

**การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อยกระดับความสามารถ
ในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5**
**Development of STEM Education Learning for Enhancing Problem Solving
Ability for Matthayomsuksa 5 Students**

(Received: February 13, 2019; Revised: June 11, 2019; Accepted: July 11, 2019)

สิงหา ประสิทธิ์พงศ์^{1*} ชาตชาย โคกเขา¹ สมภพ อินทสุวรรณ¹ วชิรพัฒน์ จิวานิจ²
Singha Prasitpong^{1} Chadchai Khogkhao¹ Sompop Intasuwan¹ Wachirapat Jiwani²*

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โครงการห้องเรียนพิเศษ โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย ปีการศึกษา 2561 จำนวน 158 คน กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 จำนวน 33 คน ได้จากการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจำนวน 4 แผน เนื้อหาตามหลักสูตรสถานศึกษา รายวิชาชีววิทยา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 2) แบบสังเกต 3) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ใช้ Wilcoxon Matches Pair เปรียบเทียบความแตกต่างของความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนและหลังเรียน ผลการศึกษาพบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงขึ้นกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 คะแนนค่าเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาลงเรียน (ร้อยละ 77.36) สูงกว่าคะแนนค่าเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียน (ร้อยละ 27.31) คะแนนค่าเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาลงเรียนอยู่ในระดับดี (ร้อยละ 30.30) และดีมาก (ร้อยละ 69.70) ซึ่งพัฒนาขึ้นจากคะแนนเฉลี่ยที่ระดับ พอใช้ (ร้อยละ 63.64) และ ปรับปรุง (ร้อยละ 36.36)

คำสำคัญ: ความสามารถในการแก้ปัญหา การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา วิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

¹ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

Faculty of Education, Thaksin University

² โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย

Hatyai Wittayalai School

* email: singha.p@tsu.ac.th

Abstract

The objective of this classroom action research was to develop STEM education learning management, which promote the problem solving ability for mathayomsuksa 5 students. Population was 158 students who study in mathayomsuksa 5 Science Math Ability Programe at Hatyaiwittayalai School, Songkhla province, attending first semester of 2018 academic year. The target group consisted of 33 students from mathayomsuksa 5/1 selected by purposive sampling. The instruments consisted of: 1) 4 teaching plans based on STEM education learning, 2) observation form, and 3) the problem solving ability test, to compare the problem solving ability before and after learning Wilcoxon Matches Pairs was used. The research result found that the problem solving ability of students after obtaining STEM education learning was statically higher than before at .05 statistical significance. The problem solving abilities post-test mean score (77.36%) was higher than the problem solving abilities pre-test mean score (27.31%). The problem solving ability post-test mean scores were “good” (30.30%) and “very good” (69.70%), which developed from “fair” (63.64%) and “improvement” (36.36%) levels in pre-test mean scores.

Keyword: Problem solving ability, STEM education learning, Classroom action research

บทนำ

ความก้าวหน้าทางสังคมเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในศตวรรษที่ 21 ซึ่งส่งผลต่อการพัฒนาต่าง ๆ ในสังคมนั้น ทำให้เกิดการเตรียมพร้อมที่จะต้องรับมือกับการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว โดยเฉพาะความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีบทบาทอย่างยิ่งในการดำเนินชีวิตในสังคมที่พัฒนาสู่ยุคเทคโนโลยี (สุนีย์ คล้ายนิล, ปรีชาญ เดชศรี และ อัมพลิกา ประโมจน์ย์, 2551 : 16) จากการทดสอบความรู้และทักษะด้านการอ่านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์โดย PISA และ TIMSS แสดงให้เห็นว่า เยาวชนไทยยังมีความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ต่ำกว่าหลายประเทศ สาเหตุหลักเกิดจากการเรียนแบบท่องจำ และขาดทักษะในการคิดวิเคราะห์และสังเคราะห์ (มนตรี จุฬาววัฒน, 2556 : 15-16) จากสาเหตุข้างต้นอาจส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหา

สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่บูรณาการความรู้ใน 4 วิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการทำงาน ช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่าง 4 สหวิทยาการกับชีวิตจริงและการทำงาน การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นเพียงการท่องจำทฤษฎีหรือกฎทาง

วิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจทฤษฎีหรือกฎเหล่านั้นผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิด การตั้งคำถาม การแก้ปัญหา การหาข้อมูล และวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ พร้อมทั้งสามารถนำข้อค้นพบนั้นไปใช้หรือบูรณาการกับชีวิตประจำวัน (Bellanca and Brandt, 2010 : 18; DeJarnette, 2012 : 78) ผนวกกับแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มุ่งเน้นการนำความรู้มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันและโลกแห่งความเป็นจริง เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (สุพรรณิชาญประเสริฐ, 2557 : 3-5) โดยกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมนั้นถือเป็นกระบวนการที่ช่วยในการตัดสินใจ ลงมือแก้ปัญหา โดยอยู่บนพื้นฐานของการประยุกต์ใช้ความรู้จากหลายศาสตร์ ซึ่งช่วยฝึกทักษะการแก้ปัญหานักเรียนด้วยฝักการคิดอย่างเป็นระบบมากขึ้น (กมลวรรณ พดุนันท์กุล, 2557 : 9-12)

