



การส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม

Enhancing Grade 11 Students' Ability to Construct Scientific Explanations through Science-Technology-Society (STS)-Based Instruction

กวิสรา พังไธสง¹ และพรณวิไล ดอกไม้²

Kawisara Phangthaisong¹ and Panwilai Dokmai²

สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม^{1,2}

Master of Education Program in Science Education, Faculty of Education, Rajabhat Maha Sarakham University^{1,2}

Corresponding author, E-mail: 678010300101@rmu.ac.th¹

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงปฏิบัติการนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องการควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) และ 2) เพื่อศึกษาความตระหนักรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดดังกล่าว ในโรงเรียนขนาดเล็กพิเศษ อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม เครื่องมือวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ STS จำนวน 4 แผน รวม 12 ชั่วโมง 2) แบบทดสอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ แบบอัตนัย 4 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 3 ข้อ รวม 12 ข้อ และ 3) แบบประเมินความตระหนักรู้แบบมาตราประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 15 ข้อ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละ

ผลการวิจัยพบว่า 1) ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง หลังการจัดการเรียนรู้ STS โดยวงจรปฏิบัติการที่ 1 มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 33.33 และไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 66.67 ขณะที่วงจรปฏิบัติการที่ 2 และ 3 นักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 100 ทั้งหมด และมีนักเรียนระดับดีเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0 ในวงจรที่ 1 เป็นร้อยละ 33.33 และ 44.44 ตามลำดับ แสดงให้เห็นถึงพัฒนาการด้านการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในทุกองค์ประกอบ 2) นักเรียนมีความตระหนักรู้อยู่ในระดับมากทุกด้าน โดยด้านพฤติกรรมมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือด้านอารมณ์และความรู้สึก และด้านความรู้ความเข้าใจมีคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุด

คำสำคัญ : การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม, การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์, การวิจัยเชิงปฏิบัติการ

ABSTRACT

This action research aimed to 1) study the scientific explanation ability of Grade 11 students on the topic of plant growth regulation and plant responses through Science, Technology, and Society (STS)-based learning management; and 2) investigate the awareness of Grade 11 students after learning through the Science, Technology, and Society (STS) approach in a special small-sized school in Mueang Maha Sarakham District, Maha Sarakham Province. The research instruments consisted of: 1) four STS lesson plans with a total of 12 instructional hours; 2) a subjective test on scientific explanation ability comprising four situations, with three questions for each situation, totaling 12 items; and 3) a five-point rating scale awareness assessment covering three dimensions, with five items in each dimension, totaling 15 items. Data were analyzed using mean, standard deviation, and percentage.

The findings revealed that students' scientific explanation ability continuously improved after the implementation of STS-based learning. In the first action cycle, 33.33% of the students met the criterion, while 66.66% did not. In the second and third action cycles, 100% of the students met the criterion. The proportion of students at a good level increased from 0% in the first cycle to 33.33% in the second cycle and 44.44% in the third cycle. This indicates improvement in all components of scientific explanation ability. In addition, the results of the awareness assessment after STS-based learning showed that students had a high level of awareness in all dimensions. The highest mean score was found in the behavioral dimension, followed by the emotional and feeling dimension, while the cognitive dimension had the lowest mean score.

Keywords: STS-based instruction, Scientific explanation, Action research

บทนำ

ปัจจุบันสังคมไทยก้าวเข้าสู่สังคมในศตวรรษที่ 21 มีการพัฒนาและเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วอันเนื่องมาจากความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การจัดการศึกษาจึงต้องมีการปรับเปลี่ยนเพื่อให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวสำหรับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีเป้าหมายให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการมีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอนมีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลายแล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้ (Ministry of Education, 2017) โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ให้ความสำคัญกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นทักษะที่สำคัญที่สะท้อนหรือสื่อถึงความรู้ความเข้าใจของผู้เรียนต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพราะจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถสื่อสารความเข้าใจอย่างเป็นเหตุเป็นผลโดยเชื่อมโยงระหว่างคำตอบกับหลักฐานที่ค้นพบประกอบกับเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ให้ได้คำอธิบายที่น่าเชื่อถือในประเด็นคำถามมากกว่าการตอบแบบสั้น ๆ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2565) รายวิชาชีววิทยาเป็นแขนงหนึ่งของวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาสิ่งมีชีวิตทั้งในด้านโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ กระบวนการดำรงชีวิต ตลอดจนความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม โดยองค์ความรู้ทางชีววิทยาเกิดจากกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่อาศัยการสังเกต การตั้งคำถาม การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง และการใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ในการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ (National Academies of Sciences, 2018, Bybee, 2018) แนวคิดสำคัญของชีววิทยา เช่น โครงสร้างและหน้าที่ของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของระบบ และการเปลี่ยนแปลงตามกระบวนการทางธรรมชาติ ล้วนสะท้อนให้เห็นว่าความรู้ทางชีววิทยามีลักษณะเป็นองค์รวมและเชื่อมโยงกันเป็นระบบ (AAAS, 2019, Dauer and Long, 2015) ในปัจจุบันการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาจึงมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านกระบวนการสืบเสาะและการลงมือปฏิบัติจริง เพื่อให้ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในบริบทของชีวิตจริงได้อย่างมีความหมาย (Bennett, et al., 2018, Kolb and Kolb, 2017) นอกจากนี้ ความก้าวหน้าทางชีววิทยายังมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาประเทศในหลายด้าน เช่น การแพทย์ การเกษตร อุตสาหกรรม และสิ่งแวดล้อม ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพชีวิตของมนุษย์และการพัฒนาอย่างยั่งยืนในอนาคต (UNESCO, 2020, Freeman, et al., 2020) ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาควรส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ใช้แหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย และเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ ความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผล และมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ต่อไป (National Academies of Sciences, 2018, Bybee, 2018) อย่างไรก็ตามจากสภาพการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันพบว่าผู้เรียนจำนวนมากยังไม่สามารถเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้อย่างแท้จริงและไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ที่เรียนกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน ส่งผลให้ผู้เรียนมองว่าวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ยาก ไกลตัว และไม่น่าสนใจ อีกทั้งยังไม่เห็นคุณค่าและความสำคัญของวิทยาศาสตร์ต่อการดำรงชีวิต ปัญหาดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงช่องว่างระหว่างการเรียนรู้ในห้องเรียนกับบริบทของโลกจริง ซึ่งอาจเกิดจากการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการถ่ายทอดเนื้อหา มากกว่าการพัฒนากระบวนการคิด การสืบเสาะหาความรู้ และการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริง ดังนั้นการเรียนชีววิทยาจึงควรมีเป้าหมายสำคัญในการพัฒนาผู้เรียนให้สามารถนำความรู้ไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและเหตุการณ์ที่พบในชีวิตประจำวันได้อย่างมีเหตุผล มีหลักฐานสนับสนุน และสามารถตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้อย่างเหมาะสม อันจะนำไปสู่การพัฒนาผู้เรียนให้เป็นผู้มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และสามารถดำรงชีวิตในสังคมแห่งความรู้ได้อย่างมีคุณภาพ

การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Explanation) เป็นการอธิบายถึงปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและปรากฏการณ์ทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์บนพื้นฐานของการให้เหตุผลและการใช้หลักฐานเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งไม่ได้เป็นเพียงการบรรยายข้อเท็จจริงของปรากฏการณ์ แต่ต้องอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์ในการตีความร่วมกับหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์



ซึ่งในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะต้องศึกษาค้นคว้าเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลหลักฐาน จากนั้นทำการประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูลด้วยการวิเคราะห์และตีความข้อมูล พร้อมทั้งหาเหตุผลโดยอาศัยองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เรียนมาพร้อมกับประสบการณ์เดิมเพื่อสร้างคำอธิบายหรือลงข้อสรุป (Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), 2009) ซึ่งกระบวนการเหล่านี้ช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในแนวคิดและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ลึกซึ้งมากยิ่งขึ้น (McNeil and Krajcik, 2006) รวมไปถึงความตระหนักรู้ที่เป็นผลมาจากกระบวนการทางปัญญา (Cognitive Process) กล่าวคือเมื่อบุคคลได้รับการกระตุ้นจากสิ่งเร้าหรือได้รับการสัมผัสจากสิ่งเร้าแล้วจะเกิดการรับรู้ และเมื่อรับรู้ในขั้นต่อไปก็จะเข้าใจในสิ่งเร้า นั่นคือเกิดความคิดรวบยอดและนำไปสู่การเรียนรู้ และมีความรู้ในสิ่งนั้นและนำไปสู่การเกิดความคิดรวบยอดที่ลึกซึ้งขึ้น ซึ่งความคิดรวบยอดนั้นจะนำไปสู่การกระทำหรือการแสดงพฤติกรรมของบุคคลต่อสิ่งเร้านั้น ๆ การที่บุคคลจะเกิดความคิดรวบยอดที่ลึกซึ้งขึ้นได้ บุคคลนั้นจะต้องมีความรู้มาก่อน ดังนั้นการจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนมองเห็นความสำคัญ ความรับผิดชอบ และผลกระทบที่จะเกิดขึ้นตามมา จะส่งผลให้นักเรียนเกิดความคิดรวบยอดต่อสิ่งนั้น ๆ ต่อไปนี้ (Good, 1973)

การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นส่วนสำคัญของการทำงานวิทยาศาสตร์ เพื่อให้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้รับการยืนยันอย่างมีเหตุผล บนหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ให้มีความน่าเชื่อถือ (Novak and Treagust, 2017) ปัญหาที่ผู้วิจัยพบเจอในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ จากการสังเกตการตอบคำถามหรือแบบทดสอบของนักเรียนที่ต้องมีการใช้เหตุผลในการหาหลักฐานข้อมูลมาสนับสนุนคำตอบหรือข้อกล่าวอ้าง พบว่านักเรียนไม่สามารถสรุปประเด็นเพื่อสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ ผู้วิจัยจึงทำการสำรวจโดยใช้แบบวัดการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง การควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช แบบอัตนัย จำนวน 9 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 3 ข้อ รวม 27 ข้อ พบว่านักเรียนทุกคนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินในระดับดี สอดคล้องกับผลการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยของ กาญจนนา มหาลี และชาตรี ฝ่ายคำตา (2553) พบว่านักเรียนมีความเข้าใจว่าประเด็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จำเป็นต้องอาศัยหลักฐานเชิงประจักษ์ เพียงร้อยละ 41 เท่านั้น ขณะที่งานวิจัยของภูมิพันธ์ พานิชกุล ธนิกา วศินยานุวัฒน์ และสุวรรณี เปลียนรัมย์ (2569) ที่พบว่านักเรียนไม่สามารถสร้างข้อกล่าวอ้างพิจารณาหลักฐานที่ได้มาจากการสืบเสาะและให้เหตุผลที่เชื่อมโยงองค์ประกอบทั้งหมดได้สิ่งเหล่านี้แสดงให้เห็นว่านักเรียนควรได้รับการพัฒนาให้มีความสามารถในการลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์ (ลือชา ลดาชาติ, 2558)

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (Science Technology and Society: STS) เป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับบริบทของชีวิตจริง โดยมุ่งให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมอย่างสมดุลและสอดคล้องกับประสบการณ์ของมนุษย์ (ทรงศิริ ชัยนา และน้อยทิพย์ ลัมยิ่งเจริญ, 2553) แนวคิดดังกล่าวส่งเสริมให้ผู้เรียนตระหนักถึงบทบาทและความรับผิดชอบของตนในฐานะสมาชิกของสังคม สามารถใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการตัดสินใจและแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้อย่างมีเหตุผล (ชมพูนุช แพงวงศ์, 2549) การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม มุ่งเน้นการนำประเด็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในสถานการณ์จริงมาเป็นบริบทของการเรียนรู้ แทนการเริ่มต้นจากเนื้อหาทฤษฎีเพียงอย่างเดียว ส่งผลให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับสภาพสังคมและสิ่งแวดล้อมรอบตัว เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้ (National Science Teachers Association [NSTA], 1993) นอกจากนี้แนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ยังช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง กระตุ้นความอยากรู้อยากเห็น ส่งเสริมการอภิปราย การคิดวิเคราะห์ การตัดสินใจ และการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ซึ่งเป็นทักษะสำคัญของการคิดขั้นสูง (Higher-order thinking) (อัมพวา รักบิดา, 2549) นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ยังช่วยพัฒนาทัศนคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ ส่งเสริมความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ การวางแผนแก้ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้น การนำเสนอและสื่อสารแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ให้ผู้อื่นเข้าใจ ตลอดจนส่งเสริมการทำงานร่วมกันและการเรียนรู้อย่างมีความสุข ทั้งยังช่วยให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมในฐานะองค์ประกอบสำคัญของการดำรงชีวิตในโลกปัจจุบัน (ทรงศิริ ชัยนา



