



การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO model ที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาชีววิทยา

MACRO Model Learning Management on Scientific Explanation Ability of Grade 11 Students in Biology

จันทร์สุดา จันทะชานิ¹ และฐิติวรดา พลเยี่ยม²

Jansuda Janthachamni¹ and Titiworada Polyiem²

ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม^{1,2}

Department of Curriculum and Instruction, Faculty of Education, Maha Sarakham University^{1,2}

Corresponding author, E-mail: 63010558021@msu.ac.th¹, titiworada.p@msu.ac.th²

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมาย 1) เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 2) เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ให้ผ่านเกณฑ์ในระดับดีมาก กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 จำนวน 36 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จากโรงเรียนแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาภาคพื้นทวีป เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model วิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบหายใจ จำนวน 6 แผน 9 ชั่วโมง มีค่าความเหมาะสมอยู่ระหว่าง 4.21-4.59 และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ แบบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละ

ผลการวิจัยปรากฏดังนี้ 1) ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 78.89/77.24 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 75/75 และ 2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model มีคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เฉลี่ยเท่ากับ 27.81 จากคะแนนเต็ม 36 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 77.24 มีนักเรียนที่คะแนนผ่านเกณฑ์ในระดับดีมาก 36 คน

คำสำคัญ: การเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model, ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์



ABSTRACT

The purposes of this research were: 1) to develop MACRO Model Learning Management with a required efficiency of 75/75 and 2) to develop the Scientific Explanation Ability of Grade 11 students who have been taught by MACRO Model Learning Management to pass the excellent level. The samples group was 36 students of class 5/2 in the 2nd semester of 2023 academic year from a school Under the Secondary Educational Service Area Office Kalasin. The research instruments were: 1) the 6 MACRO Model Learning Management plans on Respiratory System for 9 hours with 4.21 to 4.59 appropriateness level and 2) the 6 items of subjective Scientific Explanation Ability test with consistency index value ranged from 0.67-1.00. The data analysis statistics included mean, standard deviation and percentage.

The results were as follows: 1) The efficiency value of MACRO Model learning management for enhancing the Scientific Explanation Ability of Grade 11 Students' was 78.89/77.24, which was higher than the assigned criterion of 75/75 and 2) the Scientific Explanation Ability of Grade 11 Students after MACRO Model Learning Management was 27.81 from a full score of 36, representing 77.24 percent. There were 36 students passed the criteria of excellent level.

Keywords: MACRO Model Learning Management, Scientific Explanation Ability

บทนำ

ในยุคปัจจุบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความก้าวหน้าอย่างต่อเนื่อง อันเนื่องมาจากการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์ต่อมนุษย์ในการดำรงชีวิต ความสามารถในการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาหรือประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่าง ๆ จัดเป็นความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) ความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นเครื่องมือสำคัญอย่างยิ่งในการเตรียมเยาวชนให้มีความพร้อมสามารถดำเนินชีวิตในโลกปัจจุบันที่มีวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นพื้นฐาน รับรู้และตัดสินใจ ประเด็นปัญหาของสังคมที่เกิดจากผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีความรู้ความเข้าใจ มีส่วนร่วมในสังคมระดับชุมชน ระดับประเทศ และระดับโลกอย่างเต็มภาคภูมิ โดยเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์ คือ การทำให้นักเรียนทุกคนมีความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) (สสวท., 2562) ในปี ค.ศ. 2018 องค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organization for Economic Co-operation and Development: OECD) ได้ให้นิยามความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ไว้ว่า ความสามารถในการเชื่อมโยงสิ่งต่าง ๆ เข้ากับประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีวิจารณญาณ ในการประเมินความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ตามโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (Program for International Student Assessment, PISA) ที่ดำเนินการโดย OECD มีประเด็นหลักในการประเมินความฉลาดรู้ ด้านวิทยาศาสตร์ คือ ต้องการทราบว่านักเรียนที่กำลังเติบโตไปเป็นทรัพยากรแรงงานที่สำคัญของประเทศมีความรู้ในทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์มากน้อยเพียงใด มีสมรรถนะที่สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนเกิดการรู้วิทยาศาสตร์ตามตัวบ่งชี้ขององค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organization for Economic Co-operation and Development: OECD) ประกอบด้วย 3 สมรรถนะ ได้แก่ 1) การอธิบายปรากฏการณ์ เชิงวิทยาศาสตร์ 2) การประเมินและออกแบบการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ และ 3) การตีความหลักฐานและข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์

