



Developing scientific concepts of ecosystems and genetics for grade 9 students through the 5E instructional model combined with infographics

Arunnee Chongpan¹ and Suwat Pabchanda^{2,*}

¹Radomwittayanusorn school, Nakhon Ratchasima Province

²Faculty of Science and Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhat University, Nakhon Ratchasima Province

*Email: suwat.p@nrru.ac.th

Received <13 Mar. 2026>; Revised <18 May 2026>; Accepted <22 May 2026>

Abstract

The objectives of this research were as follows: 1) to study the use of the 5E instructional model combined with infographic media and 2) to develop scientific concepts regarding ecosystem relationships, food webs, and genetically modified organisms for grade 9 students. Learning progress was compared using pre- and post-test scores. The research sample consisted of 38 grade 9 students from a school in Nakhon Ratchasima province during the first semester of the 2025 academic year using a purposive sampling method. A pre-experimental design featuring a one-group pretest-posttest was used. The research tools included: 1) three 5E inquiry-based learning plans, 2) infographic worksheets, 3) Infographic assessment form and 4) pre- and post-test questionnaires. Statistical analysis included mean, standard deviation, percentage, effectiveness index, and t-test. The results showed that the effectiveness index for learning about ecosystem relationships, food webs, and genetically modified organisms was 0.7609, 0.8898, and 0.9500, respectively. Post-test scores were 8.84 ± 1.08 , 9.29 ± 0.80 , and 9.63 ± 0.75 (mean $\pm$ SD, $n=38$), respectively. This indicates that students showed more than 75% progress in learning all three topics, and their post-test scores were significantly higher than 75% of the total score at the .05 significance level. Therefore, the 5-step inquiry-based learning approach combined with infographics can develop scientific concepts on these topics.

Keywords: Inquiry-based learning; Infographic; Concept; Ecosystem; Genetic

การพัฒนามโนคติทางวิทยาศาสตร์เรื่องระบบนิเวศและพันธุกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับอินโฟกราฟิก

อรุณณี จงปิ่น¹ และ สุวัฒน์ ผาบจันตา^{2,*}

¹โรงเรียนระดมวิทยานุสรณ์ อำเภอสูงเนิน จังหวัดนครราชสีมา

²คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา

*Email: suwat.p@nrru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์ ดังนี้ 1) เพื่อศึกษาการใช้สื่ออินโฟกราฟิกสำหรับจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น และ 2) เพื่อพัฒนามโนคติทางวิทยาศาสตร์เรื่องความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ สายใยอาหาร และสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยเปรียบเทียบความก้าวหน้าทางการเรียนรู้จากคะแนนเต็มแบบทดสอบก่อนและหลังเรียน กลุ่มตัวอย่างวิจัยนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดนครราชสีมา จำนวน 38 คน โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง แผนการวิจัยแบบก่อนทดลองโดยใช้กลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียว ทดสอบก่อนและหลังการทดลอง เครื่องมือวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น จำนวน 3 แผน 2) ใบงานอินโฟกราฟิก 3) แบบประเมินอินโฟกราฟิก และ 4) แบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน การวิเคราะห์ทางสถิติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ ค่าดัชนีประสิทธิผล และการทดสอบที ผลการวิจัย พบว่า ค่าดัชนีประสิทธิผลของการเรียนรู้เรื่องความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ สายใยอาหาร และสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม เท่ากับ 0.7609 0.8898 และ 0.9500 ตามลำดับ คะแนนทดสอบหลังเรียนเท่ากับ 8.84 ± 1.08 9.29 ± 0.80 และ 9.63 ± 0.75 คะแนน (mean $\pm$ SD, n=38) ตามลำดับ แสดงว่านักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ทั้ง 3 เรื่องมากกว่าร้อยละ 75 และคะแนนทดสอบหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้น การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับอินโฟกราฟิก สามารถพัฒนามโนคติทางวิทยาศาสตร์เรื่องดังกล่าวได้

คำสำคัญ: การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้; อินโฟกราฟิก; มโนคติ; ระบบนิเวศ; พันธุกรรม

บทนำ

มโนคติทางวิทยาศาสตร์สามารถนำเสนอตัวแทนทางความคิด (Mental representation) แบ่งได้ 3 ระดับ ได้แก่ ตัวแทนทางความคิดระดับมหภาค (Macro representation) ตัวแทนทางความคิดระดับจุลภาค (Micro representation) และ ตัวแทนทางความคิดระดับสัญลักษณ์ (Symbolic representation) เป็นแนวทางสำคัญในการจัดการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาอย่างลึกซึ้งและสะท้อนมโนคติผ่านการเชื่อมโยงปรากฏการณ์ที่มองเห็นได้ (Macro) เช่น สี การเปลี่ยนแปลง ฟองแก๊ส ตะกอน หรือ สารละลาย (Chairam, Jarujamrus and Amatotongchai, 2019) เข้ากับแบบจำลองอนุภาค (Micro) ใช้อธิบายโครงสร้างอนุภาค อะตอม โมเลกุล หรือ ไอออน ซึ่งมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า และแปลความหมายในรูปแบบการเขียนสัญลักษณ์ (Symbolic) เช่น สูตรเคมี สมการเคมี กราฟ หรือ แผนภาพ เพื่อแทนอนุภาคและปฏิกิริยา (Suknarusaithagul, Faikhamta and Suwanruji, 2021) ตัวอย่างการเชื่อมโยงตัวแทนทางความคิด 3 ระดับ เพื่อสะท้อนมโนคติทางชีววิทยา เรื่องระบบนิเวศ (Namwong, 2022) ได้แก่ ตัวแทนทางความคิดระดับมหภาค เช่น การสังเกตเห็นสัตว์กินพืช (ภาวะล่าเหยื่อ) หรือ การเน่าเปื่อยของซากสิ่งมีชีวิต (สายใยอาหาร) เป็นต้น ตัวแทนทางความคิดระดับจุลภาค เช่น แบคทีเรียในทางเดินอาหารของวัวควายช่วยย่อยเซลลูโลสในพืช (ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิต) การทำงานของจุลินทรีย์ในดิน (สายใยอาหาร) และตัวแทนทางความคิดระดับสัญลักษณ์ เช่น การเขียนสัญลักษณ์ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศโดยใช้เครื่องหมายวงกลม การเขียนห่วงโซ่อาหาร (Food Chain) ในสายใยอาหารมีห่วงจรดที่ทิศทางการถ่ายทอดพลังงานในสายใยอาหารตามลำดับการเป็นผู้บริโภค ในส่วนมโนคติเรื่องพันธุกรรมสะท้อนผ่านตัวแทนทางความคิดระดับมหภาคในด้านการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมสามารถสังเกตลักษณะปรากฏ (Phenotype) ที่แสดงออกมา เช่น สีดอกของถั่วลิสง (ม่วงหรือขาว) หรือลักษณะเส้นผม (หยักศกหรือตรง) ส่วนตัวแทนทางความคิดระดับจุลภาค เช่น การพิจารณาโครงสร้างโครโมโซมและสารทางพันธุกรรม ส่วนตัวแทนทางความคิดระดับสัญลักษณ์โดยการใช้ตัวอักษรแทนจีโนไทป์ (Genotype) เช่น AA แทนลักษณะเด่นพันธุ์แท้ Aa แทนลักษณะเด่นพันธุ์ทาง และ aa แทนลักษณะด้อย (Munman *et al.*, 2025)

กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น (5Es) มีรากฐานมาจากทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) ของ Piaget และมีประสิทธิภาพสูงในการส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Bybee *et al.*, 2006) การเรียนรู้แบบสืบเสาะเชื่อมโยงให้นักเรียนสร้างมโนคติ (Concept) ที่ถูกต้องจากตัวแทนทางความคิดทั้ง 3 ระดับ (มหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์) มีลักษณะสำคัญ 5 ประการ (National Research Council, 2000) ดังนี้ 1) การตั้งคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ (Engages in Scientifically Oriented Questions) ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนสนใจที่ปรากฏการณ์ในระดับมหภาคและกระตุ้นให้เกิดความสงสัยเพื่อตั้งมโนคติเดิมที่มีอยู่ออกมาตรวจสอบ 2) การให้ความสำคัญกับหลักฐาน (Gives Priority to Evidence) นักเรียนเก็บข้อมูลจากการสังเกตหรือทดลอง ซึ่งเป็นขั้นตอนการสร้างตัวแทนทางความคิด (Mental Representation) ที่มีหลักฐานรองรับ 3) การสร้างคำอธิบายจากหลักฐาน (Formulates Explanations from Evidence) นักเรียนต้องเชื่อมโยงหลักฐาน (มหภาค) เข้ากับกลไกที่มองไม่เห็น (จุลภาค) เพื่อสรุปเป็นหลักการหรือมโนคติใหม่ 4) การเชื่อมโยงคำอธิบายกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Evaluates Explanations in Light of Alternative Explanations) นักเรียนเปรียบเทียบสิ่งที่ตนเองค้นพบกับกฎทางวิทยาศาสตร์หรือสัญลักษณ์มาตรฐาน เพื่อแก้ไขมโนคติที่คลาดเคลื่อน (Misconceptions) และ 5) การสื่อสารและการให้เหตุผล (Communicates and Justifies Explanations) นักเรียนต้องอธิบายหรือใช้สัญลักษณ์หรือโมเดลสื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจ จะทำให้มโนคตินั้นชัดเจนและเป็นระบบมากขึ้นในสมอง (Windschitl, Thompson and Braaten, 2008)

