ความเข้าใจแบบจำลองทางชีววิทยาและการสร้างแบบจำลองทางชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

Understanding of Biological Model and Biological Modeling of Upper Secondary School Students

ศรัญยา มารัตน์[1], อลงกลด แทนออมทอง[2], ปาริชาติ แสนนา[3]
Saranya Matat[1], Alongklod Tanomthong[2], Parichat Saenna[3]

บทคัดย่อ

ความเข้าใจแบบจำลองมีผลต่อสมรรถนะในการสร้างแบบจำลองซึ่งเป็นสมรรถนะหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการเรียนชีววิทยา งานวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจ 1) ความเข้าใจแบบจำลองทางชีววิทยา และ 2) การสร้างแบบจำลองทางชีววิทยา ของนักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้ 1) แบบสอบถามความเข้าใจแบบจำลองทางชีววิทยา กลุ่มเป้าหมายได้มาจากการเลือกแบบสมัครใจ จำนวน 184 คน วิเคราะห์ข้อมูลโดยทั้งแบบมาตราส่วนประเมินค่า (ข้อมูลเชิงปริมาณ) และแบบปลายเปิด (ข้อมูลเชิงคุณภาพ) วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยการหาค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิเคราะห์เนื้อหาและการตีความ 2) แบบวัดการสร้างแบบจำลองทางชีววิทยา กลุ่มเป้าหมายได้มาจากการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง จำนวน 28 คน วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยการหาค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละ ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนมีความเข้าใจแบบจำลองทางชีววิทยาในระดับที่ไม่แน่ใจ ($\bar{X}$=3.49, S.D.=0.91) นักเรียนมีความเข้าใจว่าแบบจำลองมีลักษณะรูปทรง 3 มิติ 2) นักเรียนมีการสร้างแบบจำลองทางชีววิทยาในระดับปานกลาง ($\bar{X}$=5.51, S.D.=3.17) ผลการวิจัยแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจต่อบทบาทและกระบวนการสร้างแบบจำลองที่ต้องได้รับการพัฒนา ดังนั้นในกระบวนการจัดการเรียนรู้รายวิชาชีววิทยาจึงควรมีขั้นตอนที่ชี้ให้เห็นถึงบทบาทและกระบวนการสร้างแบบจำลองทางชีววิทยาที่มีความแตกต่างไปจากการวาดภาพทางชีววิทยา

[1] นักศึกษาระดับปริญญาโท ภาคการศึกษาวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะ ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
[2] คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
[3] คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
[1] Master degree student, Department of Mathematics, Science and Computer Education, Faculty of Education, Khon Kaen University
[2] Faculty of Science, Khon Kaen University
[3] Faculty of Education, Khon Kaen University

คำสำคัญ: ความเข้าใจแบบจำลองทางชีววิทยา การสร้างแบบจำลองทางชีวิทยา แบบจำลองทางชีววิทยา ชีววิทยาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

Abstract

Understanding of biological models and biological modeling were important for learning biology. As the ability to construct a model was considered as one of the most important competencies of learning biology. The purpose of this research were to ; 1) explore the understanding of the biological model, and 2) the ability to construct biological modeling of upper secondary school students. The data were collected using 1) a well-validated questionnaire, the participants were 184 students obtained by volunteer sampling, the researchers collected data using a questionnaire that contained both Likert scale (quantitative data) and open-ended (qualitative data) formats, the researchers analyzed the quantitative data by using means, standard deviation and percentage, and analyzed the qualitative data by content analysis and interpretation, and 2) biological modelling test, the participants were 28 students obtained by purposive sampling, the researchers analyzed the quantitative data by using means, standard deviation and percentage. The results were found ; 1) The results found in overall students held 'not sure' ($\overline{X}$=3.49, S.D.=0.91) toward the understanding of the biological model, they indicated model as 3-dimensional structure (concrete model), 2) their biological modeling ability to moderate-level biological modeling ($\overline{X}$=5.51, S.D.=3.17). The results indicated to the important of promoting the understanding the role of model and modeling process. Moreover, teaching and learning of biology should also help students be able to distinguish the different between biological modeling and biological drawing.

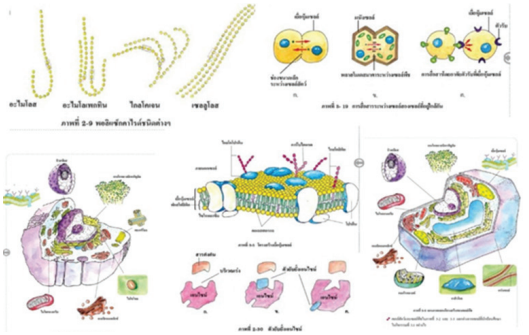
Keywords: understanding of biological model, biological modeling, biological model, upper secondary school student's biological model

บทนำ

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นการเรียนรู้ตลอดชีวิตเนื่องจากความรู้วิทยาศาสตร์เป็นเรื่องราวเกี่ยวกับประวัติศาสตร์ทางธรรมชาติของโลก ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงด้านองค์ความรู้ได้ (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2551) ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้ ควรส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการได้มาซึ่งความรู้ด้วยการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เฉกเช่นเดียวกับนักวิทยาศาสตร์ เช่น การอธิบายทางวิทยาศาสตร์ การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Davis *et al*., 2008) ซึ่งการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวไม่เพียงแต่ทำให้นักเรียนเข้าใจกระบวนการที่ได้มาซึ่งองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ แต่ยังทำให้นักเรียน

มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์อีกด้วย (ฐาปกรณ์ ฤทธิ์มะหา และ ปาริชาติ แสนนา, 2562)

การจัดการเรียนรู้วิชาชีววิทยาระดับโรงเรียน เป็นรายวิชาหนึ่งของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลาง (ฉบับปรับปรุง 2560) การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้ระบุถึงตัวชี้วัดในการพัฒนาและส่งเสริมการสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ซึ่งโดยธรรมชาติของรายวิชาชีววิทยาเป็นรายวิชาที่มีการใช้แบบจำลองในการอธิบายปรากฏการณ์ทางชีววิทยาอย่างกว้างขวาง ดังแสดงในภาพที่ 1