เนื้อหาในรายวิชาชีววิทยาส่วนใหญ่จะถูกมองว่าเป็นแบบท่องจำ หนึ่งในนั้น คือ เรื่องกายวิภาคศาสตร์ของพืช โดยเฉพาะการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุของพืชซึ่งเป็นเรื่องที่สามารถเข้าใจได้ยาก (Bahar, Johnstone and Hansell, 1999 : 84-86) ทั้ง ๆ ที่เรื่องการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุของพืชนั้นเป็นเรื่องที่มีบทบาทในชีวิตประจำวันของนักเรียนซึ่งสามารถเชื่อมโยงการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ในชีวิตประจำวันได้โดยง่าย ซึ่งครูสามารถจัดการเรียนรู้ผ่านวิธีการสอนหรือกิจกรรมต่าง ๆ ได้หลากหลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง และมีการช่วยเหลือกันเพื่อแก้ปัญหาย่างกระตือรือร้นผ่านการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของผู้เรียน ทำให้เกิดการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ที่ได้สัมผัสกับชีวิตจริง เกิดทักษะการแสวงหาความรู้ได้ด้วยตนเอง ทักษะการสร้างความรู้ใหม่ และทักษะการทำงานกลุ่ม (กมลฉัตร กล่อมอัม และคนอื่น ๆ, 2557: 134-137) นอกจากนี้การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตัวเอง มีการวางแผนการออกแบบเพื่อนำมาแก้ปัญหา การสรุปความคิดผ่านการระดมสมอง การอภิปรายและการทำงานร่วมกับผู้อื่น เมื่อเผชิญกับปัญหาที่ทำหยาและไม่สามารถแก้ไขปัญหได้ด้วยตนเอง เมื่อได้รับคำแนะนำหรือความช่วยเหลือจากเพื่อนที่มีประสบการณ์มากกว่าจะทำให้ผู้เรียนสามารถแก้ไขปัญหาและเกิดการเรียนรู้ขึ้นได้ (Vygotsky, 1978 : 81-118) จากการศึกษางานวิจัย พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาส่งเสริมให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงขึ้น (นัสรินทร์ ปือชา, 2558 : 46-54; ดวงพร สมจันทร์ตา, 2559 : 45-47; อาทิตย์ ฉิมกุล, 2559 : 65-75; อัจฉรีย์ สังข์รักษ์ และคนอื่น ๆ, 2560 : 60) จากประสบการณ์จัดการเรียนรู้ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในโรงเรียนแห่งหนึ่งในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ผู้วิจัยได้พบปัญหานักเรียนในชั้นเรียนส่วนใหญ่ยังให้ความสนใจการจัดการเรียนรู้น้อย และมีความสามารถในการแก้ปัญหาค่ำ ปัญหาดังกล่าวอาจเกิดจากกระบวนการจัดการเรียนรู้ของครูที่ยังเน้นการให้ความรู้แบบครูคอยป้อนให้นักเรียนจำมากกว่าส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักวิธีแสวงหาความรู้และสร้างความรู้ด้วยตนเอง

จากการศึกษางานวิจัยและประสบการณ์การสอนของผู้วิจัยเองข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาการจัดการสอนแบบบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาในเนื้อหาเรื่องการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุของพืช โดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการของเคมมิสและแมกเทกการ์ด (Kemmis and McTaggart, 1990 : 11-15) มาช่วยในการดำเนินการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ประโยชน์ของการวิจัย

1. นักเรียนพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาได้ดียิ่งขึ้น
2. นักเรียนได้รับการพัฒนาการเรียนรู้ เรื่อง การลำเลียงน้ำและแร่ธาตุของพืช อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ต่อไปในชีวิตประจำวันได้
3. เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง การลำเลียงน้ำและแร่ธาตุของพืช ในรายวิชาชีววิทยา สำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

1. กลุ่มเป้าหมาย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 ซึ่งเป็นห้องเรียนโครงการพิเศษวิทยาศาสตร์ โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย อำเภหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 33 คน แบ่งเป็นเพศชาย ร้อยละ 33.33 (11 คน) และเพศหญิงร้อยละ 66.67 (22 คน) ซึ่งได้จากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

2. ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ซึ่งมี 6 ขั้นตอน คือ 1) ระบุปัญหา 2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา หรือชิ้นงาน 6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการแก้ปัญหา ซึ่งมี 5 ขั้นตอน คือ 1) ระบุปัญหา 2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เป็นเนื้อหาตามหลักสูตรสถานศึกษา โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย จังหวัดสงขลา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยาสำหรับห้องเรียนพิเศษ 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การลำเลียงน้ำและแร่ธาตุของพืช ซึ่งมีเนื้อหาดังนี้ 1) กลไกการลำเลียงน้ำ (6 ชั่วโมง) และ 2) ปัจจัยควบคุมการลำเลียงน้ำ (10 ชั่วโมง)

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มเป้าหมาย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 ซึ่งเป็นห้องเรียนโครงการพิเศษวิทยาศาสตร์ โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 33 คน ซึ่งได้จากการเลือกแบบเจาะจง เนื่องจากห้อง 5/1 เป็นห้องนักเรียนโครงการพัฒนาและส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (พสวท.) ร่วมกับนักเรียนโครงการวิทยาศาสตร์สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) เพียงห้องเดียว ซึ่งห้องเรียนดังกล่าวเป็นห้องเรียนที่มุ่งเน้นส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จึงเหมาะแก่การพัฒนานักเรียนในห้องดังกล่าวให้มีความสามารถในด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การลำเลียงน้ำและแร่ธาตุ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 4 แผน จำนวน 16 ชั่วโมง ซึ่งผ่านการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับแผนการจัดการเรียนรู้ (IOC) จากผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนชีววิทยา จำนวน 3 ท่าน โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้อง เท่ากับ 1.00 และได้ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญก่อนนำแผนการจัดการเรียนรู้มาใช้

2. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นแบบทดสอบอัตนัยจำนวน 3 สถานการณ์ รวมทั้งหมด 13 ข้อ ใช้เวลา 1 ชั่วโมง ซึ่งผ่านการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมจากผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนชีววิทยา จำนวน 3 ท่าน โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับแผนการจัดการเรียนรู้ เท่ากับ 1.00

