การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องวัฏจักรเซลล์และไมโทซิสโดยกิจกรรมการลงมือปฏิบัติ (hands-on) แบบสืบเสาะวิทยาศาสตร์

ชนันธร อุดมศิลป์[1] และสุภาพร พรไตร[2*]

[1]โรงเรียนศรีขรภูมิพิสัย ศรีขรภูมิ สุรินทร์ 32110
[2]ภาควิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ และหน่วยวิจัยและนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ศึกษา
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 34190
[*]E-mail: supaporn.p@ubu.ac.th

รับบทความ: 21 มีนาคม 2560 ยอมรับตีพิมพ์: 25 ตุลาคม 2560

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องวัฏจักรเซลล์และไมโทซิสโดยใช้กิจกรรมการลงมือปฏิบัติ (hands-on) แบบสืบเสาะวิทยาศาสตร์ ระเบียบวิธีวิจัยประกอบด้วย 1) การพัฒนาแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 9 ข้อ 2) การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะวิทยาศาสตร์ที่เน้นการลงมือปฏิบัติ เวลาในการจัดกิจกรรม 150 นาที และ 3) การนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 79 คน จาก 2 ห้องเรียน ที่ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม เก็บข้อมูลจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน และใบงาน วิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ความก้าวหน้าทางการเรียน ประสิทธิภาพและประสิทธิผลของกิจกรรมการเรียนรู้ ผลการวิจัยพบว่า สำหรับห้องเรียนที่ 1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนอยู่ในระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ (ร้อยละ 25.44) และระดับดีเยี่ยม (ร้อยละ 80.99) ตามลำดับ ซึ่งแสดงการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนคิดเป็นร้อยละ 74.35 ($\langle g \rangle = 0.74$) จัดเป็นความก้าวหน้าในระดับสูง ค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2) และค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) ของกิจกรรมการเรียนรู้มีค่าเท่ากับ 81.18/80.99 และ 0.7435 ตามลำดับ สำหรับห้องเรียนที่ 2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนอยู่ในระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ (ร้อยละ 27.64) และระดับดีเยี่ยม (ร้อยละ 80.22) ซึ่งแสดงการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนคิดเป็นร้อยละ 72.35 ($\langle g \rangle = 0.72$) จัดเป็นความก้าวหน้าในระดับสูง ค่า E_1/E_2 และค่า E.I. ของกิจกรรมการเรียนรู้มีค่าเท่ากับ 80.98/80.22 และ 0.7235 ตามลำดับ

คำสำคัญ: วัฏจักรเซลล์ ไมโทซิส การสืบเสาะวิทยาศาสตร์ กิจกรรมการลงมือปฏิบัติ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Developing Academic Achievement in Learning Cell Cycle and Mitosis Using A Hands–on Activity of Science Inquiry

Chanantorn Udomsin[1] and Supaporn Porntrai[2*]

[1]Sikhoraphumpisai School, Sikhoraphum, Surin 32110, Thailand
[2]Department of Biological Sciences and Research and Innovation in Science Education Center, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University 34190, Thailand
[*]E-mail: supaporn.p@ubu.ac.th

Received: 21 March 2017 Accepted: 25 October 2017

Abstract

This research aimed to develop academic achievement in topic of cell cycle and mitosis using a hands–on activity of science inquiry. Research methodology composed of 1) developing achievements test which was 9 items of 4 multiple choices test, 2) developing a 150–minutes hands–on activity of science inquiry, and 3) implementing the activity to the samples which were 79 of 10th grade students from 2 classrooms, drawn by cluster random sampling. Data were collected from pre– and post–academic achievements test and work sheets. Pre- and post-academic achievements, learning progression (<*g*>), efficiency, and effectiveness of learning activity were analyzed. The results showed that for the first classroom, pre– and post–academic achievements were in a low level (25.44%) and excellent level (80.99%), respectively, which indicated a statistically significant increasing ($p < .05$). The students' learning progression was 74.35% (<*g*> = 0.74), categorized as a high gain level. The efficiency (E_1/E_2) and effectiveness (E.I.) of the activity were 81.18/80.99 and 0.7435, respectively. For the second classroom, pre– and post–academic achievements were in a low level (27.64%) and excellent level (80.22%), respectively, which indicated a statistically significant increasing ($p < .05$). The students' learning progression was 72.35% (<*g*> = 0.72), categorized as a high gain level. The E_1/E_2 and E.I. of the activity were 80.98/80.22 and 0.7235, respectively.

Keywords: Cell cycle, Mitosis, Science inquiry, Hands-on activity, Academic achievement

บทนำ

แนวคิดวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับวัฏจักรเซลล์และไมโทซิสเป็นเรื่องหนึ่งที่สำคัญ จึงบรรจุไว้ในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิต

กับกระบวนการดำรงชีวิต (Ministry of Education, 2012) ในระดับชั้นมัธยมศึกษาและเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่องอื่น ๆ ในระดับมหาวิทยาลัย ด้วยเหตุนี้ความเข้าใจที่ถูกต้องในขั้นตอนและกระบวนการของวัฏจักรเซลล์และไมโทซิสจึงช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีและส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่ดีในเรื่องอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น การเจริญของสิ่งมีชีวิต การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม เทคโนโลยีชีวภาพ การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม (Lewis and Kattmann, 2004)