และน้อยทิพย์ ลิมยิ่งเจริญ, 2553, ชมพูนุช แพงวงษ์, 2549) ดังนั้น การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม จึงเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาผู้เรียนให้มีความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน และเตรียมความพร้อมสำหรับการเป็นพลเมืองที่มีคุณภาพในสังคมแห่งวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในอนาคต (NSTA, 1993, อัมพวา รักบิดา, 2549)

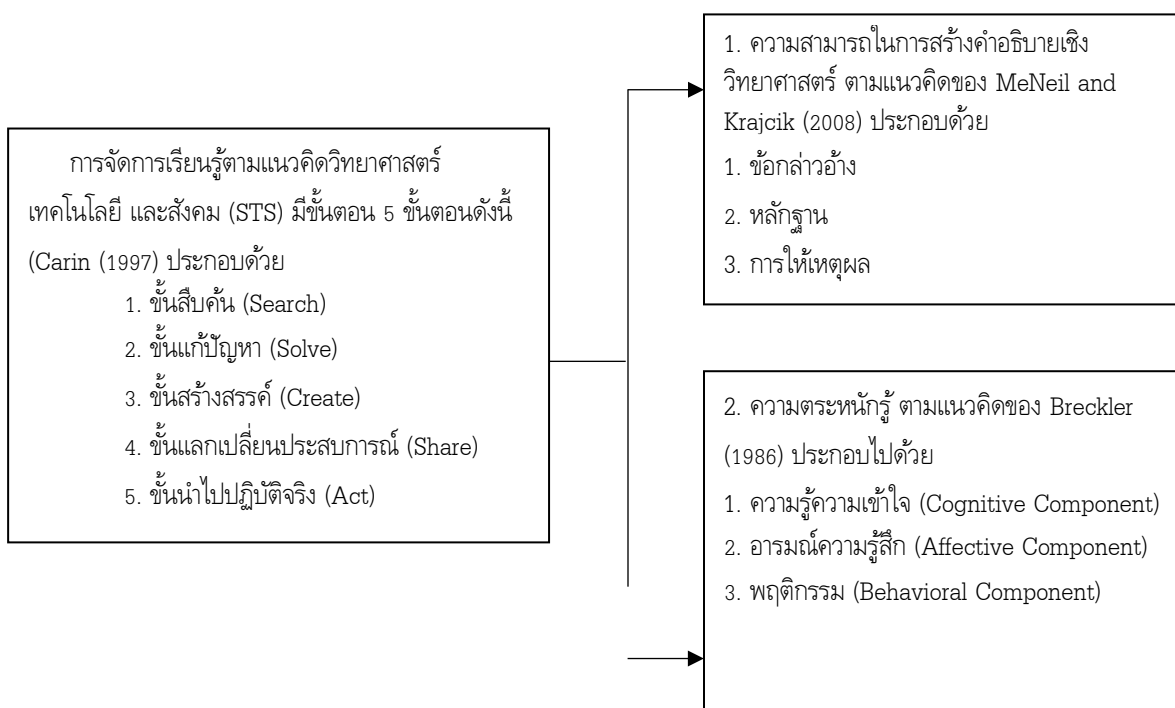
ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิด วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ของ Carin (1997) โดยนำมาเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนที่เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเมืองมหาวิยาศูกุล มีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาและสามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในด้านการสร้างคำอธิบายในเชิงวิทยาศาสตร์ และมีความตระหนักรู้ในความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีที่มีต่อสังคมและสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันในด้านการตัดสินใจ และการคิดแก้ปัญหาได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องการควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม (STS)
2. เพื่อศึกษาความตระหนักรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม (STS)

กรอบแนวคิด

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การวิจัยเรื่องการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และความตระหนักรู้ เรื่อง การควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี (STS) และสังคม มีกรอบแนวคิดการวิจัยดังนี้





การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ช่วยให้ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้กับสถานการณ์จริงทำให้ผู้เรียนต้องใช้เหตุผลและหลักฐานในการอธิบาย จึงพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ไปพร้อมกัน ขณะเดียวกัน การเรียนรู้ในบริบทสังคมยังช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจ เห็นคุณค่า และแสดงพฤติกรรมที่เหมาะสม ซึ่งเป็นความตระหนักรู้ตามแนวคิดของ Breckler (1986)

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) โดยใช้กรอบแนวคิดการวิจัยปฏิบัติการของ Kemmis and McTaggart (1988) ซึ่งเป็นแนวทางที่เน้นการพัฒนาและปรับปรุงการปฏิบัติงานอย่างต่อเนื่องผ่านกระบวนการที่เป็นระบบ ประกอบด้วยวงจรการปฏิบัติการ 4 ขั้นตอน ได้แก่ การวางแผน (Plan) การปฏิบัติ (Act) การสังเกต (Observe) และการสะท้อนผล (Reflect) โดยแต่ละวงจรจะเริ่มต้นด้วยการวางแผนอย่างรอบคอบ ตามด้วยการปฏิบัติจริง การสังเกตผลลัพธ์ และการสะท้อนผลเพื่อนำไปสู่การวางแผนในวงจรต่อไป กระบวนการนี้ช่วยให้ผู้วิจัยสามารถทำความเข้าใจปัญหาและพัฒนาแนวทางแก้ไขได้อย่างมีประสิทธิภาพและยืดหยุ่น การวิจัยแบ่งออกเป็น 3 วงจรหลัก ในวงจรที่ 1 ซึ่งเป็นการสำรวจปัญหาและออกแบบแนวทางเบื้องต้น ผู้วิจัยได้วางแผนโดยการประชุมกลุ่มผู้ร่วมวิจัยศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องและออกแบบกิจกรรมเบื้องต้น จากนั้นจึงนำกิจกรรมไปปฏิบัติและสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน รวมถึงบันทึกข้อมูลและเก็บรวบรวมผลงานของผู้เรียน ส่วนการสะท้อนผลในวงจรนี้ใช้ข้อมูลจากการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน ผลงานของผู้เรียน และบันทึกภาคสนามของผู้วิจัยเพื่อวิเคราะห์และประเมินผลนำไปสู่การปรับปรุงสำหรับวงจรต่อไป สำหรับวงจรที่ 2 ซึ่งเป็นการพัฒนาและปรับปรุงกิจกรรม ผู้วิจัยได้วางแผนโดยนำผลการสะท้อนผลจากวงจรที่ 1 มาปรับปรุงกิจกรรมให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น แล้วนำไปปฏิบัติและสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนอย่างละเอียด พร้อมทั้งเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้เรียนและผู้สอน โดยข้อมูลที่ใช้ในการสะท้อนผลในวงจรนี้ประกอบด้วยข้อมูลจากการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน ผลงานของผู้เรียน บันทึกภาคสนามของผู้วิจัย และข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้เรียนและผู้สอน เพื่อวิเคราะห์เชิงลึกและระบุแนวทางพัฒนาต่อยอดหรือแก้ไขปัญหายังคงอยู่ และในวงจรที่ 3 ซึ่งเป็นการประเมินผลและสรุปแนวปฏิบัติที่ดี ผู้วิจัยได้วางแผนโดยนำผลการสะท้อนผลจากวงจรที่ 2 มาปรับปรุงกิจกรรมเป็นครั้งสุดท้ายเพื่อประเมินผลลัพธ์โดยรวม จากนั้นจึงนำกิจกรรมฉบับสมบูรณ์ไปปฏิบัติและสังเกต รวมถึงเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างครอบคลุมทั้งด้านพฤติกรรม ผลสัมฤทธิ์ และความพึงพอใจ โดยใช้แบบสอบถามและแบบทดสอบเพื่อเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการสะท้อนผลในวงจรสุดท้ายนี้ได้แก่ ข้อมูลจากการสังเกต ผลงานของผู้เรียน บันทึกภาคสนามของผู้วิจัย ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ แบบสอบถาม และแบบทดสอบ เพื่อสรุปผลการวิจัยทั้งหมด วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณและคุณภาพ และจัดทำข้อเสนอแนะและแนวปฏิบัติที่ดี (Best Practice) จากผลการวิจัย