การดำเนินการวิจัย

ดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) กับกลุ่มเป้าหมาย โดยจัดการเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การลำเลียงน้ำและแร่ธาตุของพืช เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย จังหวัดสงขลา ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ โดยก่อนเริ่มจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ในครั้งที่ 1 ให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียน เมื่อจบแต่ละวงจรการจัดการเรียนรู้ก็จะประเมินความสามารถในการแก้ปัญหา หลังจากเสร็จสิ้นการสอนในแต่ละวงจรการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัย อาจารย์ที่ปรึกษา ครูพี่เลี้ยง และผู้ร่วมสังเกตการณ์ จะร่วมกันสะท้อนถึงประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อนำไปพัฒนาและปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนในวงจรถัดไป และเมื่อดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจำนวน 4 แผน แผนละ 4 ชั่วโมง รวมเวลา 16 ชั่วโมง ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 การวิจัยในชั้นเรียนประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ที่เป็นวงจรต่อเนื่องกัน 4 วงจร ตามแผนการจัดการเรียนรู้จึงจะทดสอบเพื่อวัดความสามารถในการแก้ปัญหาลงเรียน

การวิจัยเชิงปฏิบัติการนี้ดำเนินวงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ซึ่งดัดแปลงมาจาก Kemmis and Mc Taggart (1990 : 11-15) คือ 1) ขั้นวางแผน (Plan) 2) ขั้นปฏิบัติการ (Act) 3) ขั้นสังเกต (Observe) และ 4) ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติการ (Reflect)

1. ขั้นวางแผน (Plan)

ในขั้นนี้ผู้วิจัยเตรียมแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การลำเลียงน้ำของพืช โดยกำหนดสถานการณ์ปัญหาเพื่อให้นักเรียนได้ปฏิบัติตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

2. ขั้นปฏิบัติการ (Act)

ในขั้นนี้เป็นการให้นักเรียนได้มีประสบการณ์สถานการณ์ที่กำหนด และค้นพบปัญหาที่เกิดขึ้น โดยผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การลำเลียงน้ำของพืช โดยจัดการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ และใช้สถานการณ์ปัญหา คือ “ปัจจุบันต้นอ่อนทานตะวันได้รับความนิยมอย่างมากในหมู่นักสุขภาพ โดยพบได้ทั่วไปในร้านผักสลัดที่มีการวางขายอย่างแพร่หลายและมีราคาค่อนข้างสูง หากนักเรียนสนใจจะปลูกต้นอ่อนทานตะวันไว้ที่บ้านสำหรับรับประทานเอง แต่ด้วยต้องเดินทางไปต่างจังหวัดบ่อยครั้ง ซึ่งมีเวลารดน้ำให้ต้นอ่อนทานตะวันที่ปลูกได้แค่ 1 ครั้ง ตอนเริ่มปลูกในวันแรก ซึ่งจะต้องเป็นภาชนะปลูกที่ทำจากวัสดุเหลือใช้ หาง่าย ราคาถูก และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เพื่อให้ต้นอ่อนทานตะวันมีการเจริญเติบโตดีที่สุดโดยไม่ต้องรดน้ำทุกวัน นักเรียนจะมีการออกแบบภาชนะปลูกอย่างไร”

จากนั้นให้นักเรียนได้คิดออกแบบตามกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สังเกตการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนในชั้นเรียน และจับเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมในแต่ละขั้น และให้นักเรียนทำใบกิจกรรม

3. ขั้นสังเกต (Observe)

ขณะผู้วิจัยทำการจัดการเรียนรู้จะมีการสังเกตผลการทำกิจกรรมของนักเรียนด้วยแบบสังเกตเกี่ยวกับความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย โดยสังเกตจากภาระงาน/ชิ้นงาน และพฤติกรรมของนักเรียน

4. ขั้นสะท้อนผล (Reflect)

ในขั้นนี้ผู้วิจัยวิเคราะห์ผลการใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การลำเลียงน้ำของพืชของนักเรียนจากใบกิจกรรม แบบประเมินผลงาน และนำข้อมูลส่วนนี้เสนอผลจากการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และครูพี่เลี้ยง แล้วนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงวิธีการจัดการเรียนรู้ในแผนการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การลำเลียงน้ำของพืช ในวงจรเชิงปฏิบัติการต่อไป

ในวงจรเชิงปฏิบัติการต่อไปจะเป็นกิจกรรมให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้แก้ไขกับสถานการณ์ใหม่เพื่อฝึกทักษะการคิดแก้ปัญหา โดยผู้วิจัยต้องนำข้อผิดพลาดหรือสิ่งที่ควรปรับปรุงแก้ไขในขั้นตอนการสะท้อนผลจากวงจรปฏิบัติการก่อนหน้ามาปรับปรุงแก้ไข นักเรียนสามารถสร้างชิ้นงานที่แก้ปัญหาได้ตามเงื่อนไขในสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยการวิจัยได้ดำเนินการตามแผนการวิจัย 4 วงจรวิจัยเชิงปฏิบัติการ

การวิเคราะห์ข้อมูล

เนื่องจากข้อมูลได้จากการเลือกแบบเจาะจงซึ่งไม่ได้มาจากการสุ่มตัวอย่าง ดังนั้นจึงใช้ Wilcoxon Matches Pairs เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