เมื่อพิจารณาเนื้อหาในเรื่องนี้พบว่าค่อนข้างยากเนื่องจากมีลักษณะเป็นนามธรรม ประกอบด้วยหลายขั้นตอนย่อย และมีศัพท์เทคนิคเฉพาะมากมาย ทำให้นักเรียนจำนวนไม่น้อยเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่องนี้ (Dikmenli, 2010) Kindfield (1991) รายงานว่าพลอยดี้ (ploidy) และโครงสร้างของโครโมโซมเป็นหัวข้อที่นักเรียนมีความสับสนมาก นอกจากนี้ยังพบความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนอื่น ๆ เช่น ความแตกต่างระหว่างโครมาทิด และโครโมโซม (Clark and Mathis, 2000) การลำดับระยะต่าง ๆ ของการแบ่งเซลล์ (Dikmenli, 2010) เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละระยะของการแบ่งเซลล์ เช่น การจำลองดีเอ็นเอเกิดขึ้นในระยะโพรเฟส โครโมโซมมี 2 โครมาทิดตลอดการแบ่งเซลล์ (Prasarnned and Sumranwanich, 2013) มีนักวิจัยจำนวนไม่น้อยพยายามพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลาย เพื่อแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนดังกล่าว เช่น การสร้างภาพเคลื่อนไหวแบบเคลื่อนที่หยุดด้วยดินน้ำมัน (clay animation–stop motion) (Pitipornpin and Sritha, 2012) คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Wekesa et al., 2013) ตลอดจนแบบจำลองที่ใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่แตกต่างกันออกไป เช่น โซ่พลาสติก (Porntrai, 2014) ทุ่นลอยว่ายน้ำ (Farrar and Barnhart, 2011) ลวดสปริง (Luo, 2012) จานกระดาษ (Scherer, 2014) นอกจากนี้ยังมีการใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบต่าง ๆ เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน เช่น การใช้กิจกรรมเข้าจังหวะให้การเคลื่อนไหวร่างกายแทนพฤติกรรมของโครโมโซมในระยะต่าง ๆ ของการแบ่งเซลล์ (Kreiser and Hairston, 2007) การแสดงบทบาทสมมุติ (role–playing) (Chinnici et al., 2004) การเรียนรู้ผ่านกระบวนการสืบเสาะวิทยาศาสตร์ (Porntrai, 2015) แม้จะใช้สื่อการเรียนรู้และเทคนิควิธีที่หลากหลาย แต่นักเรียนบางส่วนยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน สะท้อนให้เห็นว่าไม่มีเทคนิคหรือวิธีการเรียนรู้ใดที่ดีที่สุดและสมบูรณ์แบบที่สุด ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนแต่ละเรื่อง ต้องปรับแก้ด้วยเทคนิคการจัดการเรียนรู้ที่แตกต่างกันออกไป

Smith (1991) อธิบายว่าการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาที่มีประสิทธิภาพต้องใช้กิจกรรมที่หลากหลายและเหมาะสมกับนักเรียนในบริบทของตนเอง โดยที่กิจกรรมการเรียนรู้นั้นต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ค้นพบองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการสืบเสาะ (inquiry process) ได้แก่ การเกิดข้อสงสัยและนำไปสู่กระบวนการหาคำตอบ การเก็บข้อมูลเพื่อสร้างเป็นหลักฐานที่เกี่ยวเนื่องกับคำถาม การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากประจักษ์พยานที่ค้นพบ การเชื่อมโยงคำอธิบายไปยังองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่น่าเชื่อถือ โดยใช้กระบวนการคิดวิเคราะห์และการคิดเชิงเหตุผลที่นำไปสู่การเกิดความเข้าใจที่ถ่องแท้ (McDonald, 2012; Prasertsan, 2012) รวมทั้งมีการนำเสนอเพื่อแสดงเหตุผลโต้แย้งในคำอธิบาย

ที่สร้างขึ้น ซึ่งจะทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้งในงานของตนเอง (NRC, 2000; Porntrai, 2015) ตัวอย่างกิจกรรมในลักษณะนี้ที่เน้นการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติ (learning by doing) และการมีปฏิสัมพันธ์เชิงรุก (active interaction) ได้แก่ กิจกรรมการลงมือปฏิบัติ (hands–on) หรือกิจกรรม hands–on ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ซึ่งพบว่ากิจกรรมในลักษณะนี้ช่วยยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้น (Boomer and Latham, 2011; Dunlap and Patrick, 2012; Kreiser and Hairston, 2007; Phochaiyarach and Porntrai, 2015) ทั้งนี้เพราะกิจกรรม hands–on ทำให้นักเรียนได้ฝึกการสังเกตอย่างแน่วแน่ ได้ใช้สมาธิอย่างมุ่งมั่นในการปฏิบัติกิจกรรม ทำให้นักเรียนเห็นและเข้าใจสิ่งที่กำลังเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ และต่อเนื่อง

บทความวิจัยนี้นำเสนอวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะวิทยาศาสตร์ร่วมกับการใช้กิจกรรม hands–on เรื่อง วัฏจักรเซลล์และไมโทซิส ผลของการใช้กิจกรรมต่อการเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ตลอดจนประสิทธิภาพและประสิทธิผลของกิจกรรม ซึ่งเป็นตัวอย่างที่เป็นประโยชน์ต่อครูในการนำไปปรับให้เกิดประสิทธิภาพ และบรรลุจุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ขั้นตอนการวิจัย

1.1 พัฒนาแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก มีคำตอบถูกเพียงคำตอบเดียว จากนั้นประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญด้านชีววิทยา 1 ท่าน และด้านการสอนชีววิทยา 3 ท่าน ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะจนได้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (index of item objective: IOC) เท่ากับ 1.0 นำไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 42 คน ที่เคยเรียนเรื่องนี้แล้ว เวลาที่ใช้ทำแบบทดสอบ 15 นาที วิเคราะห์ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบ เลือกข้อสอบไว้ จำนวน 9 ข้อ ที่วัดพฤติกรรมการเรียนรู้ 3 ด้าน ได้แก่ ความจำ ความเข้าใจ และการวิเคราะห์ โดยข้อสอบที่เลือกไว้มีค่า p และค่า r อยู่ระหว่าง 0.20–0.63 (เฉลี่ย 0.48) และ 0.29–0.88 (เฉลี่ย 0.44) ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.74 ตัวลวงในข้อสอบแต่ละข้อสามารถลวงให้นักเรียนกลุ่มอ่อนเลือกมากกว่ากลุ่มเก่ง และจำนวนนักเรียนที่เลือกตัวลวงเฉลี่ยร้อยละ 52 ของนักเรียนทั้งหมด ข้อคำถามในแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีดังนี้

คำถามที่ 1 ข้อใดเรียงลำดับขั้นตอนในวัฏจักรเซลล์ได้ถูกต้อง

คำถามที่ 2 เซลล์ชนิดใดที่อยู่ในระยะ G_0 จนกระทั่งเซลล์ชราภาพและตายไป

คำถามที่ 3 เซลล์ของพืชชนิด A มีจำนวนชุดโครโมโซมเท่ากับ 2n เมื่อเกิดการแบ่งเซลล์ครบ 1 รอบ พบว่าเซลล์ที่ได้มีจำนวนชุดโครโมโซมเปลี่ยนเป็น 4n เซลล์นี้เกิดความผิดปกติในระยะใดของการแบ่งเซลล์

คำถามที่ 4 ข้อใดเรียงลำดับขั้นตอนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสได้ถูกต้อง

คำถามที่ 5 หากต้องการทำคาริโอไทป์ (karyotype) ควรเลือกใช้โครโมโซมในระยะใดของการแบ่งเซลล์