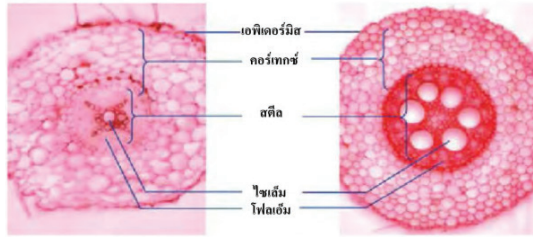


ภาพที่ 1 ตัวอย่างแบบจำลองที่ปรากฏในหนังสือเรียนชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (**ที่มา**: หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์ ชีววิทยา เล่ม 1 สสวท. กระทรวงศึกษาธิการ, 2561)

Van Driel & Verloop (2002) กล่าวว่าแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไม่มีนิยามที่ตายตัว แต่มักได้รับใช้ในบริบททางความหมายในสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ได้สร้างขึ้นเพื่อเป็นแบบหรือโครงสร้างตัวแทน (Representations) ของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ตนเองได้ทำการสังเกตและทดลอง (Windschitl & Thompson, 2006) ดังนั้นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จึงได้รับการสร้างขึ้นโดยอาศัยวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน (Van Driel & Verloop, 2002 ; Schwarz *et al*., 2009)

อย่างไรก็ตามในการจัดการเรียนรู้วิชาชีววิทยา มีการใช้แบบจำลองในการอธิบายปรากฏการณ์ทางชีววิทยาอย่างกว้างขวาง ดังที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น

แต่มักพบว่าปรากฏการณ์ที่ศึกษาและใช้แบบจำลองในการอธิบาย เป็นการศึกษาในระดับตั้งแต่ระดับจุลภาค จนถึงมหภาค (Ben-Zvi Assaraf *et al*., 2016) เป็นต้น ซึ่งพบว่ามีอุปสรรคด้านความซับซ้อนของเนื้อหา คำศัพท์เฉพาะ ซึ่งมีปริมาณมาก ทำให้ยากต่อการทำความเข้าใจ จึงมีแนวโน้มที่จะทำให้นักเรียนมักจำเนื้อหา (Verhoeff *et al*., 2008) ดังนั้นเมื่อต้องสร้างแบบจำลอง เช่น การศึกษาภาพโครงสร้างภายในรากและลำต้นพืชภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ความแตกต่างระหว่างโครงสร้างรากพืชภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (บน) และแบบจำลองแสดงโครงสร้างภายในของรากพืช (ล่าง) (ก. รากพืชใบเลี้ยงคู่), (ข. รากพืชใบเลี้ยงเดี่ยว)

ซึ่งนักเรียนอาจจะเห็นว่าต้องวาดให้เหมือน ดังเช่นการวาดภาพทางชีววิทยา (Biological drawing) เน้นการให้ราย ละเอียดและข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ ชัดเจนและสวยงาม สะท้อนให้เห็นถึงความสับสนระหว่างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และการวาดภาพทางชีววิทยา (Treagust *et al.*, 2002) ซึ่งอาจจะทำให้เป็นอุปสรรคที่มีผลต่อการพัฒนาสมรรถนะการสร้างแบบจำลองทางชีววิทยา

จากที่ได้กล่าวไปข้างต้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะสำรวจความเข้าใจแบบจำลองทางชีววิทยาและการสร้างแบบจำลองทางชีวทิยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนและการพัฒนานักเรียนเพื่อส่งเสริมความเข้าใจแบบจำลองทางชีววิทยาที่ถูกต้องและสามารถใช้แบบจำลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อสำรวจความเข้าใจแบบจำลองทางชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

2. เพื่อสำรวจการสร้างแบบจำลองทางชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้การวิจัยแบบสำรวจ

กลุ่มที่ศึกษา

1. ความเข้าใจแบบจำลองทางชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มที่สำรวจได้มาโดยการเลือกแบบสมัครใจ จำนวนประชากรทั้งหมด 184 คน เป็นชายร้อยละ 39 และหญิงร้อยละ 61 โดยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มตัวอย่าง 28 คน(คิดเป็นร้อยละ 15.22) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มตัวอย่าง 113 คน (คิดเป็นร้อยละ 61.41) และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มตัวอย่าง 43 คน (คิดเป็นร้อยละ 23.37)

2. การสร้างแบบจำลองทางชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มที่สำรวจได้มาโดยการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง กลุ่มตัวอย่าง 28 คน เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เป็นชายร้อยละ 35.71 และหญิงร้อยละ 64.29

นักเรียนทั้งหมดเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนมัธยมแห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่น ที่เรียนหลักสูตรเน้นวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ทั่วไปที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วย 2 ประเภทซึ่งแต่ละประเภทใช้เก็บข้อมูลเป็นรายบุคคลดังนี้

1. แบบสอบถามความเข้าใจแบบจำลองทางชีววิทยา เป็นแบบสอบถามประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ประกอบด้วยข้อคำถามแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Likert scale) 5 ระดับ (เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย และไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง) จำนวน 23 ข้อ มุ่งวัดความเข้าใจ 4 ด้าน ได้แก่

1) แบบจำลองมีได้หลากหลายรูปแบบ (Models as multiple representations: MR)

2) แบบจำลองเป็นแบบจำลองที่แน่นอน* (Models as exact replicas: MR)

3) แบบจำลองมีหน้าที่หลายประการ (The uses of scientific models: USM)

4) แบบจำลองเป็นสิ่งที่เปลี่ยนแปลงได้ (The changing nature of models: CNM)