จากงานวิจัยผ่านมาที่เกี่ยวกับการพัฒนามโนคติทางวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้เชิงรุก อาทิเช่น การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม (Muenchang, Sirisawat and Chauvatcharin, 2020) การจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ เรื่องระบบนิเวศ (Namwong, 2022) ระบบสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต (Nantawong, Udom and Vanichanon, 2021) การเรียนรู้แบบ 4MAT เสริมด้วยแบบบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง อาหาร สารอาหาร และระบบย่อยอาหาร (Atsaphai and Choomponla, 2024) การจัดการเรียนรู้เรื่องการสังเคราะห์แสงโดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนของฮิวสันและฮิวสันร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของคอลลัม (Sakunkitphokhanon and Phornphisutthimas, 2025) และการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นร่วมกับเทคนิคเครือข่ายความคิด เรื่อง โครโมโซมและสารพันธุกรรม (Munman *et al.*, 2025) เป็นต้น สื่อการเรียนรู้มีส่วนช่วยทำให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้เชิงรุกร่วมกับการใช้สื่อการเรียนรู้ เช่น ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ร่วมกับบอร์ดเกม เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม (Trinnagesgosol and Watchana, 2024) การทดลองจำลองเสมือนจริง (Nirutmeteekul and Thongdaengjua, 2023) และการสร้างภาพแบบจำลองเชิงสัญลักษณ์ (Wichaiyo and Cojorn, 2023) นอกจากนี้ การจัดการข้อมูลและการแปลความหมายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากการสืบค้นข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การสังเคราะห์ข้อมูล การสะท้อนข้อมูล และการประยุกต์ใช้ข้อมูล มีส่วนส่งเสริมกระบวนการคิดวิเคราะห์และการใช้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Sakonhawatt and Pabchanda, 2025) โดยการใช้ประเด็น

วิทยาศาสตร์กับสังคมร่วมกับไอซีที เรื่องการถ่ายทอดทางพันธุกรรม (Nachanthong, 2021) อินโฟกราฟิก (Infographics) เป็นสื่อรูปแบบหนึ่งที่ช่วยเปลี่ยนข้อมูลจำนวนมากให้สามารถนำเสนอแบบสรุปภาพรวมในรูปแบบภาพประกอบ (Illustration) แผนภูมิ (Graph) หรือ สัญลักษณ์ ร่วมกับข้อความสั้น ๆ ที่มีใจความสำคัญ การใช้อินโฟกราฟิกเป็นเครื่องมือสื่อสารเพื่อสร้างความน่าสนใจ ความเข้าใจ และการจดจำได้ที่ช่วยเพิ่มคุณภาพการเรียนรู้ (Vanichvasin, 2015) รวมทั้งการใช้อินโฟกราฟิกเป็นสื่อการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนสามารถนำเสนอเนื้อหาและอธิบายได้อย่างดี ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน (Thepprasit, 2022) นอกจากนี้ อินโฟกราฟิกสามารถพัฒนานักเรียนด้านความคิดสร้างสรรค์จากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ได้อีกด้วย (Daengrayub and Nillapun, 2025)

ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับอินโฟกราฟิกคือการใช้อินโฟกราฟิกเป็นเครื่องมือการคิด (Thinking Tool) ในกระบวนการสืบเสาะ เพื่อช่วยให้นักเรียนจัดระเบียบความคิดและสร้างความเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่เป็นรูปธรรม (สิ่งที่เห็น คือตัวแทนทางความคิดระดับมหภาค) และนามธรรม (สิ่งที่มองไม่เห็น คือ ตัวแทนทางความคิดระดับจุลภาค และสัญลักษณ์) ได้อย่างสมบูรณ์ แม้ว่าการวิจัยที่ผ่านมาจะมีการใช้สื่อการเรียนรู้อินโฟกราฟิกร่วมกับกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะ อินโฟกราฟิกช่วยในการถ่ายทอดข้อมูลซับซ้อนให้เข้าใจง่ายขึ้น ยังสามารถสร้างแรงดึงดูดและกระตุ้นความสนใจของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งทำให้นักเรียนที่มีความพร้อมและไม่พร้อมด้านการใช้ภาษาไทยในการเรียนรู้ เช่น กลุ่มชาติพันธุ์ (Tasao and Chamrat, 2021) สามารถเชื่อมโยงข้อมูลต่าง ๆ จากอินโฟกราฟิกได้อย่างมีระบบ และสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องอย่างลึกซึ้ง (Chaluthong and Plangsorn, 2024) นอกจากนี้ สื่ออินโฟกราฟิก (Infographics) มีคุณสมบัติเด่นในการสรุปเนื้อหาด้วยภาพประกอบและสัญลักษณ์ร่วมกับข้อความสั้น ๆ การบูรณาการสื่ออินโฟกราฟิกร่วมกับกระบวนการสืบเสาะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านการสร้างชิ้นงานอินโฟกราฟิก ซึ่งนักเรียนได้ฝึกทักษะการจัดการข้อมูล การวิเคราะห์ และการสังเคราะห์ข้อมูลออกมาเป็นภาพ (Vanichvasin, 2015)

งานวิจัยที่ผ่านมาในประเทศไทย มีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับอินโฟกราฟิกเน้นประเมินความสามารถสร้างสรรค์สร้างสื่ออินโฟกราฟิก (Daengrayub and Nillapun, 2025; Rattanakorn and Kaewkhongkha, 2021) และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มชาติพันธุ์ผ่านการตอบคำถามจากภาพอินโฟกราฟิก (Tasao and Chamrat, 2021) อย่างไรก็ตาม การจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนสร้างอินโฟกราฟิกช่วยเชื่อมต่อตัวแทนทางความคิดระดับมหภาค จุลภาคและสัญลักษณ์เข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบยังเป็นเรื่องที่น่าสนใจ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับอินโฟกราฟิกที่ช่วยนักเรียนเชื่อมโยงตัวแทนทางความคิดระดับมหภาค จุลภาคและสัญลักษณ์เพื่อเกิดมโนทัศน์ที่ถูกต้องในเรื่องความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ สายใยอาหาร และสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม ซึ่งเป็นเรื่องที่มีข้อมูลจำนวนมากและซับซ้อน การให้นักเรียนสร้างสื่ออินโฟกราฟิกช่วยเปลี่ยนข้อมูลจำนวนมากให้เป็นภาพรวมที่เข้าใจง่ายผ่านกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะจึงยังเป็นช่องว่างวิจัยที่น่าศึกษา ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับอินโฟกราฟิกเพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดนครราชสีมา

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาการใช้สื่ออินโฟกราฟิกเรื่องความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ สายใยอาหาร และสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม สำหรับจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น
2. เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ สายใยอาหาร และสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นร่วมกับอินโฟกราฟิก

วิธีดำเนินการวิจัย

ระเบียบวิธีวิจัย

ในการวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบก่อนทดลอง (Pre-experimental Research) และแบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนและหลัง (one-group pretest-posttest design) โดยสมมติฐานการวิจัย คือ นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องในเรื่องความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ สายใยอาหาร และสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม โดยคะแนนทดสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และคะแนนทดสอบหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับอินโฟกราฟิก

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษานี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 2 ห้องเรียน โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดนครราชสีมา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้วิจัยนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/1 และ 3/2 จำนวน 17 และ 21 คน ตามลำดับ รวมจำนวน 38 คน ได้จากการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้เครื่องมือวิจัย ดังนี้

- 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ชั้น ร่วมกับอินโฟกราฟิก จำนวน 3 แผน ประกอบด้วย แผนที่ 1 ความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ แผนที่ 2 สายใยอาหาร และ แผนที่ 3 สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม
- 2) ใบงานการสร้างอินโฟกราฟิกและเกณฑ์ให้คะแนน (Scoring rubrics) อินโฟกราฟิกเรื่อง ความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ สายใยอาหาร และสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม เกณฑ์ให้คะแนนอินโฟกราฟิก แสดงตารางที่ 1 – 3
- 3) แบบทดสอบก่อนและหลังเรียน ประเภทปรนัย 4 ตัวเลือก แผนละ 10 ข้อ ซึ่งผ่านการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (IOC) จากสมาชิกชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ 3 ท่าน (Sakonhawatt and Pabchanda, 2021) มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างคำถามแต่ละข้อกับวัตถุประสงค์ของแบบทดสอบทั้งสามแผนอยู่ระหว่าง 0.67 - 1.00 (สอดคล้องระดับที่ยอมรับได้) ค่าเฉลี่ยดัชนีความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.40 - 0.50 (ความยากพอเหมาะ) และค่าเฉลี่ยดัชนีอำนาจจำแนกข้อสอบอยู่ระหว่าง 0.50 - 0.60 (จำแนกดีมาก) (Nirutmeteekul and Thongdaengjua, 2023)

