

ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้เทคนิค แผนผังความคิดเพื่อพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*

สิริมา มิ่งเมือง**

ศุภชัย ทวี***

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาจำนวนนักเรียนที่มีการเปลี่ยนแปลงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยใช้เทคนิคแผนผังความคิด 2) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยใช้เทคนิคแผนผังความคิด กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 28 คน ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนรัฐราษฎร์อนุสรณ์ ตำบลบึงปลาทุ อำเภอบรรพตพิสัย จังหวัดนครสวรรค์ ซึ่งได้มาโดยวิธีสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้เทคนิคแผนผังความคิด เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้วว่ามีเหมาะสมมาก 2) แบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบสองชั้น จำนวน 20 ข้อ

ผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนจำนวนร้อยละ 84.28 ของนักเรียนทั้งหมด มีการเปลี่ยนแปลงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงสูงขึ้น จากการที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้เทคนิคแผนผังความคิด

2. แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้เทคนิคแผนผังความคิด หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยมีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เฉลี่ย 56.67% ซึ่งมีพัฒนาการระดับสูง

คำสำคัญ: แนวความคิดทางวิทยาศาสตร์, การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง, แผนผังความคิด, การสังเคราะห์ด้วยแสง

* วิทยานิพนธ์หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, 2560

** นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, E-mail: min_sirima@hotmail.co.th

*** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำสาขาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์



The Effect of Constructivist Approach Learning by Using Concept Mapping to Development to Matthayom 5 Student'Scientific Conception of Photosynthesis *

Sirima Mingmuang **

Supachai Tawee ***

Abstract

The Purpose of research were 1) To identify the number of students in Matthayomsuksa 5 who have changed of Scientific Conception of on Photosynthesis by Constructivist Approach Learning by Using Concept Mapping, 2) to study compare the Scientific Conception Development of the Matthayomsuksa 5 students on the Photosynthesis by Constructivist Approach Learning by Using Concept Mapping. The sample group consisted of 28 Matthayomsuksa 5 students studying in the first semester in the academic year of 2016 at Rathradanusorn School, Banphotpisai District, Nakhonsawan province, Thailand. The sample group participated in this research was selected by Cluster Random Sampling method. The research instruments were 1) lesson plans of Constructivist Approach Learning by Using Concept Mapping through inquiry method with the very appropriate level 2) 20 item of Photosynthesis Scientific Concept Test of Matthayom 5 students.

The research finding were as follows:

1. The 84.28 percent of all students had changed Scientific Conception of Photosynthesis is higher by learning Constructivist Approach Learning by Using Concept Mapping.
2. Student' Scientific Conception of Photosynthesis learning by Constructivist Approach Learning by Using Concept Mapping higher than before learning by had average relative gain score of 56.67 percent with high level development

Keywords: Scientific Conception, Constructivist Approach, Concept Mapping, Photosynthesis

*Research Articles from the thesis for the Master of Science Program in Science Education, Nakhonsawan Rajabhat University, 2017

** Student in Master of Science Program in Science Education, Nakhonsawan Rajabhat University, Email: min_sirima@hotmail.co.th

*** Assistant Professor, Department of Physic and General Science, Faculty of Science and Tecnology, Nakhon Sawan Rajabhat University

บทนำ

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่าง ๆ ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ (science literacy) เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์และมีคุณธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, น. 1) ซึ่งการมีความรู้ความเข้าใจในแนวคิดและ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่จำเป็นต่อการตัดสินใจในแต่ละบุคคล เป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้และยอมรับกันอย่างแพร่หลายโดยทั่วไป ตลอดจนความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถจะนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในสังคมได้(สุกษัย ทวี, 2551, น. 8; National Research Council (NRC) 2000, p. 2; อ้างถึงในอังคณา ปัทมพงศา, 2555, น. 1)

การสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นแนวคิดที่สำคัญในทางชีววิทยา เป็นกระบวนการทางชีวเคมีที่สำคัญที่ก่อให้เกิดการใช้พลังงานสำหรับสิ่งมีชีวิตบนโลก เป็นแนวคิดพื้นฐานที่สำคัญที่yakต่อการเข้าใจ (Pauline Ross, Deidre Tronson, Raymond J Ritchie, 2005, p. 84) เป็นกระบวนการที่ซับซ้อน ต้องอาศัยความรู้พื้นฐานทางชีววิทยาและเคมี โดยเฉพาะความเข้าใจเรื่องปฏิกิริยาเคมี สารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ และยังเชื่อมโยงกับเรื่องอื่นในวิชาชีววิทยา เช่น ระบบนิเวศวิทยา ชีวเคมี กายวิภาคสรีรวิทยาและการเปลี่ยนแปลงพลังงาน (Tekkaya, Ozkan and Sungur, 2001, p. 148) อีกทั้งต้องทราบลักษณะ โครงสร้างของพืชและปัจจัยทางกายภาพอื่นๆ ที่เอื้ออำนวยต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง (Brancaleoni et al, 2008, p. 1)