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียน วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนเมืองมหาวิจัญญูล อำเภอมะนัง จังหวัดมหาสารคาม และกำลังอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 1 ห้อง จำนวน 9 คน ที่มีปัญหาในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบวัดการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องการควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ที่ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน เรื่อง การควบคุม การเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผู้วิจัย สร้างขึ้นจำนวน 4 แผน รวม 12 ชั่วโมง ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน โดยประเมิน 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านหลักสูตรและการสอน 2) ด้านการวัดและการประเมิน และ 3) ด้านเนื้อหาและการสอน พบว่ามีค่าความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในระดับเหมาะสม มากที่สุดทุกแผนการจัดการเรียนรู้ โดยทุกแผนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับ 0.41

2. แบบวัดการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยวัดทั้ง 3 องค์ประกอบคือ ด้านข้อกล่าวอ้าง ด้านการให้เหตุผล และด้านการให้ หลักฐาน ในเรื่องการควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แบบอัตนัย จำนวน 4 สถานการณ์ สถานการณ์ ละ 3 ข้อ รวมทั้งสิ้น 12 ข้อ มีค่าความเที่ยงตรง (IOC) อยู่ 1.00 ทุกสถานการณ์ มีค่าความยาก (P_e) อยู่ระหว่าง 0.45 - 0.65 มีค่าอำนาจจำแนก (D) อยู่ระหว่าง 0.25-0.60 และมีค่าเชื่อมั่นเท่ากับ 0.93 ที่หาได้จากวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient)

3. แบบประเมินความตระหนักรู้ถึงความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ในการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แบบมาตรประมาณค่า 5 ระดับ โดยวัดทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านความรู้ความเข้าใจ ด้านอารมณ์และความรู้สึก และด้านพฤติกรรมด้านละ 5 ข้อ รวมทั้งสิ้น 15 ข้อ โดยให้นักเรียนประเมินตนเอง มีค่าความเที่ยงตรง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.60-1.00 ค่าอำนาจ จำแนก (r_{xy}) ตั้งแต่ 0.40-0.57 และมีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.86 ที่หาได้จากวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยเชิงปฏิบัติการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ซึ่งดำเนินการเป็น 3 วงจรปฏิบัติการ

วงจรปฏิบัติการที่ 1: ผู้วิจัยสำรวจปัญหาและสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในโรงเรียนขนาดเล็กพิเศษ จังหวัดมหาสารคาม พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ขาดความสามารถในการสร้างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยจึงได้ปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ และตัดสินใจนำแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม มาใช้ในการพัฒนานักเรียน โดยได้จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 22 เรื่องฮอโมนพืช โดยใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ 3 ชั่วโมง จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้ สังเกต และประเมินผลด้วยแบบวัดความสามารถในการสร้าง คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อสะท้อนปัญหาและนำไปปรับปรุงในวงจรปฏิบัติการต่อไป

วงจรปฏิบัติการที่ 2: ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม และได้จัดทำแผน การจัดการเรียนรู้ที่ 23 เรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด โดยใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 ชั่วโมง ตามผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากวงจรปฏิบัติการ ที่ 1 และนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้ สังเกต และประเมินผลและประเมินผลด้วยแบบวัดความสามารถในการสร้าง คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อสะท้อนปัญหาและนำไปปรับปรุงในวงจรปฏิบัติการที่ 3

วงจรปฏิบัติการที่ 3: ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม และได้จัดทำแผน การจัดการเรียนรู้ที่ 24 เรื่องการตอบสนองของพืชในลักษณะการเคลื่อนไหว และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 25 การตอบสนองของพืชต่อสภาวะเครียด โดยทั้ง 2 แผนการจัดการเรียนรู้ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้แผนละ 3 ชั่วโมง จากนั้นติดตามผลการวิเคราะห์จากวงจรปฏิบัติการที่ 2 และนำ แผนการจัดการเรียนรู้ ไปใช้ สังเกต และประเมินผลเช่นเดียวกับในวงจรปฏิบัติการที่ 1 และวงจรปฏิบัติการที่ 2 โดยการใช้แบบวัดความสามารถ ในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และแบบประเมินความตระหนักรู้ เพื่อสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้วิเคราะห์พฤติกรรมความตระหนักรู้ และสรุปผลเพื่อหาแนวทางในการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่อง



การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม โดยทำการแบ่งเกณฑ์ผลคะแนนในแต่ละองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 ระดับ ตามกรอบแนวคิดของ McNeill and Krajcik (2008) มีคะแนนเต็มเท่ากับ 2 คะแนน ได้แก่ ระดับดีมาก 2 คะแนน ระดับดี 1 คะแนน และระดับปรับปรุง 0 คะแนน จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการแบ่งอันดับการขึ้นตามหลักการทางสถิติ (Best, 1977) เพื่อทำการแปรผลคะแนนแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ดังตาราง

