

STEM Education Learning Management on Transportation of Water and Minerals in Plants for Development of Learning Management Process and Learning Achievement of Mathayomsuksa 5 Students

Chadchai Khogkhao

M.Ed. (Education of Teaching Science, Mathematics and Computer), Graduate Student
Faculty of Education, Thaksin University Songkhla

Singha Prasitpong

Ph.D. (Science and Technology Education), Assistant Professor
Faculty of Education, Thaksin University Songkhla,
Thailand Center of Excellence in Physics

Sompop Intasuwan

Ph.D. (Botany), Assistant Professor
Faculty of Education, Thaksin University Songkhla

Wachirapat Jawanit

M.Sc. (Botany), Teacher
Hatyaiwittayalai School, Songkhla

Received : November 14, 2018/ **Revised :** January 31, 2019/ **Accepted :** February 7, 2019

Abstract

The objectives of this research were to develop STEM education learning process management and learning achievement. The target group was Mathayomsuksa 5 students who study in Science Math Programe at Hatyaiwittayalai School, Songkhla province attending first semester of 2018 academic year. The sample consisted of Mathayomsuksa 5/1 students from a classroom (33 students) selected by purposive sampling. The instruments consisted of: 1) 4 teaching plans based on STEM education learning, 2) worksheets and 3) the achievement test. The statistic for the hypothesis test was Wilcoxon Matches Pairs. The result show that STEM education learning process management continuously developed in four action research cycles. The Mathayomsuksa 5 students continuously improved the learning achievement via STEM education learning management. The learning achievement of students after obtaining STEM education Learning management were statically higher than before at .05 level significance.

Keywords: Learning Achievement, STEM Education Learning , Classroom Action Research

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การลำเลียงน้ำและ แร่ธาตุของพืช เพื่อพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้และผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ชาติชาย โคงเขา

กศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และคอมพิวเตอร์), นักศึกษาปริญญาโท

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา

สิงหา ประสิทธิ์พงศ์

ปร.ด. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีศึกษา), ผู้ช่วยศาสตราจารย์

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา

ศูนย์ความเป็นเลิศด้านฟิสิกส์

สมภาพ อินทสุวรรณ

ปร.ด. (พฤกษศาสตร์), ผู้ช่วยศาสตราจารย์

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา

วชิรพัฒน์ จิวนิจ

วท.ม. (พฤกษศาสตร์), ครูชำนาญการพิเศษ

โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย จ.สงขลา

วันรับบทความ : 14 พฤศจิกายน 2561/ วันแก้ไขบทความ : 31 มกราคม 2562/

วันตอบรับบทความ : 7 กุมภาพันธ์ 2562

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยมีกลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โครงการห้องเรียนพิเศษ โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย จังหวัดสงขลา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 กลุ่มเป้าหมายคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 จำนวน 33 คน ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจง โดยมีเครื่องมือในการวิจัยคือ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจำนวน 4 แผน ใบงาน แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ใช้สถิติ Wilcoxon Matches Pairs ในการทดสอบสมมติฐาน ผลการวิจัยพบว่า กระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่อง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่อง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา, วิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

บทนำ

ในศตวรรษที่ 21 มีการแข่งขันสูงทั้งด้านการศึกษา อาชีพ และเศรษฐกิจ สำหรับการศึกษาในปัจจุบันและอนาคต จำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้เรียนจะต้องมีทักษะที่จำเป็นเพื่อให้สามารถดำรงชีวิตท่ามกลางสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยบุคคลในศตวรรษที่ 21 นั้น จะต้องมีความรู้ 3 ด้านคือ ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ทักษะชีวิตและการทำงาน และทักษะด้านสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ควรเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยให้นักเรียนได้เตรียมตัวเพื่อใช้ชีวิตในโลกที่เป็นจริง เน้นการศึกษาตลอดชีวิต ด้วยวิธีการที่มีความยืดหยุ่น มีการกระตุ้นและจูงใจให้ผู้เรียนได้ฝึกคิด และแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง (สุพรรณิ ขาญประเสริฐ, 2556) การปฏิรูปการศึกษาไทยเกิดขึ้นเพื่อมุ่งหวังพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะในศตวรรษที่ 21 เช่น ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม การคิดเชิงวิพากษ์และแก้ปัญหา การสื่อสาร และการร่วมมือ ความยืดหยุ่นและความสามารถในการปรับตัว พื้นฐานด้านสารสนเทศ สื่อ และไอซีที เป็นไปตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พุทธศักราช 2545 และฉบับที่ 3 พุทธศักราช 2553 ยกตัวอย่างเช่น ในหมวด 4 มาตราที่ 24 ที่กำหนดว่า การจัดกระบวนการเรียนรู้จะต้องฝึกทักษะ กระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์ และการประยุกต์ความรู้มาใช้เพื่อป้องกันและแก้ปัญหา จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น รักการอ่านและเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง โดยผสมผสานสาระความรู้ด้านต่าง ๆ อย่างได้สัดส่วนสมดุลกัน (สุพรรณิ ขาญประเสริฐ, 2556)

สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่บูรณาการความรู้ใน 4 วิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการทำงาน ช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่าง 4 สหวิทยาการ กับชีวิตจริงและการทำงาน การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นเพียงการท่องจำทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจทฤษฎีหรือกฎเหล่านั้นผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิด

การตั้งคำถาม การแก้ปัญหาและการหาข้อมูล และวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ พร้อมทั้งสามารถข้อค้นพบนั้นไปใช้หรือบูรณาการกับชีวิตประจำวัน (Bellanca and Brandt, 2010; Dejarquette, 2012) ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายลดเวลาเรียนเพิ่มเวลารู้ของกระทรวงศึกษาธิการ โดยส่งเสริมให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมนอกห้องเรียนแบบบูรณาการและกิจกรรมกลุ่ม ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนลดความเครียด เสริมสร้างทักษะทุกด้าน คือด้านร่างกาย สติปัญญา อารมณ์และสังคม เพื่อให้สอดคล้องกับการปฏิรูปการศึกษาของไทย (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556) นอกจากนี้ยังพบว่าสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาชีววิทยาในเนื้อหาต่าง ๆ คือ การรักษาดุลยภาพในร่างกาย (อาทิตย์ ฉิมกุล, 2559) กายวิภาคศาสตร์ของพืช (ดวงพร สมจันทร์ตา, 2559) เอนไซม์ (อาทิตยา ฉิมกุล, 2559) การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต (นสรินทร์ ปือชา, 2558)

ธรรมชาติของรายวิชาชีววิทยาเนื้อหาส่วนใหญ่จะถูกมองว่าเป็นเนื้อหาแบบท่องจำ หนึ่งในนั้นคือเรื่อง กายวิภาคศาสตร์ของพืช โดยเฉพาะการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุของพืช เนื่องจากเป็นเรื่องที่สามารถเข้าใจได้ยาก (Bahar, Johnstone and Hansell, 1999) ทั้ง ๆ ที่เป็นเรื่องที่ใกล้ตัวและสามารถนำมาใช้ในชีวิตประจำวันได้ และจากประสบการณ์จัดการเรียนรู้ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ณ โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย อำเภอสทิงพระ จังหวัดสงขลา ผู้วิจัยได้พบปัญหานักเรียนในชั้นเรียน ซึ่งส่วนใหญ่มีความสนใจที่จะเรียนรู้น้อย และขาดประสบการณ์ในการแก้ปัญหา ปัญหาดังกล่าวอาจเกิดจากกระบวนการจัดการเรียนรู้ของครูที่ยังเน้นการให้ความรู้แบบครูคอยป้อนให้นักเรียนจำมากกว่าส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักวิธีแสวงหาความรู้และสร้างความรู้ด้วยตนเอง โรงเรียนดังกล่าวได้ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 มาอย่างต่อเนื่อง และประสบความสำเร็จในการพัฒนาสมรรถนะสำคัญของนักเรียน โดยพบว่าผลการประเมินคุณภาพภายนอกสถานศึกษา ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานของสำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (สมศ.) รอบการประเมินปีการศึกษา 2549-2553 พบว่ามาตรฐานที่ 4 นักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ มีวิจารณญาณ มีความคิดสร้างสรรค์ คิดไตร่ตรอง และมีวิสัยทัศน์ ได้คำเฉลี่ย