จากประสบการณ์สอนของผู้วิจัย และการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง พบว่า นักเรียนยังขาดความเข้าใจใน เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงมาก แม้จะผ่านการเรียนรู้มาแล้วก็ตาม จากงานวิจัยต่าง ๆ พบว่า นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อน เกี่ยวกับบทบาทของอิเล็กตรอน และบทบาทของคลอโรฟิลล์ในปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสง (สิรินภา กิจเกื้อกูล และนฤมล ยุตาคม, ม.ป.ป., น.1) และนักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อน เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงเกี่ยวกับการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ของพืช C_3 โฟโตเรสไพเรชัน (photorespiration) การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ของพืช C_4 การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ของพืช CAM และปฏิกิริยาแสง แนวคิดคลาดเคลื่อน เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงนั้น มีสาเหตุมาจากเนื้อหาที่มีลักษณะซับซ้อนและต้องเชื่อมโยงความสัมพันธ์หลายแนวคิด จึงเป็นเรื่องที่เข้าใจยากสำหรับนักเรียน เนื้อหาส่วนหนึ่งจะเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งเป็นนามธรรม เข้าใจยาก (อังคณา ปัทมพงศา, 2555, น. 1) นอกจากนี้สาเหตุสำคัญอีกประการหนึ่ง ที่ส่งผลต่อแนวความคิดทางวิทยาศาสตร์

ของนักเรียนคือ การจัดการเรียนรู้ที่เน้นท่องจำ การถ่ายทอดความรู้จากครูสู่นักเรียน โดยนักเรียนเป็นผู้รับความรู้จึงทำให้ขาดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (สุวัฒน์ นิยมคำ, 2532; อ้างถึงใน เนตรดาว นุ่มเกลี้ยง, 2554, น. 2)

ดังนั้น การทำให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สังเกต สำรวจตรวจสอบ ลงมือปฏิบัติ เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ หลักการกฎและทฤษฎีต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งปัจจุบันนักการศึกษาและครู ทั้งในประเทศและต่างประเทศได้ให้ความสนใจในการสอนตามแนวการสร้างองค์ความรู้ (Constructivism) ว่าเป็นแนวทางที่เหมาะสมต่อการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวการสร้างองค์ความรู้ (Constructivism) ซึ่งเป็นวิธีการการเรียนรู้ที่มีกระบวนการเกิดขึ้นภายในบุคคล บุคคลเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยเหตุผลจากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็น กับความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิม เกิดเป็นโครงสร้างทางปัญญา (วิลรัตน์ สุนทรโรจน์, 2554, น. 209) สอดคล้องกับวารจักร ผิวผ่อง (2554, น. 14) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวการสร้างองค์ความรู้ เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้และการได้มาซึ่งกระบวนการเรียนรู้ ควรดำเนินการอย่างเป็นระบบ ผลการเรียนรู้มุ่งไปสู่กระบวนการสร้างความรู้ และตระหนักถึงในกระบวนการนั้นที่เน้นผู้เรียนสร้างความหมายการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยอาศัยประสบการณ์การแลกเปลี่ยนการเรียนรู้จากสิ่งต่าง ๆ รอบตัว เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ที่มีเข้ากับความรู้ใหม่ให้ได้ เป็นการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริง ค้นหาคำรู้ด้วยตัวเอง จนค้นพบความรู้และรู้จักสิ่งที่ค้นพบ เรียนรู้วิเคราะห์ต่อจนรู้จริงรู้ลึกว่าสิ่งนั้นคืออะไร มีความสำคัญมากน้อยเพียงไร การเรียนรู้แบบนี้ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาความสามารถในการคิดพร้อมทั้งฝึกทักษะทางสังคมที่ดี ได้ร่วมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่าง ผู้เรียนกับผู้เรียนและระหว่างผู้เรียนกับครูผู้สอน (Tawe, 2016, p. 58-65)

