

การส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ในการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้ทักษะ 4C ด้วยการเรียนรู้แบบการใช้

วิจัยเป็นฐาน เรื่อง ปัจจัยในการเจริญเติบโตของพืช

Promoting the 21st Century Learning Skills in Science Learning
for the 4th Grade Students by 4C Skills through Research-Based
Learning on the Topic of Factors Affecting Plant Growth

ชลิตา กูหมาด และ บรรณรักษ์ คุ่มรักษา*

Chalita Koomad and Bannarak Khumraksa*

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

บทคัดย่อ

ทักษะ 4C เป็นทักษะสำคัญสำหรับการเตรียมเยาวชนให้เป็นบุคคลในศตวรรษที่ 21 การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองขั้นต้น ทำการศึกษากลุ่มเดียว วัตถุประสงค์คือเพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบวิจัยเป็นฐาน และศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวในการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ในด้าน 4C ของนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษา กลุ่มเป้าหมายของในการวิจัยครั้งนี้ คือนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนวัดท่าทอง จังหวัดสุราษฎร์ธานี จำนวน 34 คน ที่ถูกเลือกมาแบบเจาะจง ผลวิจัยพบว่ากิจกรรมการเรียนรู้แบบวิจัยเป็นฐานสามารถส่งเสริมให้นักเรียนกลุ่มเป้าหมายได้รับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ในด้าน 4C ได้ โดยมีระดับคุณภาพเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ดี และในจำนวนนี้มีนักเรียนที่ได้รับการพัฒนาให้อยู่ในระดับดีมากอยู่ร้อยละ 57.9

คำสำคัญ: ทักษะในศตวรรษที่ 21 การเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐาน ทักษะ 4C
การเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ นักเรียนชั้นประถมศึกษา

Abstract

The 4C skills are most important for preparing students to success in the 21st Century. This research is the pre-experiment design which using one group posttest only design. The aim of this research is to develop science learning activity carried out research-based learning (RBL) approach and to study effects of the use of this learning activity to enhance 4C skills of primary school students. The research target was 34 of the 4th grade students of Wattathong school in Surat Thani. The result revealed that the RBL activity encourage 4C skills of students to be as good quality level. Among this, there were 57.9% of students that have been developed to be in a very good level.

Keywords: The 21st Century learning skills, Research-based learning, 4C Skills, Science learning, Primary school student

บทนำ

โลกในปัจจุบัน มีได้วัดคุณภาพการศึกษาของประชากรด้วยความสามารถในการ “รู้จำ” เหมือนเช่นในอดีตที่ว่าวัดกันด้วยทักษะความสามารถในการทำงานเพื่อสร้างนวัตกรรม (Innovative Skill) ความสามารถในการแก้ปัญหา มีทักษะ มีความรู้ความเชี่ยวชาญ และเป็นคนที่มีความคิดสร้างสรรค์ เครือข่ายองค์กรความร่วมมือเพื่อทักษะในศตวรรษที่ 21 (The Partnership for 21st Century Skills) หรือเครือข่าย P21 ของประเทศสหรัฐอเมริกา จึงได้พัฒนากรอบแนวคิดเรื่อง “ทักษะแห่งอนาคตใหม่: การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21” ว่าทักษะแห่งการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่เด็กและเยาวชนควรมีประกอบด้วยทักษะ 3R และทักษะ 4C (The Partnership for 21st Century Skills, 2009) โดยทักษะ 3R เป็นทักษะที่เน้นการอ่านเขียนและการใช้ตัวเลข ได้แก่ ทักษะการอ่าน (Reading), ทักษะการเขียน (Writing) และ ทักษะการใช้ตัวเลขและการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ (Arithmetic) ในขณะที่ทักษะ 4C จะเป็นทักษะที่เน้นการคิด การทำงาน และการสื่อสาร ได้แก่ ทักษะการคิดวิเคราะห์ (Critical Thinking) ทักษะการสื่อสาร (Communication) ทักษะการทำงานแบบร่วมมือ (Collaboration) และ ทักษะความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) (The Partnership for 21st Century Skills, 2009)

วิจารณ์ (2558) ได้เสนอแนวคิดที่ว่าทักษะ 3R เป็นทักษะที่เชื่อมโยงและส่งเสริมกับการสอนในสาระวิชาหลัก เช่น วิชาภาษาแม่และภาษาโลก วิชาคณิตศาสตร์ วิชาวิทยาศาสตร์ วิชาภูมิศาสตร์ และวิชาประวัติศาสตร์ เป็นต้น (รัชณี และคณะ, 2561; วิจารณ์, 2558) ส่วนทักษะ 4C เป็นทักษะสำหรับการเรียนรู้และการสร้างการเปลี่ยนแปลงไปในทางดีขึ้นหรือการสร้างนวัตกรรม ซึ่งเหมาะกับการเรียนรู้ในวิชาที่เชื่อมโยงกับทักษะชีวิตและอาชีพ เพื่อให้เป็นบุคคลพร้อมเรียนรู้ และเป็นคนทำงานที่ใช้ความรู้ เช่น วิชาวิทยาศาสตร์ วิชาในทางวิศวกรรม วิชาสิ่งแวดล้อม วิชาในเศรษฐศาสตร์ วิชาการเป็นผู้ประกอบการ เป็นต้น (วิจารณ์, 2558; อดุลย์, 2557) ซึ่งทักษะเหล่านี้เป็นทักษะที่ต้องอาศัยการปลูกฝังและฝึกฝนผ่านกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการจัดประสบการณ์ด้วยการให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ และเน้นการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองเป็นสำคัญ (Learning by Doing) (Dewey, 1986)

ขณะเดียวกัน เป้าหมายในการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์มิใช่การเรียนรู้ด้วยการท่องจำเนื้อหา กฎ และทฤษฎีต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ให้ได้ทั้งหมด เพราะความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นมีปริมาณความรู้ที่เพิ่มมากขึ้นทุกวันและวิทยาการต่าง ๆ เป็นไปแบบก้าวกระโดด (ประสาธ, 2558; สมเกียรติ, 2556) หากแต่การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่แท้จริงนั้นคือการจัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนเข้าใจองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปพร้อม ๆ กับความเข้าใจในวิธีการของการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้วย (กาญจนา และคณะ, 2553) ดังนั้นการสอนโดยการบอกหรือบรรยาย