3.09 ซึ่งจัดอยู่ลำดับสุดท้ายจากทั้งหมด 14 มาตรฐาน (สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา, 2549) และรอบการประเมินปีการศึกษา 2554-2558 พบว่า ตัวบ่งชี้ที่ 5 คือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน (ได้ 14.63 เต็ม 20.00 คะแนน) และตัวบ่งชี้ที่ 4 คือผู้เรียน คิดเป็นทำเป็น (ได้ 9.10 เต็ม 10.00 คะแนน) ซึ่งเป็น ตัวบ่งชี้ที่อยู่สองลำดับสุดท้ายสุดจากตัวบ่งชี้ทั้งหมด 12 ตัวบ่งชี้ (สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพ การศึกษา, 2561) และจากการสัมภาษณ์ครูชีววิทยา พบว่า นักเรียนยังมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชา ชีววิทยาดำ จากข้อมูลดังกล่าวครูจึงควรให้ความสำคัญ กับการพัฒนานักเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้ มากขึ้น และจำเป็นอย่างยิ่งที่ครูต้องปรับบทบาทจาก ผู้ป้อนข้อมูลเป็นผู้ให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวก ในการเรียนรู้

จากปัญหาและแนวคิดต่าง ๆ ข้างต้น ผู้วิจัยจึง สนใจศึกษาและพัฒนากระบวนการจัดการสอนแบบ บูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรื่องการลำเลียงน้ำ และแร่ธาตุของพืช ซึ่งเป็นเนื้อหาที่เข้าใจยากแต่มีความ สำคัญในชีวิตประจำวัน เพื่อผู้วิจัยได้ทำความเข้าใจและ พัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาให้ดีขึ้นและเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้กับเนื้อหาเรื่อง อื่น ๆ ต่อไปในอนาคต นอกจากนี้เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนในเนื้อหาเรื่องการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุ ของพืช โดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการของ เคมมิสและแมกเทกการ์ด (Kemmis and McTaggart, 1990) มาช่วยในการดำเนินการวิจัย

วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง การลำเลียงน้ำและแร่ธาตุ ของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการ จัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
2. เพื่อศึกษาการพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้ สเต็มศึกษา

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรและกลุ่มเป้าหมาย

ประชากรคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โครงการ ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย

อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 กลุ่มเป้าหมายคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 จำนวน 33 คน ซึ่งได้จากการเก็บตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เนื่องจากห้อง 5/1 เป็นห้อง นักเรียนโครงการพัฒนาและส่งเสริมผู้มีความสามารถ พิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (พสวท.) และ นักเรียนโครงการวิทยาศาสตร์สำนักงานคณะกรรมการ การศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) เพียงห้องเดียว ซึ่งห้องเรียน ดังกล่าวเป็นห้องเรียนที่มุ่งจะส่งเสริมทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ จึงเหมาะแก่การพัฒนานักเรียนในห้อง ดังกล่าวให้มีความสามารถในด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษา เรื่องการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุของพืช ตัวแปรตาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาชีววิทยา เรื่องการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุของพืช

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เป็นเนื้อหาตามหลักสูตรสถานศึกษา โรงเรียน หาดใหญ่วิทยาลัย จังหวัดสงขลา กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยาสำหรับห้องเรียนพิเศษ 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การลำเลียงน้ำและแร่ธาตุ ของพืช โดยมีหัวข้อย่อย คือ การลำเลียงน้ำของพืช การลำเลียง สารอาหารของพืช และการลำเลียงอาหารของพืช

วิธีการศึกษา

รูปแบบงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงปฏิบัติการใน ชั้นเรียน (Classroom Action Research) โดยมี กระบวนการหลักอยู่ 4 ขั้นตอน คือ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติ (Act) ขั้นสังเกต (Observe) และขั้นสะท้อนผล (Reflect) (Kemmis and McTaggart, 1990) การวิจัย เริ่มจากการเลือกกลุ่มเป้าหมายด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจง ดำเนินการวิจัยตามวงจรวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน ของเคมมิสและแมกเทกการ์ดตามแผนการจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจำนวน 4 แผน แผนละ 4 ชั่วโมง รวมเวลา 16 ชั่วโมง ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 การวิจัยในชั้นเรียนประกอบด้วย 4 ขั้นตอนที่เป็นวงจร ต่อเนื่องกัน 4 วงจร ตามแผนการจัดการเรียนรู้ โดย แต่ละวงจรมีรายละเอียด ดังนี้

ขั้นวางแผน (Plan)

ผู้วิจัยศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา นอกจากนี้ยังได้รวบรวมการสะท้อนจากประสบการณ์ในการจัดกิจกรรมจากครูพี่เลี้ยงและครูท่านอื่น ๆ ในโรงเรียนที่ทำการฝึกสอน จากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และจากการเข้าไปสังเกตนิสิตรุ่นพี่ในการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นแนวทางในการออกแบบกิจกรรมและเขียนแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา

ขั้นปฏิบัติ (Act)

ผู้วิจัยจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาทั้ง 4 แผนและแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยดำเนินการสอนในระหว่างวันที่ 30 สิงหาคม 2561 ถึงวันที่ 19 กันยายน 2561 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โดยใช้เวลาในการจัดกิจกรรมแผนละ 4 ชั่วโมง รวมเวลา 16 ชั่วโมง ในขณะที่ฝึกประสบการณ์ในสถานศึกษา จากนั้นผู้วิจัยส่งเครื่องมือดังกล่าวให้กับคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหา ภาษา และด้านการวัดและประเมินผล แล้วนำกลับมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ จากนั้นส่งเครื่องมือที่ผ่านการแก้ไขให้กับผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลทางการศึกษาจำนวน 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุของพืชจำนวน 1 ท่าน และครูผู้สอนวิชาชีววิทยา ตำแหน่งชำนาญการพิเศษจำนวน 1 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ผลการพิจารณาแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาพบว่า มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับแผนการจัดการเรียนรู้เท่ากับ 1.00 ซึ่งสามารถนำไปใช้จัดการเรียนรู้ได้ จากนั้นผู้วิจัยคัดเลือกข้อคำถามที่มีค่าความสอดคล้องตั้งแต่ 0.67 ขึ้นไป โดยคัดเลือกมา 16 ข้อ คะแนนเต็ม 16 คะแนน (ฉบับก่อนเรียนและฉบับหลังเรียน) โดยใช้เกณฑ์การตัดสินเพื่อให้ระดับผลการเรียนของสำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษาสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ ซึ่งมีเกณฑ์ดังนี้ ระดับดีเยี่ยม (ร้อยละ 80-100) ระดับดีมาก (ร้อยละ 75-79) ระดับดี (ร้อยละ 70-74) ระดับค่อนข้างดี (ร้อยละ 65-69)

ระดับปานกลาง (ร้อยละ 60-64) ระดับพอใช้ (ร้อยละ 55-59) ระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ (ร้อยละ 50-54) และระดับต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ (ร้อยละ 0-49) (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2554) จากนั้นผู้วิจัยเริ่มจากนำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนไปทดสอบกับกลุ่มเป้าหมายก่อนดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามวงจรวิจัยที่ออกแบบไว้กับกลุ่มเป้าหมาย โดยจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่องการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุของพืช 4 วงจรวิจัยปฏิบัติการ โดยผู้วิจัยแบ่งนักเรียนกลุ่มละ 3 คน จำนวน 11 กลุ่ม โดยคณะเพศและระดับความสามารถโดยพิจารณาจากผลคะแนนของนักเรียนจากรายวิชาชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 และ 2 โดยมีขั้นตอนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งมีขั้นตอนคือ 1) ขั้นระบุปัญหา 2) ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) ขั้นตอนออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และ 6) ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน จนครบ 4 วงจรวิจัยปฏิบัติการ ผู้วิจัยใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับกลุ่มเป้าหมายอีกครั้งเป็นคะแนนหลังเรียน

ขั้นสังเกต (Observe)

ในขณะดำเนินกิจกรรม ผู้วิจัยจะสังเกตผลการปฏิบัติและพฤติกรรมของนักเรียนแต่ละกลุ่ม โดยการจดบันทึกพฤติกรรมที่สังเกตเห็นและบันทึกวิดีโอในขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อไปสังเกตพฤติกรรมย้อนหลังอีกครั้งหลังเสร็จสิ้นกิจกรรม

ขั้นสะท้อนผล (Reflect)

ในขั้นนี้ผู้วิจัย ครูพี่เลี้ยง และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ร่วมกันนำข้อมูลที่ได้จากขั้นปฏิบัติและขั้นสังเกตมารวบรวมกันสะท้อนเพื่อปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 ใช้สถิติ Wilcoxon Matches Pairs ในการเปรียบเทียบคะแนนแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา เรื่องการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุของพืช ก่อนและหลังเรียน โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยนำค่าเฉลี่ยมาเทียบเป็นร้อยละกับเกณฑ์การตัดสินเพื่อให้ระดับผลการเรียนของสำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ (สำนักงาน

คณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2554) และการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อแสดงผลของวัตถุประสงค์ ข้อที่ 2 ผู้วิจัยวิเคราะห์โดยพิจารณาจากการพัฒนาของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการนำเสนอนวัตกรรม

ผลการศึกษา

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัยเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1

ตาราง 1 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน (n = 33)

การจัดการเรียนรู้	คะแนนต่ำสุด	คะแนนสูงสุด	$\bar{X} \pm S.D.$	$\bar{X}$ ร้อยละ	Z	p-Value
ก่อนเรียน	2.5	10	7.91±2.83	52.73	-4.709*	0.000
หลังเรียน	13.5	16	12.73±1.92	84.87		

*p< 0.05

จากตาราง 1 พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาชีววิทยาก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน (เต็ม 16 คะแนน) มีค่าต่ำสุดคือ 2.5 คะแนน และสูงสุดคือ 10 คะแนน โดยมีค่าเฉลี่ย 7.91±2.83 คะแนน ซึ่งมีค่าน้อยกว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาชีววิทยาหลังเรียน โดยมีคะแนนต่ำสุด 13.5 คะแนน และคะแนนสูงสุด 16 คะแนน มีค่าเฉลี่ย 12.73±1.92 คะแนน ซึ่งคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนคิดเป็นร้อยละ 52.73 ซึ่งอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 84.87 ซึ่งอยู่ในระดับดีเยี่ยม

ตอนที่ 2 ผลการศึกษากการพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2

วงจรวิจัยเชิงปฏิบัติการที่ 1

ขั้นวางแผน ผู้วิจัยได้จัดเตรียมแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแผนที่ 1 เรื่องการลำเลียงน้ำ และแร่ธาตุของพืช พร้อมใบกิจกรรม สื่อและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในกิจกรรม และแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มกลุ่มละ 3 คน จำนวน 11 กลุ่ม

ขั้นปฏิบัติการ ผู้วิจัยแจ้งรายชื่อสมาชิกที่จัดไว้ในแต่ละกลุ่ม และให้นักเรียนนั่งเป็นกลุ่มตามที่กำหนดไว้ จากนั้นดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยยึดขั้นตอนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งในวงจรปฏิบัติการนี้สามารถดำเนินการ

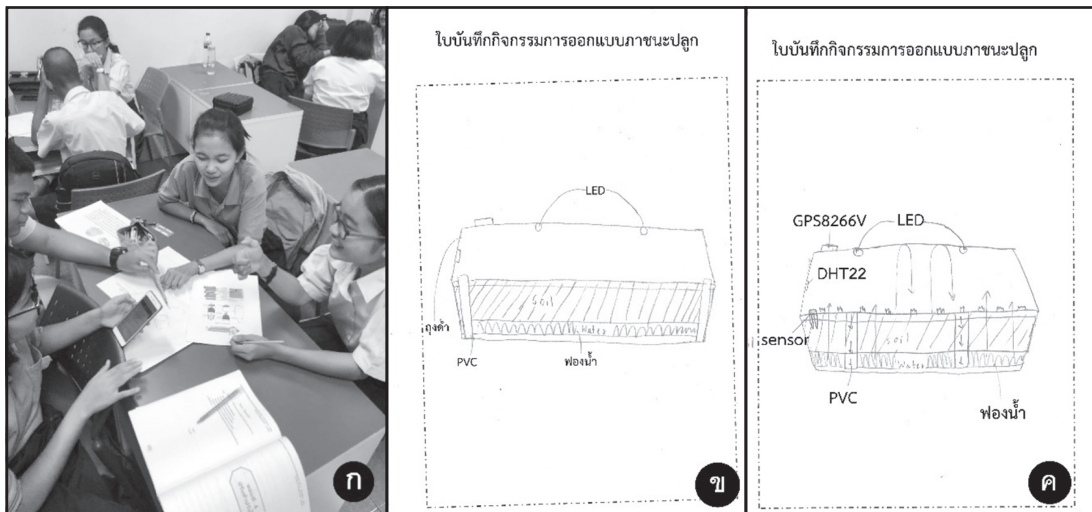
ได้ 3 ขั้นตอนจากทั้งหมด 5 ขั้นตอน คือ ขั้นระบุปัญหา เริ่มจากผู้วิจัยนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนดูวิดีโอเรื่อง วิถีปลูกต้นอ่อนทานตะวันขาย อาชีพใหม่ รู้ก่อนรวยก่อน สร้างรายได้ให้แก่เกษตรกร ทางช่อง Thai PBS ที่เผยแพร่เมื่อวันที่ 10 ธันวาคม 2558 เพื่อสร้างความสนใจให้นักเรียนเห็นถึงวิธีการปลูกต้นอ่อนทานตะวันและผลกำไรที่เกษตรกรได้รับ จากการสังเกตของผู้วิจัย (Observation) พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่เกิดความสนใจต่อการปลูกต้นอ่อนทานตะวัน สังเกตได้จากนักเรียนบางคนมีคำถามระหว่างดูวิดีโอซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสนใจ เช่น “ใช้เวลาปลูกแค่ 7 ถึง 11 วันเองเหออกรับครูทำไมที่ผมเห็นต้นมันสูงจังครับ” “ทำไมให้แสงไม่กี่วันมันโตไวขนาดนั้นเลยเหออคะครู” หลังจากนั้นผู้วิจัยแจกใบกิจกรรมที่ 1 (เรื่องการเพาะต้นอ่อนทานตะวัน) ให้แต่ละกลุ่มช่วยกันศึกษาวิธีการเพาะต้นอ่อนทานตะวันอย่างละเอียด ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยสังเกตเห็นว่านักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมมือกันศึกษาดีมาก นักเรียนส่วนใหญ่เกิดความอยากรู้อยากเห็น จากนั้นผู้วิจัยนำเสนอสถานการณ์ปัญหาเพื่อกระตุ้นความสนใจให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจในการแก้ปัญหา

“ปัจจุบันต้นอ่อนทานตะวันได้รับความนิยมอย่างมากในหมู่นักรักสุขภาพ โดยพบได้ทั่วไปในร้านผักสลัดที่มีการวางขายอย่างแพร่หลายและมีราคาค่อนข้างสูง หากนักเรียนสนใจจะปลูกต้นอ่อนทานตะวันไว้ที่บ้านสำหรับรับประทานเอง แต่ด้วยอาชีพที่ต้องเดินทาง

ไปต่างจังหวัดบ่อยครั้ง ซึ่งมีเวลารดน้ำให้ต้นอ่อนทานตะวัน ที่ปลูกได้แค่ 1 ครั้งตอนเริ่มปลูกในวันแรก ซึ่งจะต้องเป็น กระถางที่ทำจากวัสดุเหลือใช้ หาง่าย ราคาถูก และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เพื่อให้ต้นอ่อนทานตะวันมีการเจริญเติบโตดีที่สุด นักเรียนจะมีการออกแบบกระถางอย่างไร”

หลังจากที่ผู้วิจัยนำเสนอสถานการณ์ปัญหา ผู้วิจัย แจกใบกิจกรรมที่ 2 (เรื่องกักตุน ช่วยทุนแรง) ซึ่งเป็นใบกิจกรรมที่อธิบายเกี่ยวกับหลักการออกแบบกระถางแก้มลิง ในใบกิจกรรมนักเรียนจะต้องระบุวัสดุเหลือใช้ที่สามารถนำมาทำกระถางแก้มลิงได้ พร้อมทั้งบอกข้อดีและข้อเสียของวัสดุที่เลือก หลังจากผู้วิจัยให้แต่ละกลุ่มร่วมกัน ออกแบบนวัตกรรมตามเงื่อนไขในสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยใช้เวลา 30 นาที เมื่อสิ้นสุดเวลาที่กำหนด แต่ละกลุ่ม ต้องเลือกแบบร่างของนวัตกรรมที่ดีที่สุดออกมานำเสนอ

