

การลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ลือชา ลดาชาติ¹ กมลรัตน์ ฉิมพาลี² นิชชฌา อาโยวงษ์³
นพคุณ แงวฤดูเรือ⁴ สำเร็จ สระขาว⁵ ชื่นหทัย หวังเอียด⁶
และจุฬารัตน์ ธรรมประทีป⁷

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 10 คน คณะผู้วิจัยพัฒนากิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนได้ลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เพื่อตอบคำถามที่ว่า “ภัยแล้งส่งผลต่อความหลากหลายทางพันธุกรรมของนกฟินช์หรือไม่ และได้อย่างไร” กิจกรรมนี้ประกอบด้วยใบกิจกรรมแบบเขียนตอบ ซึ่งกำหนดให้นักเรียน (1) ลงข้อสรุปจากหลักฐานเชิงประจักษ์ จำนวน 9 ชิ้น และ (2) นำข้อสรุปเหล่านั้นมาสร้างเป็นคำอธิบายเพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ จากนั้น คณะผู้วิจัยวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนแต่ละคนด้วยวิธีการอุปนัย โดยการพัฒนาเกณฑ์การจัดกลุ่มข้อสรุปของนักเรียน ซึ่งประกอบด้วย (1) ข้อสรุปตามหลักฐาน (2) ข้อสรุปตามและเกินจากหลักฐาน (3) ข้อสรุปคลาดเคลื่อนและเกินจากหลักฐาน และ (4) ไม่มีข้อสรุปหรือข้อสรุปไม่ชัดเจน จากนั้นคณะผู้วิจัยพิจารณาว่า นักเรียนแต่ละคนนำข้อสรุปจากหลักฐานเหล่านั้นมาสร้างเป็นคำอธิบายที่ตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ ผลการวิจัยเปิดเผยว่า คำตอบของนักเรียนเหล่านี้ประมาณร้อยละ 30 เป็นการลงข้อสรุปตามหลักฐาน ประมาณร้อยละ 52 เป็นการลงข้อสรุปที่มีการใช้ความคิดเห็นส่วนตัว ซึ่งทำให้ข้อสรุปเหล่านี้คลาดเคลื่อนและ/หรือเกินจากหลักฐาน และ

¹ นักวิชาการศึกษาระดับชำนาญการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

² ครูประจำโรงเรียนถนนหักพิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 32

³ ครูประจำโรงเรียนหนองหัวพิทยาสรรค์ องค์การบริหารส่วนจังหวัดนครราชสีมา

⁴ ครูประจำโรงเรียนบ้านแอดศึกษา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 25

⁵ ครูประจำโรงเรียนวรนาถเฉลิม จังหวัดสงขลา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 16

⁶ ครูประจำโรงเรียนสายบุรี “แจ้งประชาคาร” สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 15

⁷ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

อีกประมาณร้อยละ 18 เป็นการบรรยายหลักฐานที่ไม่มีการลงข้อสรุปหรือเป็นข้อสรุปที่ไม่ชัดเจน ด้วยเหตุนี้ นักเรียนทุกคนจึงไม่สามารถนำข้อสรุปเหล่านั้นไปสร้างเป็นคำอธิบายที่ตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ได้ การวิจัยนี้เสนอแนวทางการพัฒนาความสามารถของนักเรียนในการลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

- คำสำคัญ :** 1. การลงข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์. 2. การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์.
3. การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์. 4. ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์.
5. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.

Ninth Grade Students' Making Scientific Inferences and Explanations

Luecha Ladachart⁸, Kamonrat Chimphali⁹, Nichatcha Aryowong¹⁰,
Nophakun Ngaewkoodrua¹¹, Samset Srakhao¹², Chuenhatai Wangead¹³
and Jurarat Thammaprteep¹⁴

Abstract

This research aimed at studying how 10 ninth grade students made scientific inferences and scientific explanations. The activity was designed for the students to draw inferences and propose an explanation addressing to the question of, "How does drought affect genetic diversity of finch population?" The activities included written worksheets which were assigned the students to: 1) make inferences based on 9 pieces of empirical evidence and 2) use those inferences to propose an explanation addressing the assigned scientific question. The students' answers were analyzed using an inductive method. Criteria for categorizing the students' inferences were developed. These were: 1) inferences based on evidence, 2) inferences based on and beyond evidence, 3) inferences deviated from and beyond evidence, and 4) no or unclear inferences. The students'

⁸ Educator at Bureau of Academic Affairs and Educational Standards, Office of the Basic Education Commission

⁹ Teacher at Thanonhak Pittayakhom School, The Secondary Educational Service Area Office 32

¹⁰ Teacher at Nongwa Pittayasarn School, Provincial Administrative Organization Nakhon Ratchasima

¹¹ Teacher at Banhaed Suksa School, The Secondary Educational Service Area Office, 25

¹² Teacher at Woranari Chaloe Songkhla School, The Secondary Educational Service Area Office 16

¹³ Teacher at Saiburi Cheang Prachakarn School, The Secondary Educational Service Area Office 15

¹⁴ Assistant Professor, School of Educational Studies, Sukhothai Thammathirat Open University, Bangkok, Thailand

answers were considered in terms of whether or not each student used those inferences to provide an explanation for the assigned scientific question. The results revealed that about 30% of the students' answers were inferences based on evidence, about 52% were inferences with personal opinions, making them deviate from and beyond the evidence, and about 18% were no or unclear inferences. As a result, all the students could not use those inferences to make an explanation addressing the assigned scientific question. This research presents guidelines for developing students' ability to make scientific inferences and explanations.

Keywords: 1. Making scientific inferences. 2. Constructing scientific explanation. 3. Teaching and learning science. 4. Nature of science. 5. Ninth grade students.

บทนำ

วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมหนึ่งของมนุษย์ที่มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อทำความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ในการนี้ นักวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องมีการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่ตนเองสนใจศึกษา ซึ่งจะนำไปสู่การเก็บรวบรวม การจัดกระทำ และการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อลงข้อสรุปที่ตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาตินั้น (National Research Council (NRC), 1996: 23) อย่างไรก็ตาม เนื่องจากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติส่วนใหญ่มีความซับซ้อนและเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องยาวนาน การอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติใดๆ จึงต้องมีการศึกษาอย่างรอบด้าน เพื่อนำข้อสรุปจากการศึกษาเหล่านั้นมาเชื่อมโยงกัน และสร้างเป็นคำอธิบายที่กล่าวถึง “กระบวนการหรือกลไก” ที่ทำให้ปรากฏการณ์ทางธรรมชาตินั้นเกิดขึ้น ดังนั้น การลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบายบนพื้นฐานของหลักฐานเชิงประจักษ์จึงเป็นลักษณะสำคัญประการหนึ่งของการทำงานทางวิทยาศาสตร์ (Ladachart et al., 2013: 271-272)

ท่ามกลางกระแสของความพยายามในการส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ เจกเช่นเดียวกับกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการพัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (NRC, 1996: 23) นักเรียนจึงถูกคาดหวังให้มีความสามารถในการลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบายบนพื้นฐานของหลักฐานเชิงประจักษ์ (Faikhamta, 2008: 40) หลักสูตรวิทยาศาสตร์แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (Bureau of Academic Affairs and Educational Standards, 2010: 94) ได้ระบุถึงความสำคัญของการลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไว้ในสาระที่ 8 “ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี” ดังนี้ “(นักเรียน) ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้...รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นมีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูล (หลักฐานเชิงประจักษ์)...ที่มีอยู่ในเวลานั้นๆ ...” [ข้อความถูกเน้นโดยผู้เขียน] ในทำนองเดียวกัน โครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Programme for International Student Assessment: PISA) โดยองค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organisation for Economic Cooperation and Development: OECD) ได้กำหนดไว้ว่า นักเรียนอายุ 15 ปีควรสามารถ “อธิบายปรากฏการณ์ (ทางธรรมชาติ) อย่างเป็นวิทยาศาสตร์” และ “ตีความหมายข้อมูลและหลักฐานอย่างเป็นวิทยาศาสตร์” (OECD, 2013: 8-9) สิ่งเหล่านี้แสดงให้เห็นว่า นักเรียนควรได้รับการพัฒนาให้มีความสามารถในการลงข้อสรุปและอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์

อย่างไรก็ดี งานวิจัยที่มุ่งศึกษาและพัฒนาความสามารถของนักเรียนไทยด้านนี้ยังคงมีอยู่อย่างจำกัด โดยเฉพาะเมื่อเทียบกับงานวิจัยที่มุ่งเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ งานวิจัยจำนวนเพียงเล็กน้อยระบุว่านักเรียนไทยในระดับชั้นต่างๆ ยังคงไม่สามารถใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ในการลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างเช่น Kanchana Mahalee and Chatree Faikhamta (2010: 805) พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เพียงร้อยละ 41 (N=110) เข้าใจว่า การพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องอาศัยหลักฐานเชิงประจักษ์ Luecha Ladachart and Ladapa Suttakun (2012: 82) พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 13 คน จากทั้งหมด 14 คน ไม่เข้าใจว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการลงข้อสรุปบนพื้นฐานของหลักฐานเชิงประจักษ์ ในขณะที่ Ladapa Suttakun and Luecha Ladachart (2013: 119) พบว่า การให้เหตุผลของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ประมาณร้อยละ 86 ขาดองค์ประกอบที่จำเป็นของการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ นั่นคือ ข้อสรุป หลักฐาน และการชี้แจงความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปและหลักฐาน) งานวิจัยเหล่านี้จึงสะท้อนว่า การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์อาจยังไม่เน้นให้นักเรียนได้ฝึกลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์

Luecha Ladachart and Ladapa Suttakun (2012: 87) พยายามอธิบายสาเหตุของปัญหาที่นักเรียนไทยยังไม่เข้าใจการใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ในการลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยการระบุว่า