คำถามที่ 6 จากภาพการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส พบการแบ่งเซลล์ในระยะใดมากที่สุด เพราะเหตุใด

คำถามที่ 7 จากเซลล์เริ่มต้น 1 เซลล์ ที่มีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 4 โครโมโซม เมื่อสิ้นสุดกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส เซลล์ใหม่ที่ได้แต่ละเซลล์จะมีลักษณะดังภาพใด

คำถามที่ 8 จากเซลล์เริ่มต้น 5 เซลล์ แต่ละเซลล์มีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 6 โครโมโซม เมื่อสิ้นสุดกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส จะได้เซลล์ใหม่กี่เซลล์ และในแต่ละเซลล์มีจำนวนโครโมโซมเป็นเท่าใด

คำถามที่ 9 การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตอย่างไร

1.2 พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้เรื่องวัฏจักรเซลล์และไมโทซิสที่มีลักษณะของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะวิทยาศาสตร์ตามแนวทางของ NRC (2000) โดยนำลักษณะทั้ง 5 ประการมาจัดเป็นขั้นตอนของการจัดกิจกรรม 5 ขั้น เวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรม 3 คาบ (ประมาณ 150 นาที) จากนั้นประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนชีววิทยาจำนวน 3 ท่าน ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะจนได้แผนการจัดการเรียนรู้ที่มีค่า IOC เท่ากับ 1.0 นำไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 42 คน พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้นี้มีค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2) และค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) เท่ากับ 80.83/80.16 และ 0.7114 ตามลำดับ กิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

กิจกรรมการเรียนรู้เรื่องวัฏจักรเซลล์ (50 นาที)

ขั้นที่ 1 นักเรียนจดจ่อกับคำถามที่จะนำไปสู่การสืบเสาะ (5 นาที)

(1) นักเรียนดูวีดีโอเรื่อง frog development เมื่อจบแล้วครูถามนักเรียนด้วยคำถามสำคัญต่อไปนี้

จากวีดีโอเซลล์เริ่มต้นมีจำนวนกี่เซลล์ และในช่วงสุดท้ายที่เกิดการพัฒนาเป็นกบตัวเต็มวัยมีเซลล์จำนวนกี่เซลล์

กบตัวเต็มวัยมีเซลล์จำนวนมากขึ้นได้อย่างไร

การแบ่งเซลล์มีขั้นตอนอย่างไร

2) ครูจดคำตอบของนักเรียนไว้บนกระดาน และกล่าวต่อว่า “วันนี้เราจะได้ศึกษาเกี่ยวกับวัฏจักรเซลล์” เพื่อตอบคำถามที่กล่าวไปแล้วและคำถามสำคัญต่อไปนี้

วัฏจักรเซลล์ประกอบด้วยระยะใดบ้าง

วัฏจักรเซลล์แต่ละระยะมีเหตุการณ์สำคัญอะไรเกิดขึ้นบ้าง

ขั้นที่ 2 นักเรียนเก็บข้อมูลเพื่อสร้างเป็นหลักฐานที่เกี่ยวเนื่องกับคำถาม (15 นาที)

(1) นักเรียนแบ่งเป็น 8 กลุ่มๆ ละ 5–6 คน แต่ละกลุ่มรับจิ๊กซอว์วงกลม จำนวน 5 ชิ้น แต่ละชิ้นระบุชื่อระยะต่าง ๆ ของวัฏจักรเซลล์และคำอธิบายสั้น ๆ สมาชิกในกลุ่มจัดเรียงให้เป็นภาพวงกลมที่สมบูรณ์ (ภาพที่ 1ก)

(2) เมื่อนักเรียนทำกิจกรรมในข้อ (1) ถูกต้องแล้ว ครูแจกแบบจำลองเรื่องวัฏจักรเซลล์ ซึ่งประกอบด้วยแผนภาพวัฏจักรเซลล์ที่มีเส้นแบ่งแสดงระยะเวลาที่ใช้ในแต่ระยะ (แผ่นสีเหลือง) ชื่อระยะต่าง ๆ (แผ่นสีฟ้า) และคำอธิบายเหตุการณ์สำคัญที่เกิดขึ้นในระยะต่าง ๆ (แผ่นสีชมพู) ให้นักเรียนจับคู่แผ่นสีฟ้าและแผ่นสีชมพูที่สัมพันธ์กัน จากนั้นนำไปวางบนแผนภาพวัฏจักรเซลล์ในช่องต่าง ๆ ให้ถูกต้อง (ภาพที่ 1ข)

หลังการสร้างแบบจำลอง นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันตอบคำถามต่อไปนี้ลงในใบกิจกรรมที่ 1

(ก)

(ข)

ภาพที่ 1 ชุดอุปกรณ์แบบจำลองวัฏจักรเซลล์

วัฏจักรเซลล์ประกอบด้วยระยะใดบ้าง (ให้ตอบเรียงตามลำดับ)

วัฏจักรเซลล์แต่ละระยะมีเหตุการณ์สำคัญอะไรเกิดขึ้นบ้าง

ระยะใดในวัฏจักรเซลล์ที่ใช้เวลานานที่สุด เพราะเหตุใด

ระยะใดในวัฏจักรเซลล์ที่มีการเพิ่มขึ้นของเส้นใยโครมาทิน

จากเซลล์เริ่มต้นที่ระยะอินเตอร์เฟสจำนวน 4 เซลล์ เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการในวัฏจักรเซลล์ จะมีเซลล์เป็นจำนวนเท่าใด

จากเซลล์เริ่มต้นที่มีจำนวนโครโมโซม 2 แท่ง (แต่ละโครโมโซมมี 1 โครมาทิด) เมื่อสิ้นสุดกระบวนการในระยะ S จำนวนโครโมโซมจะเป็นเท่าใด และแต่ละโครโมโซมจะมีกี่โครมาทิด

เซลล์ที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปทำหน้าที่เฉพาะอย่างสามารถเกิดวัฏจักรเซลล์ได้หรือไม่

ขั้นที่ 4 นักเรียนเชื่อมโยงคำอธิบายไปยังองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (5 นาที)

นักเรียนแต่ละกลุ่มรับใบความรู้เรื่องวัฏจักรเซลล์ เพื่อใช้ประกอบการตรวจสอบคำตอบที่บันทึกไว้ในใบกิจกรรมที่ 1 ในกรณีที่ตอบผิดให้นักเรียนแก้ไขให้ถูกต้องด้วยปากกาสีแดง ในส่วนของแบบจำลองหากไม่ถูกต้องให้นักเรียนปรับแก้ใหม่