จากการวิเคราะห์รายงานผลการประเมิน PISA ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000 ที่ประเทศไทยได้เข้าร่วมจนถึงปัจจุบัน พบว่า คะแนนความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยอยู่ในช่วง 421-444 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD ทุกปี และนักเรียนไทยเฉลี่ยร้อยละ 50 มีระดับความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์อยู่ที่ระดับสอง ซึ่งเป็นระดับพื้นฐานที่นักเรียนวัยนี้ควรรู้ (สุนีย์ คล้ายนิลและคณะ ; สสวท., 2554, 2557, 2561 และ 2564) โดยหนึ่งในสามของนักเรียนไทยมีคะแนนความรอบรู้วิทยาศาสตร์ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน สอดคล้องกับการวิจัยที่บ่งบอกว่าความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์และการเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์เข้ากับปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันของนักเรียนไทยยังคงอยู่ในระดับต่ำ (ชรินดา สุขแสนชนานนท์, 2555) แสดงให้เห็นว่าการจัดการศึกษาของไทยยังไม่ประสบความสำเร็จในการส่งเสริมให้นักเรียนให้เป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ โดยหนึ่งในสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ในการประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ของนักเรียนนั้น คือ การบรรยาย อธิบาย ตีความหรือคาดการณ์ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น โดยใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ที่สมเหตุสมผล (สสวท., 2556 และสุนีย์ คล้ายนิล, ปรีชาญ เดชศรี, และอัมพลิกา ประโมจน์ย์, 2551)

การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในห้องเรียนจึงเป็นสิ่งสำคัญต่อการพัฒนานักเรียนให้เป็นผู้รู้เรื่องวิทยาศาสตร์นำมาสู่การเปลี่ยนแปลงเป้าหมายการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในปัจจุบันที่เปลี่ยนแปลงจากการเน้นให้นักเรียนเก็บรวบรวมข้อเท็จจริงของปรากฏการณ์ที่ศึกษามาเป็นการสร้างความเข้าใจในปรากฏการณ์ โดยเชื่อมโยงความคิดเชิงวิทยาศาสตร์ไปสู่หลักฐานและการให้เหตุผลการส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ว่า ความรู้วิทยาศาสตร์อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้และยังเป็นหนึ่งในตัวบ่งชี้ถึงความสำเร็จในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หากนักเรียนไม่มีความสามารถนี้จะส่งผลให้ขาดการพัฒนาด้านการคิดทักษะในการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้อธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ การแก้ปัญหา การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตจริง เนื่องจากคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นการสื่อสารที่สามารถบ่งบอกถึงความเข้าใจแนวคิดหรือเนื้อหา โดยการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นการอธิบายลักษณะของปรากฏการณ์



และต้องมีการให้เหตุผลเชิงตรรกะที่สอดคล้องกับหลักฐานเชิงประจักษ์ การได้มาซึ่งคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คือ การยืนยันข้อสรุปในการตอบคำถามหรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น 2) หลักฐาน (Evidence) คือ ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ และ 3) การให้เหตุผล (Reasoning) คือ การเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์

แนวคิดการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 คือ การเรียนการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญเป็นแนวการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนสร้างความรู้ใหม่และสิ่งประดิษฐ์ใหม่ โดยการใช้กระบวนการทางปัญญา (กระบวนการคิด) การบวนการทางสังคม (กระบวนการกลุ่ม) และให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์และมีส่วนร่วมในการเรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้ โดยครูมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวกจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้นักเรียน การจัดการเรียนการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญต้องจัดให้สอดคล้องกับความสนใจ ความสามารถ และความถนัด เน้นการบูรณาการความรู้ในศาสตร์สาขาต่าง ๆ ใช้หลากหลายวิธีการสอน หลากหลายแหล่งความรู้ สามารถพัฒนาปัญญาอย่างหลากหลาย คือ พหุปัญญา รวมทั้งเน้นการวัดผลอย่างหลากหลายวิธี อีก 2 แนวคิดในการจัดการเรียนรู้สำหรับศตวรรษที่ 21 คือ สอนน้อยลงทำให้เรียนรู้ได้มากขึ้น (Teach Less, Learn More) หมายถึง ครูใช้วิธีสอนแบบบรรยายหรือครูคอยบอกเล่าให้น้อยลง แต่สนับสนุนให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองมากขึ้น ส่วนอีกแนวคิด คือ การเรียนรู้โดยตรง (Active Learning) โดยมุ่งการจัดการเรียนรู้ในลักษณะที่ให้นักเรียนได้มีโอกาสเรียนรู้ด้วยตนเองมากที่สุด โดยผ่านการศึกษา ค้นคว้า ทดลอง ลงมือปฏิบัติ คิด แก้ปัญหา ริเริ่มสร้างสรรค์ ทำงานเป็นกลุ่ม สรุปเป็นความรู้และสามารถนำเสนอได้อย่างเหมาะสม (ดิเรก วรณเคียร, 2558)

จากแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ดังกล่าวข้างต้น ดิเรก วรณเคียร (2558) ได้บูรณาการแนวคิดที่เกี่ยวข้องทั้งหมดแล้วออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model โดยมีองค์ประกอบดังนี้ M (Motivation) การสร้างแรงจูงใจ แรงบันดาลใจ ความสนใจ และความต้องการ ในการเรียนรู้ A (Active Learning) การเรียนรู้ที่นักเรียนได้มีโอกาส

ได้ความรู้โดยตรงจากการลงมือกระทำด้วยตนเอง ด้วยวิธีการเรียนรู้ที่หลากหลาย จากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ที่หลากหลาย เป็นการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ C (Conclusion) นักเรียนสรุปองค์ความรู้หรือสังเคราะห์สิ่งที่ได้เรียนรู้ตามความคิด สติ และภาษาของตนเอง R (Reporting) นักเรียนสื่อสารและนำเสนอผลการเรียนรู้ด้วยภาษา วิธีการ และเทคโนโลยีสารสนเทศที่เหมาะสม และ O (Obtain) นักเรียนนำผลการเรียนรู้ที่ได้รับไปใช้ประโยชน์ทำการเผยแพร่ความรู้สู่ครอบครัว ชุมชน และสังคมด้วยวิธีการสื่อหรือเทคโนโลยีที่เหมาะสม ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model มีความสำคัญต่อการสอนวิทยาศาสตร์ เนื่องจากสามารถส่งเสริมให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดจากการตั้งคำถามแบบสร้างสรรค์จากความสนใจของนักเรียน ส่งเสริมให้นักเรียนได้สืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือ และส่งเสริมกระบวนการทำงานกลุ่มทำให้นักเรียนเกิดทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่นและทักษะการสื่อสาร นอกจากนี้ยังส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะการใช้เทคโนโลยีอีกด้วย (ดิเรก วรณเคียร, 2558)

จากการศึกษาแนวคิดและการวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model เป็นการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบหนึ่งที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้จากสภาพปัญหาและหลักการดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model วิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบหายใจ โรงเรียนอนุบาลนารี

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75
2. เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ให้ผ่านเกณฑ์ในระดับดีมาก



ขอบเขตงานวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 156 คน จาก 4 ห้องเรียน เป็นห้องเรียนที่นักเรียนมีความสามารถใกล้เคียงกัน

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 36 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จากผลการประเมินนักเรียนโดยใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

3. ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model

ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

4. เนื้อหาที่ใช้ในงานวิจัย เป็นเนื้อหาวิชาชีววิทยา หน่วยการเรียนรู้ที่ 14 เรื่อง ระบบหายใจ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560)

5. ระยะเวลาในการวิจัย ผู้วิจัยได้ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 ในเดือน ธันวาคม 2566 โดยใช้ระยะเวลา 3 สัปดาห์ รวมทั้งสิ้น 9 ชั่วโมง