(ปัญหา) อาจเป็นผลมาจากประสบการณ์การเรียนรู้ในโรงเรียนของนักเรียน กล่าวคือ การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนเคยได้รับมาในอดีตอาจเน้นการทดลองหรือการสาธิตเพื่อแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ที่สนับสนุนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยปราศจากการเน้นย้ำว่า นักวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องตีความและ (ลงข้อสรุป) หลักฐานเชิงประจักษ์เหล่านั้น การขาดการเน้นย้ำดังกล่าวอาจทำให้นักเรียนเข้าใจว่า หลักฐานเชิงประจักษ์เป็นสิ่งที่มีความชัดเจนในตัวเอง

กล่าวคือ เมื่อการสาธิตหรือการทดลองให้หลักฐานเชิงประจักษ์บางอย่างแล้ว แทนที่นักเรียนจะเป็นผู้ลงข้อสรุปจากหลักฐานเหล่านั้น ครูกลับกลายเป็นผู้บอกกับนักเรียนว่า หลักฐานนั้นควรนำไปสู่ข้อสรุปอะไร โดยนักเรียนไม่มีโอกาสได้คิด ตีความ และลงข้อสรุปจากหลักฐานนั้นด้วยตนเอง (Ketsing and Roadrangka, 2010: 8, 11, 13-4) อีกคำอธิบายหนึ่งที่นักวิจัยกล่าวถึงว่า การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในหลายพื้นที่ยังคงเน้นการบรรยายเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ (Promprasit et al., 2008: 8; Ladachart and Roadrangka, 2008: 1318; Dahsah and Faikhamta, 2008: 295-297) โดยปราศจากการอ้างอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ใดๆ

อย่างไรก็ตาม คำอธิบายข้างต้นเป็นคำอธิบายบนพื้นฐานของผลการวิจัยจากจำนวนนักเรียนผู้ให้ข้อมูลที่จำกัด ซึ่งอาจยังไม่สามารถนำไปใช้อ้างอิงในบริบทอื่นได้มากนัก นอกจากนี้ งานวิจัยเหล่านี้ไม่ได้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบายของนักเรียนโดยตรง หากแต่เป็นการศึกษาคุณลักษณะด้านอื่นๆ เช่น ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงออกแบบมาเพื่อศึกษาเพิ่มเติมว่า (1) นักเรียนไทยมีความสามารถในการลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบายบนพื้นฐานของหลักฐานเชิงประจักษ์ได้ดีเพียงใด และ (2) อะไรคืออุปสรรคสำคัญของการลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเหล่านั้นในการนี้ คณะผู้วิจัยคาดหวังว่า ผลการวิจัยนี้จะช่วยสร้างความกระจ่างเกี่ยวกับแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ที่จะช่วยพัฒนานักเรียนไทยให้มีความสามารถในการลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างตรงประเด็นและมีประสิทธิภาพต่อไป

วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ (Ladachart, 2012) ภายใต้กระบวนการตีความ (Erickson, 1985) ที่ผู้วิจัยเน้นการทำความเข้าใจการลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 10 คน รายละเอียดของภูมิหลัง บริบท ผู้ให้ข้อมูล การพัฒนาเครื่องมือ การเก็บข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล มีดังต่อไปนี้

ภูมิหลัง

การวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งใน “โครงการพัฒนาความสามารถด้านการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เพื่อยกระดับคุณภาพการศึกษาศึกษาวิทยาศาสตร์” โดย สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและเผยแพร่กิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นให้มีความสามารถด้านการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ โดยแต่ละกิจกรรมเน้นลักษณะสำคัญของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกัน อาทิ การออกแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ การปฏิบัติทดลองทางวิทยาศาสตร์ (ทั้งโดยการใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์และโดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เสมือนจริง) การจัดทำและวิเคราะห์ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ การลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้เหล่านี้เป็นไปตามข้อเสนอในงานวิจัยของ Chinn and Malhotra (2002: 204-205) ซึ่งกล่าวไว้ว่า กิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ไม่ควรเรียบง่ายและตรงไปตรงมาเกินไป เช่น กิจกรรม

ที่เน้นให้นักเรียนได้ปฏิบัติตามลำดับขั้นตอนที่ถูกกำหนดไว้ก่อนล่วงหน้า หากแต่ควรมีความซับซ้อนไว้ระดับหนึ่ง ทั้งนี้เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกคิด ลงมือปฏิบัติ อภิปราย และให้เหตุผลแก่เช่นเดียวกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์

ในการดำเนินโครงการนี้ ผู้วิจัยคนที่ 1 ได้เชิญอาจารย์จากมหาวิทยาลัย นักวิชาการ ศึกษา ศึกษานิเทศก์ และครูวิทยาศาสตร์จากพื้นที่ต่าง ๆ มาเข้าร่วมพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นลักษณะสำคัญของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ โดยผู้ที่มีทั้งสิ้น 39 คน ซึ่งประกอบด้วยอาจารย์จากมหาวิทยาลัย 4 คน นักวิชาการศึกษา 2 คน ศึกษานิเทศก์ 2 คน และครูวิทยาศาสตร์ 31 คน จากนั้น ผู้วิจัยคนที่ 1 ได้เชิญผู้ที่มีทั้งสิ้น เข้าร่วมการประชุมเชิงปฏิบัติการ 2 ครั้ง ในระหว่างวันที่ 14–18 พฤษภาคม 2557 และในระหว่างวันที่ 25–27 กรกฎาคม 2557 ตามลำดับ การประชุมครั้งแรกเป็นการชี้แจงกรอบการทำงานในภาพรวมของการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นลักษณะสำคัญของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ โดยผู้วิจัยคนที่ 1 ให้ศึกษานิเทศก์และครูวิทยาศาสตร์เลือกเข้ากลุ่มตามความสนใจในแต่ละลักษณะของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ในขณะที่อาจารย์จากมหาวิทยาลัยและนักวิชาการศึกษาคอยดูแลและให้คำแนะนำในแต่ละกลุ่ม ในการนี้ ครูวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 คน (ผู้วิจัยคนที่ 2-4) สนใจเลือกการพัฒนา กิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้ฝึกลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยผู้วิจัยคนที่ 7 เป็นผู้ดูแลและให้คำแนะนำ

ในระหว่างการประชุมครั้งที่ 1 ผู้วิจัยคนที่ 1–4 ร่วมกันเลือกเนื้อหาของกิจกรรมการเรียนรู้ โดยการพิจารณาองค์ประกอบหลายด้าน ทั้งหลักสูตรวิทยาศาสตร์แกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ความสอดคล้องกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ที่แท้จริง และศักยภาพในการส่งเสริมการเรียนรู้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในอนาคต จนกระทั่งผู้วิจัยคนที่ 1–4 เห็นพ้องกันว่า “การเปลี่ยนแปลงทางสิ่งแวดล้อมมักมีความหลากหลายทางพันธุกรรม” เป็นเนื้อหาที่น่าสนใจ ทั้งนี้เพราะเนื้อหาดังกล่าวสอดคล้องกับสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แกนกลางในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งกล่าวถึงผลของการเปลี่ยนแปลงทางสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ที่มีต่อความหลากหลายทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต เช่น การตัดไม้ทำลายป่าและการใช้สารเคมี (Bureau of Academic Affairs and Educational Standards, 2010: 27) นอกจากนี้ เนื้อหานี้ยังสะท้อนการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ในอดีตที่เคยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดภัยแล้งและความหลากหลายทางพันธุกรรมของนกฟินช์ในหมู่เกาะกาลาปากอส (Boag and Grant, 1981) ในขณะที่เนื้อหานี้ยังเกี่ยวข้องหรือเป็นพื้นฐานของการเรียนรู้แนวคิดทางชีววิทยาอื่น ๆ เช่น ประชากร การคัดเลือกโดยธรรมชาติ และวิวัฒนาการ ด้วยเหตุผลเหล่านี้ ผู้วิจัยคนที่ 2–4 จึงเริ่มออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบายทาง

วิทยาศาสตร์ภายใต้เนื้อหาเรื่อง “ภัยแล้งและความหลากหลายทางพันธุกรรมของนกฟินช์” เนื่องจากการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เริ่มต้นจากคำถามทางวิทยาศาสตร์ (Lederman et al., 2014: 68) ผู้วิจัยคนที่ 1 จึงได้กำหนดเงื่อนไขให้ทุกกิจกรรมการเรียนรู้เริ่มต้นด้วยสถานการณ์ที่ก่อให้เกิด “คำถามทางวิทยาศาสตร์” โดยนักเรียนจะต้องทำการใดๆ เพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์นั้น (ซึ่งในกรณีนี้คือการใช้หลักฐานเชิงประจักษ์เพื่อลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์) การกำหนดเงื่อนไขนี้เป็นไปเพื่อให้ทุกกิจกรรมการเรียนรู้สะท้อน “ธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์” ในการนี้ ผู้วิจัยคนที่ 2-4 ได้สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ เกี่ยวกับการเกิดภัยแล้งครั้งใหญ่ในเกาะขนาดเล็กแห่งหนึ่งในหมู่เกาะกาลาปากอส ซึ่งส่งผลให้ความหลากหลายทางพันธุกรรมของนกฟินช์ลดลงอย่างรวดเร็ว พร้อมทั้งนำหลักฐานทางวิทยาศาสตร์เหล่านั้นมาร้อยเรียงเป็นเรื่องราว เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกลงข้อสรุปจากหลักฐานทางวิทยาศาสตร์แต่ละชิ้น และนำข้อสรุปเหล่านั้นมาเชื่อมโยงกันเพื่อสร้างเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่ว่า “ภัยแล้งส่งผลต่อความหลากหลายทางพันธุกรรมของนกฟินช์หรือไม่ และได้อย่างไร” โดยกิจกรรมการเรียนรู้นี้มีชื่อว่า “ไขปริศนานกฟินช์”

ในการประชุมครั้งที่ 2 ผู้วิจัยคนที่ 5-6 ได้เข้ามามีส่วนร่วมเพิ่มเติม เพื่อทบทวนความถูกต้องด้านเนื้อหาและความต่อเนื่องของลำดับการนำเสนอกิจกรรมย่อยต่างๆ ซึ่งเริ่มต้นด้วย