ขั้นที่ 5 นักเรียนสื่อสารและโต้แย้งแสดงเหตุผลสนับสนุนผลการค้นพบของตนเอง (10 นาที)

ครูสุ่มกลุ่มตัวอย่าง 2–3 กลุ่ม ให้นำเสนอแบบจำลองและตอบคำถามต่าง ๆ หน้าชั้นเรียน นักเรียนแต่ละกลุ่มแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ซักถามในประเด็นที่มีความคิดแตกต่าง และช่วยกันหาข้อสรุป

กิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (100 นาที)

ขั้นที่ 1 นักเรียนจดจ่อกับคำถามที่จะนำไปสู่การสืบเสาะ (5 นาที)

(1) นักเรียนทบทวนเรื่องวัฏจักรเซลล์เกี่ยวกับระยะต่าง ๆ และเหตุการณ์สำคัญในแต่ละระยะ

(2) ครูกล่าวว่า “วันนี้นักเรียนจะได้ศึกษาเกี่ยวกับการแบ่งเซลล์บริเวณปลายรากหอม ซึ่งมีวัฏจักรเช่นเดียวกับที่เรียนในชั่วโมงที่ผ่านมา ให้นักเรียนเดาว่าในสไลด์จะมีเซลล์หน้า

ตากี่แบบ แต่ละแบบอยู่ในระยะใดของวัฏจักรเซลล์" ครูจดคำตอบของนักเรียนไว้บนกระดาน

(3) ครูกล่าวเพิ่มเติมว่า "เมื่อเรียนเรื่องนี้แล้วนักเรียนควรมีคำตอบสำหรับคำถามต่อไปนี้"

การแบ่งเซลล์ที่ปลายรากหอมประกอบด้วยกี่ระยะ อะไรบ้าง

ในแต่ละระยะมีเหตุการณ์สำคัญอะไรเกิดขึ้นบ้าง

เมื่อสิ้นสุดการแบ่งเซลล์จะได้เซลล์ใหม่กี่เซลล์ และแต่ละเซลล์มีจำนวนโครโมโซมเป็นเท่าใด

การแบ่งเซลล์แบบนี้เรียกว่าอะไร และมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตอย่างไร

ขั้นที่ 2 นักเรียนเก็บข้อมูลเพื่อสร้างเป็นหลักฐานที่เกี่ยวเนื่องกับคำถาม (50 นาที)

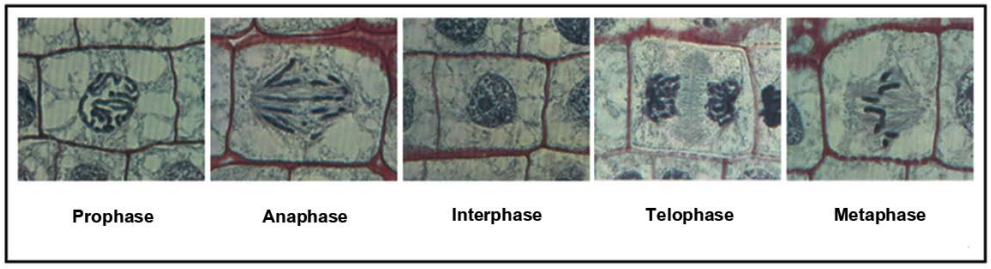
(1) นักเรียนแบ่งเป็น 8 กลุ่มๆ ละ 5 – 6 คน แต่ละกลุ่มทำปฏิบัติการตามที่ระบุในใบกิจกรรมที่ 2

(2) นักเรียนแต่ละกลุ่มวาดภาพลักษณะของเซลล์แบบต่าง ๆ ที่สังเกตได้จากกล้องจุลทรรศน์ และบันทึกภาพถ่ายไว้โดยใช้กล้องจากโทรศัพท์มือถือ

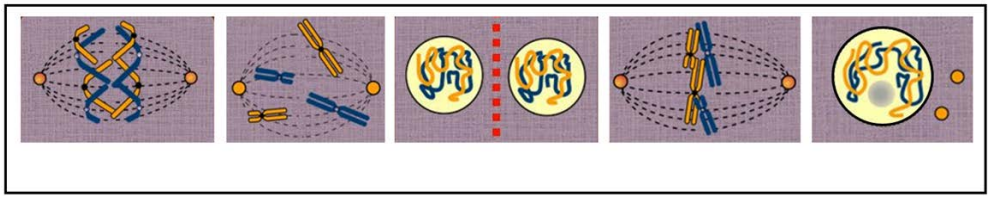
(3) นักเรียนทั้งชั้นนำภาพถ่ายที่บันทึกไว้มาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในส่วนที่มีและส่วนที่ขาดหายไป

(4) นักเรียนแต่ละกลุ่มได้รับภาพการแบ่งเซลล์ชุดที่ 1 (ภาพที่ 2ก) เพื่อนำไปเปรียบเทียบภาพที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์ จากนั้นระบุชื่อระยะของการแบ่งเซลล์แต่ละระยะลงในภาพที่นักเรียนวาด

(5) เมื่อทำถูกต้องแล้วนักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้รับภาพการแบ่งเซลล์ชุดที่ 2 (ภาพที่ 2ข) เพื่อนำไปจัดกลุ่มกับภาพชุดที่ 1 และใช้ประกอบการเขียนบรรยายเหตุการณ์สำคัญที่เกิดขึ้นในแต่ละระยะ



(ก)



(ข)

ภาพที่ 2 ระยะต่าง ๆ ของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (ก) ภาพจริง (ที่มา: www.micro.magnet.fsu.edu) (ข) ภาพโมเดล (ที่มา: www.pulpbits.net)

ขั้นที่ 3 นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากประจักษ์พยานที่ค้นพบ (20 นาที)

นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันตอบคำถามต่อไปนี้ลงในส่วนท้ายของใบกิจกรรมที่ 2

การแบ่งเซลล์ที่ปลายรากหอมมีกี่ระยะอะไรบ้าง ระยะใดพบมากที่สุด

การเพิ่มจำนวนเซนทริโอลและสารพันธุกรรมเกิดขึ้นครั้งแรกในระยะใด

ระยะใดที่เห็นเส้นใยโครมาทิน นิวคลีโอลัส และเยื่อหุ้มหิวเคลียสชัดเจนที่สุด

ลักษณะเด่นของระยะ Prophase คืออะไร

ระยะใดที่โครโมโซมมาเรียงกันที่กึ่งกลางเซลล์

ในระยะ Anaphase โครมาทิดแยกออกจากกันโดยการดึงของโครงสร้างใด

ระยะสุดท้ายของการแบ่งนิวเคลียสคืออะไร มีลักษณะอย่างไร

เมื่อสิ้นสุดการแบ่งเซลล์จะได้เซลล์ใหม่กี่เซลล์ และแต่ละเซลล์มีจำนวนโครโมโซมเป็นเท่าใด