ตารางที่ 1 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละด้านของระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

คะแนนรวม	คะแนน	ระดับความสามารถ
2	1.40-2.00	ดีมาก
1	0.70-1.30	ดี
0	0.00-0.60	ควรปรับปรุง

2. วิเคราะห์ความตระหนักรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยทำการวัดความตระหนักรู้ทั้งหมด 3 ด้าน ได้แก่ด้านความรู้ ความเข้าใจ ด้านอารมณ์และความรู้สึก และด้านพฤติกรรม โดยนักเรียนทำการประเมินตนเองหลักจากการจัดการเรียนรู้เรียนครบทั้ง 3 วงจร ปฏิบัติการ จากนั้นนำมาแบ่งเกณฑ์ผลคะแนนในแต่ละองค์ประกอบของความตระหนักรู้ 5 ระดับ มีคะแนนเต็มเท่ากับ 5 คะแนน ได้แก่ มากที่สุด 5 คะแนน มาก 4 คะแนน ปานกลาง 3 คะแนน น้อย 2 คะแนน และน้อยที่สุด 1 คะแนน โดนในแต่ละด้านมีคะแนนรวม 25 คะแนน จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการแบ่งอันดับการขึ้นตามหลักการทางสถิติ (Best, 1977) เพื่อทำการแปรผลคะแนนแบ่งออกเป็น 5 ระดับ ดังตาราง

ตารางที่ 2 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนการวัดในแต่ละด้านของความตระหนักรู้

คะแนนรวม	คะแนน	ระดับความตระหนักรู้
5	21-25	มากที่สุด
4	16-20	มาก
3	11-15	ปานกลาง
2	6-10	น้อย
1	0-5	น้อยที่สุด

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม 3 วงจรปฏิบัติการ จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ รวม 12 ชั่วโมง เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 9 คน โดยมีผลการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ดังนี้ ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียน 33.33% ผ่านเกณฑ์ (ระดับปานกลาง) และ 66.66% ไม่ผ่านเกณฑ์ โดยนักเรียนส่วนใหญ่ขาดความสามารถในการหาข้อกล่าวอ้างและการให้หลักฐาน ซึ่งเป็นผลจากการขาดทักษะการคิดวิเคราะห์ องค์ประกอบที่ได้คะแนนสูงสุดคือข้อกล่าวอ้าง ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียน 100% ผ่านเกณฑ์ โดยมีนักเรียนระดับดี 33.33% และระดับปานกลาง 66.67% องค์ประกอบข้อกล่าวอ้างยังคงได้คะแนนสูงสุด ตามด้วยหลักฐานและเหตุผล และในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียน 100% ผ่านเกณฑ์



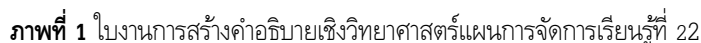
โดยมีนักเรียนผ่านเกณฑ์ระดับดี 44.44% และระดับปานกลาง 55.56% ในส่วนขององค์ประกอบด้านข้อกล่าวอ้างนักเรียนยังคงได้มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{X}=1.67$, S.D.. =0.50) ตามด้วยหลักฐานและเหตุผล โดยมีผลระดับการประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คะแนนรวมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แต่ละสถานการณ์รายบุคคล ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ

คนที่	วงจรปฏิบัติการ					
	1		2		3	
	คะแนน	แปลผล	คะแนน	แปลผล	คะแนน	แปลผล
1	4	ควรปรับปรุง	4	ปานกลาง	5	ดี
2	3	ควรปรับปรุง	3	ปานกลาง	5	ดี
3	4	ควรปรับปรุง	4	ปานกลาง	5	ดี
4	4	ปานกลาง	4	ปานกลาง	3	ปานกลาง
5	5	ควรปรับปรุง	5	ดี	4	ปานกลาง
6	5	ปานกลาง	5	ดี	4	ปานกลาง
7	3	ควรปรับปรุง	3	ปานกลาง	4	ปานกลาง
8	5	ปานกลาง	5	ดี	5	ดี
9	3	ควรปรับปรุง	3	ปานกลาง	3	ปานกลาง
$\bar{X}$	4.00		4.00		4.44	
S.D.	0.87		0.87		1.13	

จากตารางที่ 1 นักเรียนจำนวน 9 คน ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์ระดับปานกลาง จำนวน 3 คน และในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีพัฒนาการระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้นโดยผ่านเกณฑ์ระดับปานกลาง จำนวน 9 คน และในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนมีระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์โดยผ่านเกณฑ์ ระดับดีจำนวน 4 คน และระดับปานกลางจำนวน 5 คน เมื่อวิเคราะห์ปัญหาที่พบในแต่ละองค์ประกอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ เป็นดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่านักเรียนมีการระบุข้อกล่าวอ้างถูกต้องแต่ยังไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ ซึ่งมีการเขียนระบุเป็นข้อความสั้น ๆ ไม่มีการเชื่อมโยงกับหลักฐาน และมีการเชื่อมโยงเหตุผลกับหลักฐานไม่ชัดเจน และขาดทักษะในการเขียนอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และการวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งเป็นทักษะที่สำคัญและจำเป็นในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยจึงได้หาแนวทางการแก้ไขปัญหาคือ ใช้คำถามเพื่อพิจารณาความสอดคล้องของหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างกระตุ้นให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและเหตุผล รวมถึงการทบทวนข้อกล่าวอ้างของเพื่อนเพื่อเปรียบเทียบกับของตนเอง ฝึกการเขียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยเชื่อมโยงเหตุผลกับหลักฐานโดยคำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนแสดงการเชื่อมโยงหลักฐานกับเหตุผลได้อย่างชัดเจน ดังแสดงในภาพที่ 1



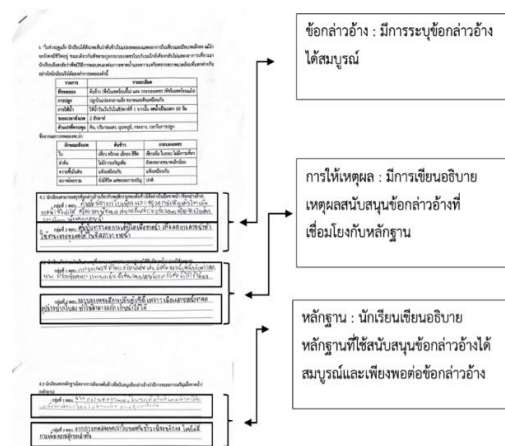
ภาพที่ 2 ใบงานการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 23