หน้าชั้นเรียน จากนั้นผู้วิจัยแจกใบกิจกรรมที่ 3 (เรื่อง การลำเลียงน้ำและแร่ธาตุในพืช) ให้แต่ละกลุ่มช่วยกัน ศึกษาเพิ่มเติม ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นี้ เนื่องจากเป็น วงจรแรก ดังนั้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สามารถเกิดได้ 3 ขั้นตอนจาก 5 ขั้นตอน คือ ขั้นระบุ ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ และขั้นรวบรวมข้อมูล ที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาจาก สถานการณ์ดังกล่าว และขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยในแต่ละกลุ่มจะต้องออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน โดยมีหัวข้อการนำเสนอคือ ปัญหาจากสถานการณ์มี อะไรบ้าง มีข้อมูลที่เกี่ยวข้องอะไรบ้างที่จะนำมาแก้ปัญหา ได้ และอธิบายนวัตกรรมที่แต่ละกลุ่มได้ร่างแบบเอาไว้ และเปิดโอกาสให้สมาชิกกลุ่มอื่นสอบถามและเสนอแนวคิด



ภาพประกอบ 1 การทำกิจกรรมในวงจรปฏิบัติการที่ 1

ก. นักเรียนช่วยกันแสดงความคิดเห็นในการ ออกแบบนวัตกรรมตามเงื่อนไขที่กำหนด

ข. แบบร่างนวัตกรรมของกลุ่มตัวอย่างก่อนได้รับ คำแนะนำจากผู้วิจัยและเพื่อน

ง. แบบร่างนวัตกรรมของกลุ่มตัวอย่างหลังแก้ไข ตามคำแนะนำจากผู้วิจัยและเพื่อน

ขั้นสังเกต เนื่องจากในวงจรปฏิบัติการที่ 1 เป็น วงจรแรก ผู้วิจัยจึงใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม แค่ 3 ขั้นแรก จากทั้งหมด 6 ขั้น คือ ขั้นระบุปัญหา ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา และ

ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ ยังไม่เข้าใจกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม หลังจาก นักเรียนแต่ละกลุ่มได้รับสถานการณ์ปัญหา แต่ละกลุ่ม ได้เริ่มวางแผนออกแบบชิ้นงานเลย ซึ่งการออกแบบชิ้นงานนี้ อยู่ในขั้นที่ 3 ของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ดังนั้นผู้วิจัยจึงทบทวนให้นักเรียนเข้าใจถึงขั้นตอนที่นักเรียน จะต้องปฏิบัติโดยยึดตามขั้นตอนของการออกแบบเชิง วิศวกรรม จากการตรวจใบงานการออกแบบชิ้นงาน พบว่า แต่ละกลุ่มยังไม่สามารถระบุปัญหาไปจนถึงปัญหาย่อย ๆ ได้ทุกกลุ่มสามารถระบุได้แค่ปัญหาหลักซึ่งเป็นปัญหาใหญ่

ในภาพรวม โดยพบว่าแต่ละกลุ่มสามารถระบุปัญหาได้แค่กลุ่มละ 1 ปัญหา นอกจากนี้นักเรียนแต่ละกลุ่มยังไม่มี การสืบค้นข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องที่จะนำมาแก้ปัญหา และออกแบบชิ้นงาน นอกจากนี้พบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่ม สามารถออกแบบชิ้นงานที่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา แต่พบว่าแบบร่างของนักเรียนแต่ละกลุ่มยังขาดการระบุถึง รายละเอียดและหลักการทำงานของอุปกรณ์ที่ใช้ หลังจาก ที่แต่ละกลุ่มนำเสนอหน้าชั้นเรียน ผู้วิจัยได้เปิดโอกาสให้ เพื่อนร่วมชั้นเรียนได้ร่วมอภิปรายและเสนอแนวคิดเกี่ยวกับ แบบร่างของแต่ละกลุ่ม โดยให้แต่ละกลุ่มนำเสนอแนะ จากเพื่อน ครูพี่เลี้ยง และผู้วิจัย ไปปรับแก้แบบร่างก่อนใช้ แบบร่างไปออกแบบชิ้นงานจริง

ขั้นสะท้อนผล ผู้วิจัย ครูพี่เลี้ยง และอาจารย์ ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมกันหาแนวทางการแก้ปัญหา และข้อเสนอแนะที่เกิดขึ้นจากการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 1 โดยผู้วิจัยจะต้องกำหนดเงื่อนไขให้ชัดเจนและต้องแจ้ง เกณฑ์การประเมินชิ้นงานต่าง ๆ ให้นักเรียนทราบชัดเจนก่อน นอกจากนี้ในการดำเนินกิจกรรมแต่ละกิจกรรม ผู้วิจัย ควรแจกใบงานที่ละกิจกรรม จะทำให้นักเรียนสนใจใน กิจกรรมที่กำลังดำเนินอยู่ แทนที่จะแจกทุกใบงานใน ระยะเวลาเริ่มกิจกรรม นอกจากนี้ใบกิจกรรมควรจะ ออกแบบให้น่าอ่าน เข้าใจง่าย และไม่ควรรีเสิร์ชข้อมูลที่เป็น เนื้อหามากจนเกินไป จะทำให้นักเรียนขาดแรงดึงดูดใน การอ่านทำความเข้าใจเนื้อหา อีกทั้งการอธิบายหลักการ ของกระถางแก้วลิง หากเป็นไปได้ผู้วิจัยควรนำเอา ตัวอย่างจริงมาเสนอให้นักเรียนดูแทนการนำรูปภาพ มาบรรยาย จะทำให้นักเรียนเกิดความสนใจและเข้าใจ ถึงกลไกของกระถางแก้วลิงได้ง่ายและใช้เวลาในการทำ กิจกรรมได้เร็วยิ่งขึ้น อีกทั้งนักเรียนจะไม่เกิดความ เบื่อหน่ายเมื่อเทียบกับการบรรยาย

วงจรวิจัยเชิงปฏิบัติการที่ 2

ขั้นวางแผน ผู้วิจัยเตรียมแผนการจัดการเรียนรู้ ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแผนที่ 2 เรื่องการลำเลียงน้ำ และแร่ธาตุของพืช ซึ่งได้ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ จากการสะท้อนผลในวงจรปฏิบัติการที่ 1

ขั้นปฏิบัติการ ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการ จัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแผนที่ 2 โดย การดำเนินกิจกรรมได้ยืขั้นตอนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่มีทั้งหมด 5 ขั้น เนื่องจากในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ที่ผ่านมา ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

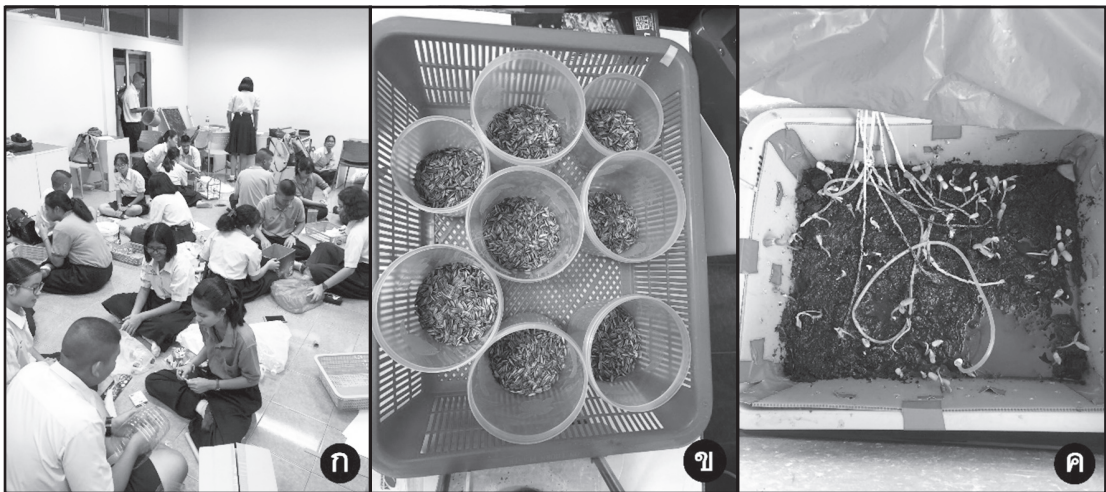
ในขั้นระบุปัญหา ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง กับปัญหา และขั้นตอนออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ดังนั้นใน วงจรปฏิบัติการที่ 2 นี้ ผู้วิจัยจึงเริ่มจากขั้นวางแผนและ ดำเนินการแก้ปัญหา ในขั้นนี้นักเรียนในแต่ละกลุ่มจะต้อง สร้างนวัตกรรมที่ร่วมกันออกแบบไว้จากวงจรปฏิบัติการ ที่ 1 โดยต้องระบุหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และ ระบุเหตุผลในการเลือกอุปกรณ์แต่ละชนิดมาใช้ในการ สร้างนวัตกรรม เมื่อสร้างนวัตกรรมเสร็จในขั้นทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน นักเรียนจะได้รับเมล็ดทานตะวันกลุ่มละ 60 กรัม เพื่อปลูก ในนวัตกรรมที่แต่ละกลุ่มออกแบบไว้ โดยใช้ระยะเวลา เท่ากันในการปลูกคือ 7 วัน ภายใต้เงื่อนไขของสถานการณ์ คือสามารถให้น้ำได้แค่ครั้งแรกในวันที่หว่านเมล็ดเท่านั้น ในขั้นนี้การทดสอบประเมินผลจะเกิดขึ้นหลังจากที่ปลูก เมล็ดทานตะวัน 7 วัน โดยวัดจากน้ำหนักทั้งหมดของต้นอ่อน ทานตะวันที่ได้ และความสูงเฉลี่ยของต้นอ่อนทานตะวัน ในขั้นตอนสุดท้ายคือ ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการ แก้ปัญหาหรือชิ้นงาน โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องออกมา นำเสนอนวัตกรรมที่ได้ออกแบบไว้หน้าชั้นเรียน โดยบอก หลักการทำงาน วัสดุที่เลือกใช้บอกเหตุผลในการเลือก ใช้วัสดุดังกล่าว และการนำความรู้เรื่องการลำเลียงน้ำ และแร่ธาตุของพืชมาประยุกต์ใช้ในการสร้างนวัตกรรม ดังกล่าว