ขั้นที่ 4 นักเรียนเชื่อมโยงคำอธิบายไปยังองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (15 นาที)

นักเรียนแต่ละกลุ่มรับใบความรู้เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส เพื่อใช้ประกอบการตรวจสอบคำตอบที่บันทึกไว้ในใบกิจกรรมที่ 2 ในกรณีที่ตอบผิดให้นักเรียนแก้ไขให้ถูกต้องด้วยปากกาสีแดง และให้นักเรียนตอบคำถามเพิ่มเติมดังนี้

การแบ่งไซโทพลาซึม (cytokinesis) ในเซลล์พืชและเซลล์สัตว์แตกต่างกันอย่างไร

การแบ่งเซลล์ที่ปลายรากหอมเป็นการแบ่งเซลล์แบบใด

การแบ่งเซลล์แบบดังกล่าวพบในเซลล์ประเภทใด

การแบ่งเซลล์แบบดังกล่าวมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตอย่างไร

ขั้นที่ 5 นักเรียนสื่อสารและโต้แย้งแสดงเหตุผลสนับสนุนผลการค้นพบของตนเอง (10 นาที)

นักเรียนรวมกลุ่มจาก 8 กลุ่ม เป็น 4 กลุ่ม ในแต่ละกลุ่มย่อยสลับกันนำเสนอผลงาน ซักถามในประเด็นที่มีความคิดแตกต่างหรือตอบไม่เหมือนกัน และช่วยกันหาข้อสรุป

1.3 นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและกิจกรรมการเรียนรู้ที่ได้มาตรฐานแล้วไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 2 ห้องเรียน โดยห้องเรียนที่ 1 มีจำนวนนักเรียน 38 คน และห้องเรียนที่ 2 มีจำนวนนักเรียน 41 คน กลุ่มตัวอย่างได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (cluster sampling) จากประชากรนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทย์-คณิต ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดสุรินทร์ จำนวนทั้งหมด 3 ห้องเรียน โดยมีขั้นตอนการเก็บข้อมูลดังนี้ (1) ทดสอบก่อนเรียน (2) จัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ และ (3) ทดสอบหลังเรียนโดยใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับเดิมแต่สลับข้อ สลับตัวเลือก

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

2.1 วิเคราะห์คะแนนสอบก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน หาค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2.2 วิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน และแบ่งผลการเรียนออกเป็น 8 ระดับ ตามเกณฑ์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 ดังนี้ ดีเยี่ยม (80–

100 คะแนน) ดีมาก (75–79 คะแนน) ดี (70–74 คะแนน) ค่อนข้างดี (65–69 คะแนน) น่าพอใช้ (60–64 คะแนน) พอใช้ (55–59 คะแนน) ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ (50–54 คะแนน) ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ (0–49 คะแนน)

2.3 นำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนมาเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้การทดสอบทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (*t*-test for dependent samples)

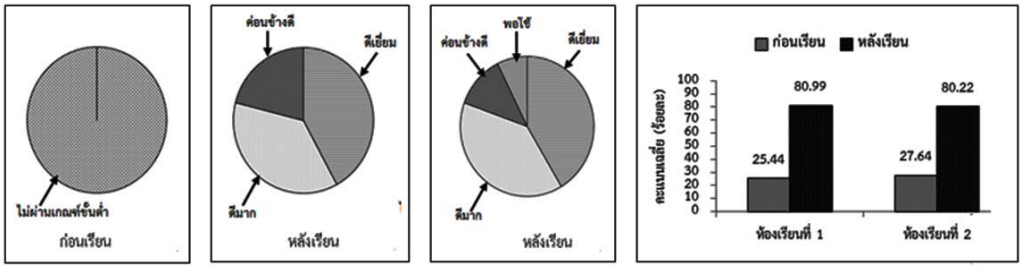
2.4 วิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนโดยหาค่าดัชนีความก้าวหน้า (normalized gain: <*g*>) และแบ่งความก้าวหน้าทางการเรียนออกเป็น 3 ระดับ (Hake, 1998)

2.5 นำคะแนนระหว่างเรียนและคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนมาหาค่า E_1/E_2 โดยเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 และนำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนมาหาค่า E.I. (Promwong, 2013)

ผลการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

จากการวิเคราะห์คะแนนสอบก่อนเรียนของนักเรียนห้องเรียนที่ 1 และห้องเรียนที่ 2 พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 25.44 และร้อยละ 27.64 ตามลำดับ อยู่ในระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำทั้งสองห้อง ทั้งนี้ในห้องเรียนที่ 1 และห้องเรียนที่ 2 มีร้อยละของนักเรียนที่ได้คะแนนอยู่ในระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำจำนวนร้อยละ 100 (ภาพที่ 3ก) เมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางในงานวิจัยนี้และมีการทดสอบหลังเรียน พบว่าคะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียนห้องเรียนที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 80.99 และห้องเรียนที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 80.22 อยู่ในระดับดีเยี่ยมทั้งสองห้อง โดยในห้องเรียนที่ 1 แบ่งเป็นอยู่ในระดับดีเยี่ยม 16 คน ระดับดีมาก 14 คน และระดับค่อนข้างดี 8 คน (ภาพที่ 3ข) สำหรับห้องเรียนที่ 2 มีนักเรียนที่มีผลการเรียนอยู่ในระดับดีเยี่ยม 17 คน ระดับดีมาก 16 คน ระดับค่อนข้างดี 5 คน และระดับพอใช้ 3 คน (ภาพที่ 3ค) เมื่อเปรียบเทียบคะแนนสอบก่อนเรียนกับหลังเรียนพบว่านักเรียนทั้ง 2 ห้องได้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ภาพที่ 3ง) สรุปได้ว่ากิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น สามารถยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนจากระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำไปอยู่ในระดับดีเยี่ยมได้ทั้งสองห้องเรียน



ภาพที่ 3 ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ก) ก่อนเรียน (ข) หลังเรียนห้องที่ 1 (ค) หลังเรียนห้องที่ 2 และ (ง) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยก่อนเรียนกับหลังเรียนของห้องเรียนที่ 1 และห้องเรียนที่ 2