วงจรปฏิบัติการที่ 3 พบว่านักเรียนมีการเขียนอธิบายถึงหลักฐานที่ใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง แต่ไม่เพียงพอสำหรับข้อกล่าวอ้าง เช่น มีการมีการบอกว่าพืชเขียวเพราะขาดน้ำเท่านั้น ไม่มีการอธิบายเพิ่มเติม มีการให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างไปและการให้เหตุผลในการสนับสนุนในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ แต่มีเหตุผลและหลักฐานสนับสนุนไม่เพียงพอและเหมาะสม แนวทางในการแก้ปัญหา คือ การใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนประเมินความชัดเจนของการเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานของตนเองอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งกระบวนการนี้จำเป็นต้องอาศัยเวลาในการฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง ในส่วนของข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปและเหตุผลสนับสนุนกลับ อาจใช้วิธีให้นักเรียนสร้างสื่อด้วยตนเองจากอุปกรณ์ที่กำหนด เพื่อฝึกการวิเคราะห์และการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง รวมถึงการเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อกล่าวอ้างเพื่อนำมาใช้ในการให้เหตุผล ทั้งนี้ในแต่ละองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ นักเรียนจำเป็นต้องใช้เวลาในการเรียนรู้และพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้เกิดความชำนาญ ดังแสดงในภาพที่ 3 และ ภาพที่ 4



ภาพที่ 3 ใบงานการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 24



ภาพที่ 4 ใบงานการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 25



หลังการจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ ผู้วิจัยทำการประเมินนักเรียนกลุ่มเป้าหมายโดยใช้แบบประเมินความตระหนักรู้โดยครอบคลุมองค์ประกอบของความตระหนักรู้ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านความรู้ความเข้าใจ 2) ด้านอารมณ์ความรู้สึก 3) พฤติกรรม ผลการประเมินความตระหนักรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แสดงผลดังตารางที่ 2

คนที่	ความสามารถตามองค์ประกอบ					
	ด้านความรู้ความเข้าใจ (25 คะแนน)	แปลผล	ด้านอารมณ์ ความรู้สึก (25 คะแนน)	แปลผล	ด้านพฤติกรรม (25 คะแนน)	แปลผล
1	20	มาก	22	มาก	23	มากที่สุด
2	18	มาก	20	มาก	20	มาก
3	19	มาก	21	มาก	22	มากที่สุด
4	17	มาก	21	มาก	20	มาก
5	20	มาก	19	มาก	22	มากที่สุด
6	19	มาก	20	มาก	23	มากที่สุด
7	21	มาก	22	มาก	21	มากที่สุด
8	24	มากที่สุด	23	มากที่สุด	24	มากที่สุด
9	19	มาก	20	มาก	20	มาก
$\bar{X}$	19.67		20.89		21.67	
S.D.	2.00		1.27		1.50	

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินความตระหนักรู้ตามองค์ประกอบของผู้เรียนทั้ง 3 ด้าน พบว่า ผู้เรียนมีคะแนนเฉลี่ยด้านความรู้ความเข้าใจเท่ากับ 19.67 คะแนน (S.D. = 2.00) อยู่ในระดับ มาก ด้านอารมณ์ความรู้สึกมีคะแนนเฉลี่ย 20.89 คะแนน (S.D. = 1.27) อยู่ในระดับ มาก และด้านพฤติกรรมมีคะแนนเฉลี่ย 21.67 คะแนน (S.D. = 1.50) อยู่ในระดับ มากที่สุด เมื่อพิจารณาโดยรวมพบว่า ผู้เรียนมีความสามารถตามองค์ประกอบทั้ง 3 ด้านอยู่ในระดับ มากถึงมากที่สุด โดยเฉพาะด้านพฤติกรรมที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนสามารถแสดงพฤติกรรมที่สอดคล้องกับความรู้และความรู้สึกที่มีต่อเรื่องที่เรียนได้เป็นอย่างดี รองลงมาคือด้านอารมณ์ความรู้สึก และด้านความรู้ความเข้าใจตามลำดับ

อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยเชิงปฏิบัติการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาชีววิทยา เรื่องการควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ซึ่งดำเนินการใน 3 วงจรปฏิบัติการ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในทุกองค์ประกอบอย่างต่อเนื่องตลอดทั้งสามวงจร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{X} = 1.67$, S.D. = 0.50) และมีการพัฒนาสูงสุดในทุกวงจร เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้ได้เน้นการระบุข้อกล่าวอ้างจากข้อมูลที่สืบค้น ซึ่งมี

คำถามนำที่ชัดเจน ช่วยให้นักเรียนสามารถระบุคำตอบได้ตรงประเด็นและครบถ้วน สอดคล้องกับแนวคิดของ Sampson, Grooms and Walker (2011) ที่กล่าวว่าข้อกล่าวอ้างเป็นการสรุป การคาดเดา คำอธิบาย หรือคำตอบที่นักเรียนสร้างขึ้นเพื่อตอบคำถามหรือประเด็นที่กำหนดไว้ ซึ่งการมีคำถามนำที่ชัดเจนช่วยให้นักเรียนสามารถระบุข้อสรุปได้ง่ายขึ้น

ในด้านเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ($\bar{X} = 1.33$, S.D. = 0.50) พบว่านักเรียนมีการพัฒนาจากการให้เหตุผลที่สั้นและขาดการเชื่อมโยงกับหลักฐานในวงจรแรก ไปสู่การเชื่อมโยงที่ครอบคลุมมากขึ้นในวงจรที่สอง และมีการพัฒนาอย่างเห็นได้ชัดในวงจรที่สาม ซึ่งเป็นผลมาจากการกระตุ้นด้วยคำถาม การอธิบายเนื้อหาที่ซับซ้อน การใช้สื่อสนับสนุน และการอภิปรายในชั้นเรียนอย่างต่อเนื่อง การพัฒนาในด้านนี้สอดคล้องกับที่ Walker and Sampson (2013) ระบุว่าการสร้างข้อกล่าวอ้างที่มีเหตุผลนั้น นักเรียนจำเป็นต้องมีความสามารถในการประเมินความถูกต้องของข้อมูลและวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของหลักฐาน ซึ่งกระบวนการสืบเสาะ การวิเคราะห์สถานการณ์ การตั้งคำถาม และการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ช่วยส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สำหรับด้านหลักฐาน ($\bar{X} = 1.22$, S.D. = 0.44) ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่นักเรียนมีพัฒนาการน้อยที่สุดในทุกวงจรปฏิบัติการในวงจรแรกนักเรียนยังไม่สามารถเลือกใช้และวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้อย่างครบถ้วน แม้จะมีการกระตุ้นด้วยคำถามและสื่อประกอบการทดลองในวงจรต่อมา แต่ก็ยังพบว่านักเรียนบางคนยังไม่สามารถเขียนอธิบายหลักฐานได้อย่างเพียงพอ ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐกฤษ ทองน้อย (2560) และณัฏฐ์พฐ เสริมสุข (2558) รวมถึง Sandoval and Millwood (2005) ที่พบว่าการใช้หลักฐานเป็นทักษะที่เกิดขึ้นได้ยาก เนื่องจากนักเรียนต้องเข้าใจทั้งประเด็นของสถานการณ์และเนื้อหาของหลักฐานที่เกี่ยวข้อง