1) การนำเสนอบริบทของกิจกรรม โดยการให้นักเรียนรู้จักตำแหน่งและภูมิประเทศของเกาะขนาดเล็กแห่งหนึ่งในหมู่เกาะกาลาปากอส ซึ่งเป็นเกาะปิดที่สิ่งมีชีวิตไม่สามารถเดินทางหรือย้ายไปอาศัยอยู่ที่อื่นได้

2) การทบทวนความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับความหลากหลายทางชีวภาพ โดยการนำเสนอความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ที่อาศัยในเกาะแห่งนั้น พร้อมทั้งเน้นให้นักเรียนเข้าใจความแตกต่างระหว่างความหลากหลายทางพันธุกรรมและความหลากหลายของชนิดของสิ่งมีชีวิต

3) การสำรวจความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับปัจจัยที่อาจส่งผลต่อความหลากหลายทางชีวภาพ ทั้งความหลากหลายทางพันธุกรรมและความหลากหลายของชนิดของสิ่งมีชีวิต

4) การนำเสนอความหลากหลายทางพันธุกรรมของนกฟินช์ในเกาะแห่งนั้น พร้อมทั้งนำเสนอสถานการณ์การเกิดภัยแล้งครั้งใหญ่ในปี ค.ศ. 1977 ซึ่งส่งผลกระทบต่ออย่างกว้างขวางต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ รวมทั้งนกฟินช์ที่อาศัยอยู่ในเกาะแห่งนั้น

5) การนำเสนอคำถามทางวิทยาศาสตร์ นั่นคือ ภัยแล้งส่งผลต่อความหลากหลาย

ทางพันธุกรรมของนกฟินช์หรือไม่ และได้อย่างไร พร้อมทั้งอภิปรายกับนักเรียนว่า การตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ใดๆ ต้องอาศัยหลักฐานเชิงประจักษ์

6) การให้นักเรียนได้พิจารณาและลงข้อสรุปจากหลักฐานเชิงประจักษ์ จำนวน 9 ชั้น (รายละเอียดปรากฏในหัวข้อ “เครื่องมือวิจัย”)

7) การให้นักเรียนนำข้อสรุปจากหลักฐานเชิงประจักษ์ทั้ง 9 ชั้น มาเชื่อมโยงกันเพื่อสร้างเป็นคำอธิบายที่ตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์

8) การนำคำอธิบายนั้นไปใช้อธิบายสถานการณ์อื่นๆ ที่คล้ายกัน เช่น การตัดไม้ทำลายป่าส่งผลต่อความหลากหลายทางพันธุกรรมหรือไม่ และการใช้สารเคมีส่งผลต่อความหลากหลายทางพันธุกรรมหรือไม่ เป็นต้น

9) การอภิปรายเกี่ยวกับแนวทางในการรักษาความหลากหลายทางชีวภาพในท้องถิ่นของนักเรียน

รายละเอียดทั้งหมดของกิจกรรมการเรียนรู้ปรากฏอยู่ในเอกสารเรื่อง “กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์” (Bureau of Academic Affairs and Educational Standards, 2014: 26-49)

บริบท

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการในภาคเรียนที่ 1 ของปีการศึกษา 2557 ณ โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่ง ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โรงเรียนนี้เปิดสอนตั้งแต่ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 และมีนักเรียนจำนวนทั้งสิ้น 3,007 คน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีจำนวนทั้งสิ้น 468 คน จาก 11 ห้องเรียน (ห้องเรียนละ 42 – 43 คน) นักเรียนจากโรงเรียนแห่งนี้ทำคะแนนจากการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินิยมพื้นฐาน (O-NET) วิชาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ได้สูงกว่าทั้งค่าเฉลี่ยของประเทศ ค่าเฉลี่ยของเขตพื้นที่การศึกษา และค่าเฉลี่ยของจังหวัด ในช่วงเวลาของการดำเนินการวิจัยนี้ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ทุกคนกำลังเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 คาบต่อสัปดาห์ คาบละ 50 นาที ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ เนื่องจากเนื้อหาของกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง “ไซปริตนาถนกฟินช์” ไม่ตรงกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนเหล่านี้กำลังเรียนอยู่ ผู้วิจัยคนที่ 2 จึงติดต่อกับครูวิทยาศาสตร์ที่รับผิดชอบสอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อสอบถามความสมัครใจในการทดลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งได้รับความร่วมมือจากครูวิทยาศาสตร์คนหนึ่ง จากนั้นผู้วิจัยคนที่ 2 จึงขอให้ครูวิทยาศาสตร์คนนี้เลือกนักเรียนที่สนใจและสมัครใจเป็นผู้ให้ข้อมูล

ผู้ให้ข้อมูล

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (อายุประมาณ 14–15 ปี) ที่แสดงความสนใจและสมัครใจเข้าร่วมเป็นผู้ให้ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้มีจำนวน 10 คน นักเรียนเหล่านี้ประกอบ

ด้วยนักเรียนชาย 4 คนและนักเรียนหญิง 6 คน ซึ่งมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยรวมที่ดี โดยมีเกรดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.00 – 3.50 อย่างไรก็ตาม นักเรียนผู้ให้ข้อมูลยังไม่เคยผ่านการจัดการเรียนการสอนเรื่องความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต การคัดเลือกโดยธรรมชาติ และวิวัฒนาการ และยังไม่เคยผ่านการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มาก่อน ดังนั้น ความสามารถในการลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบายของนักเรียนเหล่านี้จึงเป็นผลมาจากความรู้เดิมและประสบการณ์การเรียนรู้ส่วนบุคคลของนักเรียน ในรายงานวิจัยฉบับนี้ คณะผู้วิจัยอ้างถึงนักเรียนแต่ละคนด้วยสัญลักษณ์ S พร้อมด้วยหมายเลข 1–10 เช่น S1 S2 S3 ... และ S10 ทั้งนี้เพื่อป้องกันผลเสียหายใดๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นกับนักเรียนในภายหลัง โดยนักเรียน S1–S4 เป็นนักเรียนชาย ในขณะที่นักเรียน S5–S10 เป็นนักเรียนหญิง

เครื่องมือวิจัย

ในการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง “ไซปรีศานากพินซ์” คณะผู้วิจัยได้พัฒนาใบกิจกรรมแบบเขียนตอบ จำนวน 2 ใบ ใบกิจกรรมที่ 1 “ภัยแล้งและความหลากหลายทางพันธุกรรมของนกพินซ์” เป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมย่อยที่ 6 ซึ่งนักเรียนต้องพิจารณาและลงข้อสรุปจากหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ละชั้น จำนวน 9 ชั้น ดังนี้

1) หลักฐานชั้นที่ 1 “ประชากรนกพินซ์ในฤดูกาลต่างๆ ในช่วงปี ค.ศ. 1973-1978” เป็นการนำเสนอแผนภูมิแท่ง ซึ่งแกนนอนเป็นฤดูกาลในแต่ละปี (ฤดูฝนและฤดูร้อน) ในขณะที่แกนตั้งเป็นจำนวนนกพินซ์ ข้อสรุปสำคัญจากหลักฐานนี้คือว่า (1) ภายในปีเดียวกัน นกพินซ์ในฤดูฝนมีจำนวนมากกว่านกพินซ์ในฤดูร้อน และ (2) จำนวนนกพินซ์ลดลงอย่างมากในช่วงที่เกิดภัยแล้ง

2) หลักฐานชั้นที่ 2 “ชนิดอาหารของนกพินซ์แต่ละชนิด” เป็นการนำเสนอภาพส่วนหัวของนกพินซ์ 4 ชนิดที่มีลักษณะจะงอยปากแตกต่างกัน พร้อมกับสิ่งที่นกพินซ์แต่ละชนิดกินเป็นอาหาร โดยนกพินซ์ชนิดที่ 1 กินเมล็ดพืชเปลือกแข็งบนดิน นกพินซ์ชนิดที่ 2 กินดอกและผลของต้นตะบองเพชร นกพินซ์ชนิดที่ 3 กินยอดอ่อนของพืช และ นกพินซ์ชนิดที่ 4 กินหนอนหรือตัวอ่อนของแมลงในโพรง ข้อสรุปสำคัญจากหลักฐานนี้คือว่า ลักษณะจะงอยปากและชนิดอาหารของนกพินซ์มีความเกี่ยวข้องกัน

3) หลักฐานชั้นที่ 3 “ขนาดของจะงอยปากและสัดส่วนอาหารที่นกพินซ์กิน” เป็นการนำเสนอแผนภูมิแท่ง โดยแกนนอนเป็นขนาดของเมล็ดพืชที่นกพินซ์ที่มีจะงอยปากขนาดต่างๆ (ใหญ่ ปานกลาง และเล็ก) กินเป็นอาหาร ในขณะที่แกนตั้งเป็นสัดส่วนของเมล็ดพืชที่นกพินซ์ที่มีจะงอยปากขนาดต่างๆ (ใหญ่ ปานกลาง และเล็ก) กินเป็นอาหาร ข้อสรุปสำคัญจากหลักฐานนี้คือว่า นกพินซ์กินเมล็ดพืชตามขนาดของจะงอยปาก

4) หลักฐานชั้นที่ 4 “ค่าเฉลี่ยของขนาดจะงอยปากของนกพินซ์ ‘ก่อน’ และ

‘หลัง’ การเกิดภัยแล้ง” เป็นการนำเสนอแผนภูมิแท่ง 2 รูป ซึ่งแจกแจงจำนวนนกฟินช์ที่มีจะงอยปากขนาดต่างๆ ‘ก่อน’ และ ‘หลัง’ การเกิดภัยแล้งครั้งใหญ่ในปี ค.ศ. 1977 โดยกราฟทั้งคู่มีกแนนอนเป็นขนาดจะงอยปากของนกฟินช์ ในขณะที่แกนตั้งของกราฟที่ 1 เป็นจำนวนของนกฟินช์ที่มีชีวิตก่อนภัยแล้ง และแกนตั้งของกราฟที่ 2 เป็นจำนวนนกฟินช์ที่รอดชีวิตหลังภัยแล้ง กราฟทั้งคู่มีกการระบุค่าเฉลี่ยของขนาดจะงอยปากของนกฟินช์ ณ ช่วงเวลาทั้งสองด้วย ข้อสรุปสำคัญจากหลักฐานนี้คือว่า (1) เมื่อเกิดภัยแล้ง จำนวนนกฟินช์ลดลงจากเดิม และ (2) เมื่อเกิดภัยแล้ง ค่าเฉลี่ยของขนาดจะงอยปากของนกฟินช์เพิ่มขึ้นจากเดิม