การจัดการเรียนรู้ตามแนวความคิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองแล้วยังพบว่า การใช้แผนผังความคิด (concept map) เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถทำให้ผู้เรียนสามารถที่จะพัฒนาแนวคิดได้ เนื่องจากแผนผังความคิดเป็นเทคนิค หรือวิธีการที่แสดงให้เห็นว่าผู้เรียน สามารถแสดงถึงโครงสร้างความรู้ ในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดหลาย ๆ แนวคิด การใช้แผนผังแนวคิดทำให้ผู้เรียนมีการเปลี่ยนแปลงแนวคิดเป็นแนวคิดที่ถูกต้องได้ (นรา เขียวละลิม, 2556, น. 4) และงานวิจัยของสถิตนา ศรีสุขศิริพันธ์ (2554) ที่จัดการเรียนการสอน โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับแผนผังความคิด ทำให้คะแนนผลสัมฤทธิ์สูงขึ้น จากที่เหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยเห็นว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวความคิดการสร้างองค์ความรู้โดยใช้เทคนิคแผนผังความคิด น่าจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะสามารถพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนได้ฝึกคิด ลงมือปฏิบัติจริง ฝึกแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผล หากตอบด้วยตัวเองได้

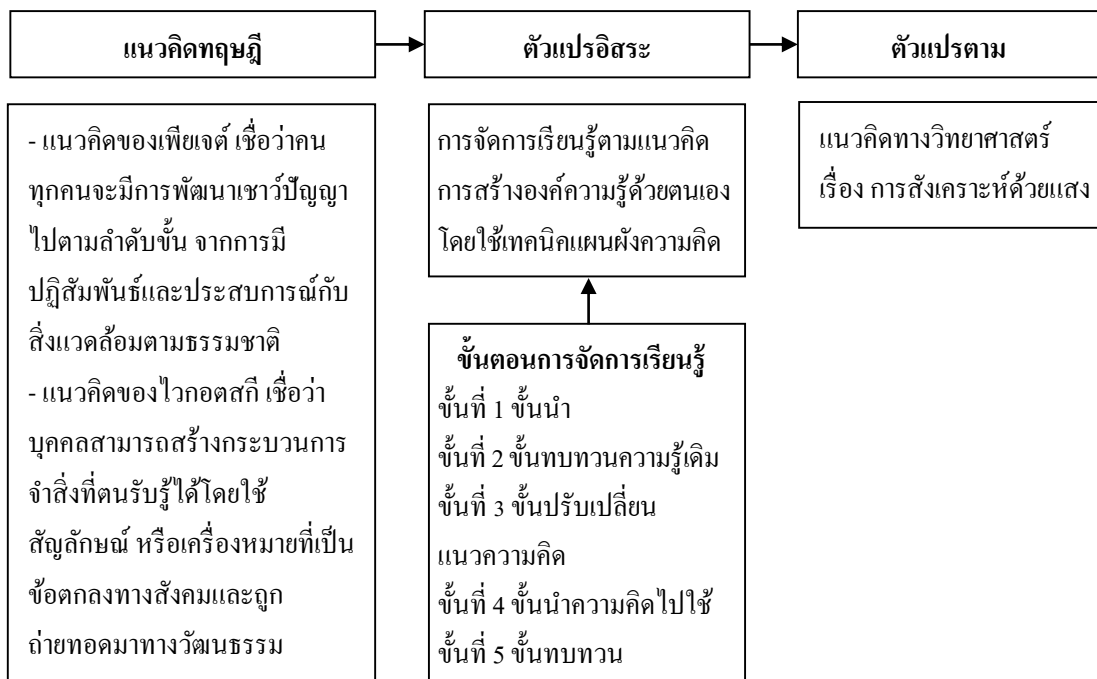
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาจำนวนนักเรียนที่มีการเปลี่ยนแปลงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้เทคนิคแผนผังความคิด
2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้เทคนิคแผนผังความคิด

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดการสร้างองค์ความรู้เป็นแนวคิดการเรียนรู้ ด้วยการกระทำของตนเอง ซึ่งมีแนวคิดหลักว่า บุคคลเรียนรู้ได้โดยการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีการต่าง ๆ กันโดยอาศัยประสบการณ์เดิม โครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่และแรงจูงใจภายใน เป็นพื้นฐานมากกว่าอาศัยแต่เพียงการรับรู้ข้อมูลจากสิ่งแวดล้อมหรือการรับการสอนจากภายนอกเท่านั้น (กมลทิพย์ พูลสมบัติ, 2557, น. 24) และการนำเอาเทคนิคแผนผังความคิดมาใช้ จะทำให้นักเรียนสามารถมองเห็นภาพเกิดความเข้าใจได้ง่าย โดยการสร้างรูปแบบสัมพันธ์ของความคิดต่าง ๆ โดยมีแนวคิดหลักเป็นหัวข้อใหญ่ มีแนวคิดรอง แนวคิดย่อย ลดระดับลงมาเรื่อย ๆ โดยมีกลุ่มคำ ข้อความ หรือสัญลักษณ์เชื่อมแนวคิดต่าง ๆ นี้เข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบ (Buzan, 1991; สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ, 2544; สำลี รักสุทธี, 2544; อนงค์ สิงห์ทุย, 2551; นรา เขียวละลิม, 2556) จากแนวคิดข้างต้น จึงทำให้เกิดการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยใช้เทคนิคแผนผังแนวคิด ซึ่งจะมีการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 ขั้นนำ ขั้นที่ 2 ทบทวนความรู้ ขั้นที่ 3 ปรับเปลี่ยนแนวคิด ขั้นที่ 4 นำความคิดไปใช้ ขั้นที่ 5 ทบทวน ซึ่งในขั้นที่ 3 และขั้นที่ 5 จะสอดแทรกเทคนิคแผนผังความคิดเข้าไปด้วย