นอกจากนี้ผลการศึกษาความตระหนักรู้หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม พบว่านักเรียนมีความสามารถในการนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์จริงได้ดี โดยมีการพัฒนาทั้งด้านความรู้ความเข้าใจ ด้านอารมณ์ความรู้สึก และด้านพฤติกรรม ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Breckler (1986) ที่ระบุว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ช่วยให้นักเรียนพัฒนาองค์ประกอบทั้งสามด้านไปพร้อมกัน และสอดคล้องกับ ชมพูนุช พงษ์วรข (2549) ที่กล่าวว่าจัดการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม จะช่วยให้นักเรียนตระหนักถึงหน้าที่ความรับผิดชอบในฐานะสมาชิกของสังคม และสามารถนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

นอกจากผลเชิงปริมาณที่สะท้อนให้เห็นถึงพัฒนาการของนักเรียนในแต่ละองค์ประกอบแล้ว ข้อมูลเชิงคุณภาพจากการสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน การสะท้อนคิดของนักเรียน และการอภิปรายกลุ่ม พบว่านักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนในกระบวนการคิดและการแสดงออกทางวิทยาศาสตร์ กล่าวคือในระยะแรกของการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่ยังคงตอบคำถามในลักษณะสั้น ๆ และมุ่งเน้นเพียงคำตอบที่ถูกต้อง แต่ยังขาดการอธิบายเชิงเหตุผล เมื่อเข้าสู่วงจรปฏิบัติการที่สองและสาม นักเรียนเริ่มมีการใช้ภาษาทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น มีการอ้างอิงข้อมูลจากกิจกรรมหรือแหล่งเรียนรู้ และสามารถอธิบายความเชื่อมโยงระหว่างสาเหตุและผลได้อย่างเป็นลำดับขั้น ลักษณะสำคัญที่พบคือนักเรียนเริ่มตั้งคำถามด้วยตนเอง และมีการโต้แย้งอย่างมีเหตุผลในระหว่างการอภิปรายกลุ่ม ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะในกิจกรรมที่เชื่อมโยงกับสถานการณ์จริง เช่น ประเด็นเกี่ยวกับการใช้ฮอร์โมนพืชหรือผลกระทบของสิ่งแวดล้อมต่อการเจริญเติบโต นักเรียนแสดงความสนใจและมีส่วนร่วมมากขึ้น เห็นได้จากการแสดงความคิดเห็นที่หลากหลายและการพยายามสนับสนุนความคิดเห็นของตนด้วยข้อมูลหรือประสบการณ์ที่เกี่ยวข้อง และในด้านด้านความตระหนักรู้พบว่านักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงทั้งในระดับความคิดและพฤติกรรม โดยนักเรียนบางส่วนสะท้อนว่า “เข้าใจมากขึ้นว่าวิทยาศาสตร์ไม่ได้อยู่แค่ในห้องสี่เหลี่ยม แต่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน” และ “เริ่มระมัดระวังในการใช้สารหรือเทคโนโลยีที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อม” ซึ่งสะท้อนองค์ประกอบด้านความรู้และความรู้สึก ขณะเดียวกันยังพบพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลง เช่น การค้นคว้าเพิ่มเติมนอกเวลาเรียน หรือการนำความรู้ไปอธิบายให้ผู้อื่นฟัง ซึ่งสอดคล้องกับองค์ประกอบด้านพฤติกรรมตามแนวคิดของ Breckler (1986) และยังพบว่าการพัฒนาการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความตระหนักรู้มีลักษณะเกี่ยวพันกัน คือนักเรียนที่สามารถอธิบายได้อย่างมีเหตุผลและใช้หลักฐานได้ดี ทั้งในด้านความเข้าใจและการแสดงพฤติกรรม ในทางกลับกัน นักเรียนที่มีความสนใจและเห็น



คุณค่าของเนื้อหาที่เรียน สะท้อนให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงบวกของทั้งสองตัวแปรภายใต้บริบทของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS)

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะการนำไปใช้

1.1 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่ครูต้องให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากนักเรียนจะเกิดความไม่มั่นใจในตนเอง กลัวการตอบผิดจึงทำให้ไม่กล้าที่จะนำเสนอและจะขอความคิดเห็นจากเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ครูควรมีการทบทวนข้อกล่าวอ้างของแต่ละกลุ่ม หรือมีการใช้คำถามนำ เช่น นักเรียนมีคำตอบหรือไม่ การนำเสนอของนักเรียนนั้นไม่มีผิดหรือถูกขึ้นอยู่กับหลักฐานที่นักเรียนนั้นสืบค้นมาได้ ซึ่งในขั้นนี้อาจต้องใช้เวลาในการปรับให้นักเรียนเคยชิน เนื่องจากนักเรียนไม่เคยได้รับการจัดการเรียนรู้เช่นนี้มาก่อน

1.2. ก่อนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ครูผู้สอนต้องอธิบายความหมายองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อย่างละเอียดกับนักเรียนพร้อมยกตัวอย่างเพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น

1.3. ครูผู้สอนควรให้ความสำคัญกับองค์ประกอบการให้เหตุผลมากขึ้นเนื่องจากนักเรียนยังไม่สามารถเชื่อมโยงสัมพันธ์ระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานได้อย่างสมเหตุสมผล

1.4. ครูผู้สอนควรออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับเนื้อหาและบริบทของนักเรียน ปรับเนื้อหาให้เหมาะสมกับระดับความสามารถของนักเรียน โดยเฉพาะในหัวข้อที่เป็นนามธรรม เช่น ปัจจัยที่มีผลต่อการออกของเมล็ด ควรมีการใช้สถานการณ์สมมติเพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจภาพรวมของแนวคิดได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

