เดือน	มี	ไม่มี	งอก

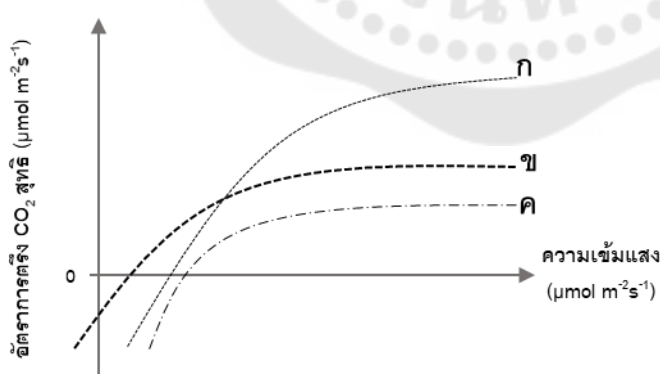
- 1) 2 เพราะเมล็ดน่าจะมีความสมบูรณ์ที่สุด และได้รับปัจจัยที่เหมาะสมกับการงอก
- 2) 5 เพราะเมล็ดน่าจะมีความสมบูรณ์ที่สุด และได้รับปัจจัยที่เหมาะสมกับการงอก
- 3) 2 หรือ 3 เพราะเมล็ดน่าจะมีความสมบูรณ์ที่สุด แต่อาจสรุปไม่ได้ว่าแสงมีผลต่อการงอกหรือไม่
- 4) 5 หรือ 6 เพราะเมล็ดน่าจะมีความสมบูรณ์ที่สุด แต่อาจสรุปไม่ได้ว่าแสงมีผลต่อการงอกหรือไม่

5. ในปัจจุบันผู้คนนิยมนำพืชบางชนิดเข้าไปปลูกในห้องนอนเพราะมีคุณสมบัติในการฟอกอากาศและช่วยตกแต่งห้องให้สวยงาม หากนักเรียนจะตัดสินใจเลือกปลูกพืชในห้องนอน พืชดังกล่าวควรมีคุณสมบัติใด

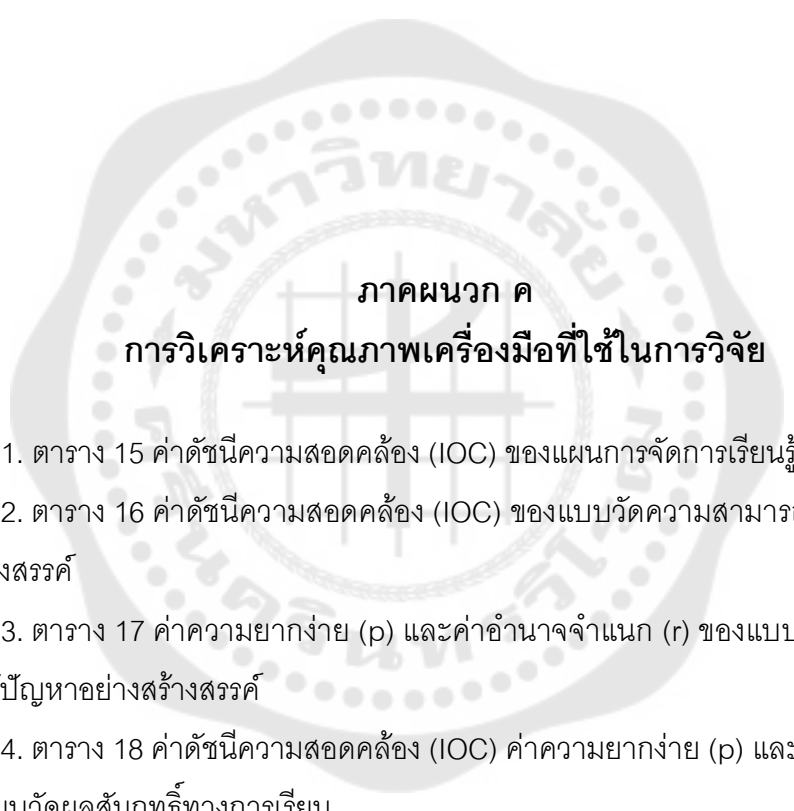
- | |
|---|
| <p>A. มีจุดอิ่มตัวของแสง (light saturation point) ต่ำ</p> <p>B. มีจุดอิ่มตัวของแสง (light saturation point) สูง</p> <p>C. มีจุดอิ่มตัวของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂ saturation point) ต่ำ</p> <p>D. มีจุดอิ่มตัวของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂ saturation point) สูง</p> |
|---|