ตารางที่ 1 เกณฑ์ให้คะแนนประเมินชิ้นงานอินโฟกราฟิกเรื่องความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ		
	ดี (3 คะแนน)	พอใช้ (2 คะแนน)	ปรับปรุง (1 คะแนน)
1. ความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ	สิ่งมีชีวิต 3 คู่ ของแต่ละความสัมพันธ์ ดังนี้ 1) เกื้อกูล 2) พึ่งพากัน 3) ปรสิต 4) ลำเหยื่อ 5) แข่งขัน และ 6) ได้ประโยชน์ร่วมกัน	สิ่งมีชีวิต 2 คู่ ของแต่ละความสัมพันธ์ ดังนี้ 1) เกื้อกูล 2) พึ่งพากัน 3) ปรสิต 4) ลำเหยื่อ 5) แข่งขัน และ 6) ได้ประโยชน์ร่วมกัน	สิ่งมีชีวิต 1 คู่ ของแต่ละความสัมพันธ์ ดังนี้ 1) เกื้อกูล 2) พึ่งพากัน 3) ปรสิต 4) ลำเหยื่อ 5) แข่งขัน และ 6) ได้ประโยชน์ร่วมกัน
2. บทบาทสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ	ระบุความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตถูกต้องอย่างละ 3 คู่ ดังนี้ 1) เกื้อกูล 2) พึ่งพากัน 3) ปรสิต 4) ลำเหยื่อ 5) แข่งขัน และ 6) ได้ประโยชน์ร่วมกัน	ระบุความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตถูกต้องอย่างละ 2 คู่ ดังนี้ 1) เกื้อกูล 2) พึ่งพากัน 3) ปรสิต 4) ลำเหยื่อ 5) แข่งขัน และ 6) ได้ประโยชน์ร่วมกัน	ระบุความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตถูกต้องอย่างละ 1 คู่ ดังนี้ 1) เกื้อกูล 2) พึ่งพากัน 3) ปรสิต 4) ลำเหยื่อ 5) แข่งขัน และ 6) ได้ประโยชน์ร่วมกัน

ตารางที่ 2 เกณฑ์ให้คะแนนประเมินชิ้นงานอินโฟกราฟิกเรื่องสายใยอาหาร

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ		
	ดี (3 คะแนน)	พอใช้ (2 คะแนน)	ปรับปรุง (1 คะแนน)
1. องค์ประกอบภาพสายใยอาหาร	ภาพสายใยอาหารถูกต้อง 6 ประเด็น ดังนี้ 1) แหล่งพลังงาน 2) ผู้ผลิต 3) ผู้บริโภค 4) ผู้บริโภคลำดับสุดท้าย 5) ผู้ย่อยสลาย 6) โซ่ออาหารอย่างน้อย 2 สาย	ภาพสายใยอาหารถูกต้อง 4-5 ประเด็น ดังนี้ 1) แหล่งพลังงาน 2) ผู้ผลิต 3) ผู้บริโภค 4) ผู้บริโภคลำดับสุดท้าย 5) ผู้ย่อยสลาย 6) โซ่ออาหารอย่างน้อย 2 สาย	ภาพสายใยอาหารถูกต้อง 1-3 ประเด็น ดังนี้ 1) แหล่งพลังงาน 2) ผู้ผลิต 3) ผู้บริโภค 4) ผู้บริโภคลำดับสุดท้าย 5) ผู้ย่อยสลาย 6) โซ่ออาหารอย่างน้อย 2 สาย
2. บทบาทสิ่งมีชีวิตในสายใยอาหาร	ระบุบทบาทสิ่งมีชีวิตในสายใยอาหารถูกต้อง 5 ประเด็น ดังนี้ 1) แหล่งพลังงาน 2) ผู้ผลิต 3) ผู้บริโภค 4) ผู้บริโภคลำดับสุดท้าย 5) ผู้ย่อยสลาย	ระบุบทบาทสิ่งมีชีวิตในสายใยอาหารถูกต้อง 3-4 ประเด็น ดังนี้ 1) แหล่งพลังงาน 2) ผู้ผลิต 3) ผู้บริโภค 4) ผู้บริโภคลำดับสุดท้าย 5) ผู้ย่อยสลาย	ระบุบทบาทสิ่งมีชีวิตในสายใยอาหารถูกต้อง 1-2 ประเด็น ดังนี้ 1) แหล่งพลังงาน 2) ผู้ผลิต 3) ผู้บริโภค 4) ผู้บริโภคลำดับสุดท้าย 5) ผู้ย่อยสลาย

ตารางที่ 3 เกณฑ์ให้คะแนนประเมินชิ้นงานอินโฟกราฟิกเรื่องสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ		
	ดี (3 คะแนน)	พอใช้ (2 คะแนน)	ปรับปรุง (1 คะแนน)
1. องค์ประกอบ ภาพอินโฟกราฟิก สิ่งมีชีวิตดัดแปร พันธุกรรม	ภาพอินโฟกราฟิกสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมมี 4 ประเด็น ดังนี้ 1) การใช้ประโยชน์ 2) ผลกระทบต่อมนุษย์ 3) ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 4) ผลกระทบด้านอื่น ๆ	ภาพอินโฟกราฟิกสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมมี 2-3 ประเด็น ดังนี้ 1) การใช้ประโยชน์ 2) ผลกระทบต่อมนุษย์ 3) ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 4) ผลกระทบด้านอื่น ๆ	ภาพอินโฟกราฟิกสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมมี 1 ประเด็น ดังนี้ 1) การใช้ประโยชน์ 2) ผลกระทบต่อมนุษย์ 3) ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 4) ผลกระทบด้านอื่น ๆ
2. ผลกระทบของ สิ่งมีชีวิตดัดแปร พันธุกรรม	ระบุผลกระทบสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมถูก 4 ประเด็น ดังนี้ 1) การใช้ประโยชน์ 2) ผลกระทบต่อมนุษย์ 3) ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 4) ผลกระทบด้านอื่น ๆ	ระบุผลกระทบสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมถูก 2-3 ประเด็น ดังนี้ 1) การใช้ประโยชน์ 2) ผลกระทบต่อมนุษย์ 3) ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 4) ผลกระทบด้านอื่น ๆ	ระบุผลกระทบสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมถูก 1 ประเด็น ดังนี้ 1) การใช้ประโยชน์ 2) ผลกระทบต่อมนุษย์ 3) ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 4) ผลกระทบด้านอื่น ๆ

การวิเคราะห์ข้อมูล:

การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยนี้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

- 1) ก่อนเริ่มเรียน 10 นาที นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนประเภทปรนัย 4 ตัวเลือก 10 ข้อ ๆ ละ 1 คะแนน (10 คะแนน)
- 2) ครูจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับอินโฟกราฟิก
- 3) หลังจบบทเรียน นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน แบบทดสอบหลังเรียนเป็นชุดเดียวกับแบบทดสอบก่อนเรียน 10 นาที
- 4) วิเคราะห์ค่าทางสถิติข้อมูลคะแนนทดสอบก่อนและหลังเรียน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละ
- 5) คำนวณหาค่าดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index : E.I.) เพื่อประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ (Kasonsuk, 2023) โดยใช้วิธีการหาค่าดัชนีประสิทธิผลของกู๊ดแมน (Goodman) เฟรตเชอร์ (Fletchers) และ ชไนเดอร์ (Schneider) ซึ่งคำนวณได้จากสูตร ดังนี้

$$\text{ดัชนีประสิทธิผล (E.I.)} = \frac{\text{ผลรวมคะแนนแบบทดสอบหลังเรียน} - \text{ผลรวมคะแนนแบบทดสอบก่อนเรียน}}{\text{ผลคูณคะแนนเต็มกับจำนวนนักเรียน} - \text{ผลรวมคะแนนทดสอบก่อนเรียน}}$$

เกณฑ์การแปลผลดัชนีประสิทธิผล (E.I.) คือ 0.70 ขึ้นไป = สูงมาก 0.60 – 0.69 = สูง 0.50 – 0.59 = ปานกลาง และ 0.00 – 0.49 = ต่ำ ((Kasonsuk, 2023)

- 6) การทดสอบสมมติฐานโดยใช้การทดสอบที (t-test) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนทดสอบหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็มของนักเรียนรายบุคคล ที่ระดับนัยสำคัญ .05 (Wichaiyo and Cojorn, 2023)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การพัฒนาโมดิตทางวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับสื่ออินโฟกราฟิก

การประเมินความเข้าใจโมดิตทางวิทยาศาสตร์เรื่องความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ สายใยอาหาร และสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม โดยใช้คำถามของแบบทดสอบก่อนและหลังเรียนเป็นคำถามชุดเดียวกันของแต่ละเรื่องมีแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก 10 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน ผลคะแนนทดสอบก่อนและหลังเรียน แสดงในตารางที่ 4 พบว่า คะแนนเฉลี่ยทดสอบก่อนเรียนเท่ากับ 3.89 ± 1.20 3.55 ± 1.25 และ 2.63 ± 1.15 คะแนน (mean $\pm$ SD, n=38) ตามลำดับ ส่วนคะแนนเฉลี่ยทดสอบหลังเรียนเท่ากับ 8.84 ± 1.08 9.29 ± 0.80 และ 9.63 ± 0.75 คะแนน (mean $\pm$ SD, n=38) ตามลำดับ ทั้ง 3 เรื่องมีคะแนนเฉลี่ยทดสอบหลังเรียนสูงกว่าคะแนนทดสอบก่อนเรียน จากการวิเคราะห์คะแนนก่อนเรียนกับคำถามของแบบทดสอบก่อนเรียนเรื่องความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ สายใยอาหาร และสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม พบว่า นักเรียนมากกว่าร้อยละ 60 ของกลุ่มตัวอย่าง ตอบคำถามผิดมากที่สุดในประเด็นคำถามเรื่องความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ สายใยอาหาร และสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม ในประเด็นเกี่ยวกับกระบวนการสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตที่กำหนดให้ การถ่ายทอดพลังงานสายใย

อาหารจากการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรสิ่งมีชีวิตบางชนิด และการระบุผลกระทบจากสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมทั้งประโยชน์และโทษ ตามลำดับ

ตารางที่ 4 คะแนนทดสอบก่อนเรียน คะแนนทดสอบหลังเรียน ค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) และการทดสอบที (t-test)

ชื่อแผนจัดการเรียนรู้	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	E.I.	t-test
1. ความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ	3.89 ± 1.20	8.84 ± 1.08	0.7609	7.669*
2. สายใยอาหาร	3.55 ± 1.25	9.29 ± 0.80	0.8898	13.749*
3. สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม	2.63 ± 1.15	9.63 ± 0.75	0.9500	17.507*

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น .05

เมื่อวิเคราะห์ค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) สำหรับสะท้อนความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับอินโฟกราฟิก เรื่องความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ สายใยอาหาร และ สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม พบว่า ค่าดัชนีประสิทธิผล เท่ากับ 0.7609 0.8898 และ 0.9500 ตามลำดับ ค่าดัชนีประสิทธิผลของทั้ง 3 เรื่องมีค่ามากกว่า 0.70 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์การแปลผลดัชนีประสิทธิผล (E.I.) (Kasonsuk, 2023) แสดงว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับอินโฟกราฟิก เรื่องความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ สายใยอาหาร และ สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม มีประสิทธิผลสูงมากที่ช่วยทำให้นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ คิดเป็นร้อยละ 76.09 88.98 และ 95.00 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับคะแนนทดสอบหลังเรียนกับเกณฑ์คะแนนร้อยละ 75 ของคะแนนเต็มของนักเรียนรายบุคคลโดยใช้การทดสอบที (Wichaiyo and Cojorn, 2023) พบว่า ค่าที่คำนวณได้ของแผนจัดการเรียนรู้เรื่องความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ สายใยอาหาร และ สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม เท่ากับ 7.669 13.749 และ 17.507 ตามลำดับ ซึ่งทุกค่าที่คำนวณมีค่าสูงกว่าที่วิกฤตแบบทางเดียว (t Critical one-tail = 1.687, df = 37) ที่ระดับความเชื่อมั่น .05 แสดงว่านักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับอินโฟกราฟิก เรื่องความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ สายใยอาหาร และ สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม ช่วยให้นักเรียนแต่ละคนมีคะแนนทดสอบหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์คะแนนร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น .05 แสดงว่านักเรียนกลุ่มตัวอย่างนี้มีความเข้าใจโมเดลทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องในเรื่องความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ สายใยอาหาร และ สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม (Nirutmeteeikul and Thongdaengjua, 2023) ผลคะแนนทดสอบหลังเรียนทั้ง 3 เรื่องที่สะท้อนความเข้าใจโมเดลทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและผ่านเกณฑ์ประเมินในงานวิจัยนี้สอดคล้องกับ Vanichvasin (2015) เสนอว่าศักยภาพของอินโฟกราฟิกสามารถประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือจัดการเรียนรู้ที่ช่วยเพิ่มคุณภาพการเรียนรู้ได้ในสองมิติสำคัญ มิติแรกคือ การใช้อินโฟกราฟิกเป็นเครื่องมือสื่อสารเพื่อสร้างความน่าสนใจ ความเข้าใจ และการจดจำได้ ซึ่งถือเป็นพื้นฐานสำคัญของการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ และมิติที่สองคือ การใช้อินโฟกราฟิกเป็นสื่อการเรียนรู้สร้างความพึงพอใจในการเรียนรู้ผ่านการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพด้วยความชัดเจนและความเข้าใจทำให้บรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการ นอกจากนี้ กระบวนการสืบเสาะ 5 ขั้น ในขั้นอภิปรายและลงข้อสรุปใช้กิจกรรมเดินชมผลงานอินโฟกราฟิกช่วยพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Dual Coding Theory (ทฤษฎีการรหัสสองทาง) ของ Allan Paivio (Clark and Paivio, 1991) เสนอว่ามนุษย์ประมวลผลข้อมูลผ่าน 2 ช่องทางแยกกัน คือ ช่องทางภาพ (Visual) และ ช่องทางภาษาหรือเสียง (Verbal) เมื่อข้อมูลถูกเข้ารหัสทั้งรูปแบบภาพและคำพร้อมกัน จะช่วยให้สมองจดจำ เข้าใจ และเรียกคืนข้อมูลได้ดีขึ้นและแม่นยำกว่าการใช้ช่องทางเดียว จึงส่งผลให้คะแนนทดสอบหลังเรียนทั้ง 3 เรื่องของนักเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5E ได้รับการยอมรับในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แต่ในเนื้อหาที่มีความซับซ้อนและเป็นนามธรรมสูงอย่างระบบนิเวศและพันธุกรรม นักเรียนประสบปัญหาเชื่อมโยงมโนติระหว่างสิ่งที่สังเกตได้ (ตัวแทนทางความคิดระดับมหภาค) กับกลไกในระดับอนุภาคที่สังเกตไม่ได้ (ตัวแทนทางความคิดระดับจุลภาค) และการสื่อสารโดยใช้ตัวอักษร หรือ สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ (ตัวแทนทางความคิดระดับสัญลักษณ์) งานวิจัยนี้ให้นักเรียนเป็นผู้สร้างอินโฟกราฟิกด้วยตนเอง เพื่อเป็นเครื่องมือในการจัดระเบียบตัวแทนทางความคิด (Mental Representation) ในขั้นตอนการสืบเสาะหาความรู้ การสร้างอินโฟกราฟิกเป็นเครื่องมือที่ครูใช้ตรวจสอบว่ากระบวนการเปลี่ยนข้อมูลวิทยาศาสตร์ให้เป็นทัศนภาพที่สะท้อนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ผ่านตัวแทนทางความคิดระดับมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์ ที่ส่งเสริมความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ของผู้เรียนได้

ผลการพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับอินโฟกราฟิก พบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้สามารถพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยพฤติกรรมที่สะท้อนความเข้าใจ ดังนี้ 1) มโนทัศน์เรื่องความสัมพันธ์ในระบบนิเวศ และสายใยอาหาร จากการเชื่อมโยงตัวแทนทางความคิดมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์ โดย

นักเรียนสามารถเปลี่ยนข้อมูลที่ได้จากการสังเกตเห็น (มหภาค) ให้กลายเป็นอินโฟกราฟิกสายใยอาหาร (สัญลักษณ์) พร้อมอธิบายการถ่ายทอดพลังงานของสิ่งมีชีวิต (จุลภาค) ตามความสัมพันธ์ในระบบนิเวศได้อย่างถูกต้อง นักเรียนเข้าใจความหมายของห่วงโซ่อาหารคือทิศทางการถ่ายทอดพลังงาน รวมทั้งความเข้าใจเชิงระบบโดยนักเรียนเกิดมโนทัศน์ที่ถูกต้องว่าหากสิ่งมีชีวิตหนึ่งในระบบนิเวศมีจำนวนลดลงหรือเพิ่มขึ้น จะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตอื่นต่อเนื่องเป็นลูกโซ่ ซึ่งสะท้อนผ่านการวิเคราะห์ความเชื่อมโยงความสัมพันธ์ในอินโฟกราฟิกและประเมินด้วยการตอบคำถามในแบบทดสอบหลังเรียน 2) มโนทัศน์เรื่อง สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม (Genetically Modified Organisms: GMOs) การอธิบายผ่านตัวแทนทางความคิดทั้ง 3 ระดับ ช่วยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เชื่อมโยงตั้งแต่ระดับที่มองเห็นไปจนถึงการเปลี่ยนแปลงในระดับโมเลกุลและนำเสนอความคิดในระดับสัญลักษณ์ ตัวแทนความคิดระดับมหภาคของสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมเป็นสิ่งที่สังเกตได้ด้วยตาเปล่าจากลักษณะภายนอกที่เปลี่ยนแปลงไป (Phenotype) ของสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ ตัวอย่าง เช่น มะละกอไร้เมล็ด ข้าวโพดที่มีสีเมล็ดหลากสี หรือพืชที่มีความทนทานต่อยาฆ่าแมลงมากกว่าพืชทั่วไป ตัวแทนทางความคิดระดับมหภาคทำให้นักเรียนนึกภาพของสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมในลักษณะทางกายภาพที่เหนือกว่าปกติ เช่น ขนาดที่ใหญ่ขึ้น สีที่เปลี่ยนไป หรือความสามารถในการอยู่รอดในสภาพแวดล้อมที่เลวร้าย ซึ่งถือว่าเป็นประโยชน์ของการดัดแปรพันธุกรรม รวมทั้งผลกระทบในระบบนิเวศ และอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตอื่นได้เช่นกัน ส่วนตัวแทนทางความคิดระดับจุลภาคของสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม เป็นกลไกที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า ซึ่งอธิบายกระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในระดับเซลล์และโมเลกุล ตัวอย่างเช่น การแทรกสาย DNA ของสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่ง (เช่น แบคทีเรีย) เข้าไปในสาย DNA ของพืชเป้าหมายตัวแทนทางความคิดระดับจุลภาคช่วยให้นักเรียนสามารถนึกภาพเป็นกระบวนการทางชีวภาพ เช่น ยีนเป้าหมาย (Target Gene) มีส่วนหนึ่งของสาย DNA ที่ถูกตัดออกมา ตัวแทนทางความคิดระดับสัญลักษณ์ของสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม เป็นกระบวนการเปลี่ยนมโนทัศน์ให้เป็นรหัส แผนภาพ หรือสัญลักษณ์ เพื่อใช้ในการสื่อสารเชิงวิชาการ ตัวอย่างเช่น การใช้สัญลักษณ์ทางพันธุวิศวกรรมและอักษรย่อ ตัวแทนทางความคิดระดับสัญลักษณ์ช่วยให้นักเรียนระบุสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมได้ การประยุกต์ใช้ที่สำคัญคือการรู้จักสินค้า GMOs ในตลาด เช่น ถั่วเหลือง หรือข้าวโพดบางชนิดจากการอ่านฉลากสินค้าที่มีสัญลักษณ์รูปสามเหลี่ยมพื้นสีเหลืองตัวอักษรสีดำโดยมีข้อความว่า “GMO” หรือข้อความที่แสดงว่าผลิตภัณฑ์นี้ไม่มีการดัดแปรพันธุกรรม (“Non-GMO Project”) ซึ่งนักเรียนได้เรียนรู้ตัวแทนทางความคิดระดับจุลภาคและสัญลักษณ์จากอินโฟกราฟิกในใบความรู้ ในขั้นขยายความรู้ของการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น