5) หลักฐานชั้นที่ 5 “ค่าเฉลี่ยของขนาดจะงอยปากของนกฟินช์ในช่วงปี ค.ศ. 1976-1984” เป็นการนำเสนอกราฟเส้น ซึ่งกแนนอนเป็นช่วงเวลาและแกนตั้งเป็นค่าเฉลี่ยของขนาดจะงอยปากของนกฟินช์ โดยกราฟมีการระบุช่วงเวลาที่เกิดภัยแล้ง จำนวน 3 ครั้ง (ค.ศ. 1977 ค.ศ. 1980 และค.ศ. 1982) ซึ่งค่าเฉลี่ยของขนาดจะงอยปากของนกฟินช์มีค่าสูงสุดทุกครั้งเมื่อเทียบกับช่วงเวลาใกล้เคียง ข้อสรุปสำคัญจากหลักฐานนี้คือ ภัยแล้งทำให้ค่าเฉลี่ยของขนาดจะงอยปากของนกฟินช์เพิ่มขึ้น

6) หลักฐานชั้นที่ 6 “จำนวนนกฟินช์และความอุดมสมบูรณ์ของเมล็ดพืช” เป็นการนำเสนอกราฟเส้น 2 รูป โดยทั้งสองกราฟมีกแนนอนเป็นช่วงเวลาต่างๆ ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม ค.ศ. 1975 ถึงเดือนมกราคม ค.ศ. 1979 ในขณะที่แกนตั้งของกราฟที่ 1 เป็นจำนวนนกฟินช์ และแกนตั้งของกราฟที่ 2 เป็นความอุดมสมบูรณ์ของเมล็ดพืช (ในหน่วยของกรัมต่อตารางเมตร) ข้อสรุปสำคัญจากหลักฐานนี้คือ (1) จำนวนนกฟินช์และความอุดมสมบูรณ์ของเมล็ดพืชมีความเกี่ยวข้องในทิศทางเดียวกัน และ (2) จำนวนนกฟินช์และความอุดมสมบูรณ์ของเมล็ดพืชลดลงอย่างมากในช่วงที่เกิดภัยแล้ง

7) หลักฐานชั้นที่ 7 “ความอุดมสมบูรณ์ของเมล็ดพืชและค่าเฉลี่ยดัชนีเมล็ดพืชในปีต่างๆ” เป็นการนำเสนอกราฟ 1 รูป ซึ่งมีเส้นกราฟ 2 เส้น โดยกแนนอนเป็นช่วงเวลา ในขณะที่แกนตั้งด้านซ้ายเป็นความอุดมสมบูรณ์ของเมล็ดพืช (ในหน่วยกรัมต่อตารางเมตร) ส่วนแกนตั้งด้านขวาเป็นค่าเฉลี่ยดัชนีเมล็ดพืช (ในหน่วยมิลลิเมตร) ซึ่งแปรผันตรงกับความแข็งและความหนาของเมล็ดพืช ข้อสรุปสำคัญจากหลักฐานนี้คือ (1) ความอุดมสมบูรณ์ของเมล็ดพืชและค่าดัชนีเมล็ดพืชมีความเกี่ยวข้องในทิศทางตรงข้ามกัน (2) ความอุดมสมบูรณ์ของเมล็ดพืชลดลงอย่างมากในช่วงที่เกิดภัยแล้ง และ (3) ค่าเฉลี่ยดัชนีเมล็ดพืชเพิ่มขึ้นอย่างมากในช่วงที่เกิดภัยแล้ง

8) หลักฐานชั้นที่ 8 “ขนาดตัวเฉลี่ยของนกฟินช์ ‘ก่อน’ และ ‘หลัง’ การเกิดภัยแล้ง” เป็นการนำเสนอกราฟเส้น 1 รูป ซึ่งมีกแนนอนเป็นช่วงเวลา ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1975 ถึงปี ค.ศ. 1978 และมีแกนตั้งเป็นขนาดตัวเฉลี่ยของนกฟินช์ ข้อสรุปสำคัญจากหลักฐาน

นี่คือ หลังจากการเกิดภัยแล้งในปี ค.ศ. 1977 นักพินช์มีขนาดตัวเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากเดิม

9) หลักฐานชั้นที่ 9 “ปริมาณน้ำฝนและการออกไขของนกพินช์” เป็นการนำเสนอกราฟจุด 1 รูป ซึ่งแกนนอนเป็นปริมาณน้ำฝนต่อปี และแกนตั้งเป็นจำนวนไขที่นกพินช์แต่ละคู่ออกในแต่ละครั้งของช่วงเวลาการออกไข ข้อสรุปสำคัญจากหลักฐานนี้คือ ปริมาณน้ำฝนต่อปีและจำนวนไขที่นกพินช์แต่ละคู่ออกมีความเกี่ยวข้องในทิศทางเดียวกัน

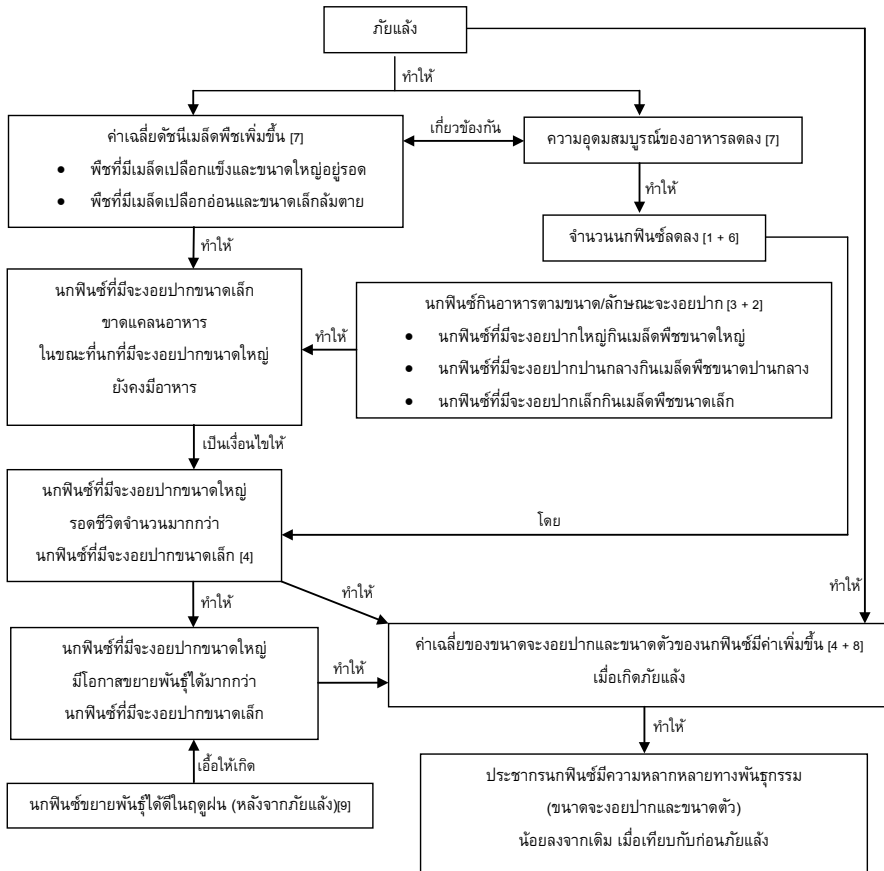
โดยนักเรียนต้องตอบคำถามจากหลักฐานเชิงประจักษ์แต่ละชิ้นว่า (1) นักวิทยาศาสตร์ควรลงข้อสรุปอย่างไร และ (2) หลักฐานใดที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการลงข้อสรุปเช่นนั้น ในการนี้ คณะผู้วิจัยคาดหวังให้นักเรียนแต่ละคนชี้แจงความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปและหลักฐาน

ใบกิจกรรมที่ 2 “การสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับนกพินช์” เป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมย่อยที่ 7 ซึ่งนักเรียนต้องนำข้อสรุปทั้งหมดจากใบกิจกรรมที่ 1 มาสร้างเป็นคำอธิบายที่ตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่ว่า “ภัยแล้งส่งผลต่อความหลากหลายทางพันธุกรรมของนกพินช์หรือไม่ และได้อย่างไร” ข้อความข้างล่างเป็นตัวอย่างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่คณะผู้วิจัยสร้างขึ้นบนพื้นฐานของข้อสรุปทั้งหมดจากใบกิจกรรมที่ 1