ผู้วิจัยปรับแบบสอบถามมาจาก Treagust *et al.* (2002) ส่วนที่ 2 จะเป็นคำถามปลายเปิด จำนวน 2 ข้อ ได้แก่ 1. แบบจำลองทางชีววิทยาคืออะไร และ 2. ให้ยกตัวอย่างแบบจำลองที่นักเรียนรู้จัก เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงมุมมองที่ตนเองมีต่อแบบจำลองทางชีววิทยาได้อย่างอิสระ ผู้วิจัยนำเสนอแบบสอบถามต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องทางด้านเนื้อหา ภาษาที่ใช้และเกณฑ์การประเมินผล รวมถึงข้อคำถามและจุดประสงค์ที่มุ่งวัดด้วยเทคนิคหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) ซึ่งผลการตรวจสอบพบว่ามีค่าเท่ากับ 0.67-1.00 ซึ่งผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้ (Rovinelli & Hambleton, 1996)

2. แบบวัดการสร้างแบบจำลองทางชีววิทยา ผู้วิจัยใช้เป็นเครื่องมือประเมินการสร้างแบบจำลองทางชีววิทยาโดยวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหาการเรียนรู้รายวิชาชีววิทยาจากหลักสูตรสถานศึกษากลุ่มสาระการเรียนรู้ชีววิทยา เรื่องการศึกษาโครงสร้างภายในของพืช ผู้วิจัยสังเคราะห์ออกมาเป็นแบบวัดการสร้างแบบจำลองทางชีววิทยาในรูปแบบของข้อสอบอัตนัย จำนวน 4 ข้อ ผู้วิจัยนำเสนอแบบวัดการสร้างแบบจำลองทางชีววิทยาต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ด้านหลักสูตรและการสอน และด้านการวัดและประเมินผล (IOC อยู่ระหว่าง 0.6-1.00) และมีการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างคล้ายกันคือ นักเรียนห้องอื่นที่มีประสบการณ์ในการเรียนรู้เนื้อหานี้มาก่อนจำนวน 28 คนเพื่อตรวจสอบคุณภาพด้านความเชื่อมั่นผลการวิเคราะห์ พบว่าค่าสิทธิ์แอลฟาของ ครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) เท่ากับ 0.83

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ความเข้าใจแบบจำลองทางชีววิทยา ในการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนที่ 1 ผู้วิจัยแบ่งคำตอบของนักเรียนในแต่ละด้านออกเป็น 3 กลุ่ม (คำตอบที่ถูกต้อง ไม่แน่ใจ ไม่ถูกต้อง) สำหรับด้านคำถามเชิงบวก (Positive statement) คำตอบที่ "เห็นด้วย" จะถูกเปลี่ยนให้เป็นคำตอบที่ถูกต้อง ส่วนคำตอบที่ "ไม่เห็นด้วย" จะถูกเปลี่ยนให้เป็นคำตอบทีไม่ถูกต้อง ในทางกลับกันสำหรับด้านคำถามเชิงลบ (Negative statement) คำตอบที่ "เห็นด้วย" จะเปลี่ยนให้เป็นคำตอบทีไม่ถูกต้อง ส่วนคำตอบที่ "ไม่เห็นด้วย" จะเปลี่ยนให้เป็นคำตอบที่ถูกต้อง จากนั้นผู้วิจัยจึงคำนวณจำนวนนักเรียนในแต่ละด้านและหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละของคำตอบของกลุ่มทั้งหมด เปรียบเทียบเกณฑ์ความเข้าใจแบบจำลองทางชีววิทยาที่กำหนดไว้ 3 ระดับ ได้แก่ ถูกต้อง มีช่วงคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 3.67-5.00 ไม่แน่ใจมีช่วงคะแนนฉลี่ยอยู่ที่ 2.34-3.66 และไม่ถูกต้องมีช่วงคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 1.00-2.33 ส่วนที่ 2 ผู้วิจัยใช้การตีความจากคำตอบและพรรณนาคำตอบของนักเรียนทั้งความหมายของแบบจำลอง และการยกตัวอย่างแบบจำลองว่านักเรียนมีความเข้าใจแบบจำลองทางชีววิทยาอย่างไร

2. การสร้างแบบจำลองทางชีววิทยา ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลการสร้างแบบจำลองทางชีววิทยา จากนั้นนำมาจัดกลุ่ม และประเมินตามองค์ประกอบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางชีววิทยา 3 องค์ประกอบ ได้แก่ การอธิบาย การระบุสิ่งที่เป็นนามธรรม และการระบุคำสำคัญ ตามกรอบแนวคิดของ Bamberger &

Davis (2013) เพื่อหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละ โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนซึ่งแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ ต่ำ มีช่วงคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 1.00-3.66 ปานกลางมีช่วงคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 3.67-6.33 และสูงมีช่วงคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 6.34-9.00 จากนั้นนำคะแนนมาวิเคราะห์แยกตามองค์ประกอบ ได้แก่ การอธิบาย การระบุสิ่งที่เป็นนามธรรม และการระบุคำสำคัญ กำหนดช่วงคะแนนเฉลี่ย คือ ต่ำ มีช่วงคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 1.00-1.66 ปานกลาง มีช่วงคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 1.67-2.33 และสูง มีช่วงคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 2.34-3.00 ตามกรอบแนวคิดของ Bamberger & Davis (2013) ดังแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 เกณฑ์การวิเคราะห์การสร้างแบบจำลองทางชีววิทยา ตามกรอบแนวคิดของ Bamberger and Davis (2013)