ขั้นสังเกตการณ์ จากการสังเกตการณ์ของผู้วิจัย ในขณะที่ดำเนินกิจกรรมพบว่า หลาย ๆ กลุ่มยังขาดการ วางแผนร่วมกัน นักเรียนส่วนใหญ่จะมีคนวางแผนแค่ คนเดียว ในขณะที่นักเรียนคนอื่นจะเป็นแค่ผู้รับฟังความ คิดเห็นเพียงอย่างเดียวแต่ยังไม่กล้าจะเสนอความคิดเห็น เนื่องจากมีการเสนอความคิดของสมาชิกในกลุ่มน้อย ทำให้ความสามารถในการรับฟังความคิดเห็นและการแสดง ความคิดเห็นมีน้อย ในระหว่างการทำกิจกรรม นักเรียน ทุกคนทุ่มเทในการทำกิจกรรมเป็นอย่างดี ในขั้นระบุปัญหา นักเรียนทุกกลุ่มสามารถระบุปัญหาได้เฉพาะปัญหาหลัก จากสถานการณ์ที่กำหนดให้เท่านั้น แต่ไม่ได้ระบุถึงปัญหา ย่อยในสถานการณ์ได้และยังขาดรายละเอียดของปัญหา ไม่ระบุถึงสาเหตุของปัญหาได้ชัดเจน การแก้ปัญหาจึง ขาดความรอบคอบในขั้นตอนออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ซึ่งสังเกตได้จากใบบันทึกกิจกรรมที่นักเรียนออกแบบมา พบว่า ยังขาดรายละเอียดและขาดการนำองค์ความรู้ ทางชีววิทยาเข้ามาแก้ปัญหา ซึ่งมีนักเรียนเพียงกลุ่มเดียว

ที่สามารถนำองค์ความรู้เรื่องการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุของพืชร่วมกับการสังเคราะห์ด้วยแสงมาใช้ในการออกแบบนวัตกรรม นอกจากนี้พบว่าในการปฏิบัติงานของแต่ละกลุ่มยังขาดการวางแผนและแบ่งหน้าที่กันอย่างชัดเจน ทำให้การทำกิจกรรมล่าช้าและเสร็จไม่ทันเวลา

จากการสะท้อนผลของครูพี่เลี้ยง อาจารย์นิเทศก์ การสอน และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ พบว่าสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมมาก จากการร่วมกันหา

แนวทางเพื่อปรับปรุงกระบวนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยจะต้องกำหนดเวลาให้นักเรียนทุกคนทราบชัดเจนจะทำให้ นักเรียนวางแผนบริหารจัดการเวลาได้ดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะขั้นระบุปัญหา ผู้วิจัยควรระบุจำนวนข้อปัญหาและมีการเสริมแรง เช่น หากกลุ่มไหนระบุปัญหาได้ละเอียดและชัดเจนจะมีคะแนนเพิ่มในส่วนนี้ จากข้อเสนอแนะดังกล่าว ผู้วิจัยจะนำไปปรับปรุงและเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในครั้งต่อไป



ภาพประกอบ 2 การทำกิจกรรมในวงจรปฏิบัติการที่ 2

ก. นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันสร้างนวัตกรรมตามแบบที่เขียนจากวงจรปฏิบัติการที่ 2

ข. เมล็ดทานตะวันปริมาณ 60 กรัมที่แจกให้แต่ละกลุ่ม

ค. ตัวอย่างกลุ่มที่พบปัญหาน้ำท่วมขัง

วงจรวิจัยเชิงปฏิบัติการที่ 3

ขั้นวางแผน ผู้วิจัยเตรียมแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแผนที่ 3 เรื่องการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุของพืช ซึ่งได้ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำจากการสะท้อนผลในวงจรปฏิบัติการที่ 2 โดยเริ่มจากผู้วิจัยแจ้งระยะเวลาในการทำกิจกรรมให้ชัดเจนคือ 3 ชั่วโมงสำหรับการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงาน และ 1 ชั่วโมงสำหรับการนำเสนอนวัตกรรมหน้าชั้นเรียน

ขั้นปฏิบัติการ ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแผนที่ 3 เรื่อง

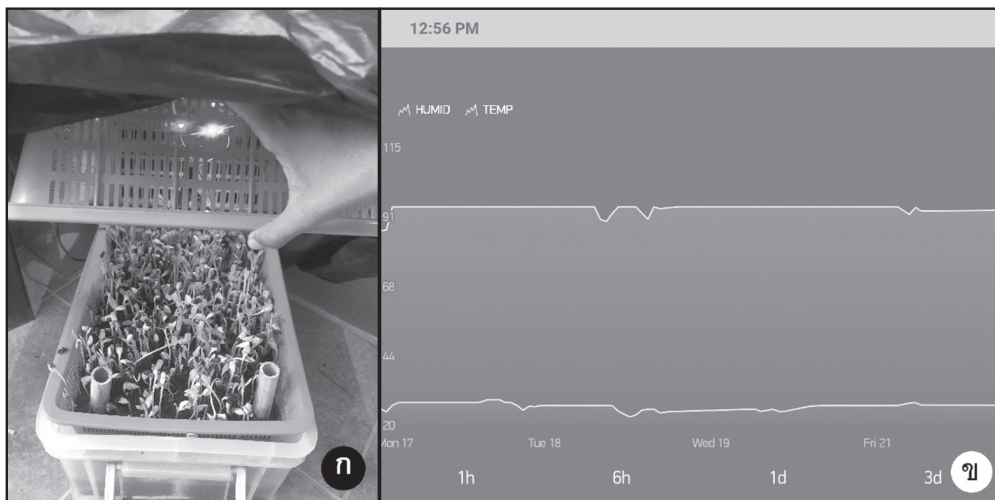
การลำเลียงน้ำและแร่ธาตุของพืช เนื่องจากเป็นวงจรปฏิบัติการที่ 3 ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้โดยให้นักเรียนดำเนินการแก้ไขปรับปรุงนวัตกรรมที่สร้างขึ้นจากปัญหาที่พบ โดยพิจารณาปัญหาจากการงอกและเจริญเติบโตของต้นอ่อนทานตะวัน โดยดำเนินการตามขั้นตอนการออกแบบเชิงวิศวกรรมดังนี้ ขั้นระบุปัญหา ก่อนที่นักเรียนจะเก็บข้อมูลการงอกและการเจริญเติบโตของต้นอ่อนทานตะวันภายหลัง 7 วันที่เพาะปลูกตามเงื่อนไขของสถานการณ์คือการให้น้ำเพียงครั้งเดียวในวันแรกที่ปลูก นักเรียนในแต่ละกลุ่มจะต้องสังเกตปัญหาที่เกิดขึ้นแล้วระบุปัญหาอย่างละเอียดพร้อมทั้งสาเหตุของปัญหาในใบบันทึกกิจกรรมที่ 1 จากนั้นในขั้นรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้น นักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องรวบรวมข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้นวัตกรรมที่สามารถแก้ปัญหาได้ดีที่สุด ขั้นตอนออกแบบการแก้ปัญหา