สรุปผลการวิจัย

ความสามารถในการแก้ปัญหาวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลักษณ์ จากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา จำนวน 3 สถานการณ์ รวม 13 ข้อ โดยให้นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียนก่อนที่จะใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การลำเลียงน้ำและแร่ธาตุของพืช และทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาลงจากผ่าน การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาทั้ง 4 วงจรปฏิบัติการ จากผลการศึกษา พบว่านักเรียนทุกคนมีคะแนนความสามารถในการคิดแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 คือ จากคะแนนเต็ม 36 คะแนน ค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการคิดแก้ปัญหาก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 9.83 ± 2.82 (ร้อยละ 27.31) ซึ่งมีคะแนนต่ำสุด คือ 5 คะแนน และคะแนนสูงสุด คือ 18 คะแนน คะแนนค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการคิดแก้ปัญหาลงเรียนมีค่าเท่ากับ 27.85 ± 4.32 (ร้อยละ 77.36) ซึ่งมีคะแนนต่ำสุด คือ 15.5 คะแนน และคะแนนสูงสุด คือ 33 คะแนน (ตารางที่ 1) นอกจากนี้ เมื่อจัดระดับความสามารถจากคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียนและหลังเรียนพบว่า คะแนนก่อนเรียนนักเรียนอยู่ในระดับพอใช้ จำนวน 21 คน (ร้อยละ 63.64) และระดับปรับปรุงจำนวน 12 คน (ร้อยละ 36.36) เมื่อพิจารณาคะแนนหลังเรียน พบว่า คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับดีมาก จำนวน 23 คน (ร้อยละ 69.70) และระดับดี จำนวน 10 คน (ร้อยละ 30.30) (ตารางที่ 2)

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาแยกด้านโดยยึดจากขั้นตอน การแก้ปัญหา 5 พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทั้ง 5 ขั้นตอน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ภาพที่ 1-6) โดยมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน คือ ขั้นระบุปัญหา (2.98 ± 0.89) ขั้นรวบรวมข้อมูลและเสนอแนวคิดที่เกี่ยวข้องปัญหา (2.76 ± 1.05) ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (1.65 ± 0.81) ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (1.20 ± 0.65) และขั้นทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (1.24 ± 0.72) คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนคือ คือ ขั้นระบุปัญหา (5.61 ± 0.57) ขั้นรวบรวมข้อมูลและเสนอแนวคิดที่เกี่ยวข้องปัญหา (7.80 ± 1.05) ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (4.59 ± 0.91) ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (4.41 ± 1.07) และขั้นทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (5.44 ± 1.75) นอกจากนี้คะแนนก่อนเรียนขั้นระบุปัญหา ขั้นรวบรวมข้อมูลและเสนอแนวคิดที่เกี่ยวข้องปัญหา ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา และขั้นทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน อยู่ในเกณฑ์ดี พอใช้ ปรับปรุง และปรับปรุงตามลำดับ ซึ่งทุกขั้นพัฒนาขึ้นหลังการอยู่ในเกณฑ์ดีมาก ดีมาก ดี และดี ตามลำดับ

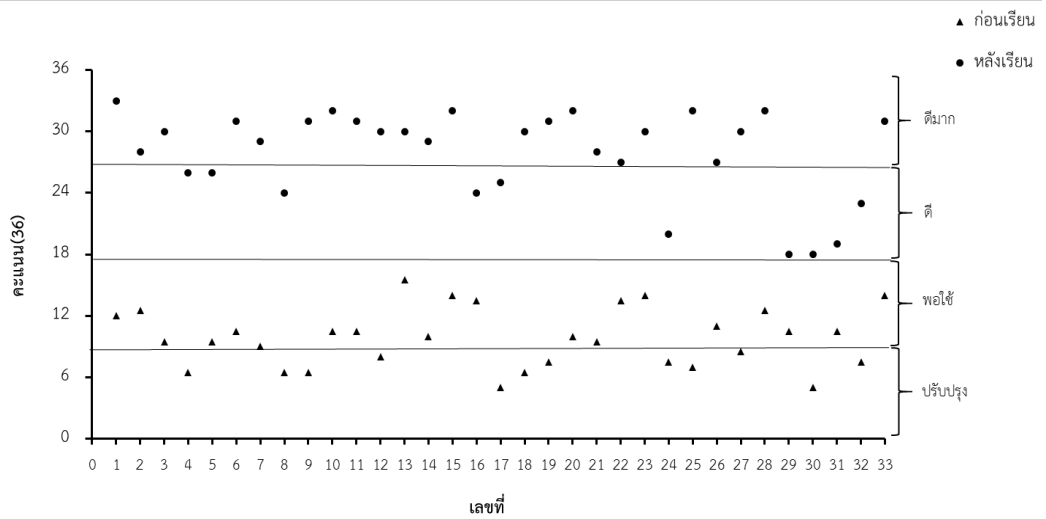
ตารางที่ 1 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}$ ร้อยละ) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย (n = 33)

การจัดการเรียนรู้	คะแนนต่ำสุด	คะแนนสูงสุด	$\bar{X} \pm S.D.$	$\bar{X}$ ร้อยละ	Z	p-Value
ก่อนเรียน	5	18	9.83±2.82	27.31	-5.013	<0.05
หลังเรียน	15.5	33	27.85±4.32	77.36		

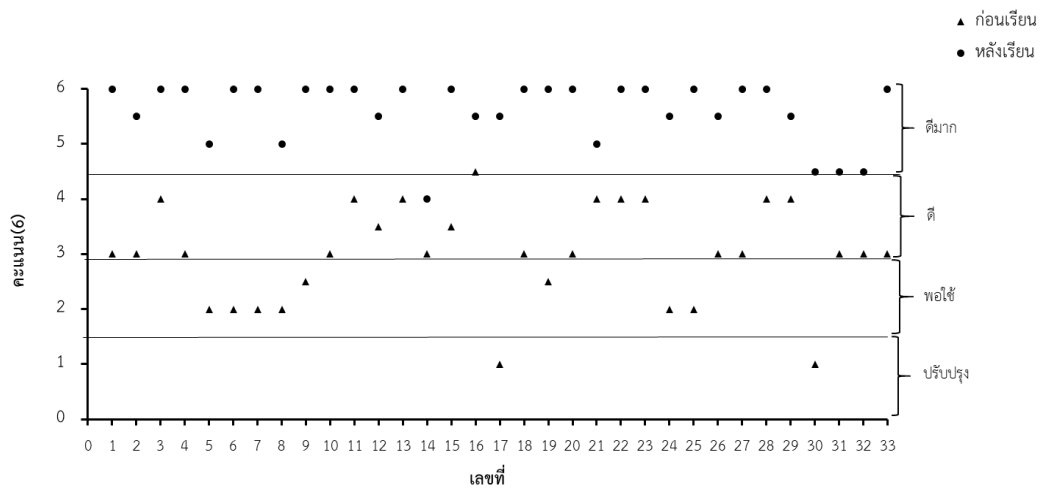
ตารางที่ 2 จำนวนคน ร้อยละ และระดับความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย (n = 33)