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้วิธีวิจัยเบื้องต้น โดยใช้แบบแผนงานวิจัยแบบกลุ่มเดียวทดสอบหลัง (One Group Posttest Only Design) (ไพศาล วรคำ, 2562) โดยมีรายละเอียดในการดำเนินการวิจัย ดังนี้

ตารางที่ 1 แบบแผนงานวิจัยแบบ One Group Posttest Only Design

กลุ่ม	ทดสอบก่อน	สิ่งที่ทดลอง	ทดสอบหลัง
E	-	X	O

เมื่อ E หมายถึง กลุ่มทดลอง

X หมายถึง การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model

O หมายถึง การทดสอบหลังเรียน

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model เรื่อง ระบบหายใจ จำนวน 6 แผน เวลาเรียน 9 ชั่วโมง มีความเหมาะสมในระดับเหมาะสมมาก

2. แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67-1.00

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โดยมีขั้นตอน ดังนี้

1. ชี้แจงข้อตกลงในการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยอธิบายถึงความสำคัญในการจัดการเรียนรู้ ประโยชน์ที่นักเรียนจะได้รับ แรงจูงใจประสงค์การเรียนรู้ เกณฑ์การวัดและประเมินผล

2. ดำเนินการทดลอง โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ตามแผนการจัดการเรียนรู้ วิชาชีววิทยา หน่วยการเรียนรู้ที่ 14 เรื่อง ระบบหายใจ กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 6 แผน รวมทั้งหมด 9 ชั่วโมง

3. ทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หลังเรียน (Post-Test) หลังจากเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ครบทุกแผน โดยใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ แบบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อตรวจสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้

4. นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อสรุปผลการทดลองตามความมุ่งหมายของงานวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 วิชาชีววิทยา



เรื่อง ระบบหายใจ โดยใช้สูตรวิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพ E_1/E_2 (มนตรี วงษ์สะพาน, 2563) โดยเกณฑ์ 75 ตัวแรก หมายถึง ประสิทธิภาพด้านกระบวนการ ได้แก่ ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมดที่ได้ประเมินจากใบกิจกรรมและแบบทดสอบย่อยท้ายบทเรียน ในทุกบทเรียนสัดส่วน 60:40 ตามลำดับ ที่มีค่าเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 และเกณฑ์ 75 ตัวหลัง หมายถึง ประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์ ซึ่งได้จากคะแนนการทดสอบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง

2. วิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละ แล้วนำมาเทียบกับเกณฑ์การประเมินเพื่อแปลผลความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้ผ่านเกณฑ์ ในระดับดีมาก ปรากฏดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เกณฑ์สรุปความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของกรรณก เลิศเดชาวัฑ์ (2559) ดัดแปลงจาก McNeill and Krajcik (2008)

ช่วงคะแนนรวม	ช่วงคะแนนเฉลี่ยร้อยละ	ระดับความสามารถ
27.00-36.00	75.00-100	ดีมาก
18.00-26.99	50.00-74.99	ดี
0.00-17.99	0-49.99	ควรปรับปรุง

ผลการวิจัย

ในการวิเคราะห์ข้อมูลการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ระบบหายใจ ผู้วิจัยได้สรุปผลการวิจัยดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75

การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นสร้างแรงจูงใจ 2) ขั้นการเรียนรู้โดยตรง 3) ขั้นสรุป

องค์ความรู้ 4) ขั้นรายงานและนำเสนอ และ 5) ขั้นเผยแพร่ความรู้ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เรื่อง ระบบหายใจ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังการจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้นทุกบทเรียน โดยหาค่าเฉลี่ยของคะแนน และคิดเป็นร้อยละ 75 ผลปรากฏดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

คะแนน	E_1	E_2	E_1/E_2
สัดส่วน	100%	100%	78.89/77.24
เฉลี่ย	78.89	27.81	
S.D.	4.99	2.00	
ร้อยละ	78.89	77.24	

จากตารางที่ 3 พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) เท่ากับ 78.89 และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) เท่ากับ 77.24 ดังนั้น การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เท่ากับ 78.89/77.24 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 75/75