ระดับ	การอธิบาย	การระบุสิ่งที่เป็นนามธรรม	การระบุคำสำคัญ
ต่ำ (1คะแนน)	มีการอธิบายเกี่ยวกับหน้าที่ของแบบจำลองทางชีววิทยาได้บางส่วน แต่ไม่แสดงให้เห็นถึงกระบวนการการเปลี่ยนแปลง แสดงเฉพาะผลของปรากฏการณ์ โดยขาดองค์ประกอบการอธิบายมากกว่า 3 องค์ประกอบ	มีการวาดภาพแบบจำลองมีการระบุเฉพาะองค์ประกอบที่สังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่าเท่านั้น เช่น ชนิดพืช ลักษณะของพืชแต่ไม่มีการระบุองค์ประกอบที่สังเกตได้ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยขาดมากกว่า 3 องค์ประกอบขึ้นไป	มีการระบุคำสำคัญลงในแบบจำลองบางส่วน โดยขาดการระบุคำสำคัญมากกว่า 3 องค์ประกอบขึ้นไป
ปานกลาง (2คะแนน)	มีการอธิบายเกี่ยวกับหน้าที่หน้าที่ของแบบจำลองทางชีววิทยาได้แต่ไม่ชัดเจนโดยขาดการอธิบายอย่างน้อย 3องค์ประกอบ	มีการวาดภาพแบบจำลองมีการระบุองค์ประกอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เช่น นักเรียนมีการวาดภาพ แสดงระดับจุลภาคของเนื้อเยื่อพืชแต่ไม่ครบองค์ประกอบโดยขาดอย่างน้อย 3 องค์ประกอบ	ระบุคำสำคัญบางส่วนขององค์ประกอบ ในแบบจำลองที่สอดคล้องกับการทดลองที่ค้นพบ โดยขาดอย่างน้อย 3 องค์ประกอบ
สูง (3คะแนน)	อธิบายแบบจำลองทางชีววิทยาที่สร้างขึ้น อธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ชัดเจน และครบทุกองค์ประกอบ	มีการวาดภาพแบบจำลองมีการระบุองค์ประกอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เช่น นักเรียนมีการวาดภาพ แสดงระดับจุลภาคของเนื้อเยื่อพืชได้ครบทุกองค์ประกอบ	ระบุคำสำคัญ ลงในแบบจำลองได้ครบทุกองค์ประกอบ

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ดังนี้

1. ความเข้าใจแบบจำลองทางชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ผู้วิจัยได้หาค่าความเชื่อมั่นแต่ละด้าน พบว่ามีความเชื่อมั่นอยู่ระหว่าง 0.72-0.93 แสดงให้เห็นว่าเครื่องมือมีความสอดคล้องสูงสำหรับแบบสอบถามมาตราส่วนประเมินค่า ค่าเฉลี่ยรายด้านของความเข้าใจแบบจำลองทางชีววิทยาดังแสดงในตาราง 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์จากแบบสอบถามความเข้าใจแบบจำลองทางชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายรายด้าน

ด้าน	ร้อยละความเห็น		ร้อยละความเห็น			ระดับความเข้าใจ
	$\bar{X}$	S.D.	ถูกต้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่ถูกต้อง	
1) แบบจำลองมีได้หลากหลายรูปแบบ (Models as multiple representations: MR)	3.73	0.87	59.25	27.82	12.93	ถูกต้อง
2) แบบจำลองเป็นแบบจำลองที่แน่นอน* (Models as exact replicas: MR)	3.73	0.96	14.84	25.73	59.43	ไม่ถูกต้อง
3) แบบจำลองมีหน้าที่หลายประการ (The uses of scientific models: USM)	3.02	0.91	37.43	42.12	20.45	ไม่แน่ใจ
4) แบบจำลองเป็นสิ่งที่เปลี่ยนแปลงได้ (The changing nature of models: CNM)	3.47	0.91	29.85	43.23	26.92	ไม่แน่ใจ
ค่าเฉลี่ยรวม	**3.49**	**0.91**	**35.34**	**34.73**	**29.93**	**ไม่แน่ใจ**

* คือข้อความที่เป็นลบ (Negative statement)

จากตาราง 2 พบว่าภาพรวมนักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจแบบจำลองทางชีววิทยาในระดับที่*ไม่แน่ใจ* ($\bar{X}$=3.49, S.D.=0.91) คิดเป็นร้อยละ 34.73 เมื่อพิจารณาในแต่ละด้านพบว่านักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องในด้านที่ 1 คือ แบบจำลองทางชีววิทยามีได้หลากหลายรูปแบบ ($\bar{X}$=3.73, S.D.=0.87) คิดเป็นร้อยละ 59.25 นักเรียนมีความเข้าใจแบบจำลองทางชีววิทยาในระดับที่ไม่แน่ใจด้านที่ 3 คือแบบจำลองมีหน้าที่หลายประการ ($\bar{X}$=3.02, S.D.=0.91) คิดเป็นร้อยละ42.12 และด้านที่ 4 คือ แบบจำลองเป็นสิ่งที่เปลี่ยนเปลี่ยนแปลงได้ ($\bar{X}$=3.47, S.D.=0.91) คิดเป็นร้อยละ 43.23 อย่างไรก็ตามยังมีนักเรียนมีความเข้าใจแบบจำลองทางชีววิทยาในระดับที่ไม่ถูกต้องในด้านที่ 2 คือ แบบจำลองต้องเป็นแบบจำลองที่แน่นอน ($\bar{X}$=3.73, S.D.=0.96) คิดเป็นร้อยละ 59.43

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจากคำถามปลายเปิด

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจแบบจำลองทางชีววิทยาโดยนิยามความเข้าใจแบบจำลองทางชีววิทยาของนักเรียนจำนวน 125 คน ระบุคำสำคัญต่าง ๆ ที่แสดงว่าแบบจำลองทางชีววิทยาเป็นสิ่งที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นตัวแทนของเป้าหมายและตัวแทนทางความคิด อาทิคำว่า “ตัวแทน” “สร้าง” “แสดงออก” ในขณะที่นักเรียนอีก 59 คน นิยามว่าแบบจำลอง เป็นสัญลักษณ์ที่ถูกใช้แทนสิ่งต่าง ๆ ในทางวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้

S_1: (แบบจำลองทางชีววิทยา คือ) เป็นตัวแทนในการอธิบายสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า แทนความรู้ความเข้าใจที่ซับซ้อนให้อยู่ในลักษณะที่เข้าใจง่ายขึ้น ตัวอย่างแบบจำลอง เช่นแบบจำลองดีเอ็นเอ 3 มิติ แบบจำลองของเซลล์ 3 มิติ

S_{13}: (แบบจำลองทางชีววิทยา คือ) เป็นการสร้างแบบจำลองในลักษณะ ที่เป็น 3 มิติ สามารถจับต้องได้ เพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้น เช่น แบบจำลองปอด แบบจำลองการหายใจ แบบจำลองโครงสร้างกระดูก