แนวคิดการสร้างองค์ความรู้ นั้น เป็นกระบวนการที่ผู้เรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง โดยการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ ตัว มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน ๆ ครูหรือผู้ที่มีความรู้ ความเชี่ยวชาญ ได้แก่ปัญหาต่าง ๆ ที่เป็นประสบการณ์ใหม่ ๆ ด้วยตนเองแล้วนำประสบการณ์ใหม่ ๆ หรือความรู้ที่ได้รับมาปรับเชื่อมโยงให้เข้ากับประสบการณ์กับความรู้เดิม จนเกิดเป็นความรู้ที่ตนเองสร้างขึ้นมาและการใช้โดยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง 5 ขั้นตอน ขั้นตอนที่ 1 ขั้นนำ ขั้นตอนที่ 2 ขั้นทบทวนความรู้เดิม ขั้นตอนที่ 3 ขั้นปรับเปลี่ยน ขั้นตอนที่ 4 ขั้นนำความคิดไปใช้ ขั้นตอนที่ 5 ขั้นทบทวน โดยมีการสอดแทรกเทคนิคแผนผังความคิดในขั้นตอนที่ 3 และ 5 โดยมีกรอบแนวคิดดังนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนในจังหวัดนครสวรรค์ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 42 ซึ่งมีด้วยกันจำนวน 37 โรงเรียน

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2559 ของโรงเรียนราษฎร์อนุสรณ์ ตำบลบึงปลาทุ อำเภอบรรพตพิสัย จังหวัดนครสวรรค์ มี 1 ห้อง จำนวน 28 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยใช้เทคนิคแผนผังความคิด เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง มีทั้งหมด 5 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 ขั้นนำ

ขั้นที่ 2 ขั้นทบทวนความรู้เดิม

ขั้นที่ 3 ขั้นปรับเปลี่ยนแนวความคิด

ขั้นที่ 4 ขั้นนำความคิดไปใช้

ขั้นที่ 5 ขั้นทบทวน

ซึ่งการใช้เทคนิคแผนผังความคิดในขั้นที่ 3 และขั้นที่ 5 โดยแผนการจัดการเรียนรู้ฯ จำนวน 6 แผน ได้ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ผลการประเมินพบว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมาก ($\bar{X} = 4.4$, S.D. = 0.24)

2. แบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบสองชั้น โดยแต่ละข้อจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 เป็นคำถาม ส่วนที่ 2 เป็นคำตอบที่เป็นตัวเลือก และส่วนที่ 3 เป็นส่วนที่แสดงเหตุผลว่าทำไมจึงเลือกตอบคำตอบนี้ โดยคำถามเหล่านี้ ผู้วิจัยปรับปรุงข้อคำถามมาจากงานวิจัยของ Kijkuakul (2006); พิชา ชัยจันดี (2552) และ อังคณา ปัทมพงศา (2555) ซึ่งครอบคลุมแนวคิดสำคัญ 4 แนวคิด คือ โครงสร้างคลอโรพลาสต์และสารสี ในปฏิกิริยาแสง ปฏิกิริยาแสง ปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอน-ไดออกไซด์ โฟโตเรสไพเรชัน จำนวน 20 ข้อ ซึ่งมีค่าความยากง่าย ระหว่าง 0.20-0.68 ค่าอำนาจจำแนก ระหว่าง 0.35-0.65 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.86

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. นำแบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง จำนวน 20 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ไปทดสอบก่อนเรียนก่อนเรียน

2. ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้เทคนิคแผนผังความคิด เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง จำนวน 6 แผน ๆ ละ 2 คาบ รวมทั้งหมด 12 คาบ

3. หลังจากจบการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงแล้ว นำแบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง นำไปทดสอบนักเรียนหลังเรียน ซึ่งเป็นฉบับเดียวกันกับแบบทดสอบก่อนเรียน

4. ตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ให้คะแนน

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. เก็บรวบรวมแบบวัดแนวคิด เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ทั้งก่อนและหลังจากจัดการเรียนรู้ ด้วยแนวคิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้แผนผังความคิด มาวิเคราะห์คำตอบรายข้อ โดยวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนแต่ละคนอย่างละเอียด จัดกลุ่มคำตอบของนักเรียนโดยใช้กรอบแนวคิดของ Abraham et al. (1994) ซึ่งจัดแบ่งกลุ่มแนวคิดเป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

1) แนวคิดที่สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU)

2) แนวคิดที่เข้าใจบางส่วน (Partial Understanding: PU)

3) แนวคิดที่เข้าใจบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding and with Specific Misconception: PS)

4) แนวคิดคลาดเคลื่อน (Specific Misconception: SM)

5) ไม่เข้าใจแนวคิด (No Understand: N หรือ Without Answer: WA)

2. วิเคราะห์ระดับความเข้าใจแนวคิดของนักเรียน เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง เป็นรายข้อโดยใช้สถิติพื้นฐาน เช่น ค่าร้อยละ

3. สรุประดับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง โดยเปรียบเทียบค่าร้อยละของนักเรียนที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เปลี่ยนแปลง

4. นำคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน มาคำนวณคะแนนพัฒนาการ โดยใช้คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (Relative Gain Score) ที่เสนอโดยศิริชัย กาญจนวาสี (Kanjanaawasee, 1989; อ้างถึงใน ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552)

5. เปรียบเทียบคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ที่คำนวณ มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์และแปลความหมาย ดังนี้

ค่าคะแนน 0 – 25 คะแนน จัดอยู่ในกลุ่ม พัฒนาการระดับต้น

ค่าคะแนน 26 – 50 คะแนน จัดอยู่ในกลุ่ม พัฒนาการระดับกลาง

ค่าคะแนน 51 – 75 คะแนน จัดอยู่ในกลุ่ม พัฒนาการระดับสูง

ค่าคะแนน 76 – 100 คะแนน จัดอยู่ในกลุ่ม พัฒนาการระดับสูงมาก

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาจำนวนนักเรียนที่มีการเปลี่ยนแปลงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้เทคนิคแผนผังความคิด

ตารางที่ 1 แสดงร้อยละของจำนวนนักเรียนในแต่ละแนวคิดก่อนเรียนและหลังเรียน (n = 28)

แนวคิด	ข้อ	แนวคิดของนักเรียน (%)									
		ก่อนการจัดการเรียนรู้					หลังการจัดการเรียนรู้				
		CU	PU	PS	SM	N	CU	PU	PS	SM	N
1. โครงสร้างของคลอโรพลาสต์											
และสารสีในปฏิกิริยาแสง											
1.1 โครงสร้างคลอโรพลาสต์	1	0.00	0.00	3.57	21.43	60.72	39.29	21.43	32.14	0.00	7.14
1.2 หน้าที่ของคลอโรพลาสต์	2	0.00	0.00	28.57	21.43	53.57	42.86	21.43	16.71	17.86	7.14
1.3 สารสีที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง	3	0.00	0.00	3.57	21.43	78.57	46.43	21.43	17.86	14.29	0.00
	4	3.57	7.14	7.86	17.86	57.14	53.57	17.86	21.43	7.14	0.00

หมายเหตุ: CU = แนวคิดที่สมบูรณ์, PU = แนวคิดที่เข้าใจบางส่วน, PS = แนวคิดที่เข้าใจบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน, SM = แนวคิดคลาดเคลื่อน, N = ไม่เข้าใจแนวคิด

ตารางที่ 1 (ต่อ)