ภัยแล้งครั้งใหญ่ในปี ค.ศ. 1977 ทำให้สิ่งมีชีวิตล้มตายเป็นจำนวนมาก [ข้อมูลจากสถานการณ์เกริ่นนำ] ซึ่งทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของอาหารของนกพินช์ลดลงด้วย โดยพืชที่มีเมล็ดขนาดใหญ่และเปลือกแข็งสามารถอยู่รอดในสภาพแห้งแล้งได้ดีกว่าพืชที่มีเมล็ดขนาดเล็กและเปลือกอ่อน [ข้อสรุปจากหลักฐานชั้นที่ 7] เนื่องจากนกพินช์กินอาหารที่สอดคล้องกับลักษณะจะงอยปากของมัน [ข้อสรุปจากหลักฐานชั้นที่ 2] นกพินช์ที่มีจะงอยปากเล็กจึงไม่สามารถกินเมล็ดพืชที่มีขนาดใหญ่และเปลือกแข็งได้ [ข้อสรุปจากหลักฐานชั้นที่ 3] ดังนั้น นอกจากความแห้งแล้งทำให้จำนวนของนกพินช์ลดลงแล้ว [ข้อสรุปจากหลักฐานชั้นที่ 1] ความอุดมสมบูรณ์ของอาหารและลักษณะของอาหารที่เหลืออยู่ในสภาพแห้งแล้งยังเป็นสิ่งกำหนดลักษณะของนกพินช์ที่จะรอดชีวิตด้วย [ข้อสรุปจากหลักฐานชั้นที่ 6] นกพินช์ที่มีจะงอยปากใหญ่เพียงพอเท่านั้นจึงจะสามารถกินเมล็ดพืชที่มีขนาดใหญ่และเปลือกแข็งที่เหลืออยู่ในสภาพแห้งแล้ง [ข้อสรุปจากหลักฐานชั้นที่ 3] ด้วยเหตุนี้ นกพินช์ที่รอดชีวิตจากภัยแล้งส่วนใหญ่จึงเป็นนกพินช์ที่มีจะงอยปากขนาดใหญ่ [ข้อสรุปจากหลักฐานชั้นที่ 4] ซึ่งส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของขนาดจะงอยปากของนกพินช์เพิ่มขึ้นทุกครั้งที่เกิดภัยแล้ง [ข้อสรุปจากหลักฐานชั้นที่ 5] และเมื่อภัยแล้งได้ผ่านไปแล้ว นกพินช์ที่มีจะงอยปากและขนาดตัวใหญ่เหล่านี้สามารถขยายพันธุ์ต่อไป [ข้อสรุปจากหลักฐานชั้นที่ 9] ซึ่งส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของขนาดตัวของนกพินช์เพิ่มขึ้นด้วย [ข้อสรุปจากหลักฐานชั้นที่ 8] นั่นคือ ภัยแล้งทำให้ประชากรของนกพินช์มีความหลากหลายทางพันธุกรรมลดลง จากเดิมที่ประชากรนกพินช์มีขนาดตัวและขนาดจะงอยปากที่หลากหลาย

(ทั้งเล็ก ปานกลาง และใหญ่) เหลือเพียงประชากรนกฟินช์ที่ส่วนใหญ่มีขนาดตัวและขนาดจะงอยปากใหญ่เท่านั้น [คำตอบของคำถามทางวิทยาศาสตร์]

ในการนี้ นักเรียนอาจเขียนแผนผังความคิดที่สะท้อนคำอธิบายข้างต้นได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนผังความคิดที่อธิบายว่า “ภัยแล้งส่งผลต่อความหลากหลายทางพันธุกรรมของนกฟินช์ได้อย่างไร”

การเก็บข้อมูล

ผู้วิจัยคนที่ 2 เข้าเก็บข้อมูลกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 10 คน โดยการชี้แจงครุวิทยาการเกี่ยวกับการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง “ไซปรีต นานกฟินช์” จากนั้น ครุวิทยาการจึงนำกิจกรรมการเรียนรู้ไปใช้กับนักเรียนผู้ให้ข้อมูลในวันซึ่งนักเรียนเหล่านี้ว่างจากการเรียนการสอน ทั้งนี้เพราะโรงเรียนแห่งนี้เข้ารับการประเมินโครงการหนึ่งจากหน่วยงานภายนอก การดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ใช้เวลา

ประมาณ 3 ชั่วโมง เนื่องจากการเก็บข้อมูลในงานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนเหล่านี้จึงสามารถอภิปรายเกี่ยวกับหลักฐานต่างๆ และถามคำถามใดๆ ก็ได้หากมีข้อสงสัยในระหว่างการทำใบกิจกรรมที่ 1 และ 2 อย่างไรก็ตาม นักเรียนทุกคนได้รับการเน้นย้ำว่า คำตอบสุดท้ายควรเป็นการลงข้อสรุปด้วยตัวของนักเรียนเอง ซึ่งจะไม่ส่งผลใดๆ ต่อคะแนนวิชาวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนกำลังเรียนอยู่ ในการนี้ ไม่มีนักเรียนคนใดระบุชื่อของตนเองลงในใบกิจกรรมทั้งสอง เมื่อนักเรียนทุกคนทำใบกิจกรรมทั้งสองเสร็จสิ้นแล้ว ครูวิทยาศาสตร์เก็บและรวบรวมใบกิจกรรมทั้งสองส่งคืนผู้วิจัยคนที่ 2

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยคนที่ 1 เป็นผู้วิเคราะห์ข้อมูลในเบื้องต้นด้วยวิธีการแบบอุปนัย โดยการอ่านคำตอบของนักเรียนทุกคนในใบกิจกรรมที่ 1 และ 2 หลายครั้งอย่างละเอียด พร้อมทั้งตีความคำตอบเหล่านี้ว่าเป็นการลงข้อสรุปตามหลักฐานหรือไม่ ในการนี้ ผู้วิจัยคนที่ 1 พบว่า คำตอบของนักเรียนส่วนใหญ่ไม่สมบูรณ์ตามที่คณะผู้วิจัยคาดหวังไว้ ยิ่งไปกว่านั้น คำตอบของนักเรียนจำนวนหนึ่งไม่ใช้การลงข้อสรุป หากแต่เป็นการบรรยายรายละเอียดของหลักฐาน ในขณะที่คำตอบของนักเรียนอีกจำนวนหนึ่งเป็นคำตอบที่สื่อความหมายไม่ชัดเจน จากนั้น ผู้วิจัยคนที่ 1 จึงพิจารณาต่อไปว่า แต่ละคำตอบของนักเรียนมีส่วนใดที่เกินหรือนอกเหนือไปจากหลักฐานหรือไม่ และ/หรือมีส่วนใดที่คลาดเคลื่อนหรือขัดแย้งไปจากหลักฐานหรือไม่ ในระหว่างการศึกษาคำตอบของนักเรียนเหล่านี้ ผู้วิจัยคนที่ 1 ได้พัฒนาเกณฑ์การจัดกลุ่มการลงข้อสรุปของนักเรียน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกณฑ์การจัดกลุ่มการลงข้อสรุปของนักเรียน

ข้อสรุป	ลักษณะสำคัญ
1. ข้อสรุปตามหลักฐาน	ข้อสรุปตั้งอยู่บนหลักฐาน และสอดคล้องกับหลักฐาน โดยปราศจากความคิดเห็นส่วนตัวของผู้ลงข้อสรุป
2. ข้อสรุปตามและเกินจากหลักฐาน	ข้อสรุปตั้งอยู่บนหลักฐาน และสอดคล้องกับหลักฐาน โดยมีความคิดส่วนตัวของผู้ลงข้อสรุปร่วมด้วย
3. ข้อสรุปคลาดเคลื่อนและเกินจากหลักฐาน	ข้อสรุปไม่ตั้งอยู่บนหลักฐาน และ/หรืออาจขัดแย้งกับหลักฐาน โดยมีความคิดส่วนตัวของผู้ลงข้อสรุปร่วมด้วย
4. ไม่มีข้อสรุปหรือข้อสรุปไม่ชัดเจน	ไม่มีข้อสรุปใดๆ หรือข้อสรุปสื่อความหมายไม่ชัดเจน (แต่อาจมีการอ้างถึงหลักฐาน)

จากนั้น ผู้วิจัยคนที่ 1 จัดกลุ่มคำตอบของนักเรียนตามเกณฑ์ในตารางที่ 1 พร้อมทั้งส่งผลการจัดกลุ่มและคำตอบของนักเรียนให้กับผู้วิจัยคนที่ 2-7 ตรวจสอบว่า การตีความของผู้วิจัยคนที่ 1 มีความคลาดเคลื่อนในส่วนใดหรือไม่ ในกรณีที่ผู้วิจัยคนที่ 2-7 เห็นว่า การตีความของผู้วิจัยคนที่ 1 มีความคลาดเคลื่อน คณะผู้วิจัยทั้งหมดอภิปรายร่วมกันผ่านสังคมออนไลน์ จนกระทั่งคณะผู้วิจัยทุกคนเห็นตรงกันเกี่ยวกับผลการจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียน

ในส่วนของการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนในใบกิจกรรมที่ 2 ผู้วิจัยคนที่ 1 เริ่มต้นจากการพิจารณาคำอธิบายของนักเรียนแต่ละคนว่า (1) คำอธิบายเหล่านั้นตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ และ (2) ระบุถึง “กระบวนการหรือกลไก” ที่ภัยแล้งทำให้ความหลากหลายทางพันธุกรรมของนกฟินช์ลดลงหรือไม่ กล่าวคือ คณะผู้วิจัยคาดหวังว่า นักเรียนแต่ละคนควรให้คำอธิบายที่แสดงถึงความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างภัยแล้งและการลดลงของความหลากหลายทางพันธุกรรมของนกฟินช์ โดยคำอธิบายนั้นควรมีการอ้างอิงถึงข้อสรุปจากหลักฐานเชิงประจักษ์ในใบกิจกรรมที่ 1 หลังจากที่ผู้วิจัยคนที่ 1 ได้วิเคราะห์คำตอบของนักเรียนทุกคนในใบกิจกรรมที่ 2 แล้ว คณะผู้วิจัยทั้งหมดร่วมกันตรวจสอบการตีความของผู้วิจัยคนที่ 1 อีกครั้ง และอภิปรายเกี่ยวกับการตีความของผู้วิจัยคนที่ 1 ผ่านสังคมออนไลน์ จนกระทั่งคณะผู้วิจัยทุกคนเห็นตรงกันเกี่ยวกับผลการวิจัย

ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อตอบคำถามวิจัยที่ว่า (1) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 10 คน มีความสามารถในการลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบายบนพื้นฐานของหลักฐานเชิงประจักษ์ได้ดีเพียงใด และ (2) อะไรคืออุปสรรคสำคัญของการลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเหล่านั้น ในการนี้ คณะผู้วิจัยเก็บข้อมูลโดยการให้นักเรียนเหล่านี้เขียนตอบลงในใบกิจกรรม 2 ใบ โดยใบกิจกรรมที่ 1 เป็นการนำเสนอหลักฐานเชิงประจักษ์ จำนวน 9 ชิ้น เพื่อให้นักเรียนพิจารณาและลงข้อสรุปจากหลักฐานเหล่านั้นทีละชิ้น ในขณะที่ ใบกิจกรรมที่ 2 เป็นการกำหนดให้นักเรียนนำข้อสรุปทั้งหมดจากใบกิจกรรมที่ 1 มาเชื่อมโยงและสร้างเป็นคำอธิบายเพื่อตอบคำถามที่ว่า “ภัยแล้งสามารถส่งผลกระทบต่อความหลากหลายทางพันธุกรรมของนกฟินช์หรือไม่ และได้อย่างไร” จากนั้น คณะผู้วิจัยจึงได้วิเคราะห์ข้อมูลโดยการจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียนในแต่ละหลักฐาน ตารางที่ 2 สรุปผลการวิจัยตามหลักฐานแต่ละชิ้น

ตารางที่ 2 การลงข้อสรุปจากหลักฐานแต่ละชั้นของนักเรียนแต่ละคน

ข้อสรุป	หลักฐานชั้นที่									จำนวนคำตอบ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1. ข้อสรุปตามหลักฐาน	S1	S4	S1	S5	S1	S1	-	S7	S10	27 (30.00%)
	S2	S5	S4	S7	S4	S6		S9		
	S4	S7	S5	S10	S10	S7		S10		
	S7	S9	S7							
	S9	S10								
2. ข้อสรุปตามและเกินจากหลักฐาน	S6	S1	S8	S4	S6	S3	-	S1	S4	21 (23.33%)
		S3		S6		S4		S2	S5	
				S9		S5		S3	S6	
						S8			S7	
									S8	
3. ข้อสรุปคลาดเคลื่อนและเกินจากหลักฐาน	S3	S2	S2	S3	S3	-	S1	S4	S3	26 (28.89%)
	S5		S3	S8	S7		S2	S5		
	S8		S9		S8		S5	S6		
			S10		S9		S6	S8		
							S7			
4. ไม่มีข้อสรุปหรือข้อสรุปไม่ชัดเจน	S10	S6		S1	S2	S2	S3	-	S1	16 (17.78%)
		S8		S2	S5	S9	S4		S2	
						S10	S10			

การลงข้อสรุปของนักเรียน

หลักฐานชั้นที่ 1 “ประชากรนกพินช์ในฤดูต่าง ๆ ในช่วงปี ค.ศ. 1973-1978”

นักเรียน 5 คน (S1 S2 S4 S7 และ S9) ลงข้อสรุปตามหลักฐาน ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นไปตามที่คณะผู้วิจัยคาดหวังไว้ ดังตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้ “ในฤดูฝนมีจำนวนนกพินช์มากกว่าในฤดูร้อน” (S1 และ S2) “ในแต่ละปี นกพินช์ในฤดูฝนมีจำนวนมากกว่านกพินช์ในฤดูร้อน” (S4) “จำนวนนกพินช์ในช่วงฤดูฝนมีมากกว่าจำนวนนกพินช์ในช่วงฤดูร้อน” (S7) และ “ในแต่ละปี นกพินช์ในฤดูฝนมีจำนวนมากกว่าในฤดูร้อน” (S9) อย่างไรก็ตาม ไม่มีนักเรียนคนใดที่อ้างอิงหลักฐานที่สนับสนุนข้อสรุปนี้ นักเรียน 3 คน (S1 S2 และ S4) ระบุ

เพียงชื่อแผนภูมิหรือชื่อแกนของแผนภูมิโดยไม่มีกรกล่าวถึงรายละเอียดใดๆ ในแผนภูมิ ในขณะที่นักเรียนอีก 2 คน (S7 และ S9) ระบุถึงรายละเอียดในแผนภูมิ ซึ่งไม่เกี่ยวข้อง หรือสนับสนุนข้อสรุปนี้ดังประโยคที่ว่า “ในฤดูฝน 1976 (นกพิณซ์) มีจำนวนมากที่สุด ... และมีน้อยในช่วง 1978 ฤดูร้อนที่มีจำนวนนกพิณซ์มากที่สุด (คือ) 1976 และน้อยที่สุด (คือ) 1977” (S7) และ “ใน ค.ศ. 1976 มีจำนวนนกพิณซ์เยอะที่สุด และใน ค.ศ. 1977 มีจำนวนนกพิณซ์น้อยที่สุด” (S9) ประโยคเหล่านี้ไม่ได้แสดงถึงการเปรียบเทียบระหว่างจำนวนนกพิณซ์ในฤดูฝนและจำนวนนกพิณซ์ในฤดูร้อนภายในปีเดียวกัน หากแต่เป็นการบรรยายค่าของข้อมูลบางส่วนในแผนภูมิเท่านั้น

นักเรียน 1 คน (S6) ลงข้อสรุปตามหลักฐานส่วนหนึ่ง และเกินจากหลักฐานส่วนหนึ่ง โดยนักเรียนคนนี้กล่าวว่า “ฤดูฝนมีนกพิณซ์มากกว่าฤดูร้อน” ซึ่งเป็นข้อสรุปตามหลักฐานอย่างไรก็ดี นักเรียนคนนี้ได้เพิ่มเติม ความคิดเห็นส่วนตัวว่า “เพราะฤดูร้อนมีผลกระทบต่อนักพิณซ์ เพราะ (นกพิณซ์) อาจขาดอาหารจำนวนมาก (ซึ่ง) อาจทำให้นกพิณซ์ล้มตาย และลดจำนวนลง พอถึงฤดูฝนก็มีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น ทำให้จำนวนนก (พิณซ์) เพิ่มขึ้น” ซึ่งเป็นการลงข้อสรุปที่เกินจากหลักฐาน นักเรียนคนนี้ได้อ้างอิงหลักฐานใดๆ นอกจากการระบุ “ข้อมูลจากสถิติในแต่ละปี”

นักเรียน 3 คน (S3 S5 และ S8) ลงข้อสรุปที่คลาดเคลื่อนและเกินจากหลักฐาน โดยนักเรียน 2 คน (S3 และ S5) กล่าวตรงกันว่า “ภัยแล้งสามารถส่งผลต่อความหลากหลายทางพันธุกรรมของนกพิณซ์” ทั้งๆ ที่แผนภูมินี้กล่าวถึงจำนวนนกพิณซ์ ไม่ใช่ความหลากหลายทางพันธุกรรมของนกพิณซ์ ในขณะที่นักเรียนอีกคนหนึ่ง (S8) ลงข้อสรุปว่า “ปริมาณนกพิณซ์ลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงฤดูร้อน และ...มากขึ้นในช่วงฤดูฝน” ทั้งๆ ที่ข้อมูลบางส่วนในแผนภูมินี้ (ระหว่างฤดูร้อนปี ค.ศ. 1976 และฤดูฝนในปี ค.ศ. 1977) แสดงว่า จำนวนนกพิณซ์ลดลงอย่างต่อเนื่อง นักเรียน 3 คนเหล่านี้อ้างอิงหลักฐานเพียงแต่ชื่อของแผนภูมิ

ส่วนนักเรียนอีกคนหนึ่ง (S10) ไม่มีการลงข้อสรุปใดๆ หากแต่เพียงบรรยายรายละเอียดบางอย่างในแผนภูมิ ดังประโยคที่ว่า “จำนวนนกพิณซ์ลดลงมากที่สุดในปี 1976 ช่วงฤดูฝน และลดลงน้อยที่สุดในปี 1977 ช่วงฤดูร้อน” นักเรียนคนนี้ได้อ้างอิงหลักฐานใดๆ นอกจากการระบุชื่อของแผนภูมิ

หลักฐานชิ้นที่ 2 “ชนิดอาหารของนกพิณซ์แต่ละชนิด”

นักเรียน 5 คน (S4 S5 S7 S9 และ S10) ลงข้อสรุปตามหลักฐาน นักเรียนเหล่านี้ระบุว่า นกพิณซ์แต่ละชนิดกินอาหารแตกต่างกัน ซึ่งความแตกต่างในที่นี้อาจหมายถึง “ชนิดของอาหาร” และ/หรือ “ลักษณะวิธีการกินอาหาร” ดังเช่นประโยคที่ว่า “นกพิณซ์แต่ละชนิดมีลักษณะ (การ) กินอาหารที่ต่างกัน” (S4) “นกพิณซ์แต่ละชนิดกินอาหารแตกต่างกัน” (S5) “นกพิณซ์แต่ละชนิด...ไม่เหมือนกัน การเลือกกินอาหารจึงแตกต่างกันออกไป” (S7)

“การหาอาหารของนกฟินช์มีลักษณะแตกต่างกัน ลักษณะของปากจะแตกต่างกันตาม การหาอาหารของนกฟินช์แต่ละชนิด” (S9) และ “นกฟินช์กินอาหารแต่ละชนิดแตกต่างกัน เพราะต่างสายพันธุ์และความสามารถ” (S10) อย่างไรก็ตาม แม้นักเรียนเหล่านี้ลงข้อสรุป ตามหลักฐาน แต่มีเพียงนักเรียนคนเดียวเท่านั้น (S9) ที่ระบุถึงลักษณะจะย่อยปาก ของนกฟินช์ตามที่คณะผู้วิจัยคาดหวังไว้ นักเรียนทั้งหมดในกลุ่มนี้ไม่มีการอ้างอิง รายละเอียดของหลักฐานใดๆ นอกจากการระบุชื่อแผนภาพหรือคำสำคัญในแผนภาพ