จะเห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่ได้ยกตัวอย่างเพื่อประกอบคำนิยามของตนเอง โดยตัวอย่างแบบจำลองส่วนใหญ่เป็นแบบจำลองทางกายภาพ 3 มิติ ที่เป็นตัวแทนวัตถุต่างๆ (เช่น แบบจำลองดีเอ็นเอ 3 มิติ แบบจำลองปอด แบบจำลองการหายใจ แบบจำลองโครงสร้างกระดูก) และไม่มีการอ้างถึงแบบจำลองที่เป็นภาพวาด 2 มิติ นักเรียนส่วนใหญ่ยกตัวอย่างแบบจำลองที่เป็นวัตถุมากกว่าแบบจำลองที่เป็น 2 มิติ อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้นักเรียนหลายคนมองว่า แบบจำลองต้องมีลักษณะที่เหมือนกับเป้าหมายหรือของจริงทุกประการในด้านที่ 2 ดังที่ปรากฏในผลการวิเคราะห์จากแบบสอบถามก่อนหน้านี้

S_{6}: (แบบจำลองทางชีววิทยา คือ) เป็นแบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อใช้แทนความคิดหรือสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า มีความถูกต้องและคล้ายกับของจริงให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้และจะไม่เปลี่ยนแปลงหากได้แบบจำลองที่สมบูรณ์แล้ว

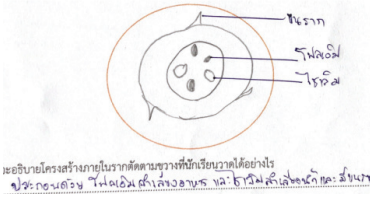
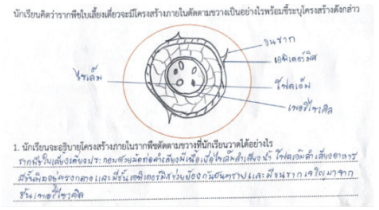
S_{8}: (แบบจำลองทางชีววิทยา คือ) การสร้างสิ่งหนึ่งเพื่อแทนวัตถุหรือเหตุการณ์ต่างๆ โดยมีความใกล้เคียงกับของจริงให้มากที่สุดและสามารถอธิบายส่วนประกอบที่ต้องการศึกษาได้

ทุกองค์ประกอบและชัดเจนจากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพพบว่าคำตอบของนักเรียนนักเรียนมีความเข้าใจแบบจำลองทางชีววิทยาเป็นตัวแทนความเข้าใจปรากฏการณ์ที่ต้องเหมือนของจริงมากที่สุด และมักจะนึกถึงแบบจำลองที่เป็น 3 มิติ

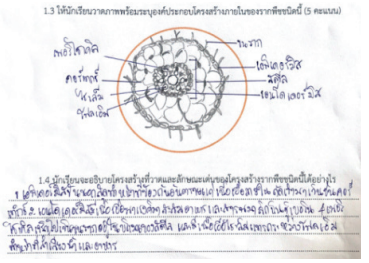
2) การสร้างแบบจำลองทางชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ผู้วิจัยวิเคราะห์ระดับคุณภาพในการสร้างแบบจำลองทางชีววิทยาตามกรอบแนวคิดของ Bamberger and Davis (2013) นำเกณฑ์ตัดสินคุณภาพที่เป็นร้อยละมาเทียบกับช่วงคะแนน โดยแบ่งระดับความสามารถออกเป็น 3 ระดับ ดังแสดงในตาราง ที่ 3

ตาราง 3 การสร้างแบบจำลองทางชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ตัวอย่างแบบจำลองทางชีววิทยาที่นักเรียนสร้าง	การสร้างแบบจำลองทางชีววิทยาแยกตามองค์ประกอบ	ระดับ	ร้อยละ
 (S_{13})	<u>**การอธิบาย**</u> นักเรียนอธิบายว่า *"โฟลเอ็มลำเลียงอาหารอาหารและไซเล็มลำเลียงน้ำและมีขนราก"* นักเรียนขาดการอธิบายมากกว่า 2 องค์ประกอบขึ้นไป <u>**การระบุสิ่งที่เป็นนามธรรม**</u> นักเรียนวาดภาพถึง *"ไซเล็ม โฟลเอ็ม และขนราก"* นักเรียนไม่สามารถวาดภาพเพื่อแสดงให้เห็นถึงส่วนประกอบของแบบจำลองได้โดยขาดมากกว่า 2 องค์ประกอบขึ้นไป <u>**การระบุคำสำคัญ**</u> นักเรียนไม่สามารถระบุคำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองทางชีววิทยาที่นักเรียนสร้างขึ้น โดยคำที่นักเรียนได้ระบุคือ *"เนื้อเยื่อโฟลเอ็ม ไซเล็มและขนราก"* เท่านั้น และขาดคำสำคัญมากกว่า 2 องค์ประกอบขึ้นไป <u>**การอธิบาย**</u> นักเรียนอธิบายว่า *"รากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวประกอบด้วยมัดท่อลำเลียงมีเนื้อเยื่อไซเล็มลำเลียงน้ำโฟลเอ็มลำเลียงอาหารมีพิธอยู่ตรงกลางและมีชั้นเอพิเดอร์ มิสช่วยป้องกันอันตรายและมีขนรากเจริญมาจากชั้นเพอริไซเคิล"* นักเรียนสามารถ	ต่ำ	33.48
 (S_{20})	อธิบายองค์ประกอบของเนื้อเยื่อพืชได้บางส่วนแต่ขาดการอธิบายมากกว่า 2 องค์ประกอบขึ้นไป <u>**การระบุสิ่งที่เป็นนามธรรม**</u> นักเรียนวาดภาพถึง *"มัดท่อลำเลียง ไซเล็ม โฟลเอ็ม พิธ เอพิเดอร์มิส เอนโดเดอร์มิสและขนราก"* นักเรียนสามารถวาดภาพเพื่อแสดงให้เห็นถึงส่วนประกอบของแบบจำลองทางชีววิทยาบางส่วนได้แต่ขาดองค์ประกอบของแบบจำลองทางชีววิทยามากกว่า 2 องค์ประกอบขึ้นไป <u>**การระบุคำสำคัญ**</u> นักเรียนระบุถึง *"มัดท่อลำเลียง ไซเล็ม โฟลเอ็ม พิธ เอพิเดอร์มิส เอนโดเดอร์มิสและขนราก"* นักเรียนสามารถระบุคำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองทางชีววิทยาที่นักเรียนสร้างขึ้นได้แต่ขาดคำสำคัญมากกว่า 2 คำขึ้นไป	ปานกลาง	37.97