1.5. ในการวิจัยครั้งนี้พบว่านักเรียนแต่ละคนมีการเขียนอธิบายในแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ข้อความสั้น ๆ และไม่ค่อยมีการเชื่อมโยงหรือขยายความ จึงควรปรับโจทย์ในแบบวัดให้เจาะจงมากขึ้น เช่น ให้ระบุอย่างน้อย 2 เหตุผล หรือเชื่อมโยงความคิดเห็นของตนกับประเด็นอื่น

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ผลการวิจัยครั้งนี้พบว่านักเรียนมีการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น บางคนมีระดับที่ต่ำลงและสูงขึ้นไม่คงที่ ในการวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความไม่คงที่ของการพัฒนาการหรือมีการเพิ่มระยะเวลาการวิจัยเพื่อติดตามพัฒนาการของนักเรียน ในระยะยาวซึ่งขึ้นอยู่กับบริบทของโรงเรียนและความแตกต่างระหว่างบุคคล

2.2 ผลการวิจัยพบว่านักเรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม นักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น ผู้วิจัยควรมีการบูรณาการแนวคิด STS ร่วมกับแนวทางอื่น เช่น การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (PBL) หรือการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-based learning) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิผลในการพัฒนาความสามารถของผู้เรียน

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่ายข้าพเจ้าขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้มอบความรู้ คำแนะนำ และกำลังใจตลอดระยะเวลาการศึกษาขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรณวิไล ดอกไม้ อาจารย์



ที่ปริญญานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ปรีกษา และตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้อย่างละเอียดถี่ถ้วนรวมถึงให้กำลังใจและสนับสนุนข้าพเจ้ามาโดยตลอด

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการ. (2545). *คู่มือการพัฒนาสื่อการเรียนรู้*. โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- กาญจนา มหาลี และชาติรี ฝ่ายคำตา. (2553). การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์. *วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี*, 5(1), 1-12.
- กฤตกร สภาสันติกุล. (2559). ผลของกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทํานาย การสังเกต การอธิบายอย่างมีขั้นตอนที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา*, 11(1), 219-237.
- ชมพูนุช แพงวงษ์. (2549). ผลการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นตามรูปแบบการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ทรงศิริ ชัยนา, และ น้อยทิพย์ ลิ้มยิ่งเจริญ. (2553). การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องโลกและการเปลี่ยนแปลง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS). *วารสารศึกษาศาสตร์ ฉบับวิจัย บัณฑิตศึกษา*, 4(4), 52-59.
- ณัฐกฤษ ทองน้อย. (2560). การส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง ระบบนิเวศ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐาน [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ณัฐพร เสริมสุข. (2558). การพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 4 ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง ระบบนิเวศ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ภูมิินทร์ พาณิษฐกุล, ธนิภา วศินยานุวัฒน์, และสุวรรณี เปลิ้นรัมย์. (2569). การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาชีววิทยา เรื่องการสืบพันธุ์ของพืชดอก ผ่านการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน. *การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 21 เรื่อง นวัตกรรมและการบูรณาการองค์ความรู้ของสหสาขาเพื่อการพัฒนาสังคมอย่างยั่งยืน* (น. 476-483).
- ลือชา ลดาชาติ. (2558). *การวิจัยเชิงคุณภาพสำหรับครูวิทยาศาสตร์*. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2565). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2565)*. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- อัมพวา รักบิดา. (2549). ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *วารสารวิจัยทางการศึกษา*, 20(2), 1-15.
- American Association for the Advancement of Science. (2019). *Vision and change in undergraduate biology education: A call to action*. AAAS.
- Bennett, J., Lubben, F., & Hogarth, S. (2018). Bringing science to life: A synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. *Science Education*, 102(5), 1031-1060.
- Bybee, R. W. (2018). *STEM education now more than ever*. NSTA Press.



- Breckler, S. J. (1986). Empirical validation of affect, behavior, and cognition as distinct components of attitude. *Journal of Personality and Social Psychology*, 51(6), 1191-1205.
- Carin, A. A. (1997). *Teaching Modern Science* (7th ed.). Prentice-Hall.
- Dauer, J. T., & Long, T. M. (2015). Long-term conceptual retrieval by college biology majors following model-based instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(8), 1188-1206.
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2020). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(12), 8410-8415.
- Good, C. V. (1973). *Dictionary of education* (3rd ed.). McGraw-Hill.
- Kemmis, S., & McTaggart, R. (1988). *The Action Research Planner*. Deakin University Press.
- Kolb, A. Y., & Kolb, D. A. (2017). Experiential learning theory as a guide for experiential educators in higher education. *Experiential Learning & Teaching in Higher Education*, 1(1), 7-44.
- McNeill, K. L., Lizotte, D. J., Krajcik, J., & Marx, R. W. (2006). Supporting students' construction of scientific explanations by fading scaffolds in instructional materials. *Journal of the Learning Sciences*, 15(2), 153-191.
- McNeil, K. L., & Krajcik, J. (2008). Addressing the scientific explanation skills of urban middle school students through an inquiry-based curriculum. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(2), 108-130.
- Ministry of Education. (2017). *Basic education core curriculum B.E. 2551 (A.D. 2008) (Revised edition B.E. 2560)*. Ministry of Education.
- National Science Teachers Association (NSTA). (1993). *Science/Technology/Society: A new Effort for Providing Appropriate Science for All*. Autor.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2018). *How people learn II: Learners, contexts, and cultures*. National Academies Press
- Novak, A. M., & Treagust, D. F. (2017). Adjusting claims as new evidence emerges: Do students incorporate new evidence into their scientific explanations. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(4), 526-549.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2009). *PISA 2006 technical report*. OECD Publishing.
- Sandoval, W. A., & Millwood, K. A. (2005). The quality of students' use of evidence in written scientific explanations. *Cognition and Instruction*, 23(1), 23-55.
- Sampson, V., Grooms, J., & Walker, J. P. (2011). Argument-Driven Inquiry as a way to help students learn how to participate in scientific argumentation and craft written arguments: An exploratory study. *Science Education*, 95(2), 217-257.
- UNESCO. (2020). *Education for sustainable development: A roadmap*. UNESCO.



Walker, J. P., & Sampson, V. (2013). Learning to argue and arguing to learn: Argument-driven inquiry as a way to help undergraduate chemistry students learn how to construct arguments and engage in argumentation during a laboratory course. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(5), 561-596.