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model เรื่อง ระบบหายใจ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้ผ่านเกณฑ์ในระดับดีมาก ปรากฏดังตารางที่ 4



ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ และระดับความสามารถกับคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

การทดสอบ	ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
N	36
คะแนนเต็ม	36
$\bar{X}$	27.81
S.D.	2.00
% of mean	77.24
ระดับความสามารถ	ดีมาก

จากตารางที่ 4 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model มีคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เฉลี่ยเท่ากับ 27.81 จากคะแนนเต็ม 36 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 77.24 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ระดับความสามารถกับคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่า คะแนนสอบของนักเรียนผ่านเกณฑ์ระดับดีมากทั้งหมด

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ระบบหายใจ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ผลการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 โดยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นสร้างแรงจูงใจ 2) ขั้นการเรียนรู้โดยตรง 3) ขั้นสรุปองค์ความรู้ 4) ขั้นรายงานและนำเสนอ และ 5) ขั้นเผยแพร่ความรู้ซึ่งประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 78.89/77.24

มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 หมายความว่า การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ระหว่างเรียน 78.89 ถือเป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ ซึ่งหาได้จากใบกิจกรรมและแบบทดสอบย่อย คิดเป็นสัดส่วน 60:40 และทำให้นักเรียนมีผลการเรียนรู้หลังเรียนเฉลี่ย 77.24 ถือเป็นประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ซึ่งหาได้จากคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model สะท้อนให้เห็นว่าเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ นักเรียนได้ฝึกทักษะการคิด และสร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการคิด กระบวนการกลุ่ม และให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์และมีส่วนร่วมในการเรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้ ส่งผลให้นักเรียนได้ค้นคว้าหาความรู้และสร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยครูเป็นผู้คอยอำนวยความสะดวกและมีส่วนร่วมในการเรียนรู้น้อยที่สุด ซึ่งผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model โดยเริ่มจากครูนำเสนอข้อมูลหรือสิ่งที่น่าสนใจ เกี่ยวกับเรื่องที่จะเรียน และครูใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น ทำให้นักเรียนเกิดความสนใจในการทำกิจกรรม และให้นักเรียนระบุข้อกล่าวอ้างด้วยตนเอง ซึ่งเป็นการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในด้านการให้ข้อกล่าวอ้าง ซึ่งทำให้นักเรียนได้สร้างความเข้าใจในสิ่งที่เรียนรู้ด้วยตนเองจากเรื่องที่นักเรียนสนใจ หลังจากนั้นแยกนักเรียนเข้ากลุ่มตนเอง เพื่อพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกันในการหาหลักฐานมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองที่ได้ระบุไว้ก่อนหน้านี้ เป็นการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในด้านการใช้หลักฐาน หลังจากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้นำเสนอหลักฐานและข้อค้นพบต่าง ๆ โดยครูจะทบทวนรายละเอียดของกิจกรรมและใช้คำถามกระตุ้น ทำให้นักเรียนได้ใช้หลักฐานและข้อค้นพบของตนเองนำไปสู่การลงข้อสรุปของประเด็นที่ศึกษา เป็นการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในด้านการให้เหตุผล และขั้นตอนสุดท้ายของการจัดการเรียนรู้นักเรียนทุกคนจะได้ทำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในด้านการให้ข้อกล่าวอ้าง