ตาราง 3 การสร้างแบบจำลองทางชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (ต่อ)

ตัวอย่างแบบจำลองทางชีววิทยาที่นักเรียนสร้าง	การสร้างแบบจำลองทางชีววิทยาแยกตามองค์ประกอบ	ระดับ	ร้อยละ
 (S_{15})	<u>**การอธิบาย**</u> นักเรียนอธิบายว่า *"เอพิเดอร์มิสอยู่ชั้นนอกสุดทำหน้าที่ป้องกันอันตรายแก่เนื้อเยื่อภายในถัดเข้ามาเป็นชั้นคอร์เท็กซ์ มีเอนโดเดอร์มิสที่มีพาเรงคิมาช่วยสะสมอาหารและสารพวกลิกนินซูเบอริน เพอริไซเคิลเจริญไปเป็นขนรากอยู่ในชั้นของสตีลมีเนื้อเยื่อไซเล็มแทรกระหว่างโฟลเอ็มทำหน้าที่ลำเลียงน้ำและอาหาร"* นักเรียนสามารถอธิบายองค์ประกอบของเนื้อเยื่อพืชได้ครบทุกองค์ประกอบของการอธิบายเกี่ยวกับแบบจำลองทางชีววิทยาที่นักเรียนสร้างขึ้น <u>**การระบุสิ่งที่เป็นนามธรรม**</u> นักเรียนวาดภาพถึง *"เอพิเดอร์มิสคอร์เท็กซ์ เอนโดเดอร์มิส เพอริไซเคิล สตีล ไซเล็ม โฟลเอ็ม"* นักเรียนสามารถวาดภาพเพื่อแสดงให้เห็นถึงส่วนประกอบของแบบจำลองได้ครบทุกองค์ประกอบ <u>**การระบุคำสำคัญ**</u> นักเรียนระบุถึง *"เอพิเดอร์มิส คอร์เท็กซ์ เอนโดเดอร์ มิส เพอริไซเคิล สตีล ไซเล็ม โฟลเอ็ม"* นักเรียนสามารถระบุคำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองทางชีววิทยาที่นักเรียนสร้างขึ้นได้ครบทุกองค์ประกอบ	สูง	28.55

จากตาราง 3 พบว่านักเรียนมีการสร้างแบบจำลองทางชีววิทยาอยู่ในระดับปานกลางร้อยละ 37.37 มีการสร้างแบบจำลองทางชีววิทยาในระดับต่ำร้อยละ 33.48 และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางชีววิทยาในระดับสูงร้อยละ 28.55 เมื่อสรุปความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางชีววิทยาตามองค์ประกอบในการสร้างแบบจำลองทางชีววิทยา 3 องค์ประกอบ ตามกรอบแนวคิดของ Bamberger & Davis (2013) แสดงผลดังตาราง 4

ตาราง 4 คะแนนเฉลี่ยการสร้างแบบจำลองทางชีววิทยาโดยแยกตามองค์ประกอบและระดับความสามารถ

องค์ประกอบ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
การอธิบาย	1.79	1.03	ปานกลาง
การระบุสิ่งที่เป็นนามธรรม	1.86	1.07	ปานกลาง
การระบุคำสำคัญ	1.86	1.07	ปานกลาง
รวมทุกองค์ประกอบ	**5.51**	**3.17**	**ปานกลาง**

จากตาราง 4 พบว่านักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางชีววิทยาโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}$=5.51, S.D.=3.17) เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางชีววิทยาพบว่านักเรียนมีความสามารถในด้านการอธิบายอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}$=1.79, S.D.=1.03) ความสามารถในด้านการระบุสิ่งที่เป็นนามธรรมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}$=1.86, S.D.=1.07) และความสามารถในการระบุคำสำคัญอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}$=1.86, S.D.=1.07) ซึ่งสอดคล้องกับระดับความเข้าใจแบบจำลองทางชีววิทยาของนักเรียนก่อนหน้า

อภิปรายผล

จากผลการวิจัยข้างต้นผู้วิจัยอภิปรายผลตามข้อค้นพบดังนี้

1. นักเรียนมีข้อจำกัดในการสร้างความเข้าใจแบบจำลองทางชีววิทยา

จากผลสำรวจความเข้าใจแบบจำลองพบว่า โดยรวมนักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจแบบจำลองในระดับที่ไม่แน่ใจ ($\bar{X}$=3.49, S.D.=0.91) ว่าแบบจำลองเป็นสิ่งที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อเป็นตัวแทนความรู้ความเข้าใจในการอธิบายเป้าหมายบางอย่างให้เข้าใจง่ายขึ้น และมีความเข้าใจแบบจำลองทางชีววิทยาอยู่ในระดับที่ถูกต้อง คือแบบจำลองมีได้หลากหลายรูปแบบ และแบบจำลองทางชีววิทยาช่วยให้นักวิทยาศาสตร์แสดงความสัมพันธ์ของแนวคิดต่าง ๆ สอดคล้องกับผลการวิจัยก่อนหน้านี้ (Grosslight *et al.*, 1991 ; Treagust *et al.*, 2002 ; Supatchaiyawog, Faikhamta, & Suwanruji, 2014)