นอกจากนี้หากพิจารณาการตอบข้อสอบเป็นรายข้อ พบว่า นักเรียนตอบข้อสอบหลังเรียนในแต่ละข้อถูกต้องมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นในทุกข้อ (ตาราง 1) โดยคำถามข้อที่ 1, 4, 5, 6 และ 9 ทั้งห้องเรียนที่ 1 และห้องเรียนที่ 2 มีนักเรียนตอบถูกมากกว่าร้อยละ 80 ของนักเรียนทั้งหมด สะท้อนให้เห็นว่ากิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นนี้ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับลำดับขั้นตอนวัฏจักรของเซลล์ ลำดับขั้นตอนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส พฤติกรรมโครโมโซมในระยะต่าง ๆ ตลอดจนความสำคัญของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส สำหรับคำถามอื่น ๆ ที่มีจำนวนนักเรียนที่ตอบถูกอยู่ในช่วงร้อยละ 71 – 78 เมื่อพิจารณาโดยละเอียดจะพบว่า คำถามที่ 2 (เซลล์ในระยะ G_0) นักเรียนเลือกตัวลวงค่อนข้างกระจาย จากการสุ่มถามได้รับคำตอบว่า “จำได้ว่าระยะ G_0 คืออะไร แต่ไม่สามารถเชื่อมโยงเข้ากับธรรมชาติของเซลล์ที่เป็นตัวเลือกได้” ในส่วนของคำถามที่ 3 (ความสำคัญของการแบ่งไซโทพลาซึม) นักเรียนที่ตอบผิดจะเลือกตัวลวง ง (G_2 phase) จากการสุ่มถามได้รับคำตอบว่า “G_2 phase จะเกิดการสังเคราะห์ดีเอ็นเอ ทำให้ชุดโครโมโซมเปลี่ยนจาก 2n เป็น 4n” และสำหรับคำถามที่ 7 และ 8 (ผลลัพธ์ของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส) พบว่านักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องว่า “การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส 1 รอบจะได้เซลล์เพิ่มจาก 1 เป็น 2” แต่ยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมในเซลล์ลูก โดยนักเรียนที่ตอบผิดเข้าใจว่า “จำนวนโครโมโซมจะถูกแบ่งครึ่งไปให้เซลล์ลูกแต่ละเซลล์”

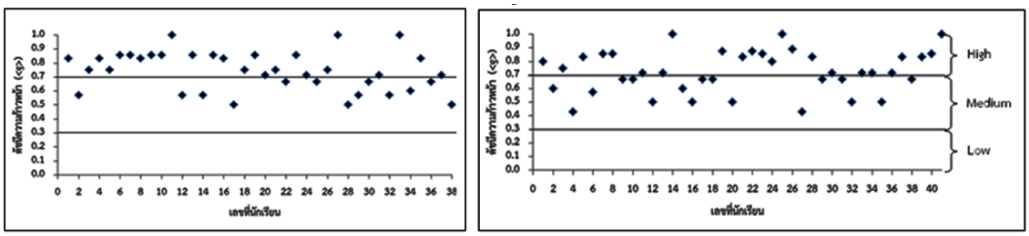
ตารางที่ 1 จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) ห้องเรียนที่ 1 และห้องเรียนที่ 2 ที่ตอบคำถามถูกในแต่ละข้อของการทดสอบก่อนเรียน หลังเรียน และดัชนีความก้าวหน้า

คำถามที่ / ประเด็นความคิดหลัก	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูก (ร้อยละ)					
	ห้องเรียนที่ 1			ห้องเรียนที่ 2		
	ก่อน	หลัง	<g>	ก่อน	หลัง	<g>
1. ลำดับขั้นตอนวัฏจักรของเซลล์	15.79	84.21	0.81	10.53	84.21	0.82
2. ระยะ G_0 ของเซลล์	34.21	81.58	0.72	26.32	73.68	0.64
3. ความสำคัญการแบ่งไซโทพลาซึม	23.68	71.05	0.62	34.21	78.95	0.68
4. ลำดับขั้นตอนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส	34.21	89.47	0.84	57.89	89.47	0.75
5. พฤติกรรมโครโมโซมในระยะเมทาเฟส	26.32	81.58	0.75	23.68	81.58	0.76
6. พฤติกรรมโครโมโซมในระยะต่าง ๆ	28.95	89.47	0.85	39.47	86.84	0.78
7. ผลลัพธ์: จำนวนและลักษณะโครโมโซม	36.84	76.32	0.63	21.05	73.68	0.67
8. ผลลัพธ์: จำนวนเซลล์และจำนวนโครโมโซม	13.16	73.68	0.70	13.16	71.05	0.67
9. ความสำคัญของไมโทซิส	15.79	81.58	0.78	18.42	81.58	0.77

2. ความก้าวหน้าทางการเรียน

เมื่อวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนทั้งชั้นพบว่าจัดอยู่ในระดับสูง (high gain) โดยมีค่า <g> เท่ากับ 0.7435 และ

0.7235 ตามลำดับ แสดงว่า กิจกรรมการเรียนรู้นี้ทำให้นักเรียนทั้งชั้นมีความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยสูงถึงร้อยละ 74.35 และ 72.35 ตามลำดับ ทั้งนี้สำหรับห้องเรียนที่ 1 มีนักเรียนจำนวน 13 และ 25 คน มีความความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลางและสูง ตามลำดับ (ภาพที่ 4ก) ในส่วนของห้องเรียนที่ 2 มีนักเรียนจำนวน 18 และ 23 คน ที่มีความความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลางและสูง ตามลำดับ (ภาพที่ 4ข)



ภาพที่ 4 ดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนเป็นรายบุคคล (ก) ห้องเรียนที่ 1 และ (ข) ห้องเรียนที่ 2

3. ประสิทธิภาพและดัชนีประสิทธิผลของกิจกรรมการเรียนรู้

จากการวิเคราะห์คะแนนใบงานและโมเดล ซึ่งสะท้อนประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และคะแนนสอบหลังเรียนซึ่งสะท้อนประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ของกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า ค่า E_1/E_2 ของห้องเรียนที่ 1 และห้องเรียนที่ 2 เท่ากับ 81.18/80.99 และ 80.98/80.22 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้มีประสิทธิภาพเท่ากับเกณฑ์มาตรฐาน (80/80) และจากข้อมูลดัชนีความก้าวหน้าทางการเรียนทำให้สรุปได้ว่า กิจกรรมการเรียนรู้นี้เมื่อใช้กับนักเรียนห้องเรียนที่ 1 และ 2 มีค่า E.I. เท่ากับ 0.7435 และ 0.7235 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (0.500)