หลักฐาน และการให้เหตุผลของนักเรียน โดยจะมีการสะท้อนกลับเพื่อให้ นักเรียนได้รับรู้ถึงข้อบกพร่องของตนเองเพื่อที่จะนำไปสู่การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อย่างสมบูรณ์ ซึ่งสามารถบ่งบอกถึงแนวคิดและความเข้าใจเชิงลึกของนักเรียนได้ (Khun and Reiser, 2004) ทำให้ประสิทธิภาพของกิจกรรมสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของวณิชชา หมั่นเรียน (2562) ที่ได้ศึกษาการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ร่วมกับการเขียนแผนผังกราฟิก (Graphic Organizers) พบว่า ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ร่วมกับการเขียนแผนผังกราฟิก หลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นกว่าก่อนเรียน และผลการเรียนรู้ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ร่วมกับการเขียนแผนผังกราฟิก หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model มีคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เฉลี่ยเท่ากับ 27.81 จากคะแนนเต็ม 36 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 77.24 มีนักเรียนที่คะแนนผ่านเกณฑ์ระดับดีมากจำนวน 27 คน และนักเรียนที่คะแนนผ่านเกณฑ์ระดับดี จำนวน 9 คน ทั้งนี้เป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ นักเรียนสามารถปฏิบัติกิจกรรมได้ด้วยตนเองผ่านการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model โดยเป็นการจัดการเรียนรู้ที่นำเอาสถานการณ์ที่น่าสนใจ สิ่งต่าง ๆ รอบตัวนักเรียนหรือที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน เพื่อกระตุ้นแรงจูงใจของนักเรียน โดยครูจะเป็นผู้คอยอำนวยความสะดวกและมีส่วนร่วมน้อยที่สุด ทำให้นักเรียนมีแรงจูงใจในการเรียนและมีความกระตือรือร้นในการเรียนมากขึ้น ส่งผลให้นักเรียนได้มีประสบการณ์ในการเรียนรู้เรื่องราวรอบตัวไปพร้อมกับกระบวนการในการศึกษาหาคำตอบว่าเรื่องราว

หรือเหตุการณ์นั้นเกิดขึ้นได้อย่างไรด้วยแนวคิดวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะช่วยให้ นักเรียนเกิดสมรรถนะการประเมินและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากนักเรียนจะได้มีโอกาสร่วมกันออกแบบแนวทางการสำรวจตรวจสอบปัญหาที่ตนเองได้รับจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ (กุลธิดา ชนาภิมุข, 2563) และการสรุปองค์ความรู้จะช่วยให้ นักเรียนได้ทบทวนเนื้อหาได้ตามความต้องการ โดยในการจัดการเรียนรู้ นักเรียนจะต้องเรียนรู้ปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง โดยการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ วางแผนและลงมือหาหลักฐานมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างนั้น ๆ และนักเรียนทุกคนได้ทำแบบทดสอบย่อยในแต่ละแผนด้วยตนเอง และมีการสะท้อนผลกลับเพื่อให้ นักเรียนได้รับรู้ถึงข้อบกพร่องของตนเอง การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model เป็นกิจกรรมที่นักเรียนไม่เคยปฏิบัติมาก่อนทำให้นักเรียนเกิดความสนใจในการเรียน โดยเฉพาะแหล่งเรียนรู้ใหม่ ๆ ที่ครูเตรียมไว้ให้ เช่น สถานการณ์จำลองที่นักเรียนสามารถหาคำตอบได้ด้วยตนเอง ส่งผลให้นักเรียนสามารถถ่ายโอนความรู้ไปสู่สถานการณ์ใหม่ที่คล้ายคลึงกันได้ ซึ่งการหาคำตอบของคำถามโดยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ประสบความสำเร็จ เนื่องจากนักเรียนได้เรียนรู้แนวคิดวิทยาศาสตร์จากสถานการณ์และได้ฝึกฝนการคิดวิเคราะห์และเรียนรู้กระบวนการหาคำตอบไปเรื่อย ๆ ส่งผลให้ความรู้ความเข้าใจวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเพิ่มขึ้นและสามารถนำไปใช้หาคำตอบได้ในสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกัน (Kuen Yi Lin, 2014) โดยแนวคิดหลัก คือ ทำให้นักเรียนได้สร้างความเข้าใจในสิ่งที่เรียนรู้ด้วยตนเองจากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้หรือประสบการณ์ที่มีอยู่เดิม ซึ่งเน้นการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำเสนอความรู้หรือแนวคิดผ่านสถานการณ์หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันของนักเรียนเอง (McLellan, 1996) ทำให้นักเรียนเรียนได้เกิดการเรียนรู้ประสบการณ์สามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองและทำให้เห็นภาพในการเรียนรู้เป็นรูปธรรมมากขึ้น ทำให้เข้าใจได้ง่ายเนื่องจากได้ปฏิบัติและลงมือด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อติยา ลิขิตจรรยาลักษณ์ (2565) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนจะนะชนูปถัมภ์ จังหวัดสงขลา พบว่า

นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนจัดอยู่ในระดับดี ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับวิธีการในการค้นคว้าหาความรู้ และยังได้ฝึกฝนกระบวนการตั้งคำถาม การคิดวิเคราะห์ รวมถึง การฝึกสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับองค์ความรู้ที่ได้ค้นพบมา ซึ่งมีรูปแบบแนวคิดการจัดการเรียนรู้คล้ายคลึงกับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ครูควรจัดกิจกรรมต่าง ๆ ในแผนการจัดการเรียนรู้ให้มีเวลาเหมาะสม เพื่อดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างต่อเนื่อง และควรเป็นกิจกรรมที่เหมาะสมกับความรู้เดิมของนักเรียน

1.2 ครูควรชี้แจงบทบาทและขั้นตอนต่าง ๆ ในการทำกิจกรรมแก่นักเรียนให้ครบถ้วน เพื่อนักเรียนทุกคนเข้าใจตรงกัน

1.3 ครูพูดคุยและสร้างแรงบันดาลใจให้นักเรียนในบางช่วงของคาบเรียน เพื่อให้นักเรียนมีจุดมุ่งหมาย เกิดความกระตือรือร้น และสนใจเรียนมากขึ้น

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรทำการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model

2.2 ควรมีการศึกษาค้นคว้าผลของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ในตัวแปรอื่น ๆ เช่น กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความรู้และความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่ง จากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ประจำหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอน

วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ทุกท่านที่ได้กรุณาให้คำแนะนำแก้ไขติดตามการวิจัยครั้งนี้ให้สมบูรณ์

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการและคณะครูโรงเรียนอนุคุณนารีที่เอื้อเฟื้อสถานที่อนุญาตให้ดำเนินการทำวิจัย และขอขอบใจนักเรียนที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยเป็นอย่างดี ทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: ชุมชมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กุลธิดา ชนาภิมุข. (2563). การพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การเจริญเติบโตของพืช. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 22 (2), 63-74

ชินดา สุขแสนชนานนท์. (2555). *การพัฒนาแนวคิดและความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องพลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดิเรก วรรณเคียร. (2558). *MACRO model: รูปแบบการจัดการเรียนรู้สำหรับศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต.

ไพศาล วรคำ. (2562). *การวิจัยทางการศึกษา (ครั้งที่ 9)*.

มหาสารคาม: ตักสิลาการพิมพ์.

มนตรี วงษ์สะพาน. (2563). *พื้นฐานการวิจัยทางหลักสูตรและการสอน (พิมพ์ครั้งที่ 2)*. มหาสารคาม: ตักสิลาการพิมพ์.

วนิชชา หมั่นเรียน. (2562). *การส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ร่วมกับการเขียนแผนผังกราฟฟิก (Graphic Organizers) (วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์)*. มหาวิทยาลัยรังสิต.



สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท).

(2564). ผลการประเมิน PISA 2018 คณิตศาสตร์และ

วิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอน

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท).

สุนีย์ คล้ายนิล, ปรีชาญ เดชศรี และอัมพิกา ประโมจรี. (2551).

รายงานผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น โครงการ PISA

2006. กรุงเทพฯ: เซเวนพรีนติ้งกรุ๊ป.

อติยา ลิขิตจรรยารักษ์. (2564). ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบ

เสาะหาความรู้ 5 ขั้น ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ

ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง

เซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนจะนะ

ชนูปถัมภ์ จังหวัดสงขลา. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัย

ทักษิณ.

Knupfer, N.N. and McLellan, H. (1996). *Descriptive*

Research Methodologies. in Handbook of Research for Educational Communication and Technology.

Jonassen.D.H. editor. New York : Simon and

Schuster Macmillan.

Kuhn, L. and B. Reiser. (2004). Students Constructing

and Defending Evidence-Based Scientific Explanation.

Paper presented at NARST., Dallas Texas.

McNeill, K. L. and J. Krajcik. (2008). *Inquiry and*

scientific explanations: Helping student use

evidence and reasoning. Page 121-134, Arlington,

VA: National Science Teachers Association Press.