ระดับความสามารถ	ก่อนเรียน		หลังเรียน	
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ดีมาก	0	0.00	23	69.70
ดี	0	0.00	10	30.30
พอใช้	21	63.64	0	0.00
ปรับปรุง	12	36.36	0	0.00

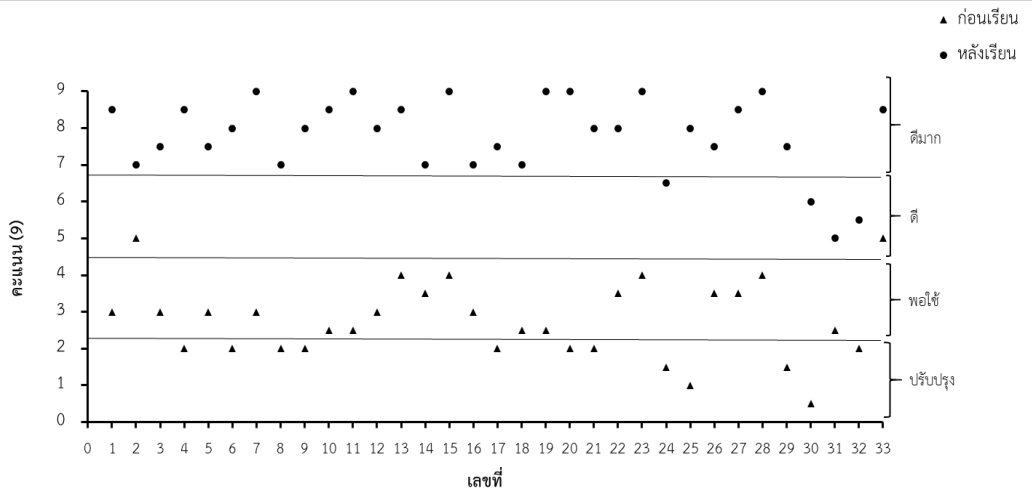
ภาพที่ 1 คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนรายคนก่อนเรียนเปรียบเทียบกับหลังเรียน ($p < 0.05$)



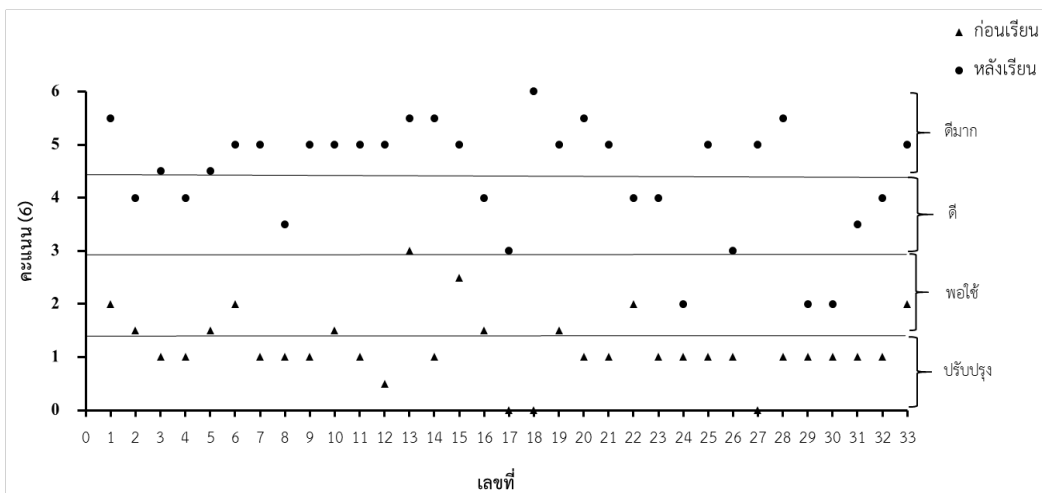
ภาพที่ 2 คะแนนขั้นระบุปัญหาของนักเรียนรายคนก่อนเรียนเปรียบเทียบกับหลังเรียน ($p < 0.05$)