สรุปและอภิปรายผล

สรุปผลการวิจัย

กิจกรรมการเรียนรู้เรื่องวัฏจักรเซลล์และไมโทซิสมีลักษณะการจัดการเรียนรู้เป็นแบบสืบเสาะวิทยาศาสตร์ ที่เน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้มากที่สุด ส่งเสริมให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านการลงมือปฏิบัติทีละขั้นตอน และให้ครูเป็นเพียงผู้จัดสภาพการเรียนรู้ให้เอื้อต่อการสืบเสาะของนักเรียน กิจกรรมนี้แบ่งออกเป็น 2 เรื่อง ได้แก่ เรื่องวัฏจักรเซลล์ ใช้เวลา 50 นาที และเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ใช้เวลา 100 นาที แต่ละเรื่องประกอบด้วยการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้น ได้แก่ ขั้นที่ 1 นักเรียนจดจ่อกับคำถามที่จะนำไปสู่การสืบเสาะ ขั้นที่ 2 นักเรียนเก็บข้อมูลเพื่อสร้างเป็นหลักฐานที่เกี่ยวเนื่องกับคำถาม ขั้นที่ 3 นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากประจักษ์พยานที่ค้นพบ ขั้นที่ 4 นักเรียนเชื่อมโยงคำอธิบายไปยังองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และขั้นที่ 5 นักเรียนสื่อสารและโต้แย้งแสดงเหตุผลสนับสนุนผลการค้นพบของตนเอง ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับนักเรียนจำนวน 2 ห้องเรียน พบว่า สำหรับห้องเรียนที่ 1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนอยู่ในระดับไม่ผ่าน

เกณฑ์ขั้นต่ำ (ร้อยละ 25.44) และระดับดีเยี่ยม (ร้อยละ 80.99) ตามลำดับ ซึ่งแสดงการเพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนคิดเป็นร้อยละ 74.35 ($\langle g \rangle = 0.74$) จัดเป็นความก้าวหน้าในระดับสูง ค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2) และค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) ของกิจกรรมการเรียนรู้มีค่าเท่ากับ 81.18/80.99 และ 0.7435 ตามลำดับ สำหรับห้องเรียนที่ 2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนอยู่ในระดับไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ (ร้อยละ 27.64) และระดับดีเยี่ยม (ร้อยละ 80.22) ซึ่งแสดงการเพิ่มขึ้นที่ชัดเจน ($p < 0.05$) ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนคิดเป็นร้อยละ 72.35 ($\langle g \rangle = 0.72$) จัดเป็นความก้าวหน้าในระดับสูง ค่า E_1/E_2 และค่า E.I. ของกิจกรรมการเรียนรู้มีค่าเท่ากับ 80.98/80.22 และ 0.7235 ตามลำดับ

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยโดยรวมสะท้อนให้เห็นว่า กิจกรรมการเรียนรู้เรื่องวัฏจักรเซลล์และไมโทซิสด้วยการสืบเสาะวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน สามารถทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และมีมโนมติ (concept) ที่ถูกต้องในเรื่องที่เรียน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก

(1) การที่นักเรียนได้จดจ่อกับคำถามที่จะนำไปสู่การสืบเสาะ ทำให้นักเรียนทราบเป้าหมายของการเรียน (NRC, 2000) และมีความมุ่งมั่นที่จะเก็บข้อมูลเพื่อสร้างเป็นหลักฐานที่เกี่ยวเนื่องกับคำถามที่ตนสงสัย จึงเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายและมีเป้าหมายที่แน่ชัด (Porntrai, 2015)

(2) การที่นักเรียนเก็บข้อมูลเพื่อสร้างเป็นหลักฐานที่เกี่ยวเนื่องกับคำถามนั้น ต้องผ่านการใช้กระบวนการคิดวิเคราะห์ที่แสดงถึงความมีเหตุมีผลมิใช่เพียงการฟังการบรรยายของครู หรือการอ่านใบความรู้เพื่อตอบคำถามตามใบงาน รวมถึงการเรียนรู้ที่เกิดจากการลงมือปฏิบัติ (hands–on learning) ทำให้นักเรียนได้ฝึกการสังเกตอย่างแน่วแน่ การได้มีสมาธิมุ่งมั่นในการปฏิบัติกิจกรรมทำให้นักเรียนเห็นและเข้าใจสิ่งที่กำลังเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ และต่อเนื่อง (Prasertsan, 2012; Phochaiyarach and Porntrai, 2015) ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่โดดเด่นของการเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติ (Boomer and Latham, 2011) นอกจากนี้การใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลาย การใช้สื่อที่แปลกใหม่ (การศึกษาการแบ่งเซลล์จากวีดีโอการต่อจิ๊กซอว์วัฏจักรเซลล์ การสร้างแบบจำลองแผนภาพวัฏจักรเซลล์ การทำปฏิบัติการเรื่องการแบ่งเซลล์บริเวณปลายรากหอม การเรียงลำดับภาพระยะการแบ่งเซลล์ การสังเกตและอธิบายพฤติกรรมโครโมโซมและเหตุการณ์สำคัญในระยะต่าง ๆ ของการแบ่งเซลล์จากภาพ) ตลอดจนการลำดับกิจกรรมจากง่ายไปหายาก ยังเป็นปัจจัยเสริมอีกส่วนหนึ่งที่ช่วยดึงดูดความสนใจของนักเรียนและทำให้นักเรียนทำความเข้าใจในเรื่องที่เรียนได้ดียิ่งขึ้น (Prasarnned and Sumranwanich, 2013; Pitiporntapin and Sritha, 2012)

(3) การเน้นย้ำให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากประจักษ์พยานที่ค้นพบ และเชื่อมโยงคำอธิบายไปยังองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ด้วยคำถามนำที่ดีจากครู (Prasertsan, 2012) ทำให้นักเรียนทราบว่าคำถามที่ตนสงสัยได้รับการตอบแล้วหรือยัง และคำตอบนั้นมีหลักฐานสนับสนุนเพียงพอหรือไม่ มีความน่าเชื่อถือมากน้อยเพียงใด และมีความคลาดเคลื่อนจากคำอธิบายที่นักวิทยาศาสตร์ได้กล่าวไว้ในเรื่องเดียวกันหรือไม่อย่างไร (Phochaiyarach and Porn-

trai, 2015) ซึ่งหากมีความสอดคล้องกันจะทำให้นักเรียนเกิดความภาคภูมิใจในตนเอง ที่สามารถใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสร้างองค์ความรู้ได้เช่นเดียวกับนักวิทยาศาสตร์ที่มีชื่อเสียงในเรื่องที่ตนศึกษา ในทางกลับกันหากผลการศึกษาไม่สอดคล้องกัน จะทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้บนความผิดพลาดและจำความผิดพลาดและความถูกต้องนั้นได้นานยิ่งขึ้น (Porntrai, 2015)