ในขั้นนี้ นักเรียนจะต้องคิดแบบและร่างใหม่อีกครั้งโดยพิจารณาจากแบบครั้งก่อน และพิจารณาถึงปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นหลังจากการออกแบบนวัตกรรมและนำไปใช้ปลูกจริง ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา นักเรียนแต่ละกลุ่มทำงานปรับปรุงแก้ไขนวัตกรรมตามที่ได้ออกแบบไว้ข้างต้น ดำเนินการปลูกตามเงื่อนไขใหม่ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

ขั้นสังเกตการณ์ จากการสังเกตการณ์ของผู้วิจัย ในขณะที่ดำเนินกิจกรรม พบว่า นักเรียนเข้าใจกระบวนการทำงานและร่วมมือกันทำกิจกรรมภายในกลุ่มมากยิ่งขึ้น กล่าวที่จะแสดงความคิดเห็นและถกเถียงกันในประเด็นที่ตนเองไม่เห็นด้วย นอกจากนั้นยังมีการใช้เหตุผลมาสนับสนุนความคิดเห็นของตนเองเพื่อให้เพื่อนในกลุ่มรับฟังและเข้าใจในหลักการ ภายในกลุ่มมีการรับฟังความคิดเห็นมากยิ่งขึ้น ในวงจรปฏิบัติการนี้จะเห็นว่านักเรียนสามารถนำความรู้ด้าน วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ มาบูรณาการเพื่อสร้างนวัตกรรมผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้เป็นอย่างดี ยังมีการแบ่งหน้าที่กันอย่างชัดเจน เช่น มีการนำความรู้ทางชีววิทยาเกี่ยวกับความยาวคลื่นแสงสีแดงและแสงสีน้ำเงินซึ่งเป็นความยาวคลื่นแสงที่ดีที่สุดในการสังเคราะห์ด้วยแสง มีการติดตั้งแสงสีแดงและแสงสีน้ำเงินในตัวนวัตกรรมเพื่อช่วยให้พืชโตเร็วขึ้น นอกจากนั้นมีนักเรียนบางกลุ่มติดตัวเซ็นเซอร์อุณหภูมิและความชื้นที่เชื่อมโยงกับแอปพลิเคชันที่สามารถรายงานผลค่าอุณหภูมิและความชื้นบนมือถือได้ตลอดเวลา นอกจากนั้นพบว่ายังมีการคำนวณปริมาณน้ำเพื่อให้เพียงพอ

ในระยะเวลาทั้ง 7 วัน แต่ก็ยังมีนักเรียนบางกลุ่มที่เพื่อนในกลุ่มไม่ให้ความร่วมมือจนเกิดข้อขัดแย้งกันในช่วงปฏิบัติหน้าที่

จากการสะท้อนผลของครูที่เลี้ยง อาจารย์นิเทศก์ การสอน และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ พบว่า นักเรียนเข้าใจกระบวนการทำงานและร่วมมือกันทำกิจกรรมภายในกลุ่มมากยิ่งขึ้น กล่าวที่จะแสดงความคิดเห็นและถกเถียงกันในประเด็นที่ตนเองไม่เห็นด้วย นอกจากนั้นยังมีการใช้เหตุผลมาสนับสนุนความคิดเห็นของตนเองเพื่อให้เพื่อนในกลุ่มรับฟังและเข้าใจในหลักการ ภายในกลุ่มมีการรับฟังความคิดเห็นมากยิ่งขึ้น ในวงจรปฏิบัติการนี้จะเห็นว่านักเรียนสามารถนำความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ มาบูรณาการเพื่อสร้างนวัตกรรมผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้เป็นอย่างดี ยังมีการแบ่งหน้าที่กันอย่างชัดเจน เช่น มีการนำความรู้ทางชีววิทยาเกี่ยวกับความยาวคลื่นแสงสีแดงและแสงสีน้ำเงินซึ่งเป็นความยาวคลื่นแสงที่ดีที่สุดในการสังเคราะห์ด้วยแสง มีการติดตั้งแสงสีแดงและแสงสีน้ำเงินในตัวนวัตกรรมเพื่อช่วยให้พืชโตเร็วขึ้น นอกจากนั้นนักเรียนบางกลุ่มติดตัวเซ็นเซอร์อุณหภูมิและความชื้นที่เชื่อมโยงกับแอปพลิเคชันที่สามารถรายงานผลค่าอุณหภูมิและความชื้นบนมือถือได้ตลอดเวลา นอกจากนั้นพบว่ายังสามารถคำนวณปริมาณน้ำเพื่อให้เพียงพอในระยะเวลาทั้ง 7 วัน



ภาพประกอบ 3 การทำกิจกรรมในวงจรปฏิบัติการที่ 3

ก. ตัวอย่างนวัตกรรมที่อยู่ในเกณฑ์ดีมาก

ข. การใช้แอปพลิเคชันที่สามารถรายงานผลค่าอุณหภูมิและความชื้นบนมือถือ

วงจรวิจัยเชิงปฏิบัติการที่ 4

ขั้นวางแผน ผู้วิจัยเตรียมแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแผนที่ 4 เรื่องการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุของพืช ซึ่งได้ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำจากการสะท้อนผลในวงจรปฏิบัติการที่ 3

ขั้นปฏิบัติการ ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแผนที่ 4 เรื่องการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุของพืช เนื่องจากเป็นวงจรปฏิบัติการสุดท้าย ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้โดยให้นักเรียนดำเนินการแก้ไขปรับปรุงนวัตกรรมที่สร้างขึ้นให้ดีที่สุด

ขั้นสังเกตการณ์ เนื่องจากเป็นวงจรวิจัยปฏิบัติการสุดท้าย ซึ่งในวงจรที่ผ่านมาพบว่านักเรียนประสบความสำเร็จในการสร้างชิ้นงานและชิ้นงานที่สร้างสามารถแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดให้ได้ดีมาก ดังนั้น ในขั้นระบุปัญหา พบว่า ปัญหาที่นักเรียนระบุขึ้นมีน้อยกว่าในวงจรปฏิบัติการที่ผ่านมา เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างชิ้นงานได้ตามเป้าหมายที่วางไว้ และชิ้นงานของนักเรียนไม่ค่อยพบปัญหาในวงจรปฏิบัติการที่ 4 นี้ ในขั้นการสืบค้นข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่ค่อยมีการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเนื่องจากชิ้นงานอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์แล้ว ในขั้นทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการ พบว่า ชิ้นงานที่นักเรียนทุกกลุ่มสามารถปลูกต้นอ่อนทานตะวันได้ตามเงื่อนไขในสถานการณ์ที่กำหนด พบว่า การงอกและการเจริญเติบโตของต้นอ่อนทานตะวันเพิ่มสูงขึ้นและมีการเจริญเติบโตดีขึ้น เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างชิ้นงานที่ให้น้ำได้เพียงพอตลอดระยะเวลา 7 วัน นอกจากนี้ นักเรียนสามารถนำเอาประสบการณ์ที่ได้จากวงจรปฏิบัติการก่อนหน้านี้มาเป็นข้อปรับปรุงแก้ไขตัวชิ้นงานและปรับเปลี่ยนระยะเวลาในการให้แสงน้อยลง ทำให้การยืดยาวของลำต้นต้นอ่อนทานตะวันสูงยิ่งขึ้น จึงได้นำหนักของผลผลิตเพิ่มสูงขึ้นด้วย

จากการสะท้อนผลของครูที่เลี้ยง อาจารย์นิเทศก์ การสอน และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ พบว่า นักเรียนสนุกกับการทำกิจกรรมเป็นอย่างมาก นักเรียนส่วนใหญ่กล้าคิด กล้าลอง และลงมือทำโดยไม่กลัวที่จะล้มเหลว มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันอย่างตรงไปตรงมา กล้าที่จะถกเถียงกันในประเด็นที่คิดต่างโดยมีอารมณ์ขัน ร่วมและไม่มีการโกรธกัน ทำให้นวัตกรรมที่สร้างขึ้น

สามารถแก้ปัญหาได้ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับในวงจรอื่น ๆ ก่อนหน้านี้

สรุปผลการวิจัย

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งมีภาพรวมอยู่ในระดับดีเยี่ยม

2. การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านการวิจัยเชิงปฏิบัติการมีแนวโน้มพัฒนาขึ้นตามลำดับจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 ถึง วงจรปฏิบัติการที่ 4 โดยในขั้นวางแผน (Plan) ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องเตรียมแผนการจัดการเรียนรู้ใบกิจกรรม สื่อและอุปกรณ์ต่าง ๆ รวมทั้งแบ่งกลุ่มนักเรียนไว้ล่วงหน้า ในขั้นปฏิบัติ (Act) ผู้วิจัยจัดการเรียนรู้ตามแผนที่จัดทำไว้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาใช้ในการดำเนินการในขั้นนี้ ขั้นสังเกต (Observe) ผู้วิจัยสังเกตปัญหาส่วนใหญ่พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่เข้าใจเงื่อนไขและเกณฑ์การประเมิน นอกจากนี้ขั้นตอนการทำกิจกรรมยังไม่ชัดเจนทำให้นักเรียนบางส่วนสนใจงานอย่างอื่น นอกจากนี้ นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจผิดว่าในขั้นระบุปัญหานักเรียนสามารถระบุปัญหาได้แค่ข้อเดียวทั้ง ๆ ที่นักเรียนควรระบุปัญหาได้หลากหลายและมีรายละเอียด และขั้นสะท้อนผล (Reflex) สรุปได้ว่าผู้วิจัยควรมีแนวทางปฏิบัติ 4 ข้อ ได้แก่ 1) ต้องกำหนดเงื่อนไขและเกณฑ์การประเมินให้ชัดเจน 2) ควรดำเนินกิจกรรมทีละกิจกรรม 3) ควรนำตัวอย่างนวัตกรรมจริงให้นักเรียนดูแทนการนำรูปภาพมาบรรยาย และ 5) ขั้นตอนการระบุปัญหาในขั้นตอนการออกแบบเชิงวิศวกรรมควรระบุให้ชัดเจนว่าให้นักเรียนระบุปัญหาย่อย ๆ ได้หลายปัญหา

อภิปรายผลการวิจัย

การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยมีการบูรณาการพฤติกรรมที่ต้องการหรือคาดหวังให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนเข้ากับการเรียนรู้เนื้อหาด้วย รวมถึงการกระตุ้นให้เกิดความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การคิดอย่างมีเหตุผลในเชิงตรรกะ และทักษะของการเรียนรู้

หรือการทำงานแบบร่วมมือ ผ่านประสบการณ์ในการทำกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project - Based Learning) หรือ กิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) (มนตรี จุฬาววัฒน, 2556; สุพรรณิ ชาญประเสริฐ, 2557 และ พรพรรณ ไวยาทกูร, 2557) ซึ่งเป็นการส่งเสริมการเรียนรู้แก่ผู้เรียนผ่านกิจกรรมหรือโครงงานที่มุ่งแก้ไขปัญหที่พบเห็นในชีวิตจริง สร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ ที่นำไปสู่การสร้างนวัตกรรม มีทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี (ศูนย์ส่งเสริมศึกษาแห่งชาติ, 2558) จากการศึกษาการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในครั้งนี้พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความกระตือรือร้นกับการนำนวัตกรรมที่แต่ละกลุ่มร่วมกันสร้างมาใช้ในการแก้ปัญหาพบว่าทุกคนจะมีตัวแทนกลุ่มเข้ามาสังเกตผลการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูก รวมทั้งสังเกตปัญหาต่าง ๆ ระหว่างการดำเนินกิจกรรมที่ผู้วิจัยได้กำหนดในระยะเวลา 7 วันต่อวงจรปฏิบัติการ อาจเนื่องมาจากสถานการณ์ที่กำหนดเป็นสถานการณ์เกี่ยวกับการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุของพืช ซึ่งสามารถวัดความสำเร็จในการสร้างนวัตกรรมที่นักเรียนนำมาแก้ปัญหาจากการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูก ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่ใช้เพื่อนำเข้าสู่กิจกรรมที่ 2 เป็นการเรียนรู้ที่ใกล้ชิดและอยู่ในชีวิตประจำวัน รวมการปลูกต้นอ่อนทานตะวันเป็นธุรกิจที่ได้รับความนิยมอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นการนำประเด็นหรือสถานการณ์ใกล้ตัวที่นักเรียนสามารถจับต้องได้ ทำให้ผู้เรียนรู้สึกท้าทายและเกิดความมั่นใจในการเรียนเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จากวงจรปฏิบัติการที่ 1 และสังเกตเห็นได้ชัดในวงจรปฏิบัติการที่ 3 และ 4 ว่าผู้เรียนสนุกกับการเรียนรู้ กล้าคิดและกล้าลงมือทำและร่วมกันแก้ปัญหาได้ดีมากภายในกลุ่ม ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ เสกสรร สรรสพิสุทธิ์ (2558) ที่ได้เสนอไว้ว่า “การนำประเด็นหรือสถานการณ์ที่อยู่ใกล้ตัวนักเรียนซึ่งอาชีพที่พบเห็นได้ในชุมชนมาเชื่อมโยงเข้ากับเนื้อหาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ สร้างโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ที่ได้เรียนรู้ในชั้นเรียน และความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีวิธีการหรือพัฒนาชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ครูนำเสนอการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวจะช่วยให้นักเรียนได้เห็นประโยชน์ของความรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่นักเรียนใช้ใน

ชั้นเรียน อีกทั้งเป็นการฝึกความสามารถในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน” ยิ่งไปกว่านั้นการนำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ามาผนวกกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีนั้น ซึ่งมีขั้นตอนคือ 1) ขั้นระบุปัญหา 2) ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ขั้นทดสอบประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และ 6) ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน สามารถช่วยให้นักเรียนมีวิธีการคิดการดำเนินการแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบและสามารถคิดหาวิธีการแก้ปัญหา วางแผน และหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องมาใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างชาญฉลาด จากผลการวิจัยในวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่าในระยะแรก นักเรียนยังไม่เข้าใจถึงกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม หลังจากผู้วิจัยนำเสนอสถานการณ์ในชั้นเรียน สังเกตเห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่ลงมือร่างแบบเพื่อสร้างนวัตกรรมขึ้นมาภายใน 15 นาที โดยขาดการทำความเข้าใจถึงปัญหา ขาดการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งไม่มีการวางแผนที่ชัดเจน จึงทำให้นวัตกรรมที่สร้างขึ้นในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ยังไม่สามารถแก้ไขสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ โดยพิจารณาจากผลการประเมินผลงานประเภทสิ่งประดิษฐ์ การนำเสนอผลงาน และการทำงานกลุ่ม พบว่าคะแนนจากการประเมินยังอยู่ในเกณฑ์พอใช้ แต่หลังจากที่ผู้วิจัยทำความเข้าใจกับนักเรียนเกี่ยวกับขั้นตอนของการออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยลงรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนจนนักเรียนเข้าใจและสามารถปฏิบัติการตามขั้นตอนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้ถูกต้อง ทำให้ผลการสร้างนวัตกรรมในวงจรปฏิบัติการที่ 2,3 และ 4 พัฒนาขึ้นสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hiong and Osman (2015) ที่ให้สถานการณ์เกี่ยวกับการทำฟาร์มไฮโดรโปนิคบนชั้นดาดฟ้าโดยใช้วัสดุรีไซเคิลในการออกแบบนวัตกรรม ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีทักษะในการอ่านและการเขียนโดยการหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากเว็บไซต์ที่เชื่อถือได้ และมีความคิดสร้างสรรค์เพิ่มขึ้น โดยการออกแบบเพื่อศึกษาผลกระทบของความเข้มแสงที่มีต่อการสังเคราะห์แสง นอกจากนี้ยังเกิดการสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ โดยนักเรียนสามารถเผยแพร่ข้อมูลที่แตกต่างกันเพื่อแบ่งปันผลการทดสอบของพวกเขา เช่น ผ่าน YouTube, อีเมล, Facebook, บล็อก เป็นต้น และมีการนำเสนอในห้องเรียน