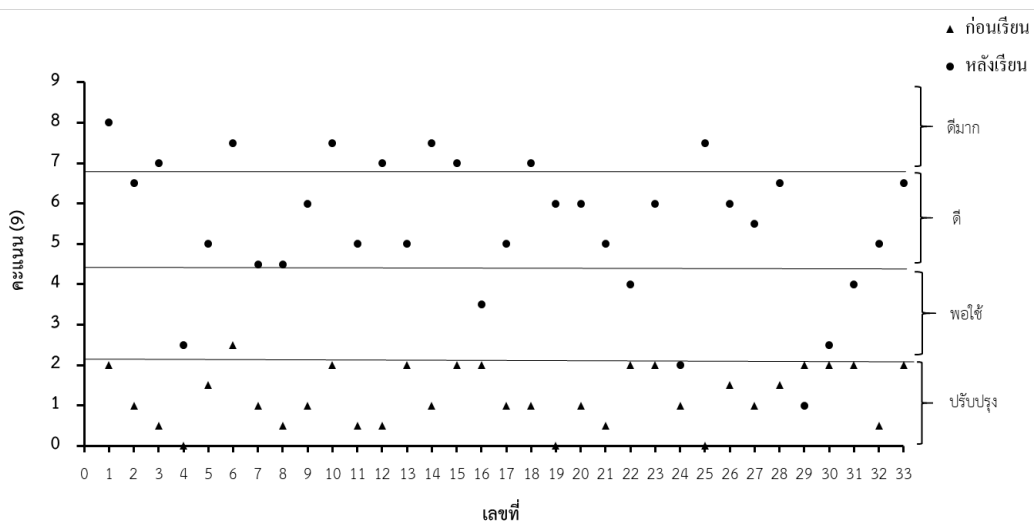
ภาพที่ 3 คะแนนขั้นรวบรวมข้อมูลและเสนอแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาของนักเรียนรายคนก่อนเรียนเปรียบเทียบกับหลังเรียน ($p < 0.05$)



ภาพที่ 5 คะแนนขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาของนักเรียนรายคนก่อนเรียนเปรียบเทียบกับหลังเรียน ($p < 0.05$)



ภาพที่ 6 คะแนนขั้นทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานของนักเรียน
รายคนก่อนเรียนเปรียบเทียบกับหลังเรียน ($p < 0.05$)



การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษามุ่งให้ความสำคัญกับตัวผู้เรียนและเชื่อว่าผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเองจากการมีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่นและสิ่งแวดล้อมอย่างกระตือรือร้น (กมลฉัตร กล่อมอิม และ คนอื่น ๆ, 2557 : 129-139) นอกจากนี้ยังเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมทางด้านจิตใจ การได้รับประสบการณ์ที่สัมพันธ์กับชีวิตจริง ได้รับการฝึกฝนทักษะชีวิตต่าง ๆ การแสวงหาความรู้ การคิด การจัดการความรู้ การแสดงออก การสร้างความรู้ใหม่ และการทำงาน (จิราณี เมืองจันทร์, 2557 : 3)

จากผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาเพิ่มมากขึ้น โดยขั้นตอนที่อยู่ในระดับดีมากจากการทดสอบหลังเรียน คือ ขั้นระบุปัญหา ขั้นรวบรวมข้อมูลและเสนอแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา และขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ซึ่งพัฒนาขึ้นจากระดับพอใช้จากการทดสอบก่อนเรียนเป็นระดับดีมากจากการทดสอบหลังเรียน ซึ่งพบว่านักเรียนสามารถระบุปัญหาที่ให้จากสถานการณ์ได้อย่างละเอียดและครอบคลุมในปัญหาย่อย ๆ ที่ปรากฏในสถานการณ์ และระบุข้อมูลและแนวคิดต่าง ๆ โดยสามารถนำองค์ความรู้ในเรื่องอื่น ๆ ที่เคยเรียนมาประยุกต์ใช้และบูรณาการเพื่อแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลาย รวมทั้งออกแบบวิธีการแก้ปัญหาได้หลากหลายโดยมีการระบุถึงรายละเอียดของขั้นตอนในการแก้ปัญหา ในขณะที่นักเรียนบางคนสามารถออกแบบวิธีการแก้ปัญหาสำรองได้อีกหลายวิธี ซึ่งแสดงว่า นักเรียนมีความสามารถที่จะระบุปัญหาและนำองค์ความรู้และประสบการณ์ต่าง ๆ เพื่อออกแบบหรือหาวิธีในการแก้ปัญหาได้ นอกจากนี้นักเรียนมีพัฒนาการในขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา และขั้นทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน จากการทดสอบก่อนเรียนอยู่ในเกณฑ์ปรับปรุงทั้งสองขั้น พัฒนาขึ้นอยู่ในเกณฑ์ดี ขั้นตอนทั้งสอง