ความรู้แบบดั้งเดิม (Traditional Exposition) จึงไม่ใช่วิธีการสอนที่มีประสิทธิภาพเหมือนในเช่นอดีตอีกต่อไป (สมเกียรติ, 2556) แต่จากการสังเกตของผู้วิจัยที่รับผิดชอบสอนในวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นประถมศึกษาของโรงเรียนวัดท่าทอง จังหวัดสุราษฎร์ธานี พบว่าปัญหาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของโรงเรียนส่วนใหญ่ยังคงเน้นการสอนแบบบรรยาย โดยให้นักเรียนจดหรือท่องตาม ทำให้นักเรียนขาดโอกาสในการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง ขาดโอกาสที่จะพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และขาดการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ทำให้ผู้เรียนไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้กับโลกการใช้ชีวิตจริงได้ และทำให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่ายในการเรียนและมีเจตคติในเชิงลบต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ด้วย ผู้วิจัยจึงต้องการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาที่ส่งเสริมการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21

จากการศึกษาทบทวนวรรณกรรมของผู้วิจัยพบว่า นักวิชาการทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาส่วนใหญ่มักให้ความสนใจและสนับสนุนให้ครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (Chonkaew et al., 2019; Freeman et al., 2014; Stehle and Peters-Burton, 2019) เพื่อส่งเสริมการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ให้แก่ผู้เรียน และอีกจำนวนหนึ่งสนับสนุนการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Bell, 2010; Toolin, 2004) และการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Keil et al., 2009; Nariman and Chrispeels, 2016) ทว่ายังมีงานวิจัยจำนวนไม่มากนักที่ศึกษาการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ให้แก่ผู้เรียนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐาน

การเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐาน (Research-Based Learning: RBL) เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่ทำให้มีการจัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติ ผู้เรียนจะได้สืบเสาะค้นหาความรู้โดยอาศัยกระบวนการวิจัยเป็นเครื่องมือ (บรรณรักษ์ และคณะ, 2562; สุธีระ, 2555; เสาวภา, 2554) ผู้เรียนจะได้ฝึกฝนกระบวนการคิด และการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ (ธีรภา และคณะ, 2560) เกิดความกระตือรือร้น ความอดทนในการทำงาน ความกล้าแสดงออก มีความมั่นใจในตนเอง (สุธีระ, 2555) ฝึกทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น ทักษะทางสังคม ทักษะการสื่อสารทั้งการอ่านและการเขียน และพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ได้เป็นอย่างดีอีกด้วย (สุธีระ, 2555; สุภาพร และคณะ, 2557)

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้รับการพัฒนาทักษะที่จำเป็นต่อการใช้ชีวิตของการเป็นบุคคลในศตวรรษที่ 21 ในด้าน 4C โดยใช้แนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบ RBL มาเป็นแนวทางในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง ปัจจัยในการเจริญเติบโตของพืช โดยคาดหวังว่าผลจากการวิจัยในครั้งนี้จะแนวทางในการพัฒนารูปแบบวิธีการในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และสอดคล้องกับแนวทางในการพัฒนากำลังคนในศตวรรษที่ 21 อีกด้วย

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1. เพื่อออกแบบและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ในด้านทักษะ 4C สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ RBL
2. เพื่อศึกษาผลของจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ RBL ในวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ในด้านทักษะ 4C สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

วิธีดำเนินการวิจัย

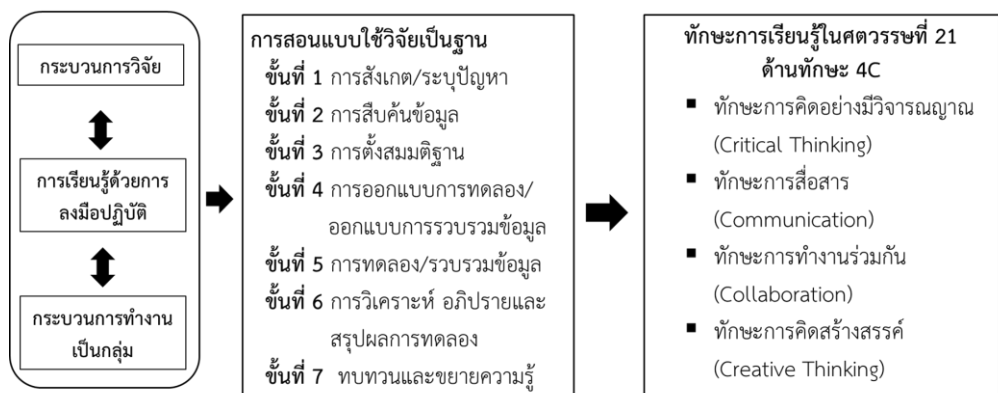
1. ขอบเขตของการวิจัย

1.1 รูปแบบการวิจัยและกรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบการทดลองขั้นต้น (Pre-experimental Design) (Leedy and Ormrod, 2015) โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบกลุ่มเดียววัดครั้งเดียวหลังทดลอง (One-Group Posttest Only Design) กรอบแนวคิดในการวิจัยครั้งนี้เป็นดังภาพที่ 1

1.2 กลุ่มเป้าหมายของการวิจัย คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 ของโรงเรียนวัดท่าทอง จังหวัดสุราษฎร์ธานี จำนวน 34 คน ซึ่งเลือกมาโดยใช้วิธีเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เนื่องจากโรงเรียนแห่งนี้มีนักเรียนระดับชั้นละ 1 ห้องเรียน และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เป็นระดับชั้นที่มีช่วงวัยที่มีพื้นฐานประสบการณ์และทักษะมากพอที่จะถูกฝึกฝนให้มีการพัฒนาต่อยอดขึ้นไปได้ตามมาตรฐานการเรียนรู้ของสาระวิทยาศาสตร์