นักเรียน 2 คน (S1 และ S3) ลงข้อสรุปตามหลักฐานส่วนหนึ่งและเกินจากหลักฐาน ส่วนหนึ่ง โดยนักเรียนคู่นี้แมลงข้อสรุปตามหลักฐานที่ว่า นกฟินช์กินและ/หรือหาอาหาร ไม่เหมือนกัน แต่กลับเพิ่มเติมความคิดเห็นส่วนตัวว่า นกฟินช์เหล่านี้มาจากสถานที่ต่างกัน ทั้งๆ ที่สถานการณ์ระบุอย่างชัดเจนว่า นกฟินช์เหล่านี้อยู่ในเกาะเดียวกัน ดังประโยคที่ ว่า “นกฟินช์ในแต่ละที่จะมีลักษณะแตกต่างกันตามลักษณะภูมิประเทศและอาหารใน การดำรงชีวิต” (S1) และ “นกฟินช์ในแต่ละที่กินอาหารไม่เหมือนกัน และมีความสามารถ หาอาหารไม่เหมือนกัน” (S3) นักเรียนทั้งคู่ไม่มีการอ้างอิงรายละเอียดของหลักฐานใดๆ นักเรียนคนหนึ่ง (S2) ลงข้อสรุปคลาดเคลื่อนและเกินจากหลักฐาน โดยนักเรียนคนนี้ระบุว่า “นกฟินช์จะกินพืชมากกว่ากินสัตว์จำพวกหนอน” ทั้งๆ ที่แผนภาพนี้ไม่ได้แสดงทั้ง จำนวนนกฟินช์และปริมาณอาหารที่นกฟินช์กิน นักเรียนคนนี้ได้อ้างอิงหลักฐานใดๆ นอกจากการระบุวิธีการได้มาซึ่งหลักฐานว่า “การจดบันทึกและวาดภาพการกินอาหาร ของนกฟินช์”

นักเรียน 2 คน (S6 และ S8) แม้บรรยายรายละเอียดหลักฐานอย่างละเอียด แต่กลับไม่ลงข้อสรุปใดๆ นักเรียนคนหนึ่ง (S6) กล่าวว่า “ถ้าปากสั้นจะกินจำพวกเมล็ด พืชเปลือกแข็ง แต่ถ้าปากยาวหรือแหลมจะกินดอกและผลของต้นตะบองเพชร” ในขณะที่ นักเรียนอีกคนหนึ่ง (S8) กล่าวว่า “นกฟินช์แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ชนิดแรก (เป็น) นก ฟินช์ที่มีลักษณะสีดำ (ซึ่ง) จะมีปากที่แข็งแรงและใหญ่ไว้สำหรับอาหารที่มีลักษณะแข็ง ชนิดที่สอง (เป็น) นกฟินช์ที่มีลักษณะสีน้ำตาลอ่อน (ซึ่ง) จะมีปากที่เล็กไว้สำหรับอาหาร ที่มีลักษณะอ่อนๆ” นักเรียนทั้งคู่ไม่ได้ลงข้อสรุปเลยว่า นกฟินช์แต่ละชนิดกินหรือหา อาหารแตกต่างกัน หรือลักษณะของปากของนกฟินช์เกี่ยวข้องกับชนิดอาหารของ นกฟินช์

หลักฐานชิ้นที่ 3 “ขนาดของจะงอยปากและสัดส่วนอาหารของนกฟินช์ ชนิดเดียวกัน”

นักเรียน 4 คน (S1 S4 S5 และ S7) ลงข้อสรุปตามหลักฐานโดยนักเรียนเหล่านี้ สรุปว่า นกฟินช์มีกินอาหารตามขนาดตัว ดังเช่นประโยคที่ว่า “นกฟินช์แต่ละชนิดกิน อาหารในขนาดที่แตกต่างกันไป...ตามขนาดตัวของมัน” (S1) “นกฟินช์มีขนาดและการ

กินเมล็ดพืชที่แตกต่างกัน ... นักแต่ละขนาดกินเมล็ด (พืช) ที่มีขนาดแตกต่างกัน” (S4) “นก (ฟินช์) แต่ละขนาดกินอาหารแตกต่างกัน” (S5) และ “นกฟินช์ที่มีขนาดต่างกันกินอาหารต่างกัน และจะกินอาหารตามขนาดตัวของนกฟินช์” อย่างไรก็ตาม แม้ข้อสรุปของแผนภูมิระบุถึงขนาดจะงอยปากอย่างชัดเจน แต่กลับไม่มีนักเรียนคนใดเลยที่ระบุว่า นกฟินช์มักกินอาหารตามขนาดจะงอยปาก ซึ่งเป็นข้อสรุปที่คณะผู้วิจัยคาดหวังไว้ ในการนี้ นักเรียนเพียงคนเดียว (S4) อ้างอิงและยกหลักฐานมาสนับสนุนข้อสรุปนี้โดยการระบุว่า “นกฟินช์ขนาดกลางกินเมล็ดพืชขนาด 2 – 3 มิลลิเมตร ... เยอะที่สุด” ในขณะที่นักเรียนอีก 3 คน (S1 S5 และ S7) ไม่มีการอ้างอิงรายละเอียดของหลักฐานใดๆ นอกจากการระบุชื่อแผนภูมิ

นักเรียน 1 คน (S8) แม้บรรยายหลักฐานอย่างละเอียด โดยการกล่าวว่า “นกฟินช์ที่มีปากเล็กกินเมล็ดพืชที่ค่อนข้าง...เล็กและกินมาก นกฟินช์ที่มีปากขนาดกลางกินเมล็ดพืชที่มีขนาดกลางและกินค่อนข้างมาก นกฟินช์ที่มีขนาดปากใหญ่กินเมล็ดพืชที่มีขนาดใหญ่แต่กินไม่มาก” แต่กลับลงข้อสรุปว่า “ขนาดตัวและลักษณะของปากจะแตกต่างกันตามที่อยู่อาศัยและลักษณะของอาหารที่กิน” ซึ่งเป็นการลงข้อสรุปตามหลักฐานส่วนหนึ่ง (ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดตัวและลักษณะของปากกับลักษณะของอาหาร) และเกินจากหลักฐานส่วนหนึ่ง (ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดตัวและลักษณะของปากกับที่อยู่อาศัย)

นักเรียน 4 คน (S2 S3 S9 และ S10) ลงข้อสรุปคลาดเคลื่อนและเกินจากหลักฐาน นักเรียนคนหนึ่ง (S2) กล่าวว่า “นกฟินช์ขนาดกลางที่กินเมล็ดพืชบนพื้นดินมีจำนวนมาก” ในขณะที่นักเรียนคนหนึ่ง (S3) ลงข้อสรุปว่า “ภัยแล้งมีผลกระทบต่อนกฟินช์ ... ภัยแล้งที่เพิ่มมากขึ้นทำให้นกฟินช์มีความหนาและขนาดจะงอยปากที่เพิ่มขึ้น” ส่วนนักเรียนคนหนึ่ง (S9) กล่าวว่า “นกฟินช์แต่ละขนาดมีปริมาณการกิน (อาหาร) ไม่เหมือนกัน” และนักเรียนอีกคนหนึ่ง (S10) กล่าวว่า “นกแต่ละขนาดกินอาหารไม่เท่ากัน” ทั้งๆ ที่แผนภูมินี้กล่าวถึงสัดส่วนของอาหารที่นกฟินช์แต่ละขนาดกิน ไม่ใช่ทั้งจำนวนนกฟินช์ จำนวนครั้งที่เกิดภัยแล้ง และปริมาณอาหารที่นกฟินช์กิน นักเรียนเหล่านี้ไม่ได้อ้างอิงหลักฐานหากแต่ระบุเพียงชื่อแผนภูมิหรือชื่อแกนของแผนภูมิ (ขนาดเมล็ด)

นักเรียน 1 คน (S6) ไม่มีการลงข้อสรุปใดๆ นักเรียนคนนี้เพียงบรรยายรายละเอียดในแผนภูมิว่า “นกฟินช์ขนาดเล็กกินเมล็ดพืชขนาด 1–3 (มิลลิเมตร) ส่วนนกฟินช์ขนาดกลางกินขนาดประมาณ 1–2 มิลลิเมตร และ (นกฟินช์) ขนาดใหญ่สุดกิน (ขนาด) ระหว่าง 2–7 มิลลิเมตร” ซึ่งบางส่วนไม่สอดคล้องกับข้อมูลที่ปรากฏในแผนภูมิ นักเรียนคนนี้ไม่ได้อ้างอิงหลักฐาน หากแต่ระบุเพียงชื่อแผนภูมิเท่านั้น

หลักฐานชิ้นที่ 4 “ค่าเฉลี่ยของขนาดจะงอยปากของนกฟินช์ ‘ก่อน’ และ ‘หลัง’ การเกิดภัยแล้ง”

นักเรียน 3 คน (S5 S7 และ S10) ลงข้อสรุปตามหลักฐาน โดยนักเรียน 1 คน (S5) ลงข้อสรุปว่า เมื่อเกิดภัยแล้ง จำนวนนกฟินช์ลดลง ในขณะที่ขนาดจะงอยปากของนกฟินช์ใหญ่ขึ้น นักเรียนคนนี้กล่าวว่า “ก่อนภัยแล้ง จะงอยปากของนกฟินช์มีขนาดเล็ก แต่พอหลังภัยแล้ง จะงอยปากของนกฟินช์ใหญ่มากขึ้น และจำนวนนกฟินช์ลดลงจากก่อนภัยแล้ง” ในขณะที่นักเรียนอีก 2 คน ไม่ได้พิจารณาจำนวนของนกฟินช์ที่ลดลง หากลงข้อสรุปเพียงแค่ว่า เมื่อเกิดภัยแล้ง ขนาดจะงอยปากของนกฟินช์ใหญ่ขึ้น ดังเช่นประโยคที่ว่า “ก่อนภัยแล้ง จะงอยปากของนกฟินช์มีขนาดเล็กกว่าหลังภัยแล้ง” (S7) และ “ช่วงก่อนภัยแล้ง จะงอยปากของนกฟินช์มีขนาดเล็กกว่าช่วงหลังภัยแล้ง” (S10) นักเรียนในกลุ่มนี้ไม่มีการอ้างอิงรายละเอียดหลักฐาน นอกจากการระบุชื่อแผนภูมิ ชื่อแกนตั้งของแผนภูมิ หรือกล่าวข้อสรุปซ้ำอีกครั้ง