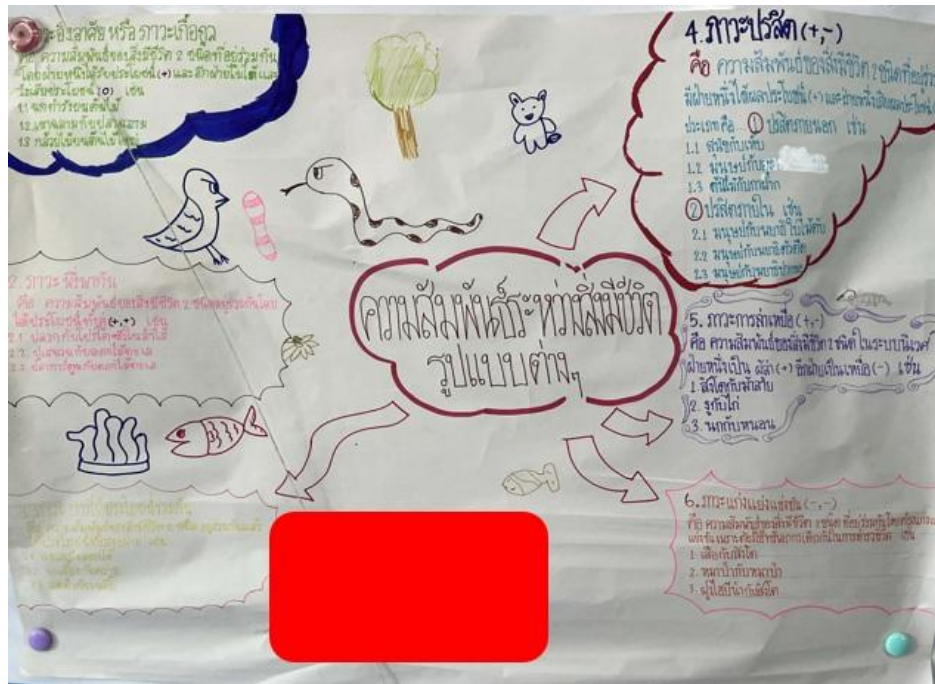
ศึกษาการใช้สื่ออินโฟกราฟิกสำหรับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น

ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับอินโฟกราฟิก (National Research Council, 2000) มี 5 ลักษณะ ดังนี้ 1) การตั้งคำถาม ครูใช้อินโฟกราฟิกเพื่อกระตุ้นความสงสัยโดยการแสดงข้อมูลสถิติ เช่น กราฟแสดงจำนวนประชากรผึ้งที่ลดลงมากในรอบ 10 ปี หรือความผิดปกติของภาพข้าวโพดดัดแปรพันธุกรรม (ตัวแทนความคิดระดับมหภาค) ช่วยให้นักเรียนตั้งคำถามว่า ทำไมผึ้งที่หายไปถึงส่งผลต่อการขาดแคลนอาหารของมนุษย์? หรือ ทำไมข้าวโพดจากภาพนี้จึงมีลักษณะต่างจากที่เคยพบ? ซึ่งนำเข้าสู่มโนทัศน์เรื่อง ความสัมพันธ์ในระบบนิเวศ และสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม 2) การหาหลักฐาน นักเรียนลงมือสำรวจข้อมูลจากใบความรู้ โปรแกรมสืบค้น (Search Engine เช่น Google) และ YouTube จากนั้นนำข้อมูลดิบมาบันทึกในรูปแบบตาราง เพื่อให้นักเรียนมีหลักฐานก่อนจะนำเสนอสร้างเป็นภาพอินโฟกราฟิก 3) การสร้างคำอธิบาย ให้นักเรียนออกแบบและสร้างอินโฟกราฟิกเชิงอธิบาย (Explanatory Infographic) แสดงข้อมูลที่สังเกตได้ (ตัวแทนความคิดระดับมหภาค) และอธิบายกลไกที่มองไม่เห็น (ตัวแทนทางความคิดระดับจุลภาค) เช่น วาดภาพปลาก้างกินสาหร่าย (มหภาค) 4) การเชื่อมโยงความรู้ ให้นักเรียนระบุข้อมูลอินโฟกราฟิกของตนเองตามเกณฑ์ให้คะแนนอินโฟกราฟิกที่ครูกำหนดให้ เช่น ปลาก้างกินสาหร่ายมีความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตเหมือนกับวัวก้างกินหญ้า เพื่อตรวจสอบความเข้าใจถูกต้องหรือคลาดเคลื่อน (Misconceptions) และปรับปรุงตัวแทนทางความคิดในระดับสัญลักษณ์ให้ถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์ เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่างชนิดในระบบนิเวศเดียวกัน (Interspecific interaction) โดยการใช้เครื่องหมายบอกแทนการได้ประโยชน์ เครื่องหมายลบแทนการเสียประโยชน์ และเลขศูนย์แทนไม่ได้และไม่เสียประโยชน์ 5) การสื่อสาร เพื่อให้นักเรียนอธิบายและลงข้อสรุปความรู้ โดยจัดกิจกรรม Infographic Gallery Walk ให้นักเรียนนำเสนอผลงานอินโฟกราฟิกของตนเอง และตอบคำถามจากเพื่อนกลุ่มอื่นโดยใช้ภาพและสัญลักษณ์ในอินโฟกราฟิกเป็นสื่อกลางในการอธิบายเหตุผล การสื่อสารด้วยภาพช่วยลดภาระทางปัญญา (Cognitive Load) ทำให้ผู้ฟังเข้าใจมโนทัศน์ที่ซับซ้อนได้ง่ายขึ้น

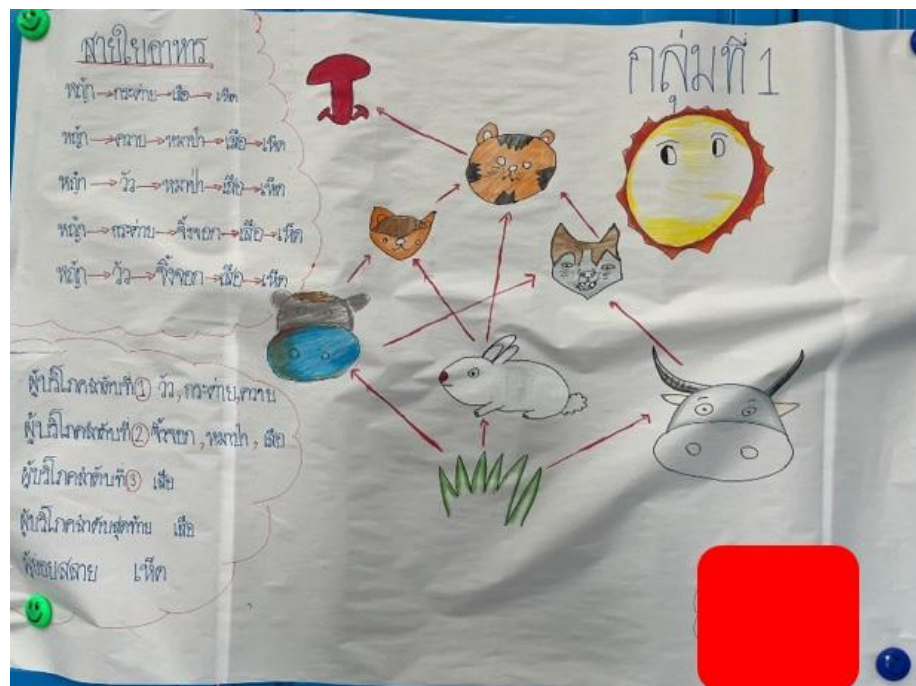
จากลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับอินโฟกราฟิก ใช้ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ สายใยอาหาร และสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม สำหรับจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับอินโฟกราฟิก นำเสนอกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้นโดยสังเขป ดังนี้ 1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) กระตุ้นความสนใจนักเรียนโดยสื่อที่คุ้นเคยหรือที่กำลังได้รับความสนใจ (ภาพสัตว์ป่าในสวนวันนา ภาพสายใยอาหาร วิดีทัศน์ข้าวโพดการดัดแปรพันธุกรรม) จากนั้นครูใช้คำถามเชื่อมโยงความรู้เดิมหรือประสบการณ์ของนักเรียน กับเนื้อหาใหม่ที่จะเรียน ในขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา (Exploration) นักเรียนแบ่งกลุ่ม ๆ ละ 4-5 คน และบทบาทหน้าที่หลักภายในกลุ่ม ดังนี้ 1) ผู้วางแผน 2) ผู้