- | | |
|------------|------------|
| 1) A และ C | 2) A และ D |
| 3) B และ C | 4) B และ D |

6. จากกราฟพืชชนิดใดน่าจะมีโอกาสอยู่รอดมากที่สุดแม้อยู่ในพื้นที่ที่มีการก่อสร้างจนเกิดฝุ่นละอองหนาปกคลุมใบ



- 1) พืช ก เพราะมีค่าอิ่มตัวแสง (light saturation point) สูงที่สุด
- 2) พืช ข เพราะมีค่าชดเชยแสง (light compensation point) ต่ำที่สุด
- 3) พืช ค เพราะมีค่าอิ่มตัวแสง (light saturation point) ต่ำที่สุด
- 4) ข้อมูลไม่เพียงพอ



ภาคผนวก ค
การวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ตาราง 15 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้
2. ตาราง 16 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์
3. ตาราง 17 ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์
4. ตาราง 18 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
5. ตาราง 19 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม
6. ตาราง 20 คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม
7. ตาราง 21 คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม

ตาราง 15 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้

รายการประเมิน	แผนการจัดการเรียนรู้ที่				แปลผล
	1	2	3	4	
1.1 กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00	สอดคล้อง
1.2 กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับจำนวนคาบเรียน	1.00	1.00	1.00	0.80	สอดคล้อง
1.3 เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะสมและสอดคล้องกับระดับชั้นของนักเรียน	1.00	1.00	1.00	1.00	สอดคล้อง
1.4 กิจกรรมการเรียนรู้มีความเชื่อมโยงกับองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์	1.00	1.00	0.80	1.00	สอดคล้อง
1.5 สื่อการสอนมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับระดับชั้นของนักเรียน	1.00	1.00	1.00	1.00	สอดคล้อง
1.6 การวัดและประเมินผลมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับเนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00	สอดคล้อง

ค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.80 – 1.00

ตาราง 16 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

รายการประเมิน	เรื่องที่				แปลผล
	1	2	3	4	
1. สามารถวัดการค้นหาค้นหาปัญหา และการระบุสาเหตุของปัญหาได้	1.00	1.00	1.00	1.00	สอดคล้อง
2. สามารถวัดการตัดสินใจเลือกปัญหาที่จะแก้ไขได้	1.00	1.00	1.00	1.00	สอดคล้อง
3. สามารถวัดการการคิดคล่อง การคิดยืดหยุ่น และการคิดริเริ่ม ได้	1.00	1.00	1.00	1.00	สอดคล้อง
4. สามารถวัดการคิดมีเหตุผลได้	1.00	0.80	1.00	1.00	สอดคล้อง

ค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.80 – 1.00

ตาราง 17 แสดงค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก ของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา
อย่างสร้างสรรค์

เรื่องที่	ข้อที่	ค่าความยาก ง่าย (P_e)	ค่าอำนาจ จำแนก (D)	
1	1.1	0.65	0.32	
	1.2	0.67	0.27	
	1.3	0.53	0.27	
	2.1	0.65	0.21	
	2.2	0.59	0.24	
	2.3	0.44	0.25	
	2.4	0.44	0.33	
	3	0.39	0.38	
	2	1.1	0.80	0.31
		1.2	0.72	0.25
		1.3	0.57	0.39
		2.1	0.72	0.44
2.2		0.66	0.48	
2.3		0.41	0.44	
2.4		0.50	0.28	
3		0.55	0.44	

ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ = 0.85

ตาราง 18 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อที่	IOC	แปลผล	p	r
ฉบับที่ 1				
1	0.80	สอดคล้อง	0.31	0.32
2	0.80	สอดคล้อง	0.16	0.09
3	1.00	สอดคล้อง	0.41	0.24
4	0.80	สอดคล้อง	0.49	0.44
5	0.80	สอดคล้อง	0.68	0.24
6	1.00	สอดคล้อง	0.47	0.35
7	0.80	สอดคล้อง	0.49	0.15
8	0.80	สอดคล้อง	0.49	0.32
9	1.00	สอดคล้อง	0.43	0.38
10	1.00	สอดคล้อง	0.26	0.12
11	1.00	สอดคล้อง	0.66	0.15
12	1.00	สอดคล้อง	0.51	0.21
13	1.00	สอดคล้อง	0.31	0.03
14	1.00	สอดคล้อง	0.16	0.15
15	1.00	สอดคล้อง	0.50	0.61
16	1.00	สอดคล้อง	0.60	0.55
ฉบับที่ 2				
1	0.80	สอดคล้อง	0.24	0.25
2	0.80	สอดคล้อง	0.18	0.03