อย่างไรก็ตามแม้นักเรียนมีความเข้าใจในระดับที่ถูกต้องในด้านนี้แต่นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับความเข้าใจแบบจำลองทางชีววิทยาต้องเป็นแบบจำลองทีแน่นอน ($\bar{X}$=3.73, S.D.=0.96) โดยนักเรียนเข้าใจว่าในชุดข้อมูลชุดเดียวกันนักวิทยาศาสตร์จะสร้างแบบจำลองที่เหมือนกับเป้าหมายทุกประการอาจจะมีขนาดใหญ่กว่าหรือเล็กกว่าเท่านั้นและแบบจำลองใช้แทนสิ่งที่สามารถจับต้องหรือมองเห็นได้เท่านั้น จากการพิจารณาการยกตัวอย่างแบบจำลองของนักเรียนส่วนใหญ่อ้างถึงในคำถามปลายเปิด อ้างถึงแบบจำลองที่เป็น 3 มิติ และสามารถจับต้องได้ทั้งนี้อาจจะมีสาเหตุอีกประการหนึ่งคือการใช้คำที่นักเรียนพบในชีวิตประจำวัน เช่น โมเดล ซึ่งล้วนแล้วแต่ใช้แทนแบบจำลองที่เป็น 3 มิติ ทั้งสิ้น ดังนั้นจึงอาจจะเป็นได้ว่านักเรียนมีความสับสนต่อความหมายของคำว่าแบบจำลองหรือมีความเคยชินกับแบบจำลองข้างต้นที่มักจะนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้รายวิชาชีววิทยาเท่านั้น ในขณะที่แบบจำลองที่เป็น 2 มิติ เช่น สมการ ภาพวาด

แผนภาพถูกอ้างถึงเป็นส่วนน้อยในรายวิชาชีววิทยา (Quillin & Thomas, 2015) นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนยังมีความเข้าใจถึงการสร้างแบบจำลองต้องเหมือนเป้าหมายทุกประการ ซึ่งนักเรียนอาจจะสับสนกับการวาดภาพทางชีววิทยา (Dempsey, 2001) ที่เน้นการให้รายละเอียดและข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ (OCR, 2015) นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนมีความเข้าใจว่าแบบจำลองใช้แทนความรู้ที่ถูกต้องเท่านั้น ด้วยเหตุนี้แบบจำลองจึงไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ซึ่งความเข้าใจต่อแบบจำลองดังกล่าวอาจจะมีผลมาจากความเข้าใจแบบจำลองของครูด้วยเช่นกัน (ลฎาภา ลดาชาติ และ ลือชา ลดาชาติ, 2560) ผลการวิจัยดังกล่าวชี้ให้เห็นว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายส่วนใหญ่ยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับแบบจำลองทางชีววิทยาที่สะท้อนออกมาให้ได้เห็นจากการสร้างแบบจำลองที่นักเรียนสร้างด้วยเช่นกัน

2. แบบจำลองที่สร้างมาจากการจดจำเป็นอุปสรรคต่อการสร้างและใช้แบบจำลองอธิบายปรากฏการณ์

เมื่อนักเรียนมีข้อจำกัดในการสร้างความเข้าใจต่อแบบจำลองทางชีววิทยา และผลจากการศึกษาการสร้างแบบจำลองทางชีววิทยาในการศึกษาเนื้อเยื่อพืช ชี้ให้เห็นว่า นักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางชีววิทยาอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}$=5.51, S.D.=3.17) โดยเป็นการวาดภาพโครงสร้างแสดงโครงสร้างภายในอย่างง่าย ๆ มีองค์ประกอบบางส่วน พบเห็นได้ทั่วไปตามแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ และเมื่อวิเคราะห์แยกตามองค์ประกอบ พบว่านักเรียนมีความสามารถในระดับปานกลางทุกองค์ประกอบเช่นกันแต่มีองค์ประกอบในด้านการอธิบายน้อยที่สุด และคำอธิบายที่เขียนมักจะเป็นคำอธิบายสั้น ๆ ในลักษณะจดจำข้อเท็จจริง นั้นซึ่งเป็นไปได้ว่านักเรียนสร้างแบบจำลองจากข้อเท็จจริงที่จดจำมาจากที่ครูหรือแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ นำเสนอ (Harrison and Treagust, 2000) มากกว่าที่จะสร้างแบบจำลองจากความเข้าใจเพื่อเป็นตัวแทนหรือนำมาใช้อธิบายปรากฏการณ์ ส่งผลให้มีคะแนนองค์ประกอบในส่วนนี้น้อย

นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นยังไม่ได้นำมาใช้เป็นเครื่องมือสำคัญในการอธิบายและพัฒนาความเข้าใจต่อปรากฏการณ์ของนักเรียน (Schwarz *et al*., 2009) โดยเมื่อพิจารณาองค์ประกอบด้านการระบุสิ่งที่เป็นนามธรรม พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการระบุสิ่งที่เป็นนามธรรมอยู่ในระดับปานกลางคือนักเรียนสามารถระบุได้เพียงสิ่งที่ตนเองมีประสบการณ์ในการสังเกตได้เท่านั้น (LaDue *et al*., 2015) และนักเรียนส่วนใหญ่อาจจะมีความสับสนในการระบุสิ่งที่เป็นนามธรรมที่ต้องอาศัยจินตนาการร่วมด้วย และความเข้าใจในการสร้างและบทบาทของแบบจำลองที่ไม่จำเป็นต้องเหมือนของจริง (Quillin and Thomas, 2015) จึงทำให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางชีววิทยาได้ไม่ดีเท่าที่ควร เช่นเดียวกับองค์ประกอบด้านการระบุคำสำคัญพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการระบุสิ่งที่เป็นนามธรรมอยู่ในระดับปานกลางโดยนักเรียนไม่สามารถระบุคำสำคัญที่สอดคล้องกับสถานการณ์ในแบบจำลองได้ เพียงแค่ระบุองค์ประกอบหลัก ๆ ได้เท่านั้น ซึ่งอาจจะไม่ได้แสดงถึงความเกี่ยวโยงในแง่ของหน้าที่ที่สัมพันธ์กัน ซึ่งในองค์ประกอบนี้อาศัย 2 องค์ประกอบก่อนหน้าคือต้องสามารถระบุสิ่งที่เป็นนามธรรมด้วยการวาดภาพให้ถูกต้องเสียก่อนเพื่อระบุคำสำคัญต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองที่นักเรียนสร้าง