1.3 เนื้อหาบทเรียนที่ใช้ในการวิจัย คือ สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 การดำรงชีวิตของพืช เรื่อง ปัจจัยในการเจริญเติบโตของพืช ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

1.4 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย งานวิจัยครั้งนี้ดำเนินการในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 ใช้เวลาในการวิจัยทั้งหมด 4 เดือน โดยในขั้นทดลองใช้ระยะเวลาในการดำเนินการ 7 สัปดาห์ (สัปดาห์ละ 1 คาบ หรือ 1 ชั่วโมง)

1.5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบ RBL ของสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง “ปัจจัยที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช” จำนวน 1 แผน พร้อมทั้งแบบบันทึกกิจกรรมโครงงานฐานวิจัย 2) แบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้าน 4C และ 3) แบบสังเกตและบันทึกพฤติกรรมกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน (Teaching Log)

1.6 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย มีประเด็นดังนี้

การสร้างเครื่องมือวิจัย

1) ออกแบบและสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบ RBL เรื่อง “ปัจจัยที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช” และตรวจสอบคุณภาพและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบ RBL จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน โดยใช้แบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบมาตรฐานค่า 5 ระดับ

2) สร้างแบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 โดยใช้ทักษะ 4C ที่ประกอบด้วย 1) ทักษะการคิดวิเคราะห์ 2) ทักษะการสื่อสาร 3) ทักษะการทำงานแบบร่วมมือและ 4) ทักษะการคิดสร้างสรรค์ และใช้เกณฑ์การประเมินเป็นแบบมาตรฐานค่า 4 ระดับ คือ ระดับดีมาก (4 คะแนน) ระดับดี (3 คะแนน) ระดับพอใช้ (2 คะแนน) และระดับปรับปรุง (1 คะแนน) พร้อมทั้งตรวจสอบคุณภาพเพื่อหาความสอดคล้องของเครื่องมือโดยการหาค่า IOC (Turner and Carlson, 2003) จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน

3) ออกแบบและสร้างแบบบันทึกพฤติกรรมกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน เพื่อใช้บันทึกข้อมูลเชิงคุณภาพของผู้เรียนในขณะปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้

การดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล

1) ดำเนินการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนกลุ่มเป้าหมายตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ออกแบบไว้ ใช้เวลาสอน 7 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 1 คาบ คาบละ 1 ชั่วโมง รวมเวลาทั้งสิ้น 7 ชั่วโมง ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 7 คาบ แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ RBL เรื่อง ปัจจัยที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

ขั้นการสอน	คาบ	กิจกรรม	บทบาท/หน้าที่ครู
1. สำรวจและตั้งปัญหา	1 (1 ชม.)	แบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 5-6 คน และครูนำนักเรียนออกไปสำรวจต้นไม้และพืชรอบ ๆ บริเวณโรงเรียน และตั้งปัญหาเกี่ยวกับสิ่งที่จำเป็นที่พืชต้องใช้ในการเจริญเติบโตของพืช	ครูเป็นผู้คอยกระตุ้นให้นักเรียนฝึกการสังเกตอย่างถ่วงถี้ รอบคอบ และนำประเด็นสู่การตั้งปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์จากสิ่งที่นักเรียนสังเกตเห็น
2. การสืบค้นและรวบรวมข้อมูล	2 (1 ชม.)	ครูมอบหมายให้นักเรียนแต่ละกลุ่มไปศึกษาค้นคว้าข้อมูลเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการหาคำตอบหรือวิธีแก้ปัญหา	ครูจัดเตรียมแหล่งข้อมูล หนังสือ เอกสาร ใบความรู้ และสิ่งอำนวยความสะดวกในการสืบค้นข้อมูล เช่น คอมพิวเตอร์ หรือแท็บเล็ต
3. กำหนดสมมติฐาน	3 (1 ชม.)	เรียนรู้และฝึกการตั้งสมมติฐานจากสถานการณ์จำลอง เชื่อมโยงสู่การตั้งสมมติฐาน และกำหนดตัวแปรจากปัญหาที่ระบุภายในกลุ่มของตนเอง	ครูอธิบาย และ ยกตัวอย่าง สถานการณ์จำลองเพื่อฝึกการตั้งสมมติฐาน และคอยกระตุ้นโดยใช้คำถาม ชี้แนะแนวทางการตั้งสมมติฐานบนพื้นฐานของข้อมูลที่มีอยู่
4. ออกแบบการทดลอง	4 (1 ชม.)	นักเรียนวางแผนการศึกษา/ทดลอง และกำหนดวัสดุ อุปกรณ์ที่ต้องใช้ และวิธีการดำเนินงานรวมถึงวิธีการเก็บข้อมูล	เป็นผู้ชี้แนะ ให้คำปรึกษาในการออกแบบการทดลองภายใต้สมมติฐาน ตัวแปรต้นและตัวแปรตามที่นักเรียนแต่ละกลุ่มกำหนดขึ้น และพยายามควบคุมการทดลองของนักเรียนให้อยู่ภายใต้สถานการณ์ที่สามารถปฏิบัติได้จริง
5. ปฏิบัติการทดลอง/ตรวจสอบสมมติฐาน	5 (1 ชม.)	นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการทดลองศึกษาตามขั้นตอนที่ได้ออกแบบไว้ พร้อมทั้งบันทึกผลการศึกษา/ทดลองอย่างเป็นระบบ	ให้นักเรียนดำเนินการศึกษาอย่างอิสระ ทั้งในชั่วโมงเรียนและนอกชั่วโมงเรียน โดยครูเป็นผู้ให้คำปรึกษา และจัดเตรียมอุปกรณ์และอำนวยความสะดวก
6. วิเคราะห์ข้อมูลผลสรุปผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง	6 (1 ชม.)	นักเรียนนำหลักฐานการทดลองและผลการทดลอง มาร่วมกันวิเคราะห์ อภิปรายและหาข้อสรุป จากนั้นให้แต่ละกลุ่มออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน กลุ่มละ 10 นาที และให้เพื่อน ๆ ในชั้นเรียนร่วมกันอภิปราย 5 นาที	ร่วมอภิปราย ชักถาม ให้ข้อเสนอแนะ และสรุปความรู้จากการศึกษาของนักเรียนทุกกลุ่ม