ช่วงเวลา 3) ผู้บันทึก 4) ผู้นำเสนอ 5) ผู้รับส่งงาน ให้นักเรียนสืบค้นและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องที่เรียน (ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตรูปแบบต่าง ๆ สายใยอาหาร และสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม) โดยศึกษาข้อมูลจากสื่อการเรียนรู้ใบความรู้ โปรแกรมสืบค้น (Search Engine เช่น Google) และ YouTube แล้วร่วมกันสรุปความรู้ในรูปแบบภาพอินโฟกราฟิก ตัวอย่างชิ้นงานอินโฟกราฟิกที่นักเรียนสร้างขึ้นเรื่องความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ สายใยอาหาร และสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม แสดงดังภาพที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ ขั้นที่ 3 อธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) นักเรียนแต่ละกลุ่มนำแผนภาพอินโฟกราฟิกของกลุ่มตนเองไปติดที่หน้ากระดาน โดยเรียงลำดับตามหมายเลขกลุ่ม ครูชี้แจงแนวทางการเดินชมผลงาน (Gallery walk) ของแต่ละกลุ่ม โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเดินชมผลงานของเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ตามลำดับหมายเลขกลุ่มจากน้อยไปมาก กำหนดเวลาเดินชมผลงานกลุ่มละ 2 นาที จนครบทุกกลุ่ม พร้อมทั้งทำการประเมินผลงานของเพื่อนกลุ่มอื่นโดยใช้เกณฑ์ให้คะแนนอินโฟกราฟิกที่ครูแจกให้ (เกณฑ์ประเมินอินโฟกราฟิกความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ สายใยอาหาร และสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม แสดงดังตารางที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ) นักเรียนจะไม่ทำการประเมินผลงานของกลุ่มตนเองแต่รับฟังพร้อมข้อคิดเห็น และสิ่งที่ควรปรับปรุงจากเพื่อนกลุ่มอื่นเพื่อปรับปรุงอินโฟกราฟิกของตนเองมีความสมบูรณ์ ขั้น 4 ขยายความรู้ (Elaboration) ครูใช้คำถามในสถานการณ์ใหม่ที่เกี่ยวกับเรื่องที่เรียนร่วมกับอินโฟกราฟิก เพื่อช่วยนักเรียนประยุกต์ใช้ความรู้ใหม่ที่เพิ่งเรียนรู้ คำถามขยายความรู้ในแต่ละแผน ดังนี้ “จากอินโฟกราฟิกนี้ นักเรียนยกตัวอย่างสิ่งมีชีวิตเป็นคู่ ๆ ว่าสิ่งมีชีวิตคู่นั้นเป็นความสัมพันธ์รูปแบบใดและมีความสัมพันธ์กันอย่างไร?” “จากอินโฟกราฟิก 2 ระบบนิเวศนี้ นักเรียนคิดว่าระบบนิเวศมีการถ่ายทอดพลังงานในสายใยอาหารแตกต่างกันอย่างไร?” และ “จากอินโฟกราฟิก วิธีการดัดแปรพันธุกรรมมีประโยชน์ และผลกระทบต่อมนุษย์อย่างไร?” ขั้นที่ 5 ประเมิน (Evaluation) นักเรียนแต่ละคนทำแบบทดสอบหลังเรียน (บางข้อคำถามให้นักเรียนตอบคำถามจากอินโฟกราฟิก เช่น ภาพสายใยอาหาร) นักเรียนสลับกันตรวจตามเกณฑ์ให้คะแนน รวมคะแนน และลงชื่อคนตรวจ และส่งผลงานคืนให้เจ้าของ นักเรียนทำการประเมินความพึงพอใจต่อผลงานตนเอง โดยการระบายสีระดับความพอใจ พร้อมทั้งข้อเสนอแนะในการปรับปรุงงาน เพื่อความสมบูรณ์ในการทำงานครั้งต่อไป

หลังจบบทเรียน ครูตรวจให้คะแนนชิ้นงานอินโฟกราฟิกโดยใช้เกณฑ์ประเมินอินโฟกราฟิกความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ สายใยอาหาร และสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม แสดงดังตารางที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ จากตัวอย่างภาพชิ้นงานอินโฟกราฟิกเรื่องความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิต แสดงดังภาพที่ 1 พบว่า นักเรียนสามารถระบุบทบาทสิ่งมีชีวิตถูกต้อง 3 คู่ ของแต่ละความสัมพันธ์ ดังนี้ 1) เกื้อกูล 2) พึ่งพากัน 3) ปรสิต 4) ลำเหยื่อ และ 5) แข่งขัน 6) ได้ประโยชน์ร่วมกัน ได้คะแนนประเมิน 6 คะแนนเต็ม คุณภาพอยู่ในระดับดี แสดงว่า นักเรียนมีมีโนมติที่ถูกต้องในด้านความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศผ่านการใช้ตัวแทนความคิดระดับมหภาคคือ ภาพคู่สิ่งมีชีวิต ตัวแทนความคิดระดับจุลภาคคือ ความสัมพันธ์ระหว่างคู่สิ่งมีชีวิตว่าได้หรือเสียประโยชน์ และตัวแทนสัญลักษณ์ คือการใช้เครื่องหมายบวก ลบ และศูนย์ แทนได้ประโยชน์ เสียประโยชน์ และไม่ได้ไม่เสียประโยชน์ ตามลำดับ ส่วนตัวอย่างชิ้นงานอินโฟกราฟิกเรื่องสายใยอาหาร แสดงดังภาพที่ 2) นักเรียนเขียนสายใยอาหารประกอบด้วยโซ่อาหาร 5 โซ่ และระบุบทบาทสิ่งมีชีวิตในสายใยอาหารถูกต้องทั้ง 5 ประเด็น ดังนี้ 1) แหล่งพลังงาน คือ ดวงอาทิตย์ 2) ผู้ผลิต คือ หญ้า 3) ผู้บริโภคลำดับที่ 1 (วัว กระต่าย และควาย) ลำดับที่ 2 (จิ้งจอก หมาป่า เสือ) และลำดับที่ 3 (เสือ) 4) ผู้บริโภคลำดับสุดท้าย 3 (เสือ) 5) ผู้ย่อยสลาย (เห็ด) ตัวอย่างชิ้นงานอินโฟกราฟิกเรื่องสายใยอาหารนี้ได้คะแนน 6 คะแนนเต็ม คุณภาพอยู่ในระดับดี แสดงว่านักเรียนมีมีโนมติที่ถูกต้องในด้านสายใยอาหารในระบบนิเวศผ่านตัวแทนความคิดระดับมหภาคคือ ภาพสิ่งมีชีวิตในแต่ละโซ่อาหารของสายใยอาหารนี้ ตัวแทนความคิดระดับจุลภาคคือ การถ่ายทอดพลังงานผ่านการบริโภคกันเป็นทอดๆ และตัวแทนสัญลักษณ์ คือการใช้เครื่องหมายลูกศรแทนทิศทางการบริโภคในแต่ละโซ่อาหาร ตัวอย่างชิ้นงานอินโฟกราฟิกเรื่องสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมของนักเรียน แสดงดังภาพที่ 3 มีการระบุข้อมูลถูกต้องทั้ง 4 ประเด็น ดังนี้ 1) การใช้ประโยชน์ 2) ผลกระทบต่อมนุษย์ 3) ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 4) ผลกระทบด้านอื่น ๆ ตัวอย่างชิ้นงานอินโฟกราฟิกเรื่องสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมนี้ได้คะแนน 6 คะแนนเต็ม มีคุณภาพอยู่ในระดับดี แสดงว่านักเรียนมีมีโนมติที่ถูกต้องในด้านสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม ผ่านการใช้ตัวแทนความคิดระดับมหภาคคือ การสังเกตเห็นประโยชน์ของพืช GMO เช่น การมีอาหารเพิ่ม เพิ่มการปลูกพืชได้ดี ช่วยป้องกันสัตว์หรือแมลง ตัวแทนความคิดระดับจุลภาคคือ พืช GMO มีวิตามินสร้างภูมิคุ้มกัน ผลกระทบกับมนุษย์ เรื่องสารพิษจากการบริโภคพืช GMO และตัวแทนสัญลักษณ์คือ การใช้คำว่า “พืช GMOs” แทนสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม



ภาพที่ 1 ตัวอย่างชิ้นงานอินโฟกราฟิกความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ



ภาพที่ 2 ตัวอย่างชิ้นงานอินโฟกราฟิกสายใยอาหาร



ภาพที่ 3 ตัวอย่างชิ้นงานอินโฟกราฟิกสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม

การบูรณาการอินโฟกราฟิกเข้ากับกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ไม่ได้ทำหน้าที่เป็นเพียงสื่อประกอบการใช้คำถามของครู แต่ทำหน้าที่เป็นเครื่องมือจัดระเบียบความคิด (Cognitive Tool) (Thammabut and Wanganu, 2024) ของนักเรียนในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ซึ่งผลการศึกษาการใช้สื่ออินโฟกราฟิกร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ได้ค้นพบแนวทาง ดังนี้ 1) ขั้นกระตุ้นความสนใจ (Engagement) การใช้อินโฟกราฟิกเชิงสถานการณ์ (เช่น การเสียดสีในสายใยอาหาร หรือ ข้าวผลกระทบจาก GMOs) ช่วยดึงดูดความสนใจและกระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถามในระดับมหภาคได้อย่างมีประสิทธิภาพ 2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) นักเรียนใช้อินโฟกราฟิกเป็นแหล่งข้อมูลและเป็นพื้นที่ในการรวบรวมหลักฐาน โดยการเปลี่ยนข้อมูลดิบจากการสืบค้น สํารวจหรือทดลอง ให้กลายเป็นแผนภาพที่อธิบายความเชื่อมโยงตัวแทนทางความคิดในระดับมหภาค จุลภาคและสัญลักษณ์ เช่น ข้อมูลสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศสร้างเป็นอินโฟกราฟิกสายใยอาหาร 3) อธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) จัดกิจกรรม Infographic Gallery Walk ให้นักเรียนนำเสนอชิ้นงานอินโฟกราฟิกของตนเอง และตอบคำถามจากเพื่อนๆ โดยใช้ภาพ สัญลักษณ์และข้อความสั้น ๆ ในอินโฟกราฟิกเป็นสื่อกลางในการอธิบายเหตุผลเพื่อหาข้อสรุป การสื่อสารด้วยภาพอินโฟกราฟิกช่วยลดภาระทางปัญญา (Cognitive Load) ทำให้ผู้ฟังเข้าใจมโนคติที่ซับซ้อนได้ง่ายขึ้น 4) ขยายความรู้ (Elaboration) การให้นักเรียนศึกษาอินโฟกราฟิกในสถานการณ์ใหม่ที่เกี่ยวกับเรื่องที่เรียน และตอบคำถาม ซึ่งช่วยให้ครูตรวจสอบได้ว่านักเรียนสามารถเชื่อมโยงตัวแทนทางความคิดระดับมหภาค จุลภาคและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องและสื่อสารมโนคติทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเป็นระบบและถูกต้อง (เช่น ลูกศรในสายใยอาหารแสดงทิศทางการถ่ายทอดพลังงาน) และ 5) ประเมิน (Evaluation) แบบทดสอบที่ออกแบบคำถามโดยเกณฑ์ให้คะแนนอินโฟกราฟิก และบางข้อความให้นักเรียนวิเคราะห์อินโฟกราฟิกเพื่อหาคำตอบ นอกจากนี้ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับอินโฟกราฟิก ช่วยลดมโนคติที่คลาดเคลื่อน (Misconceptions) ของนักเรียนผ่านกระบวนการระดมความคิดเพื่อออกแบบสื่ออินโฟกราฟิกร่วมกัน และให้นักเรียนตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล (Peer Review) ทำให้มโนคติที่คลาดเคลื่อนได้รับการแก้ไขก่อนจะสื่อสารออกมาเป็นอินโฟกราฟิก สิ่งที่ทำให้งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จ คือการเปลี่ยนให้อินโฟกราฟิกเป็นเป้าหมายในการสื่อสารตัวแทนทางความคิด (Mental Representation) และใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น เป็นเส้นทางในการสร้างความรู้ด้วยตนเองของนักเรียน ซึ่งส่งผลให้นักเรียนสามารถสร้างตัวแทนทางความคิดทั้งในระดับมหภาค จุลภาคและสัญลักษณ์เชื่อมโยงกับมโนคติทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องได้

สรุปผล

จากผลงานวิจัยเรื่องการพัฒนาโมเดลทางวิทยาศาสตร์เรื่องระบบนิเวศและพันธุกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับอินโฟกราฟิก สามารถสรุปผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ทั้ง 2 ข้อ ดังนี้

1. ผลการศึกษาการใช้สื่ออินโฟกราฟิกสำหรับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น

การใช้อินโฟกราฟิกในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการสืบเสาะ 5 ขั้น (5E) สรุปแนวทางการใช้สื่ออินโฟกราฟิก ดังนี้ 1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ใช้สื่ออินโฟกราฟิกที่นักเรียนคุ้นเคยหรือกำลังได้รับความสนใจ เพื่อกระตุ้นความสนใจและเชื่อมโยงความรู้เดิม (ตัวแทนทางความคิดระดับมหภาค) 2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มเพื่อสืบค้นข้อมูลและจัดระเบียบความคิดผ่านการสร้างอินโฟกราฟิกช่วยให้นักเรียนสามารถสรุปข้อมูลทั้งการสังเกตลักษณะปรากฏภายนอก (ตัวแทนทางความคิดระดับมหภาค) และสิ่งที่สังเกตไม่ได้ (ตัวแทนทางความคิดระดับจุลภาค) เขียนเป็นภาพรวมที่เข้าใจง่าย โดยใช้ภาพประกอบ และสัญลักษณ์ร่วมกับข้อความสั้น ๆ (ตัวแทนทางความคิดระดับสัญลักษณ์) 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) นักเรียนนำเสนอภาพอินโฟกราฟิกให้เพื่อนกลุ่มอื่นผ่านกิจกรรมการเดินชมผลงาน (Gallery walk) เพื่อแลกเปลี่ยนและประเมินโน้มนำที่ถูกต้องร่วมกัน 4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ครูใช้คำถามประกอบอินโฟกราฟิกในสถานการณ์ใหม่ที่เกี่ยวกับเรื่องที่เรียน เพื่อช่วยนักเรียนประยุกต์ใช้ความรู้ใหม่ที่เพิ่งเรียนรู้ 5) ขั้นประเมินผล (Evaluation) นักเรียนแต่ละคนทำแบบทดสอบหลังเรียนที่สร้างคำถามโดยใช้เกณฑ์ให้คะแนนอินโฟกราฟิก

2. ผลการพัฒนาโน้มนำทางวิทยาศาสตร์

จากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับอินโฟกราฟิก สามารถสรุปผลการพัฒนาโน้มนำทางวิทยาศาสตร์เรื่องความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิต สายใยอาหาร และสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม ดังนี้ 1) นักเรียนมีความก้าวหน้าในการเรียนรู้คิดเป็นร้อยละ 76.09 88.98 และ 95.00 ตามลำดับ 2) นักเรียนมีคะแนนทดสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้ง 3 เรื่อง และ 3) นักเรียนสามารถสร้างตัวแทนทางความคิดเชื่อมโยงโน้มนำทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องทั้ง 3 ระดับตัวแทนทางความคิด ได้แก่ นักเรียนสะท้อนตัวแทนความทางคิดระดับมหภาค โดยการสังเกตลักษณะที่ปรากฏภายนอก เช่น สามารถจับคู่สิ่งมีชีวิตที่มีความสัมพันธ์กันในระบบนิเวศ จัดเรียงลำดับการบริโภคในสายใยอาหาร และระบุพืชที่มีลักษณะแตกต่างจากพืชปกติได้ถูกต้อง นักเรียนสะท้อนตัวแทนความทางคิดระดับจุลภาค โดยแสดงความเข้าใจสิ่งที่มองไม่เห็น เช่น ระบุการได้หรือเสียประโยชน์ของความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิต เขียนทิศทางการถ่ายทอดพลังงานในสายใยอาหาร และบอกผลกระทบจากการบริโภคพืช GMO ได้ถูกต้อง และ นักเรียนสะท้อนตัวแทนทางความคิดระดับสัญลักษณ์ โดยการใช้สัญลักษณ์ หรือ ข้อความทางวิทยาศาสตร์ เช่น การใช้เครื่องหมายบวก ลบและเลขศูนย์แสดงการได้หรือเสียประโยชน์ของความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิต การใช้ลูกศรระบุทิศทางการถ่ายทอดพลังงานในสายใยอาหาร การระบุพืชดัดแปรพันธุกรรมจากสัญลักษณ์ GMO บนฉลากสินค้า ได้ถูกต้อง