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะทั่วไป

จากผลการวิจัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังมีข้อจำกัดเกี่ยวกับการทำความเข้าใจแบบจำลองทางชีววิทยาที่ส่งผลต่อการสร้างแบบจำลองทางชีววิทยา และนักเรียนได้ยกตัวอย่างแบบจำลองที่อยู่ในรูปแบบ 3 มิติหรือวัตถุ มากกว่า 2 มิติ นักเรียนจึงมีความเข้าใจไม่ถูกต้องว่าแบบจำลองต้องเป็นแบบจำลองที่แน่นอน ซึ่งอาจมีผลมาจากประสบการณ์ของผู้เรียนที่เน้นให้ผู้เรียนได้ใช้แบบจำลองในการนำเสนอความรู้ทางวิทยาศาสตร์มากกว่าการสร้างแบบจำลองจากความรู้ความเข้าใจของตนเอง

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ในการจัดการเรียนรู้รายวิชาชีววิทยาที่เน้นการพัฒนาการสร้างแบบจำลอง ครูผู้สอนควรจัดกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้เรียนรู้ถึงความแตกต่างระหว่างการสร้างแบบจำลองทางชีววิทยาและการวาดภาพทางชีววิทยา ซึ่งในกระบวนการสร้างแบบจำลอง (modeling) เพื่อลดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในการสร้างแบบจำลอง ดังนั้นครูผู้สอนจำเป็นจะต้องชี้ให้เห็นถึงบทบาท วิธีการได้มา และข้อจำกัดของแบบจำลอง ในการใช้อธิบายปรากฏการณ์ทางชีววิทยาด้วยเช่นกัน นอกจากนี้การกระตุ้นให้นักเรียนนำเสนอแบบจำลองที่หลากหลายจากปรากฏการณ์เดียวกันอาจจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจถึงบทบาทและการสร้างแบบจำลองได้ด้วยเช่นกัน

เอกสารอ้างอิง

ฐาปกรณ์ ฤทธิ์มะหา และปาริชาติ แสนนา. (2562). โมเดลสมการโครงสร้างของแรงจูงใจในการเรียนวิชาชีววิทยาและการใช้เหตุผลโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. *งานประชุมวิชาการระดับชาติเรื่อง นวัตกรรมการเรียนรู้สู่การพัฒนาชุมชนครั้งที่ 7* (น. 307-319). ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.

ลฎาภา ลดาชาติ และลือชา ลดาชาติ. (2560). มุมมองและความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของครูวิทยาศาสตร์. *วารสารการวิจัยเพื่อพัฒนาชุมชน (มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์), 10*(3), 149-162.

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2551). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์เกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2561). *หนังสือเรียนรายวิชา ชีววิทยาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ชีววิทยาเพิ่มเติม เล่ม 1*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2561). *หนังสือเรียนรายวิชา ชีววิทยาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ชีววิทยาเพิ่มเติม เล่ม 3*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค.

Bamberger, Y. M., & Davis, E. A. (2013). Middle-school science students' scientific modelling performances across content areas and within a learning progression. *International Journal of Science Education, 35*(2), 213-238.

Ben-Zvi Assaraf, O., Tripto, J., Snapir, Z., & Amit, M. (2016). The 'What is a system' reflection interview as a knowledge integration activity for high school students' understanding of complex systems in human biology. *International Journal of Science Education, 38*(4), 564-595.

Davis, E. A., Kenyon, L., Hug, B., Nelson, M., Beyer, C., Schwarz, C., & Reiser, B. J. (2008). MoDeLS: Designing supports for teachers using scientific modeling. *In annual meeting of the Association for Science Teacher Education, St. Louis, MO.*

Grosslight, L., Unger, C., Jay, E., & Smith, C. L. (1991). Understanding models and their use in science: Conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science teaching, 28*(9), 799-822.

Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International journal of science education, 22*(9), 1011-1026.

Hoover-Dempsey, K. V., Battiato, A. C., Walker, J. M., Reed, R. P., DeJong, J. M., & Jones, K. P. (2001). Parental involvement in homework. *Educational psychologist, 36*(3), 195-209.

LaDue, N. D., Libarkin, J. C., & Thomas, S. R. (2015). Visual representations on high school biology, chemistry, earth science, and physics assessments. *Journal of science education and technology, 24*(6), 818-834.

OCR, (2015). *A level biology and a level biology b (advancing biology) biological drawing*. Oxford Cambridge and RSA. Retrieved from https://www.ocr.org.uk/Images/251799-biology-drawing-skills-handbook.pdf.

Quillin, K., & Thomas, S. (2015). Drawing-to-learn: a framework for using drawings to promote model-based reasoning in biology. *CBE—Life Sciences Education, 14*(1), es2.

Rovinelli, R. J., & Hambleton, R. K. (1996). On the use of content specialists in the assessment of criterion-referenced test item validity. *Dutch Journal of Educational Research, (2)*, 49-60.

Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Acher, A., Fortus, D., & Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching, 46*(6), 632-654.

Supatchaiyawong, P., Faikhamta, C., & Suwanruji. (2014). Understandings of the nature of scientific model of students' grade 10. *Journal of Education, Prince of Songkla University, Pattani Campus, 25*(1), 37-50.

Treagust, D. F., Chittleborough, G., & Mamiala, T. L. (2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education, 24*(4), 357-368.

Van Driel, J. H., & Verloop, N. (2002). The development of preservice chemistry teachers' pedagogical content knowledge. *Science Education, 86*(4), 572-590.

Verhoeff, R. P., Waarlo, A. J., & Boersma, K. T. (2008). Systems modelling and the development of coherent understanding of cell biology. *International Journal of Science Education, 30*(4), 543-568.

Windschitl, M., & Thompson, J. (2006). Transcending simple forms of school science investigation: The impact of preservice instruction on teachers' understandings of model-based inquiry. *American Educational Research Journal, 43*(4), 783-835.