ขั้นการสอน	คาบ	กิจกรรม	บทบาท/หน้าที่ครู
7. ทบทวนและขยายความรู้เพิ่มเติม	7 (1 ชม.)	นักเรียนแต่ละกลุ่มนำข้อสรุปที่ค้นพบจากการทำโครงงานฐานวิจัยมาร่วมกันอภิปราย และสรุปความรู้จากกิจกรรม	เชื่อมโยงความความรู้และนำข้อสรุปจากการศึกษาของนักเรียนแต่ละกลุ่มมาอภิปราย และอธิบายให้ชัดเจนเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้

2) ผู้วิจัยและครูผู้สอนสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนในแต่ละคาบ ทั้งรายกลุ่มและรายบุคคล พร้อมทั้งบันทึกผลในแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน ตลอดจนเก็บรวบรวมชิ้นงาน รายงาน หลักฐานร่องรอยการเรียนรู้ ของผู้เรียนมาสังเคราะห์ และวิเคราะห์ ตีความ จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูล สรุปและแสดงออกมาในเชิงคุณภาพในรูปแบบการบรรยายเชิงพรรณนา

3) ข้อมูลเชิงปริมาณจะวิเคราะห์จากผลคะแนนที่ได้จากการประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ในด้าน 4C ที่ผู้วิจัยเป็นผู้สังเกตและให้คะแนนร่วมกับครูผู้สอน โดยใช้สถิติอย่างง่ายด้วยการหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยกำหนดเกณฑ์ในการตัดสินระดับคุณภาพของทักษะในศตวรรษที่ 21 ในด้าน 4C ของนักเรียนดังนี้

ระดับคะแนนเฉลี่ย	3.26 - 4.00	หมายถึง	ดีมาก
	2.51 - 3.25	หมายถึง	ดี
	1.76 - 2.50	หมายถึง	พอใช้
	1.00 - 1.75	หมายถึง	ปรับปรุง

ผลการวิจัย

1) ผลการออกแบบและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบ RBL ในวิชาวิทยาศาสตร์เรื่องปัจจัยที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ได้แบ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ออกเป็น 7 ขั้นตอน ใช้เวลาในการเรียนรู้ขั้นตอนละ 1 คาบ และในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวจะแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม จำนวน 6 กลุ่ม กลุ่มละ 5-6 คน โดยมีเป้าหมายคือให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบการวิจัยเพื่อสืบเสาะเรียนรู้ปัจจัยที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ผลการตรวจสอบคุณภาพและความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้แบบ RBL โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน พบว่าแผนการจัดการเรียนรู้แบบ RBL มีระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.65$, S.D. = 0.32)

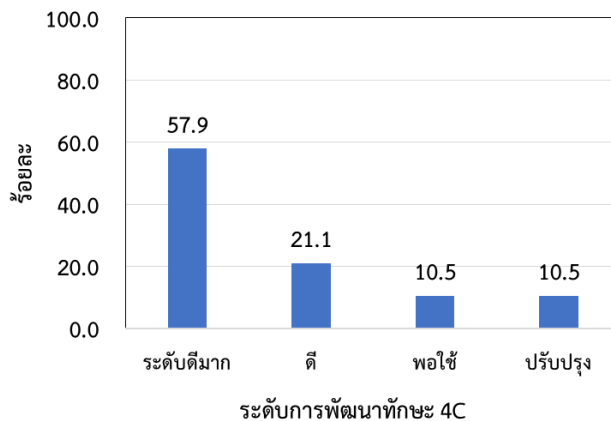
2) ผลการสร้างและหาคุณภาพของแบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 โดยใช้ทักษะ 4C ผลการตรวจสอบความสอดคล้องของเครื่องมือโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน พบว่าแบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 โดยใช้ทักษะ 4C ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีความสอดคล้องเชิงเนื้อหา (IOC) ที่ระดับ 0.94 (S.D. = 0.13)

3) ผลการประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้าน 4C ของนักเรียนหลังการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบ RBL ปรากฏดังแสดงในตารางที่ 2 โดยพบว่าระดับคุณภาพของการประเมินทักษะ 4C ของนักเรียนมีค่าเฉลี่ย 2.94 (S.D. = 0.30) บ่งบอกว่ามีการพัฒนาทักษะ 4C ในอยู่ระดับดี

ตารางที่ 2 ผลการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 (4C) ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