เป็นขั้นที่เกิดขึ้นค่อนข้างยาก เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่ยังขาดการระบุขั้นตอนและรายละเอียดบางอย่างในการดำเนินการแก้ปัญหา ส่งผลให้ขั้นการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหายังไม่สมบูรณ์ อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 วงจรปฏิบัติการ ผู้วิจัยไม่ได้ให้นักเรียนได้ฝึกระบุถึงขั้นตอนของการดำเนินการแก้ปัญหาทำให้นักเรียนยังขาดความเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนก่อนหลังของการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา นอกจากนี้ในขั้นตอนการทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่าเป็นขั้นที่นักเรียนเกิดยากที่สุด แต่ในการวิจัยครั้งนี้นักเรียนก็มีพัฒนาการเพิ่มขึ้นอยู่ในเกณฑ์ดีโดยมีนักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุวิธีการทดสอบและประเมินชิ้นงานได้แต่ยังไม่ค่อยละเอียด คือนักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่ค่อยระบุถึงเกณฑ์หรือเงื่อนไขของการประเมินชิ้นงานอย่างชัดเจนว่าชิ้นงานที่นักเรียนจะทดสอบจะต้องมีความสามารถอะไรบ้าง อย่างไรก็ตามถือว่าผ่านเกณฑ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ที่กำหนดให้ ทั้งนี้การที่นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาได้ดีขึ้นสาเหตุประการแรก คือ สถานการณ์ปัญหาที่ผู้วิจัยใช้ในการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 วงจรปฏิบัติการนั้นเป็นสถานการณ์ที่น่าสนใจ ทำให้นักเรียนอยากจะทำกิจกรรม และเป็นสถานการณ์ทั่วไปที่อยู่ในชีวิตประจำวัน และสามารถวัดผลออกมาได้ง่ายไม่ซับซ้อน ซึ่งสอดคล้องกับ National Research Council (<http://www.nap.edu/catalog/21740/identifying-and-supporting-productive-stem-programs-in-out-of-school-settings>, 2018) ที่กล่าวว่าการแก้ปัญหาภายใต้สถานการณ์ที่มีความท้าทายและจำเป็นต่อมนุษย์ในการดำรงชีวิตภายใต้ทรัพยากรที่จำกัด จะทำให้ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนเกิดได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้การวัดความสำเร็จของชิ้นงานที่นักเรียนออกแบบและสร้างขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาที่วัดได้จากการงอกและการเจริญเติบโตของต้นอ่อนทานตะวันซึ่งจะค่อย ๆ เจริญเติบโตในระยะเวลา 7 วัน หลังจากปลูก ส่งผลให้นักเรียนเกิดความตื่นตัวและสนุกกับการลุ้นผลการทดสอบชิ้นงานของตนเอง ซึ่งต่างจากการทดสอบชิ้นงานและประเมินชิ้นงานของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในเรื่องอื่น ๆ ซึ่งมีการทดสอบชิ้นงานเพียงแค่ตรวจสอบว่าชิ้นงานที่นักเรียนสร้างขึ้นสามารถแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่นักเรียนได้รับได้หรือไม่และมากน้อยเพียงใด แต่ในการวิจัยครั้งนี้ชิ้นงานของนักเรียนจะผ่านการประเมินโดยวัดจากการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นชิ้นงานที่นักเรียนสร้างขึ้นจะต้องแข็งแรงและใช้งานได้ตลอดระยะเวลา 7 วัน ส่งผลให้นักเรียนต้องร่วมมือกันสร้างชิ้นงานให้แข็งแรงและดีที่สุด ประการที่สอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ใช้ทั้ง 4 แผน ผ่านการปรับปรุงโดยกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ โดยหลังจากการจัดการเรียนรู้ในแต่ละครั้งผู้วิจัยร่วมกับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และครูที่เลี้ยงร่วมกันสะท้อนผลและปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไป ทำให้การจัดการเรียนรู้ในแต่ละครั้งได้รับการแก้ไขปรับปรุงเพื่อให้เหมาะสมกับบริบทของนักเรียนในชั้นเรียน ประการที่สาม คือ การวิจัยครั้งนี้มีผู้วิจัยให้ได้เพิ่มการเสริมแรงทางบวกเป็นระยะ ๆ โดยสร้างเงื่อนไขว่า หากนักเรียนแต่ละกลุ่มส่งงานครบตามระยะเวลาที่กำหนดจะได้คะแนนเพิ่ม นอกจากนี้การจัดบรรยากาศที่ทำนายและสนุกสนาน เช่น ทำให้นักเรียนเกิดความสนใจที่จะทำกิจกรรมและพยายามแก้ไขปรับปรุงชิ้นงานอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ชิ้นงานของกลุ่มมีประสิทธิภาพที่จะแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ข้างต้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ ปิยะชนก เกาสวรรณ (2561 : 58-59) ที่กล่าวว่า การเสริมแรง ชื่นชมเป็นระยะ เพื่อให้ผู้เรียนกล้าแสดงออกมากขึ้น มีความกล้าในการโต้แย้ง

แสดงความคิดเห็นของตนเองออกมา

นอกจากนี้ การที่นักเรียนได้มีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงขึ้น เนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาถือเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง และมีการช่วยเหลือกันเพื่อแก้ปัญหาย่างกระตือรือร้นผ่านการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของผู้เรียน ทำให้เกิดการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ที่ได้สัมผัสกับชีวิตจริง เกิดทักษะการแสวงหาความรู้ได้ด้วยตนเอง ทักษะการสร้างความรู้ใหม่ และทักษะการทำงานกลุ่ม (กมลฉัตร กล่อมอัม และ คนอื่น ๆ, 2557 : 134-137) และการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตัวเอง มีการวางแผน การออกแบบ เพื่อนำมาแก้ปัญหา การสรุปความคิดผ่านการระดมสมอง การอภิปรายและการทำงานร่วมกับผู้อื่นเมื่อเผชิญกับปัญหาที่ท้าทาย และไม่สามารถแก้ไขปัญหได้ด้วยตนเองเมื่อได้รับคำแนะนำหรือความช่วยเหลือจากเพื่อนที่มีประสบการณ์มากกว่าจะทำให้ผู้เรียนสามารถแก้ไขปัญหาและเกิดการเรียนรู้ขึ้นได้ (Vygotsky, 1978 : 81-118) การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ได้ กระตุ้นให้นักเรียนคิดมีการคิดแก้ปัญหาโดยศึกษาจากใบงานหรือแหล่งความรู้อื่นเพิ่มเติม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศิริลักษณ์ ขาวลุ่มบัว (2558 : 146-156) ที่พบว่า การเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาช่วยให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น เนื่องจากการนำเสนอหาสาระของแต่ละวิชามาประยุกต์ให้มีความสัมพันธ์กัน จึงช่วยกระตุ้นความคิดและการเชื่อมโยงความรู้ที่อยู่รอบตัวได้ดียิ่งขึ้น และยังสามารถจัดระเบียบให้กลายเป็นองค์ความรู้ที่มีความเหมาะสมกับนักเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ ฮวง และ ออสมาน (Hiong and Osman, 2015 : 140-144) ในประเทศมาเลเซียได้เปลี่ยนวิธีการสอนและการเรียนรู้แบบดั้งเดิมเป็นวิธีการสอนและการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 โดยจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการขึ้นตามบริบทของประเทศ โดยการจัดทำหลักสูตรบูรณาการเฉพาะด้านมากขึ้น ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่มีส่วนร่วมในกิจกรรมอย่างสร้างสรรค์มีทักษะในการแก้ปัญหาใหม่ ๆ และปัญหาที่ไม่คุ้นเคย มีการคิดเชิงประดิษฐ์ ประกอบด้วยทักษะชีวิต เช่น การปรับตัว ความอยากรู้อยากเห็น ความคิดสร้างสรรค์ การคิดขั้นสูง และการให้เหตุผลได้ สะเต็มศึกษาจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนากำลังคนของประเทศ เพื่อก้าวเข้าสู่โลกในศตวรรษที่ 21 ได้ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะการวิจัยครั้งต่อไป

1. การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาจะทำให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ด้วยตัวเองผ่านความท้าทายจากสถานการณ์ที่ครูกำหนดขึ้น ดังนั้นสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้นจะต้องน่าสนใจ ทำให้นักเรียนอยากจะทำกิจกรรม และจะต้องเป็นสถานการณ์ทั่วไปที่อยู่ในชีวิตประจำวัน และสามารถวัดผลออกมาได้ง่ายไม่ซับซ้อน
2. ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ไม่ควรกำหนดเงื่อนไขที่ยากและมีมากจนเกินไปเพราะจะทำให้นักเรียนรู้สึกท้อแท้หากไม่ประสบความสำเร็จเลยในครั้งแรก แต่หากใช้เงื่อนไขง่าย ๆ ก่อน แล้วจึงค่อย ๆ เพิ่ม

เงื่อนไขจะทำให้นักเรียนสนุกและท้าทายกับกิจกรรมมากยิ่งขึ้น

3. ระยะเวลาในการจัดกิจกรรมควรมีมากเพียงพอโดยเฉพาะในการสร้างชิ้นงานครั้งแรกนั้น นักเรียนยังไม่คุ้นชินกับการใช้เครื่องมือหรือบางครั้งอุปกรณ์ที่เตรียมมาไม่ครบ จึงควรให้เวลาในการจัดกิจกรรมเพียงพอโดยประมาณ 4 ชั่วโมง

4. ครูควรให้มีการเสริมแรงทางบวกเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันทำกิจกรรมได้อย่างเต็มที่

5. การสร้างบรรยากาศแห่งการแสดงความคิดเห็นในขณะเพื่อนนำเสนอจะทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างกลุ่ม เกิดบรรยากาศแห่งการถกเถียงทางวิชาการ ทำให้แต่ละกลุ่มสามารถนำข้อเสนอแนะจากกลุ่มอื่นไปเป็นข้อมูลในการแก้ไขชิ้นงานในครั้งต่อไปได้

6. ควรศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้รูปแบบอื่น ๆ ที่มีผลต่อความสามารถในการคิดแก้ปัญหา เช่น การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้นตอน

รายการอ้างอิง

- กมลฉัตร กล่อมอิม และ คนอื่น ๆ. (2557). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ด้วยการช่วยเสริมศักยภาพเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร, 16(2), 129-139.
- กมลวรรณ พงศนิรันดร์. (2557). กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมนำมาใช้ห้องเรียนได้หรือไม่. นิตยสาร สสวท., 42(190), 9-12.
- จิราณี เมืองจันทร์. (2557). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค STAD แบบผสมผสานเรื่อง คำสั่งควบคุมการทำงานของโปรแกรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. (วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยนเรศวร. พิษณุโลก.
- ดวงพร สมจันทร์ตา. (2559). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการเรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง กายวิภาคศาสตร์ของพืช. (วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. กรุงเทพฯ.
- นัสรินทร์ ป้อชา. (2558). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี. ปัตตานี.
- ปิยะชนก เภาสุวรรณ. (2561). การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. (วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยทักษิณ. สงขลา.

- มนตรี จุฬารัตนทล. (2556). สะเต็มศึกษาประเทศไทยและทูตสะเต็ม. *นิตยสาร สสวท.*, 42(185), 14-18.
- ศิริลักษณ์ ขาวลุ่มบัว. (2558). *การพัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. (คุษณินพนธ์การศึกษาคุษณิบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. กรุงเทพฯ.
- สุนีย์ คล้ายนิล, ปรีชาญ เดชศรี และ อัมพิกา ประโมจน์. (2551). *ความรู้และสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สำหรับโลกวันพรุ่งนี้*. กรุงเทพฯ: เซเวนพรีนติ้ง กรุ๊ป.
- สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. (2557). สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. *นิตยสาร สสวท.*, 42(186), 3-5.
- อัจฉรีย์ สังขรักษ์ และ คนอื่น ๆ. (2560). การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช เพื่อพัฒนากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี*, 28(3), 59-71.
- อาทิตย์ ฉิมกุล. (2559). *ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. (วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.
- Bahar, M., Johnstone, A. H. and Hansell, M. H. (1999). Revisiting learning difficulties in biology. *Journal of Biological Education*, 33(2), 84-86.
- Bellanca, J. and Brandt, R. (2010). *21st century skills rethinking how students learn*. Bloomington: Solution Tree Press.
- Dejarnette, N. K. (2012). America's children: Providing early exposure to STEM (Science, Technology, Engineering and Math) initiatives. *Education*, 133(1), 77-84.
- Hiong, L. C. and Osman, K. (2015). An interdisciplinary approach for Biology Technology Engineering and Mathematics (BTEM) to enhance 21st century skills in Malaysia. *K-12 STEM Education*, 1(3), 137-147.
- Kemmis, S. and McTaggart, R. (1990). *The action research reader*. (3rd ed.). Geelong: Deakin University Press.
- National Research Council. (2012). *A framework for 12 science education : Practices, cross-cutting concepts, and core ideas*. Retrieved December 15, 2018, from [http://www.nap.edu/catalog/21740/identifying and supporting productive-stemprograms-in-out-of-school-settings](http://www.nap.edu/catalog/21740/identifying_and_supporting_productive-stemprograms-in-out-of-school-settings)
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society : The development of higher psychology process*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.