ตาราง 18 (ต่อ)

ข้อที่	IOC	แปลผล	p	r
3	0.80	สอดคล้อง	0.64	0.36
4	0.60	สอดคล้อง	0.69	0.36
5	0.80	สอดคล้อง	0.65	0.39
6	0.80	สอดคล้อง	0.72	0.31
7	1.00	สอดคล้อง	0.66	0.42
8	1.00	สอดคล้อง	0.69	0.42
9	1.00	สอดคล้อง	0.05	0.11
10	0.80	สอดคล้อง	0.64	0.31
11	0.80	สอดคล้อง	0.22	0.28
12	1.00	สอดคล้อง	0.15	0.03
13	1.00	สอดคล้อง	0.22	0.28
14	1.00	สอดคล้อง	0.34	0.42
15	0.80	สอดคล้อง	0.28	0.27
16	1.00	สอดคล้อง	0.20	0.34

ตาราง 19 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม

เลขที่	ก่อนเรียน	หลังเรียน
1	8	18
2	8	13
3	10	18
4	12	19
5	2	9
6	6	12
7	10	11
8	9	11
9	11	16
10	7	12
11	8	12
12	7	15
13	7	12
14	10	15
15	11	18
16	12	11
17	9	13
18	12	9
19	11	14
20	9	9
21	9	16
22	8	9
23	11	13
24	10	14
25	6	12
26	8	13

ตาราง 19 (ต่อ)

เลขที่	ก่อนเรียน	หลังเรียน
27	12	15
28	9	17
29	9	13
30	9	12
31	3	9
32	6	13
33	12	12
34	6	9
35	5	13
36	7	11

ตาราง 20 คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ก่อนและหลังได้รับการจัดการ
เรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม

เลขที่	ก่อนเรียน	หลังเรียน
1	28	30
2	16	25
3	10	26
4	15	30
5	24	28
6	11	19
7	23	25
8	27	21
9	22	28
10	30	26
11	29	27
12	24	26
13	23	20
14	22	27
15	31	32
16	23	28
17	22	24
18	25	26
19	22	22
20	27	28
21	18	22
22	21	28
23	24	29
24	24	29
25	21	20

ตาราง 20 (ต่อ)


เลขที่	ก่อนเรียน	หลังเรียน
26	28	27
27	29	26
28	29	30
29	23	27
30	24	31
31	19	27
32	21	23
33	28	28
34	24	22
35	26	25
36	18	24

ตาราง 21 คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ตาม
แนวทางสะเต็ม

เลขที่	คะแนนระหว่างเรียน		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	23	26	30
2	20	23	27
3	20	24	24
4	20	26	27
5	20	24	27
6	23	25	29
7	21	25	29
8	20	26	28
9	21	26	26
10	21	25	28
11	25	24	32
12	18	24	31
13	21	24	27
14	22	25	32
15	27	26	29
16	24	23	29
17	26	25	29
18	27	23	30
19	26	25	29
20	27	25	30
21	26	22	28
22	21	24	24
23	20	29	28

ตาราง 21 (ต่อ)

เลขที่	คะแนนระหว่างเรียน		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
24	21	28	26
25	24	24	25
26	20	26	25
27	21	24	25
28	23	26	30
29	24	25	29
30	26	24	27
31	25	23	27
32	25	23	25
33	25	23	31
34	16	25	24
35	19	24	25
36	15	23	25



ภาคผนวก ง
ภาพกิจกรรมและผลงานนักเรียน

1. ตัวอย่างภาพการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ผักไมโครกรีน
2. ตัวอย่างภาพการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการเจริญเติบโต

ของพืช

ตัวอย่างภาพการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ผักไมโครกรีน



นักเรียนจัดเตรียมวัสดุปลูกผักไมโครกรีน



นักเรียนเตรียมอุปกรณ์สำหรับปลูกผักไมโครกรีน

ตัวอย่างภาพการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ผักไมโครกรีน



นักเรียนนำเสนอผลการปลูกผักไมโครกรีน

ตัวอย่างภาพการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช



นักเรียนร่วมกันสืบค้นข้อมูลและตอบคำถามลงในใบกิจกรรม

ตัวอย่างภาพการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

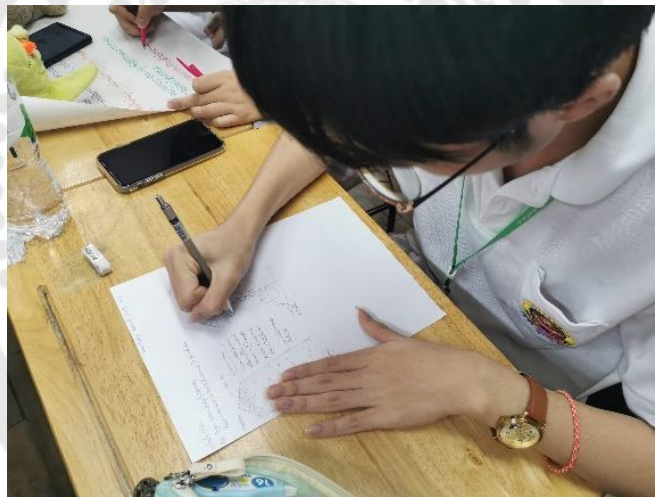
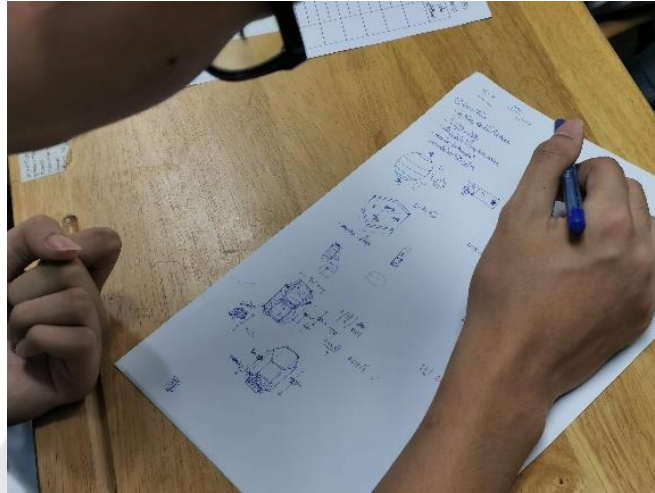


นักเรียนร่วมกันออกแบบการทดลอง และทำการทดลอง



นักเรียนนำเสนอผลการทดลอง

ตัวอย่างภาพการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ภาษนะปลุกพีช

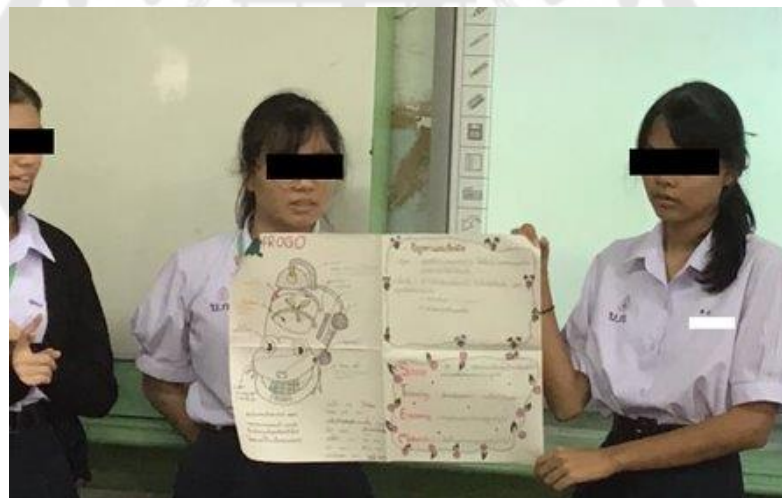


นักเรียนแต่ละคนร่างแบบภาษนะปลุกพีช

ตัวอย่างภาพการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ภาชนะปลูกพืช



นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันออกแบบภาชนะปลูกพืช



นักเรียนนำเสนอผลการออกแบบภาชนะปลูกพืช

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	บุญยาพร พลายงาม
วัน เดือน ปี เกิด	15 ธันวาคม 2535
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2559 การศึกษาระดับบัณฑิต (กศ.บ.) สาขาวิทยาศาสตร์-ชีววิทยา คณะ วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พ.ศ. 2564 การศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาวิทยาการทางการศึกษา และการจัดการเรียนรู้ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