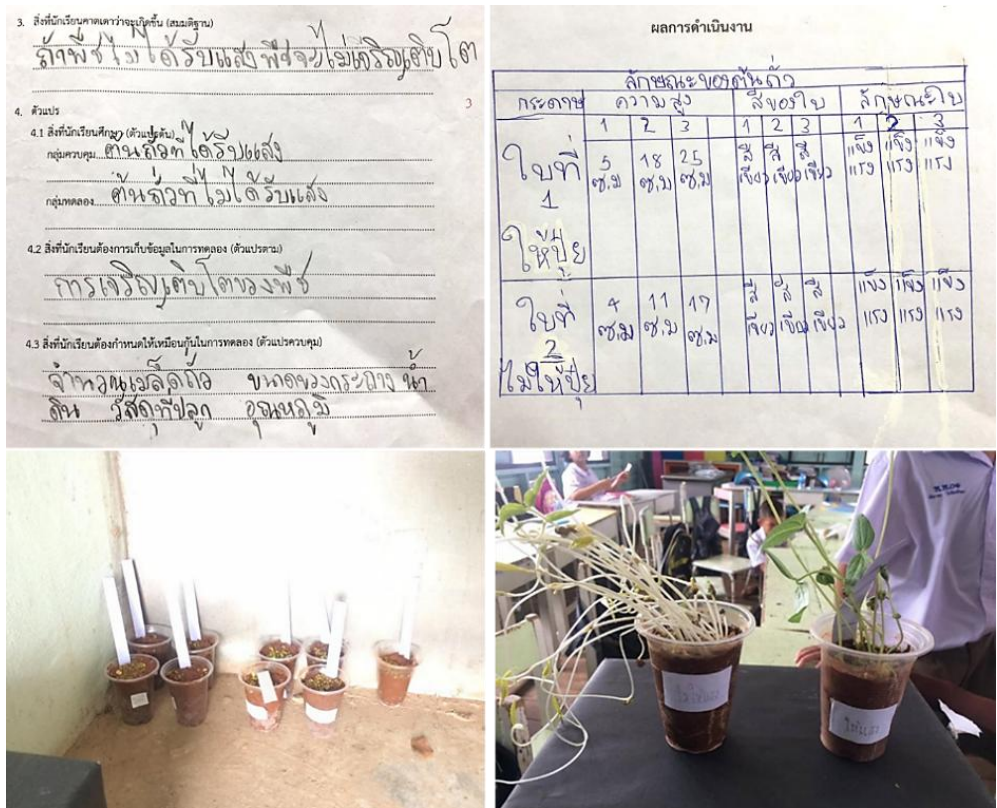
รายการประเมิน	คะแนนเฉลี่ย (\bar{X})	S.D.	ระดับการประเมิน
1. ทักษะการคิดวิเคราะห์	2.64	0.56	ดี
1.1 การระบุปัญหาจากการสังเกต	2.50	0.50	พอใช้
1.2 การตั้งสมมติฐาน	2.94	0.34	ดี
1.3 การกำหนดและควบคุมตัวแปร	3.00	0.00	ดี
1.4 การเสนอวิธีการแก้ปัญหาและการออกแบบการทดลอง	2.50	0.50	พอใช้
1.5 การจำแนกประเภท	3.53	0.70	ดีมาก
1.6 การลงความเห็นจากข้อมูล	1.68	0.76	ปรับปรุง
1.7 การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล	2.00	0.00	พอใช้
1.8 การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	3.00	0.00	ดี
2. ทักษะการสื่อสาร	3.02	0.11	ดี
2.1 ใช้การสื่อสารเพื่อบรรลุเป้าหมาย	3.09	0.74	ดี
2.2 ความสามารถสื่อสารได้หลายรูปแบบ	3.00	0.80	ดี
2.3 ฟังอย่างมีประสิทธิภาพ	2.85	0.73	ดี
2.4 การรับรู้สารสนเทศ สื่อและเทคโนโลยี	3.15	0.81	ดี
3. ทักษะการทำงานร่วมกันเป็นทีม	3.39	0.10	ดีมาก
3.1 ความสามารถในการทำงานอย่างได้ผล	3.32	0.76	ดีมาก
3.2 ทำงานด้วยระบบประชาธิปไตย รับผิดชอบร่วมกันและแสดงออกถึงความเป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี	3.53	0.61	ดีมาก
3.3 ความยืดหยุ่นและประนีประนอม	3.32	0.72	ดีมาก
4. ทักษะการคิดสร้างสรรค์	2.68	0.25	ดี
4.1 คิดคล่องแคล่ว	2.88	0.87	ดี
4.2 คิดยืดหยุ่น	2.53	0.81	ดี
4.3 คิดริเริ่ม	2.97	0.51	ดี
4.4 คิดละเอียดลออ	2.35	0.94	พอใช้
คะแนนเฉลี่ยรวมทุกด้าน	2.94	0.30	ดี

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้าน 4C ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายเป็นรายบุคคล โดยการนำคะแนนเฉลี่ยทักษะ 4C ของนักเรียนแต่ละคนมาพิจารณาอีกครั้ง และนับความถี่ของจำนวนนักเรียนที่ได้รับการพัฒนาทักษะ 4C ระดับต่างๆ และวิเคราะห์ออกมาเป็นค่าร้อยละ พบว่านักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่ผ่านการทำกิจกรรมการเรียนรู้แบบ RBL ได้รับการพัฒนาทักษะ 4C ให้อยู่ในระดับดีมากจำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 57.9 ระดับดี จำนวน 8 คน ร้อยละ 21.1 และในระดับพอใช้กับระดับปรับปรุง มีจำนวนเท่ากันคือจำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 10.5 ดังกราฟในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ร้อยละของจำนวนนักเรียนที่ได้รับการพัฒนาทักษะ 4C ในระดับต่าง ๆ

เมื่อพิจารณาข้อมูลใน ภาพที่ 2 จะพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ที่เข้าร่วมในการทดลองวิจัยครั้งนี้จำนวนมากกว่า 3 ใน 4 หรือร้อยละ 75 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมดที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย สามารถพัฒนาทักษะ 4C ให้อยู่ในระดับดีขึ้นไปได้ โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบ RBL และจากการวิเคราะห์ผลการวิจัยเชิงคุณภาพจากร่องรอยหลักฐานในการเรียนรู้ของผู้เรียนที่แสดงดังภาพที่ 3 จะเห็นได้ว่าผู้เรียนได้รับการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ได้จากการที่ได้คิดตั้งสมมติฐาน และกำหนดตัวแปรในการทดลองด้วยตนเองได้



ภาพที่ 3 ร่องรอยการเรียนรู้ที่แสดงถึงการได้ฝึกคิดวิเคราะห์ของนักเรียน

การอภิปรายผลการวิจัย

ผลจากการวิจัยครั้งนี้อธิบายได้ว่า กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบ RBL มีส่วนในการช่วยส่งเสริมและพัฒนาทักษะ 4C ของผู้เรียนได้ เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้แบบ RBL ใช้แนวทางในการสืบเสาะหาความรู้โดยให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการวิจัยเป็นเครื่องมือในการนำไปสู่การค้นพบความรู้ (บรรณรักษ์ และคณะ, 2562; สุธีระ, 2555) ในกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวผู้เรียนจะได้ฝึกทักษะการวิจัย ฝึกการคิดขั้นสูงในการแก้ปัญหา (รุจิราพร และคณะ, 2558) และจากตัวอย่างจากร่องรอยหลักฐานในการเรียนรู้ของผู้เรียนที่แสดงดังภาพที่ 3 จะเห็นได้ว่าผู้เรียนได้รับการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์จากการที่ได้คิดตั้งสมมติฐาน และกำหนดตัวแปรในการทดลองด้วยตนเองผ่านกิจกรรมการเรียนรู้แบบ RBL โดยมีครูผู้สอนเป็นที่ปรึกษาคอยชี้แนะ