แนวคิด	ข้อ	แนวคิดของนักเรียน (%)									
		ก่อนการจัดการเรียนรู้					หลังการจัดการเรียนรู้				
		CU	PU	PS	SM	N	CU	PU	PS	SM	N
2. กระบวนการ											
สังเคราะห์ด้วยแสง											
2.1 ปฏิบัติงาน	5	0.00	0.00	17.86	71.43	10.71	21.43	35.71	21.43	14.29	7.14
	6	0.00	0.00	10.71	67.86	21.43	3.57	46.43	21.43	25.00	3.57
	7	0.00	3.57	7.14	67.86	21.43	32.14	25.00	28.57	7.14	7.14
	8	0.00	10.71	14.29	17.86	57.14	35.17	32.14	14.29	14.29	3.57
	9	0.00	0.00	7.14	57.14	35.71	14.29	35.71	32.14	10.71	7.14
2.2 ปฏิบัติจริง	10	0.00	0.00	0.00	78.57	21.43	14.29	39.29	32.14	7.14	7.14
คาร์บอนไดออกไซด์											
2.2.1 ปฏิบัติการจริง	11	0.00	0.00	0.00	32.14	67.86	25.00	32.14	21.43	14.29	7.14
คาร์บอนไดออกไซด์	12	0.00	0.00	17.86	28.57	53.57	32.14	25.00	28.57	10.71	3.57
ตามวิธี C ₃	13	0.00	0.00	0.00	46.43	53.57	35.71	25.57	25.00	7.14	3.57
	14	0.00	0.00	10.71	50.00	39.29	42.86	21.43	17.86	10.71	7.14
2.2.2 ปฏิบัติการจริง	13	0.00	0.00	0.00	46.43	53.57	32.14	32.14	25.00	7.14	3.57
คาร์บอนไดออกไซด์	14	0.00	0.00	10.71	50.00	39.29	42.86	21.43	17.86	10.71	7.14
ตามวิธี C ₄	15	0.00	3.57	7.14	28.57	60.71	32.14	28.57	25.00	7.14	7.14
	16	0.00	0.00	3.57	46.43	50.00	28.57	32.14	21.43	10.71	7.14
2.2.3 ปฏิบัติการจริง	14	0.00	0.00	10.71	50.00	39.29	42.86	21.43	17.86	10.71	7.14
คาร์บอนไดออกไซด์	17	0.00	3.57	0.00	28.57	67.86	7.14	50.00	39.29	3.57	0.00
ตาม	18	0.00	0.00	3.57	46.43	50.00	28.57	42.86	14.29	7.14	7.14
วิธี CAM											
2.3 โฟโตเรสไพเรชัน	19	0.00	0.00	0.00	53.57	46.43	14.29	39.29	32.14	10.71	3.57
	20	0.00	0.00	10.71	50.00	39.29	25.00	25.00	35.71	7.14	7.14

จากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง พบว่า

1. หลังจากการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ที่สมบูรณ์ (CU) ร้อยละ 24.82 ซึ่งสูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ ร้อยละ 0.18 เพิ่มขึ้นร้อยละ 24.64

2. หลังจากการจัดการเรียนรู้นักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ที่เข้าใจบางส่วน (PU) ร้อยละ 33.21 ซึ่งสูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ร้อยละ 1.43 เพิ่มขึ้นร้อยละ 31.78

3. หลังจากการจัดการเรียนรู้นักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ที่เข้าใจบางส่วน และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ร้อยละ 26.25 ซึ่งสูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ร้อยละ 8.39 เพิ่มขึ้นร้อยละ 17.86

4. หลังจากการจัดการเรียนรู้นักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ที่คลาดเคลื่อน (SM) ร้อยละ 10.54 ซึ่งต่ำกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ ร้อยละ 57.86 ลดลงร้อยละ 47.32

5. หลังจากการจัดการเรียนรู้นักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ที่ไม่เข้าใจแนวคิด (N) ร้อยละ 5.18 ซึ่งต่ำกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ ร้อยละ 32.14 ลดลงร้อยละ 26.96

6. หลังจากการจัดการเรียนรู้นักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง เพิ่มขึ้น ร้อยละ 84.28

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้เทคนิคแผนผังความคิด

ตารางที่ 2 แสดงคะแนนก่อนเรียน-หลังเรียน และร้อยละของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์

การทดสอบ	จำนวน (คน)	คะแนนรวม	คะแนนเฉลี่ย	S.D.	คะแนนพัฒนาการ สัมพัทธ์(%)
ก่อนเรียน	28	438	15.64	6.38	56.67
หลังเรียน	28	1,457	52.04	10.58	

จากตารางที่ 2 ผลการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนมีคะแนนแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ย 15.64 คะแนน แต่เมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แล้วพบว่า นักเรียนมีคะแนนแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ย 52.04 คะแนน และคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เฉลี่ย 56.67 % แปลความหมายได้ว่า มีพัฒนาการระดับสูง (เกณฑ์ 51-71 คะแนน จัดอยู่ในกลุ่มพัฒนาการระดับสูง)

สรุปผลการวิจัย

1. นักเรียนจำนวนร้อยละ 84.28 ของนักเรียนทั้งหมด มีการเปลี่ยนแปลงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงสูงขึ้น จากการที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยใช้เทคนิคแผนผังความคิด

2. แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้เทคนิคแผนผังความคิด หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยมีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เฉลี่ย 56.67 % ซึ่งมีพัฒนาการระดับสูง

อภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาจำนวนนักเรียน ที่มีการเปลี่ยนแปลงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้เทคนิคแผนผังความคิด พบว่า นักเรียนร้อยละ 84.28 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนเพิ่มสูงขึ้นกว่าก่อนเรียน ทั้งนี้มาจากการจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยได้รับประสบการณ์ใหม่ ๆ ทำให้นักเรียนเกิดความอยากรู้ นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ มีแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนที่มีความสามารถที่ต่างกัน และมีการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน ก่อนที่จะมีการจัดการเรียนรู้ ทำให้นักเรียนจะต้องสืบค้นข้อมูล อภิปรายข้อมูล มีการนำเสนอข้อมูลที่สืบค้นมา ทำให้เกิดการซึมซับความรู้นั้นเข้าสู่สมองของนักเรียน ความรู้เก่าและความรู้ใหม่ที่ได้ จะทำให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญาและนักเรียนจะตกผลึกความรู้ที่จนเกิดความรู้ใหม่ที่สร้างขึ้นมา และการใช้เทคนิคแผนผังแนวคิดจะเป็นการช่วยให้นักเรียนพัฒนาแนวคิดได้ เนื่องจากแผนผังความคิดเป็นเทคนิค หรือวิธีการที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถแสดงถึงโครงสร้างความรู้ ในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดหลาย ๆ แนวคิด การใช้แผนผังแนวคิดทำให้นักเรียน มีการเปลี่ยนแปลงแนวคิดเป็นแนวคิดที่ถูกต้องได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของพอรินท์ พุกพูนธนพัฒน์ (2555) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาแนวคิด เรื่อง ยีนและโครโมโซมของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย สามารถช่วยให้นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์หลังเรียนถูกต้องมากขึ้น ด้วยการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว นักเรียนส่วนใหญ่มักจะมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ในเรื่องยีนและโครโมโซม

2. ผลการศึกษาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยใช้เทคนิคแผนผังความคิด หลังเรียนสูงกว่า

ก่อนเรียน โดยมีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เฉลี่ย 56.67 % ซึ่งมีพัฒนาการระดับสูง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติเอง ได้สืบค้นข้อมูล อภิปรายข้อมูลและนำเสนอข้อมูล และมีการขัดแย้งทางปัญหาก็เกิดขึ้นจนสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ ๆ ครูเป็นผู้คอยชี้แนะแนวทาง หรือคอยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์เท่านั้น และการใช้เทคนิคแผนผังความคิด ที่นำทฤษฎีที่เกี่ยวกับสมองไปใช้ทั้งซีกซ้ายและซีกขวา โดยสร้างรูปแบบสัมพันธ์ของความคิดต่าง ๆ โดยมีแนวคิดหลักเป็นหัวข้อใหญ่ มีแนวคิดรอง แนวคิดย่อยลดระดับลงมาเรื่อย ๆ โดยมีกลุ่มคำ ข้อความ หรือสัญลักษณ์เชื่อมแนวคิดต่าง ๆ นี้เข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบ ทำให้นักเรียนสามารถมองเห็นมโนภาพ เกิดความเข้าใจได้ง่ายขึ้น ทำให้นักเรียนสามารถแสดงถึงโครงสร้างความรู้ ในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดหลาย ๆ แนวคิดการใช้แผนผังแนวคิดทำให้ผู้เรียนมีการเปลี่ยนแปลงแนวคิดเป็นแนวคิดที่ถูกต้องได้ (นรา เขียวละลิม, 2556, น. 4) จึงทำให้นักเรียนมีผลการพัฒนาการอยู่ในระดับสูง

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะทั่วไป

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้เทคนิคแผนผังความคิด ครูควรกำหนดเวลาในการทำกิจกรรมให้ชัดเจน และควบคุมเวลาให้เป็นไปอย่างเหมาะสม เนื่องจากเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่นักเรียนลงมือปฏิบัติ สืบค้นข้อมูล อภิปราย และนำเสนอข้อมูลซึ่งต้องใช้เวลาในการทำกิจกรรมค่อนข้างมาก

2. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้เทคนิคแผนผังแนวคิด ควรจะมีการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนก่อน จะทำให้ครูทราบถึงแนวคิดของนักเรียน ซึ่งจะเป็นประโยชน์แก่ครูที่จะสามารถวางแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยใช้เทคนิคแผนผังแนวคิดในระดับหรือเนื้อหาวิชาอื่นๆ

2. ควรศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้เทคนิคแผนผังแนวคิดกับตัวแปรอื่น ๆ เช่น ปัจจัยที่มีผลต่อแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้เชี่ยวชาญทุกท่านซึ่งได้ให้ข้อเสนอแนะในการแก้ไขปรับปรุงเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ขอบพระคุณผู้บริหาร คณะครู และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนรัฐราษฎร์อนุสรณ์ อำเภอบรรพตพิสัย จังหวัดนครสวรรค์ และสุดท้ายนี้ขอขอบคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท) ที่สนับสนุนเงินทุนในการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). คู่มือวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์. ม.ป.ท.: ม.ป.พ., 2546.ตัวชี้วัดและ
สาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษา
ขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กมลทิพย์ พูลสมบัติ. (2557). การศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ร่วมกับแผนผัง
ความคิดที่มีต่อความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และแรงจูงใจในการ
เรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
(สาขาวิชาการจัดการการเรียนรู้). มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา, พระนครศรีอยุธยา.
- นรา เปียละลิ้ม. (2556). การพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารประกอบไฮโดรคาร์บอน ของนักเรียน
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับแผนผังแนวคิด.
วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
กรุงเทพฯ.
- เนตรดาว นุ่มเกลี้ยง. (2554). การศึกษาแนวคิดและการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
เรื่อง หน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช ที่เรียนรู้จากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหา
ความรู้. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา). มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- พอรินทร์ พุกพูนธนพัฒน์. (2555). การพัฒนาแนวคิด เรื่อง ยีนและโครโมโซม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย.
วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
กรุงเทพฯ.
- พิชา ชัยจันดี. (2552). ความเข้าใจโมเดลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เมื่อใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนโมเดลและความสัมพันธ์ระหว่างความ
เชื่อเกี่ยวกับเรื่องจูงใจกับการเปลี่ยนแปลงโมเดล. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต
(สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา). มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

- วราจิตร ผิวพ่อง. (2554). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวการสร้างองค์ความรู้สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนเทศบาลศรีบุญยานุสรณ์ จังหวัดสมุทรสาคร. ปรินญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาวิชาชีพและประเมินผลการศึกษา). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วิมลรัตน์ สุนทรโรจน์. (2554). นวัตกรรมเพื่อการเรียนรู้. มหาสารคาม: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสารคาม.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552). ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม. คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ศุภชัย ทวี. (2551). สารัตถะการสอนวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, นครสวรรค์.
- สำลี รักสุทธี. (2544). ทางก้าวสู่ครูมืออาชีพ. กรุงเทพฯ: พัฒนาศึกษา.
- สลิลนา ศรีสุขศิริพันธ์. (2554). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะและแผนผังความคิด เรื่อง ทรัพยากรธรรมชาติ เพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3. การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต (สาขาวิชาชีพและประเมินผลการศึกษา). มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- สิรินภา กิจเกื้อกูล และนฤมล ยุทธาคม. (2548). สำรวจแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนช่วงชั้นที่ 4. วารสารเกษตรศาสตร์ (สังคม), 25, 139-149.
- สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ. (2544). เรียนรู้สู่ครูมืออาชีพ. (พิมพ์ครั้งที่ 6.). กรุงเทพฯ: ดวงกมลสมัย.
- อนงค์ สิงห์ทุย. (2551). การใช้แผนที่ความคิดเพื่อพัฒนาทักษะการอ่านจับใจความภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. การศึกษาอิสระปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน). มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- อังคณา ปัทมพงศา. (2555). การพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบขัดแย้งของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Abraham, M. R., V.A. Williamson, & S. L. Westbrook. (1994). A Cross-Age Study of the Understanding of Five Chemistry Concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(2), 147-165.
- Brancaleoni, L., O. D. Curtis, U. T. Hohenstein & M. C. Turrini. (2008). *Photosynthesis and Plant Respiration. Italy. Biology and Evolution Department. University of Ferrara, Italy.*
- Buzan, Tony. (1991). *Use both side of your brain*. New York: Penguin Group.
- Kijkuakul. (2006). *Case studies of teaching and learning about photosynthesis in Thailand: An innovative approach*. A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy (Science Education). Kasetsart University, Bangkok.

Pauline Ross, Deidre Tronson & Raymond J Ritchie. (2005). Modelling Photosynthesis to Increase Conceptual Understanding. *JBE*, 40(1), 84-88.

Tawee, Supachai. (2016). *Learning STEM Education Approach on the Nature of Science and the Scientific Creative Thinking Skill of Undergraduate Students*. The Proceeding of 55th KU Annual Conference. (31-2 January-February, 58-65). Bangkok. Thailand.

Tekka Ya, Ozlem Ozkan & Semra Sungur. (2001). Biology Concepts perceived as difficult by Turkish hight school studens. *Hacettepe Üniversitesi Egitim Fakültesi Dergisi*, 21, 145-150.