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้มี 2 ข้อ ดังนี้ 1) ในขั้นการสร้างความสนใจของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ครูควรเลือกใช้สถานการณ์ร่วมกับสื่อการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่เรียนและกำลังอยู่ในความสนใจของนักเรียน และ 2) ก่อนให้นักเรียนลงมือปฏิบัติสร้างอินโฟกราฟิก ครูควรชี้แจงเกณฑ์ให้คะแนนอินโฟกราฟิกที่เป็นรูปธรรมจะช่วยให้นักเรียนสามารถนำไปเป็นแนวทางการสร้างอินโฟกราฟิกได้ถูกต้องและครบถ้วน

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป มี 2 ประเด็น ดังนี้ 1) การให้นักเรียนใช้ปัญญาประดิษฐ์ช่วยสร้างอินโฟกราฟิก โดยใช้ข้อมูลที่นักเรียนสืบค้นได้เอง และ 2) การหากิจกรรมอื่นแทนการเดินชมผลงานเพื่อลดระยะเวลาของการทำกิจกรรม

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณโครงการอบรมเชิงปฏิบัติการหลักสูตรพัฒนาศักยภาพบุคลากรทางการศึกษา เพื่อเป็นผู้หนุนนำครูสู่ผู้อำนวยการเรียนรู้ จัดโดยคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ภายใต้ความร่วมมือกับสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ในระหว่างวันที่ 29 – 30 มิถุนายน พ.ศ. 2568 ซึ่งครูผู้วิจัยได้รับความรู้ด้านผู้อำนวยการเรียนรู้ (Facilitator) และนำมาใช้ปรับปรุงการจัดการเรียนรู้และการจัดการชั้นเรียน สุดท้ายขอขอบคุณท่านผู้บริหารสถานศึกษา โรงเรียนระดมวิทยานุสรณ์ ที่ส่งเสริมสนับสนุนการเข้าร่วมอบรมและทำวิจัยนี้จนสำเร็จ

จริยธรรมการวิจัย

งานวิจัยนี้ไม่มีการรับรองจริยธรรมการวิจัยจากสถาบัน แต่ผู้วิจัยได้เข้ารับการอบรมจริยธรรมการวิจัย และดำเนินการวิจัยที่แสดงถึงการไม่ขัดต่อจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์หรือสัตว์ โดยการได้ขอความยินยอมโดยใช้เอกสารจากผู้เข้าร่วมวิจัยอย่างถูกต้อง ระหว่างการดำเนินการวิจัยได้ปฏิบัติตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ หลักความเคารพในบุคคล (Respect for person) หลักคุณประโยชน์ ไม่ก่ออันตราย (Beneficence) และหลักความยุติธรรม (Justice) อย่างถูกต้องและครบถ้วน

การใช้เครื่องมือปัญญาประดิษฐ์

ผู้วิจัยใช้เครื่องมือ AI เพื่อสนับสนุนการทำวิจัยและการเขียนบทความนี้ ดังนี้ 1) การตรวจสอบการสะกดและไวยากรณ์ บทความด้วยภาษาอังกฤษโดยใช้ Grammarly 2) การจัดรูปแบบบรรณานุกรมและการอ้างอิง โดยใช้ Zotero และ 3) การสร้างภาพปกบทความ (Article cover image) โดยใช้ Gemini

References

- Atsaphai, W. and Choomponla, C. (2024). The effects of 4MAT learning supplemented with learning logs on understanding food nutrients and digestive system concept of grade 6 students (in Thai). **Academic Journal of Mahamakut Buddhist University Roi Et Campus**, 13(2), 242-254.
- Bybee, R., Taylor, J., Gardner, A., Scotter, P., Carlson, J., Westbrook, A. and Landes, N. (2006). The BSCS 5E Instructional Model: Origins, Effectiveness, and Applications. **Colorado Springs, Co: BSCS**, 5 (88-98).
- Chairam, S., Jarujamrus, P. and Amatatongchai, M. (2019). Exploring students' understanding of solution (in Thai). **Journal of Science and Science Education (JSSE)**, 1(2), 152-161.
- Chaluthong, A. and Plangsorn, B. (2024). Infographic teaching material design (in Thai). **Journal of Education Khon Kaen University**, 43(3), 1-6.
- Clark, J. M. and Paivio, A. (1991). Dual coding theory and education. **Educational Psychology Review**, 3(3), 149-210.
- Daengrayub, W. and Nillapun, M. (2025). Development of creative thinking skills with inquiry-based learning and infographic for the eighth grade students (in Thai). **Journal of Education, Silpakorn University**, 23(1), 299-312.
- Kasonsuk, N. (2023). The results of organizing learning using a 7-step inquiry-based learning activity (7E) set using digital technology media that has an effect on analytical thinking skills and academic achievement on the subject, force in daily life; science and technology department of grade 5 (in Thai). **Journal of Rajanagarindra**, 20(2), 36-52.
- Muenchang, S., Sirisawat, C. and Chauvatcharin, N. (2020). The effect of using game – based learning on scientific understanding on genetic inheritance for grade 10 students (in Thai). **Journal of Inclusive and Innovative Education**, 3(3), 1-13.
- Munman, P., Malasri, O., Insumran, Y., Keawmad, P., Charoensopharat, K. and Ratanacherdchai, K. (2025). The study of learning achievement of inquiry-based learning approach combined with the team word-webbing in biology subject on chromosomes and genetic material for mathayomsuksa 4 students (in Thai). **Journal of Education Rajabhat Maha Sarakham University**, 22(3), 323-329.
- Nachanthong, J. (2021). Active learning for heredity using Socio-scientific issues and ICT to promote critical thinking in biology for mathayomsuksa 6 students (in Thai). **Journal of Roi Kaensarn Academi**, 7(3), 235-251.
- Namwong, P. (2022). Developing instructional development of learning management in the biology course on ecosystems and population based on the constructivism theory for the 12th grade students (in Thai). **Pitchayat Journal**, 17(2), 143-153.
- Nantawong, S., Udom, P. and Vanichanon, A. (2021). Development of conceptual understanding on reproductive system and development using constructivist approach for 11th grade students (in Thai). **Journal of Education, Prince of Songkla University, Pattani Campus**, 32(1), 137-151.
- National Research Council, NRC. (2000). **Inquiry and the National Science Education Standards**. Washington, DC: National Academy Press.
- Nirutmeteekul, N. and Thongdaengjua, A. (2023). Development of scientific concepts using the 5Es inquiry-based instructional model combined with the interactive PhET simulation of grade 10th students (in Thai). **Journal of Education Studies Valaya Alongkorn Rajabhat University**, 1(1), 39-53.
- Rattanakorn, P. and Kaewkhongkha, P. (2021). A study of creativity from inquiry based learning with infographic

- of Mathayom 4 students (in Thai). **Silpakorn Educational Research Journal**, 13(2), 67-83.
- Sakonhawatt, P. and Pabchanda, S. (2021). The development of punctuality for eleventh grade students in chemistry with blended learning based on inquiry, social media, exit ticket and scorecard through lesson design by using professional learning community activity (in Thai). **Journal of Science and Science Education**, 4(2), 204-216.
- Sakonhawatt, P. and Pabchanda, S. (2025). Development of data management and scientific interpretation skills of tenth grade students in chemistry subject through 5 D active learning management by professional learning community (in Thai). **Journal of Science and Science Education**, 8(2), 262-274.
- Sakunkitphokhanon, N. and Phornphisutthimas, S. (2025). Conceptual development on photosynthesis using Hewson and Hewson's teaching strategy and Kolb's experiential learning for upper secondary students (in Thai). **STOU Education Journal**, 18(1), 59-80.
- Suknarusaithagul, N., Faikhamta, C. and Suwanruji, P. (2021). The development of grade 12 students' representational competence in electrochemical cell through model-based learning (in Thai). **Journal of Education Khon Kaen University**, 44(2), 84-99.
- Tasao, N. and Chamrat, S. (2021). Effect of inquiry learning in-cooperated with the use of infographics on the scientific explanation ability of ethnic group students (in Thai). **Journal of Science and Science Education (JSSE)**, 4(2), 190-203.
- Thammabut, T. and Wonganu, P. (2024). The design of learning media to reduce cognitive load using the Split-Attention principle (in Thai). **Journal of Information and Learning**, 35(2), 170-178.
- Thepprasit, R. (2022). The results of using ready-made lessons on title of "Creating media infographic for students in Matthayomsuksa 2", Science and Technology Department, Sa School, Wiang Sa District, Nan Province (in Thai). **Wishing Journal Review**, 1(3), 15-26.
- Trinnagesgosol, P. and Watchana, U. (2024). A study of grade 11 students' Biology learning achievement on the inheritance of genetic characteristics using science activity sets combined with board games (in Thai). **SSRU Academic Journal of Education**, 8(2), 35-43.
- Vanichvasin, P. (2015). Potentials of using infographics in enhancing the quality of learning (in Thai). **Panyapiwat Journal**, 7(2), 227-240.
- Wichaiyo, B. and Cojorn, K. (2023). The development of scientific concepts and learning achievement in Chemistry on the topic of gas for mathayomsuksa 5 students using model based learning (in Thai). **Rajabhat Maha Sarakham University Journal**, 17(2), 71-81.
- Windschitl, M., Thompson, J. and Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. **Science Education - SCI EDUC**, 92, 941-967.