นอกจากนี้นักเรียนส่วนใหญ่ยังแสดงถึงความสามารถในการคิดเพื่อออกแบบการทดลอง ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง และสามารถจัดกระทำข้อมูลด้วยตนเองได้ แต่อย่างไรก็ตามผลการวิจัยนี้จะบ่งชี้ว่านักเรียนสามารถคิดเพื่อลงความเห็นจากข้อมูลอยู่ใน

ระดับที่ต้องปรับปรุง ดังนั้นในการปรับปรุงวิธีการสอนในอนาคตผู้สอนอาจจะต้องออกแบบกิจกรรมที่เสริมทักษะการคิดเพื่อฝึกให้นักเรียนได้ฝึกลงความเห็นจากข้อมูลมากขึ้น

หากพิจารณาให้ดีแล้วจะพบว่ากระบวนการคิดในลักษณะต่าง ๆ ดังกล่าวนั้นล้วนสัมพันธ์กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้งสิ้น (AAAS, 1967) ข้อค้นพบดังกล่าวนี้บ่งชี้ว่ากระบวนการจัดการเรียนรู้แบบ RBL นอกจากจะช่วยพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ในด้านการคิดวิเคราะห์ (Critical Thinking Skill) ให้แก่นักเรียนเรียนแล้วยังสามารถพัฒนานักเรียนให้เกิดการคิดเชิงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้อีกด้วย (บรรณรักษ์ และคณะ, 2562; บรรณรักษ์ และคณะ, 2561) และสอดคล้องกับปรัชญาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ต้องการให้ผู้เรียนเป็น “ผู้รู้วิทยาศาสตร์” (Science Literate Person) ซึ่งมีได้หมายถึงเพียงแค่การสอนให้รู้จำ หรือเข้าใจเนื้อหาของกฎและทฤษฎีต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ในอดีตได้เคยศึกษาไว้แล้วเพียงอย่างเดียว หากแต่การรู้วิทยาศาสตร์ยังหมายถึงความเข้าใจในวิธีการของการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้วย (กาญจนา และคณะ, 2553; ลือชา, 2561)

ในขณะเดียวกัน ระหว่างการปฏิบัติกิจกรรมในขั้นตอนของการออกแบบทดลองนั้นนักเรียนจะถูกผลักดันให้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ไปพร้อม ๆ กันด้วย เนื่องจากนักเรียนแต่ละกลุ่มจะมีการตั้งสมมติฐานเพื่อหาคำตอบเกี่ยวกับปัจจัยในการเจริญเติบโตของพืชที่แตกต่างกัน บางกลุ่มก็จะทำการศึกษาปัจจัยของน้ำที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ในขณะที่บางกลุ่มก็อาจจะศึกษาปัจจัยของแสงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เป็นต้น โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้รับอิสระให้ใช้ความคิดของตนเองอย่างเต็มที่ในการออกแบบการทดลองที่ไม่ซ้ำกัน นักเรียนบางกลุ่มอาจจะเลือกใช้ต้นถั่วอกในการทดลอง แต่บางกลุ่มอาจจะใช้ต้นพืชชนิดอื่น ๆ ที่สามารถหาได้ภายในโรงเรียนมาทดลองก็ได้ โดยต้นพืชดังกล่าวจะต้องมีช่วงอายุในการเจริญเติบโตที่สั้น เพื่อให้สามารถเห็นถึงผลการเปลี่ยนแปลงได้รวดเร็ว และทำการทดลองเสร็จได้ทันตามกำหนด ดังนั้นด้วยการจัดกิจกรรมในสถานการณ์ดังกล่าวนี้ผู้เรียนจะต้องคิดสร้างสรรค์ ทั้งคิดคล่องแคล่ว คิดยืดหยุ่น คิดริเริ่ม และคิดละเอียดลออ ผลการวิจัยดังกล่าวนี้จึงบ่งชี้ให้เห็นว่ากิจกรรมการเรียนรู้แบบ RBL นี้สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกและพัฒนาทักษะคิดสร้างสรรค์ได้เป็นอย่างดี

ในการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้แบบ RBL นี้ผู้วิจัยได้ออกแบบกิจกรรมโดยเน้นให้ผู้เรียนได้ทำงานด้วยกันเป็นกลุ่ม (รูปที่ 4ก) เพื่อส่งเสริมทักษะการทำงานแบบร่วมมืออย่างเต็มที่ ผู้เรียนจะได้ทำงานร่วมกันกับผู้อื่นแบบร่วมมือร่วมใจช่วยเหลือซึ่งกันและกัน และช่วยกันนำพาให้งานสำเร็จตามวัตถุประสงค์ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ผลการวิจัยปรากฏผลให้เห็นว่าการพัฒนาทักษะการทำงานแบบร่วมมือ (Collaborative Skill) ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีระดับคะแนนสูงที่สุด นั่นคืออยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 3.39$, S.D. = 0.10) สอดคล้องกับผลการศึกษาของธีรญา และคณะ (2560) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบ RBL สามารถ พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนได้เป็นอย่างดี