(4) ในขั้นประเมินผลมีการส่งเสริมให้เกิดบรรยากาศการซักถามแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างผู้เรียน แสดงเหตุผลโต้แย้ง ซึ่งจะทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้งในงานของตนเอง (Scherer, 2014) และทำให้เกิดการพัฒนาทางความคิด นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ สังเกต รวบรวมข้อมูลที่ได้จากการปฏิบัติ และนำมาสร้างคำอธิบายเพื่อสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ในสถานการณ์ที่ต่างไปจากบทเรียน

(5) กิจกรรมการเรียนรู้มุ่งส่งเสริมให้นักเรียนมีความรับผิดชอบร่วมกันในการทำงานกลุ่ม มีเป้าหมายร่วมกันและมีส่วนรับความสำเร็จร่วมกัน ร่วมมือกันในการคิดแก้ปัญหา แลกเปลี่ยนให้ข้อมูลย้อนกลับ มีโอกาสที่สมาชิกแต่ละคนจะได้เสนอแนวความคิดใหม่ ๆ เพื่อเลือกในสิ่งที่เหมาะสม จนนำไปสู่ความสำเร็จในการเรียนในท้ายที่สุด (McDonald, 2012)

นอกจากนี้หากพิจารณาการตอบข้อสอบเป็นรายข้อ พบว่าคำถามข้อ 3, 7 และ 8 มีจำนวนนักเรียนทั้ง 2 ห้องตอบถูกต่ำกว่าร้อยละ 80 (อยู่ในช่วงร้อยละ 71 – 78) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากคำถามทั้ง 3 ข้อเป็นคำถามที่วัดการคิดวิเคราะห์ นักเรียนต้องใช้ความคิดสูงกว่าการทำข้อสอบข้ออื่น ๆ ดังนั้นเพื่อให้ผู้เรียนพัฒนาการคิดขั้นสูงนี้ควบคู่ไปกับการเรียนรู้เนื้อหาพื้นฐานที่ถูกต้อง ครูอาจเพิ่มเติมตัวอย่างข้อสอบการคิดไว้ในขั้นที่ 4 ของการจัดกิจกรรม

เอกสารอ้างอิง

Boomer, S .M., and Latham, K.L. (2011). Manipulatives–based laboratory for majors biology a hands-on approach to understanding respiration and photosynthesis. **Journal of Microbiology and Biology Education** 12(2): 127–134.

Chinnici, J. P., Yue, J. W., and Torres, K. M. (2004). Students as “human chromosomes” in role-playing mitosis & meiosis. **The American Biology Teacher** 66(1): 35–39.

Clark, D. C., and Mathis, P.M. (2000). Modeling mitosis and meiosis: A problem-solving activity. **The American Biology Teacher** 62(3): 204–206.

Dikmenli, M. (2010). Misconceptions of cell division held by student teachers in biology: A drawing analysis. **Scientific Research and Essay** 5(2): 235–247.

Dunlap, D. and Patrick, P. (2012). The beads of translation: Using beads to translate mRNA into a polypeptide bracelet. **The American Biology Teacher** 74(4): 262–265.

Farrar, L., and Barnhart, K. (2011). Chromosome noodles: Jump into the gene pool using pool noodles to model chromosome

in the biology classroom. **The Science Teacher** 78(5): 34–39.

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six–thousand–student survey of mechanics test data for introductory physics courses. **American Journal of Physics** 66(1): 64–74.

Kindfield, A. C. (1991). Confusing chromosome number and structure: A common student error. **Journal of Biological Education** 25(3): 193–200.

Kreiser, B., and Hairston, R. (2007). Dance of the chromosomes: A kinetic learning approach to mitosis and meiosis. **Bioscene** 33(1): 6–10.

Lewis, J., and Kattmann, U. (2004). Traits, genes, particles and information: Re–visiting students' understandings of genetics. **International Journal of Science Education** 26: 195–206.

Luo, P. (2012). Creating a double-spring model to teaching chromosome movement during mitosis and meiosis. **The American Biology Teacher** 74(4): 266–269.

McDonald, G. (2012). Teaching critical and analytical thinking in high school biology. **The American Biology Teacher** 74(3): 178–181.

Ministry of Education. (2012). **Basic Education Core Curriculum B.E. 2551.** Bangkok: Agriculture Cooperatives of Thailand Printing. (in Thai)

National Research Council [NRC]. (2000). **Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning.** Washington, DC: National Academy.

Phochaiyarach, S. and Porntrai, S. (2015). Enhancing analytical thinking abilities using science inquiry approach. **Journal of Research on Science, Technology and Environment for Learning** 6(1): 46–56. (in Thai)

Pitiporntapin, S. and Sritha, S. (2012). The Outcomes of biology learning management in the topic of cell division with creating clay animation-stop motion by 10th Grade Students. **Kasetsart Journal (Social Science)** 33: 397–409. (in Thai)

Porntrai, S. (2014). A simple and inexpensive model for use in learning cell division and cytogenetic. **Journal of Research on Science, Technology and Environment for Learning** 5(1): 109–116. (in Thai)

Porntrai, S. (2015). Learning cell cycle and mitosis by science inquiry: An active way to increase academic achievement and knowledge retention. **Journal of Research on Science, Technology and**

Environment for Learning 6(2): 175–187. (in Thai)

Prasarnned, P. and Sumranwanich, S. (2013). Grade 10 student' mental representation about cell division through slowmation. **Journal of Education Graduate Studies Research** 8(2): 91–98. (in Thai)

Prasertsan, S. (2012). **Research-Based Project: New Learning Process for Thai Education**. Bangkok: Thailand Research Fund. (in Thai)

Promwong, C. (2013). Developmental testing of media or teaching package's efficiency. **Silpakorn Educational Research Journal** 5(1): 7–20. (in Thai)

Scherer, Y. D. (2014). The cell cycle: An activity using paper plates to represent time spent in phases of the cell cycle. **The American Biology teacher** 76(7): 478–479.

Smith, M. U. (1991). Teaching Cell Division: Student Difficulties and Teaching Recommendations. **Journal of College Science Teaching** 21(1): 28-33.

Wekesa, D.W., Wekesa, E. W. and Amadalo, M.M. (2013). A computer mediated simulation module for teaching cell division in secondary school biology. **International Journal of Educational Research and Development** 2(5): 114–130.