อย่างมีประสิทธิภาพ ยิ่งไปกว่านั้นพบว่าสามารถปลูกฝังค่านิยมของการทำงานร่วมกันระหว่างสมาชิกในทีมได้เป็นอย่างดี การที่นักเรียนมีโอกาสช่วยกันคิดแก้ปัญหาเพื่อร่วมกันสร้างผลงานด้วยตนเองโดยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จะช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้โดยเฉพาะขั้นตอนการนำเสนอผลงานและปรับปรุงแก้ไขผลงานผ่านการสะท้อนถึงข้อดีและข้อเสียของเพื่อนและครู ทำให้นักเรียนเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริง และเรียนรู้จากข้อผิดพลาดและจะต้องพยายามช่วยกันแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นผ่านความท้าทายจากสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้น (Pena, 2015 ; Rosicka, 2016) จากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนระหว่างทำกิจกรรมของตัววิจัย พบว่า นักเรียนที่พบปัญหามาก ๆ ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 และ 2 นักเรียนจะมีความพยายามอย่างสูงที่จะร่วมกันศึกษาสาเหตุของปัญหาและหาข้อมูลต่าง ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหา แต่ในขณะเดียวกันพบว่า การศึกษาในครั้งนี้แตกต่างจากงานวิจัยของอัจฉริยะ สังขรักษ์, สิงหา ประสิทธิ์พงศ์ และสิทธิชัย วิชัยดิษฐ์ (2560) ที่ผู้วิจัยเปิดกำหนดให้นักเรียนเพาะต้นถั่วเขียว ให้งอกและเติบโตก่อนที่จะนำมาปลูกในโรงเรือนเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของโรงเรือนโดยวัดจากการสูญเสีย น้ำของต้นถั่วเขียวหลังปลูกในโรงเรือน ซึ่งตรงข้ามกับการศึกษาครั้งนี้ที่กำหนดให้นักเรียนออกแบบภาชนะปลูกต้นอ่อนทานตะวันแล้ววัดประสิทธิภาพของภาชนะโดยดูจากการงอกและการเจริญเติบโตของต้นอ่อนทานตะวัน โดยใช้ระยะเวลาในการปลูกพืชเท่ากันคือ 7 วัน นอกจากนี้พบว่า การนำเมล็ดทานตะวันมาศึกษาครั้งนี้จะมีวิธีการเพาะเมล็ดที่จำเพาะและยากกว่าการเพาะเมล็ดถั่วเขียวซึ่งอาจสร้างความยากและท้าทายให้กับนักเรียนได้มากกว่า ยิ่งไปกว่านั้น การศึกษาในครั้งนี้เปิดโอกาสให้นักเรียนมีอิสระในการใช้วัสดุและอุปกรณ์ได้ตามชนิดและจำนวนที่ต้องการ โดยจำกัดแค่ปริมาณของเมล็ดทานตะวันให้เท่ากันในแต่ละกลุ่มเพียงปัจจัยเดียวเท่านั้น ซึ่งสังเกตได้ว่านักเรียนมีอิสระในการคิดและออกแบบได้อย่างหลากหลาย

นอกจากนี้ยังพบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษายังช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในรายวิชาชีววิทยา เรื่องการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุ จากค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนเรียนอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ (ร้อยละ 52.73) พัฒนาขึ้นเป็นระดับดีเยี่ยม (ร้อยละ 84.87) อาจเนื่องจากการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียน

สามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง และมีการช่วยเหลือกันเพื่อแก้ปัญหาอย่างกระตือรือร้นผ่านการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของผู้เรียน ทำให้เกิดการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ที่ได้สัมผัสกับชีวิตจริง เกิดทักษะการแสวงหาความรู้ได้ด้วยตนเอง ทักษะการสร้างความรู้ใหม่ และทักษะการทำงานกลุ่ม (กมลฉัตร กล่อมอิม, ชัยวัฒน์ นามนาค, วาริรัตน์ แก้วอุ และวิเชียร อารังโสติสสกุล, 2557) จากสาเหตุดังกล่าวส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนเพิ่มสูงขึ้น มากไปกว่านั้นนักเรียนยังมีความสุขและสนุกสนานกับการจัดการเรียนรู้ที่จัดขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาชีววิทยาเพิ่มสูงขึ้นหลังจากจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในเนื้อหาต่าง ๆ ดังนี้ การรักษาดุลยภาพในร่างกาย (อาทิตย์ ฉิมกุล, 2559) กายวิภาคศาสตร์ของพืช (ดวงพร สมจันทร์ตา, 2559) เอนไซม์ (อาทิตย์ ฉิมกุล, 2559) การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต (นัสรินทร์ ปือชา, 2558) จากงานวิจัยของ นัสรินทร์ ปือชา (2558) พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาจะทำให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ด้วยตัวเองผ่านความท้าทายจากสถานการณ์ที่ครูกำหนดขึ้น ดังนั้นสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้นจะต้องน่าสนใจท้าทายให้นักเรียนอยากจะทำกิจกรรม และจะต้องเป็นสถานการณ์ทั่วไปที่อยู่ในชีวิตประจำวัน และสามารถวัดผลออกมาได้โดยไม่ซับซ้อน

1.2 ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ไม่ควรกำหนดเงื่อนไขที่ยากและมีมากจนเกินไปเพราะจะทำให้การเรียนรู้สับสน หากไม่ประสบความสำเร็จเลยในครั้งแรก แต่หากใช้เงื่อนไขง่าย ๆ ก่อน แล้วจึงค่อย ๆ เพิ่มเงื่อนไขจะทำให้นักเรียนสนุกและท้าทายกับกิจกรรมมากยิ่งขึ้น

1.3 ระยะเวลาในการจัดกิจกรรมควรมีมากเพียงพอโดยเฉพาะในการสร้างชิ้นงานครั้งแรกนั้นนักเรียนยังไม่คุ้นชินกับการใช้เครื่องมือหรือบางครั้งอุปกรณ์ที่เตรียมมาไม่ครบ จึงควรให้เวลาในการจัดกิจกรรมเพียงพอโดยประมาณ 4 ชั่วโมง

1.4 ครูควรให้มีการเสริมแรงทางบวกเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันทำกิจกรรมได้อย่างเต็มที่

1.5 การสร้างบรรยากาศแห่งการแสดงความคิดเห็นในขณะเพื่อนนำเสนอจะทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างกลุ่ม เกิดบรรยากาศแห่งการถกเถียงทางวิชาการ ทำให้แต่ละกลุ่มสามารถนำเสนอแนะจากกลุ่มอื่นไปเป็นข้อมูลในการแก้ไขชิ้นงานในครั้งต่อไปได้

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 จากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนแต่ละกลุ่ม พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร่วมมือกันทำกิจกรรมเป็นอย่างดี แต่มีนักเรียนส่วนน้อยที่ยังขาดทักษะการทำงานกลุ่มและความร่วมมือ ดังนั้นหัวข้อวิจัยที่น่าสนใจในการศึกษาต่อไปอาจต้องมีการพัฒนาทักษะการทำงานกลุ่ม

เอกสารอ้างอิง

- กมลฉัตร กล่อมอิม, ชัยวัฒน์ นามนาค, วารินทร์ แก้วอุไร และวิเชียร อารังโสติสกุล. (2557). การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ด้วยการช่วยเสริมศักยภาพเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์*. 16(2), 129-139.
- ดวงพร สมจันทร์ตา. (2559). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการเรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่องกายวิภาคศาสตร์ของพืช. *วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร*.
- นัสนรินทร์ ปือชา. (2558). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี*.
- พรทิพย์ ศิริภทราชัย. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. *วารสารนักบริหารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*. 33(2), 49-56.
- พรพรรณ ไวย่างกูร. (2557). *การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา*. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ.
- มนตรี จุฬารัตนพล. (2556). สะเต็มศึกษาประเทศไทยและทูตสะเต็ม. *นิตยสาร สสวท*. 42(185), 14-18.
- ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ. (2558). *คู่มือเครือข่ายสะเต็มศึกษา*. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ.
- เสกสรร สรรสพิสุทธ์. (2558). *เสวนาวิชาการสะเต็มศึกษา: เรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาพัฒนานวัตกรรมนำสู่อาชีพ*. สืบค้นเมื่อ 24 ตุลาคม 2561, จาก <http://www.stemedthailand.org/>
- สุพรรณิ ขาญประเสริฐ. (2556). การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21. *นิตยสาร สสวท*. 42(185), 10-13.
- _____. (2557). สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. *นิตยสาร สสวท*. 42(186), 3-5.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2554). *แนวปฏิบัติการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ. กระทรวงศึกษาธิการ
- สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา. (2561). *ระบบสารสนเทศเพื่อการประเมินคุณภาพภายนอก*. สืบค้นเมื่อ 15 กุมภาพันธ์ 2561, จาก <http://aqa.onesqa.or.th/>

- อาทิตย์ ฉิมกุล. (2559). ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อัจฉรีย์ สังขรักษ์ สิงหา ประสิทธิ์พงศ์ และสิทธิชัย วิชัยดิษฐ์. (2560). การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช เพื่อพัฒนากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 5. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี. 28(3), 59-71.
- 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.
- Pena, A. (2015). *Building STEM skills*. Retrieved October 24, 2018, from <http://www.eisca.org/blog/building-stem-skills/>
- Rosicka, C. (2016). *From concept to classroom translating STEM education research into practice*. Retrieved October 24, 2018, from http://research.acer.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1010&context=professional_dev