ขณะเดียวกันผลการวิจัยยังบ่งชี้อีกว่านักเรียนกลุ่มเป้าหมายได้รับการพัฒนาทักษะการสื่อสารให้อยู่ในระดับดี รองจากทักษะการทำงานแบบร่วมมือ ($\bar{X} = 3.02$, $S.D. = 0.11$) ทั้งนี้เป็นผลมาจากในระหว่างที่ผู้เรียนช่วยกันทำงานปฏิบัติกิจกรรม สมาชิกในกลุ่มจำเป็นต้องร่วมกันคิดร่วมแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุมีผล จึงต้องมีการสื่อสาร พูดอธิบาย ตลอดจนต้องสร้างความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างผู้ส่งสารและผู้รับสาร หรือระหว่างผู้ที่ทำงานร่วมกันภายในกลุ่มเพื่อให้การทำงานของกลุ่มสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี นอกจากนี้ผู้เรียนยังได้ฝึกทักษะการสื่อสารด้วยการเขียนจากการได้เขียนรายงานเกี่ยวกับผลการศึกษาหรือผลการทดลอง และมีการเรียบเรียงข้อมูลเพื่อออกมาแนะนำเสนอหน้าชั้นเรียนด้วย (รูปที่ 4 ข) สอดคล้องกับแนวทางในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature of Science) ในประเด็นที่สะท้อนถึงการทำงานและสังคมของนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Enterprise) (ศศิเทพ, 2556) เมื่อนักวิทยาศาสตร์ได้ทำการศึกษาทดลอง และได้ผลจากการศึกษาค้นคว้ามาแล้ว ก็ควรจะมีการเผยแพร่ข้อมูลให้แก่สาธารณชนได้รับทราบและมีการนำไปใช้ประโยชน์ หรือเป็นการเปิดโอกาสให้นักวิทยาศาสตร์คนอื่น ๆ ในหลากหลายแขนงได้วิพากษ์วิจารณ์ และเสนอแนะข้อคิดเห็นเชิงวิชาการ เพื่อจะได้มาซึ่งการพัฒนาความรู้ที่ถูกมากขึ้น และมีความน่าเชื่อถือต่อไป (ชาติรี, 2555) นับว่ากิจกรรมการเรียนรู้แบบ RBL ที่ใช้ในงานวิจัยนี้สามารถช่วยส่งเสริมทักษะการสื่อสารของผู้เรียนในทุกมิติ



ก.



ข.

ภาพที่ 4 การปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้แบบ RBL ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย
(ก) การทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม (ข) การพูดนำเสนอหน้าชั้นเรียน

สรุปผลการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้แบบ RBL สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ในวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 โดยใช้เนื้อหาในการเรียนรู้เรื่องปัจจัยในการเจริญเติบโตของพืชมาเป็นตัวอย่างในการทดลองวิจัยเบื้องต้น ผลการวิจัยครั้งนี้จะเป็นหลักฐานข้อมูลหนึ่งที่จะบ่งชี้ได้ว่ากิจกรรมการเรียนรู้แบบ RBL มีแนวโน้มที่จะสามารถพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ในด้าน 4C ได้แก่ ทักษะการคิด วิเคราะห์ ทักษะการทำงานแบบร่วมมือ ทักษะการสื่อสาร และทักษะการคิดสร้างสรรค์ได้ แม้ว่าผลจากการวิจัยครั้งนี้นักเรียนกลุ่มเป้าหมายจะไม่ได้รับการพัฒนาให้อยู่ในระดับดีมากทุกคนและทุกด้าน ทั้งยังมีพฤติกรรมในบางประเด็นของบางทักษะที่นักเรียนยังได้รับการพัฒนาได้ไม่เต็มที่ก็ตาม ทว่าในภาพรวมของการวิจัยได้ข้อสรุปว่ากิจกรรมการเรียนรู้แบบ RBL ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีแนวโน้มที่ดีที่แสดงถึงการส่งเสริมให้นักเรียนได้รับการพัฒนาทักษะ 4C ให้อยู่ในระดับดี อย่างไรก็ตามการปลูกฝังทักษะ 4C ในกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์นั้นไม่มีรูปแบบขั้นตอนและบรรทัดฐานตายตัว ข้อเสนอที่รายงานในงานวิจัยนี้ ก็อาจจะเป็นตัวอย่างหนึ่งที่ครูผู้สอนสามารถนำผลจากการวิจัยนี้ไปปรับใช้ตามสถานการณ์ในห้องเรียนและบริบทของโรงเรียนด้วย

ข้อเสนอแนะ

1) แม้ว่าปัจจุบันสถานศึกษาหลายแห่งจะมีการจัดการเรียนรู้แบบ Active Learning มากขึ้น แต่กิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบ RBL นี้ยังนับว่าเป็นสิ่งแปลกใหม่สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษา ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้แบบ RBL สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา ครูผู้สอนจึงควรออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยคำนึงถึงระดับช่วงชั้นและความสามารถตามวัยของผู้เรียนด้วยเพื่อให้นักเรียนสามารถปฏิบัติกิจกรรมได้จริง และบรรลุเป้าหมายของการเรียนรู้ ทั้งนี้อาจจะลดทอนขั้นตอนการวิจัยที่นำมาใช้ในการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนในบางขั้นตอน หรือนำกระบวนการวิจัยบางขั้นตอนมาใช้ตามความยาก-ง่ายที่เหมาะสมกับระดับช่วงวัยของผู้เรียน ทั้งนี้จะต้องไม่ลดทอนขั้นตอนการจัดกิจกรรมที่มากเกินไปจนทำให้นักเรียนไม่ได้รับการฝึกทักษะใด ๆ เลย

2) ในการพัฒนาผู้เรียนให้เกิดทักษะ ควรใช้เวลาในการทำกิจกรรมฝึกฝนหรือพัฒนาผู้เรียนอย่างน้อย 1 ภาคเรียน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาขั้นสูง ได้แก่ ทักษะความคิดสร้างสรรค์ การตั้งปัญหา หรือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยผู้สอนอาจจะออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีตัวอย่างการทดลองที่ให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนในคาบเรียนก่อนหลาย ๆ ครั้ง แล้วจึงมอบหมายภาระงานให้ผู้เรียนได้ออกแบบการทดลอง และลงมือปฏิบัติด้วยตนเองเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนนำทักษะที่ได้รับการฝึกฝนมาใช้ในสถานการณ์ที่ท้าทายมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ด้วยความสำเร็จของงานวิจัยนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณครูเบญจา แม่แสงจันทร์ คุณครูสาระวิชาวิทยาศาสตร์ที่คอยอำนวยความสะดวกในการทำวิจัยและการจัดการเรียนรู้ ตลอดระยะเวลาของการทำวิจัย และขอขอบพระคุณโครงการวิจัยและพัฒนาระบบและกระบวนการผลิตและพัฒนาครูโดยใช้โครงงานฐานวิจัย (CCR) ในพื้นที่ภาคใต้ พ.ศ. 2559 ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กาญจนา มหาลี และ ชาตรี ฝ้ายคำตา. 2553. ความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์, 16: 795-809.
- ธีรภา ไชยเดช, สกนธ์ชัย ชะนูนันท์ และวิภารัตน์ เชื้อขวด ชัยสิทธิ์. 2560. การพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้, 8: 51-66.
- ชาตรี ฝ้ายคำตา. 2555. ความรู้ในเนื้อหาผนวกรวมวิธีสอนเพื่อการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์. วารสารวิจัย มข, 2: 233-260.
- บรรณรักษ์ คุ่มรักษา และ เพชรลัดดา รักษากิจ. 2562. การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยการสอนโดยใช้วิจัยเป็นฐาน เรื่อง สมบัติของดิน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเทศบาลแห่งหนึ่งในจังหวัดสุราษฎร์ธานี. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้, 10: 14-29.
- บรรณรักษ์ คุ่มรักษา และ ศศิพิมพ์ ชุมทอง. 2561. ผลของการสอนโดยใช้วิจัยเป็นฐาน เรื่อง ชนิด สมบัติและประโยชน์ของวัสดุ ในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดสุราษฎร์ธานี. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ครั้งที่ 4: ครุศาสตร์วิจัย, ลำปาง.
- ประสาธ เนืองเฉลิม. 2558. แนวทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21. วารสารพัฒนาการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยรังสิต, 9: 136-154.

- รัชนี้ นิธากร, ขวัญดาว แจ่มแจ่ม, ภาเกล้า ภูมิใหญ่, และนพรัตน์ ไชยวิโน. 2561. การจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมเสริมประสบการณ์ด้านทักษะทางวิทยาศาสตร์ “Learn Science by Practice” สารการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6 โรงเรียนบ้านเขาน้ำเพชร อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร. สักทอง: วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์, 24: 113-128.
- รุจิราพร รามศิริ และมาเรียม นิลพันธุ์. 2558. การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์โดยใช้การวิจัยเป็นฐาน เพื่อเสริมสร้างทักษะการวิจัย ทักษะการ แก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา. วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย, 7: 110-122.
- ลือชา ลดาชาติ. 2561. การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เป็นวิทยาศาสตร์: ประวัติศาสตร์ ปรัชญาและการศึกษา. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- วิจารณ์ พานิช. 2558. วิถีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ ในศตวรรษที่ 21. วารสารนวัตกรรม การเรียนรู้ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์, 1: 3-14.
- ศศิเทพ ปิติพรเทพิน. 2556. การพัฒนาและติดตามศักยภาพในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ ของนิสิตครูวิทยาศาสตร์. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และ สิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้, 4: 25-37.
- สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ. 2556. การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้, 4: 55-63.
- สุธีระ ประเสริฐสรรพ. 2555. โครงการฐานวิจัย: กระบวนการเรียนรู้ใหม่ของการศึกษาไทย. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.
- สุภาพร พรไตร และจิตติมา วัฒราช. 2557. ผลการจัดการเรียนรู้แบบโครงการฐานวิจัย ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะพึงประสงค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในโครงการเพาะพันธุ์ปัญญา. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และ สิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้, 5: 176-185.
- เสาวภา วิชาดี. 2554. การศึกษาในกระบวนทัศน์ใหม่: การเรียนโดยใช้การวิจัยเป็นฐาน. วารสารนักบริหาร, 31: 26-30.
- อดุลย์ วังศรีคุณ. 2557. การศึกษาไทยในศตวรรษที่ 21: ผลผลิตและแนวทางการพัฒนา. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏ พิบูลสงคราม, 8: 1-17.

- AAAS (American Association for the Advancement of Science). 1967. Science – A process approach. Washington, DC: AAAS.
- Bell, S. 2010. Project-Based Learning for the 21st Century: Skills for the future. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies*, 83: 39-43.
- Chonkaew, P., Sukhummek, B. and Faikhamta, C. 2019. STEM activities in determining stoichiometric mole ratios for secondary-school chemistry teaching. *Journal of Chemical Education*, 96: 1182-1186.
- Dewey, J. 1986. Experience and education. *The Educational Forum*, 50: 241-252.
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H. and Wenderoth, M. P. 2014. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111: 8410-8415.
- Keil, C., Haney, J. and Zoffel, J. 2009. Improvements in student achievement and science process skills using environmental health science problem-based learning curricula. *Electronic Journal of Science Education*, 13: 1-18.
- Leedy, P. D. and Ormrod, J. E. 2015. *Practical research: Planning and design*. Harlow: Pearson Education.
- Nariman, N. and Chrispeels, J. 2016. PBL in the era of reform standards: Challenges and benefits perceived by teachers in one elementary school. *Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 10: 1-16.
- Stehle, S. M. and Peters-Burton, E. E. 2019. Developing student 21st Century skills in selected exemplary inclusive STEM high schools. *International Journal of STEM Education*, 6: 1-15.
- The Partnership for 21st Century Skills. 2009. Framework for 21st Century learning. Accessed 12 May 2019 from: http://www.p21.org/storage/documents/docs/P21_Framework_Definitions_New_Logo_2015.pdf.
- Toolin, R. E. 2004. Striking a balance between innovation and standards: A study of teachers implementing project-based approaches to teaching science. *Journal of Science Education and Technology*, 13: 179-187.

Turner, R. C. and Carlson, L. 2003. Indexes of item-objective congruence for multidimensional items. *International Journal of Testing*, 3: 163-171.