นักเรียน 3 คน (S4 S6 และ S9) ลงข้อสรุปตามหลักฐานส่วนหนึ่งและเกินจากหลักฐานส่วนหนึ่ง โดยนักเรียน 2 คน (S6 และ S9) สรุปว่า เมื่อเกิดภัยแล้ง จำนวนนกฟินช์ลดลง ในขณะที่ขนาดจะงอยปากของนกฟินช์ใหญ่ขึ้นพร้อมทั้งเพิ่มเติมความคิดเห็นส่วนตัวเพื่ออธิบายสิ่งที่เกิดขึ้น ดังเช่นที่นักเรียนคนหนึ่ง (S6) กล่าวว่า “ก่อนภัยแล้ง นกฟินช์มีปากเล็กกว่าหลังภัยแล้ง (ซึ่งเป็นข้อสรุปตามหลักฐาน) จึงทำให้หาอาหารได้ง่าย และที่สำคัญ ความอุดมสมบูรณ์ก่อนภัยแล้งดีกว่าหลังภัยแล้ง อาหารที่นกฟินช์กินจึงมีเยอะ (ซึ่งเป็นข้อสรุปเกินจากหลักฐาน) ... เลยทำให้นกฟินช์ที่อาศัยอยู่ก่อนภัยแล้งมีจำนวนมากกว่าหลังภัยแล้ง (ซึ่งเป็นข้อสรุปตามหลักฐาน) เพราะหลังภัยแล้งนั้น นกฟินช์... ไม่มีอาหารกิน (ซึ่งเป็นข้อสรุปเกินจากหลักฐาน)” ในขณะที่นักเรียน 1 คน (S4) สรุปเพียงว่า เมื่อเกิดภัยแล้งจำนวนของนกฟินช์ลดลง พร้อมทั้งเพิ่มเติมความคิดเห็นส่วนตัวเพื่ออธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นว่า “ก่อนภัยแล้ง นกฟินช์มีจำนวนมาก (ซึ่งเป็นข้อสรุปตามหลักฐาน) เพราะอาหารอุดมสมบูรณ์ (ซึ่งเป็นข้อสรุปเกินจากหลักฐาน) แต่หลังภัยแล้ง นกฟินช์มีจำนวนลดลง (ซึ่งเป็นข้อสรุปตามหลักฐาน) ... ทำให้นก (ฟินช์) ไม่มีอาหารกิน (ซึ่งเป็นข้อสรุปเกินจากหลักฐาน)” นักเรียนในกลุ่มนี้ไม่มีการอ้างอิงรายละเอียดหลักฐาน นอกจากการระบุชื่อแผนภูมิหรือชื่อแกนของแผนภูมิ

นักเรียน 2 คน (S3 และ S8) ลงข้อสรุปคลาดเคลื่อนและเกินจากหลักฐาน โดยนักเรียนคนหนึ่ง (S3) ลงข้อสรุปถึงความสัมพันธ์เชิงเหตุผลว่า “ภัยแล้งส่งผลต่อจำนวนของนกฟินช์อย่างมาก” ในขณะที่นักเรียนอีกคนหนึ่ง (S8) ระบุถึงการปรับตัวของนกฟินช์เพื่อให้ตัวเองหาอาหารได้ดีขึ้นเมื่อเกิดภัยแล้ง ดังประโยคที่ว่า “นกฟินช์มีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพอากาศเพื่อความอยู่รอด ... หลังจากภัยแล้ง นกฟินช์ที่มีชีวิตมีจะงอยปาก

ที่ใหญ่ขึ้น เพื่อหาอาหาร” ทั้งๆ ที่แผนภูมินี้ไม่ได้แสดงความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างการเกิดภัยแล้งและจำนวนของนกฟินช์ และไม่ได้มีหลักฐานใดๆ เกี่ยวกับสิ่งที่เกิดขึ้นกับนกฟินช์แต่ละตัวในขณะที่เกิดภัยแล้ง นักเรียนเหล่านี้ไม่ได้อ้างอิงหลักฐาน แต่อ้างอิงเพียงชื่อแผนภูมิหรือชื่อแกนของแผนภูมิ

นักเรียนอีก 2 คน (S1 และ S2) ลงข้อสรุปที่สื่อความหมายไม่ชัดเจน โดยนักเรียนทั้งคู่ให้คำตอบคล้ายกันว่า “ก่อนภัยแล้ง นกฟินช์มีจะงอยปากน้อย หลังภัยแล้ง นกฟินช์มีจะงอยปากเพิ่มขึ้นสูง” ซึ่งยากต่อการตีความว่า นักเรียนเหล่านี้กำลังกล่าวถึงขนาดจะงอยปาก จำนวนจะงอยปาก หรือตำแหน่งจะงอยปาก นักเรียนทั้งคู่ไม่มีการอ้างอิงรายละเอียดของหลักฐาน

อย่างไรก็ดี แม้นักเรียนจำนวนหนึ่งลงข้อสรุปได้ว่า ขนาดจะงอยปากของนกฟินช์ใหญ่ขึ้นเมื่อเกิดภัยแล้ง แต่ข้อสรุปนี้ยังไม่ใช่สิ่งที่คณะผู้วิจัยคาดหวังไว้ ทั้งนี้เพราะไม่มีนักเรียนคนใดเลยที่ลงข้อสรุปว่า “ค่าเฉลี่ย” ของขนาดจะงอยปากของนกฟินช์เพิ่มขึ้นจากเดิมเมื่อเกิดภัยแล้ง กล่าวคือ ไม่มีนักเรียนคนใดเลยที่สังเกตเห็นคำว่า “ค่าเฉลี่ย” ที่ปรากฏในชื่อของหลักฐานชิ้นที่ 4 และถูกบ่งชี้ไว้อย่างชัดเจนด้วยลูกศรสีแดงในแผนภูมิ การละเลยนี้ทำให้นักเรียนเหล่านี้เข้าใจว่า นกฟินช์แต่ละตัวมีการปรับตัวเพื่อให้มีจะงอยปากที่ใหญ่ขึ้นเมื่อเกิดภัยแล้ง ซึ่งเป็นแนวคิดที่คลาดเคลื่อนหนึ่งในทางชีววิทยา (Pongsophon et al., 2003: 10)

หลักฐานชิ้นที่ 5 “ค่าเฉลี่ยของความหนาของจะงอยปากของนกฟินช์ในช่วงปี ค.ศ. 1976-1984”

นักเรียน 3 คน (S1 S4 และ S10) ลงข้อสรุปตามหลักฐาน โดยนักเรียนเหล่านี้ลงข้อสรุปว่า ขนาดจะงอยปากของนกฟินช์ใหญ่ขึ้นในช่วงที่เกิดภัยแล้ง ดังประโยคที่ว่า “ในช่วงที่มีภัยแล้ง ขนาดจะงอยปากของนกฟินช์...เพิ่มขึ้น” (S1) “จะงอยปากของนกฟินช์มีขนาดใหญ่มากขึ้นเมื่อมีภัยแล้ง” (S4) และ “จะงอยปากของนกฟินช์...มีขนาดเพิ่มขึ้นมากในช่วงภัยแล้ง” (S10) นักเรียนในกลุ่มนี้ไม่ได้อ้างอิงรายละเอียดหลักฐาน แต่ระบุเพียงชื่อกราฟหรือกล่าวข้อสรุปซ้ำเท่านั้น

นักเรียน 1 คน (S6) ลงข้อสรุปตามหลักฐานส่วนหนึ่งและเกินจากหลักฐานส่วนหนึ่ง โดยนักเรียนคนนี้กล่าวว่า “ในช่วงภัยแล้ง จะงอยปากของนกฟินช์มี...ขนาดใหญ่มากขึ้น” ซึ่งเป็นข้อสรุปตามหลักฐาน แต่นักเรียนคนนี้ได้เพิ่มเติมความคิดเห็นส่วนตัวเพื่ออธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นว่า “เพราะ (นกฟินช์) ต้องใช้ในการหาอาหารเพิ่มขึ้น เพราะ (อาหาร) ไม่ค่อยอุดมสมบูรณ์” ซึ่งเป็นข้อสรุปเกินจากหลักฐาน นักเรียนคนนี้ได้อ้างอิงหลักฐานใดๆ

นักเรียน 4 คน (S3 S7 S8 และ S9) ลงข้อสรุปคลาดเคลื่อนและเกินจากหลักฐาน ดังเช่นประโยคที่ว่า “ภัยแล้งที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลทำให้จะงอยปากของนกฟินช์เพิ่มมากขึ้น

และยาวขึ้นเรื่อยๆ” (S3) “ในช่วงภัยแล้ง ขนาดจะงอยปากของนกฟินช์จะมีขนาดใหญ่กว่าฤดูฝน” (S7) “ในช่วงที่เกิดภัยแล้ง นกฟินช์มีการปรับขนาดของปากให้ใหญ่ขึ้นเพื่อความอยู่รอด” (S8) และ “ขนาดจะงอยปากของนกฟินช์ยาวขึ้นไปในช่วงภัยแล้ง เพราะนกฟินช์ต้องปรับตัว...ให้รอดชีวิต” (S9) ทั้งๆ ที่กราฟนี้ไม่ได้กล่าวถึงทั้งความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งที่เกิดภัยแล้งกับขนาดจะงอยปากของนกฟินช์ ขนาดจะงอยปากของนกฟินช์ในแต่ละฤดู และสิ่งที่เกิดขึ้นกับนกฟินช์ในขณะที่เกิดภัยแล้ง นักเรียนเหล่านี้ไม่ได้อ้างถึงรายละเอียดหลักฐานใดๆ นอกจากการกล่าวถึงชื่อกราฟหรือกล่าวข้อสรุปซ้ำ

ในขณะที่นักเรียนอีก 2 คน (S2 และ S5) บรรยายข้อมูลในกราฟโดยปราศจากการลงข้อสรุปใดๆ

อย่างไรก็ดี แม้นักเรียนจำนวนหนึ่งลงข้อสรุปได้ว่า ขนาดจะงอยปากของนกฟินช์ใหญ่ขึ้นในช่วงที่เกิดภัยแล้ง แต่ข้อสรุปนี้ยังไม่ใช่สิ่งที่คณะผู้วิจัยคาดหวังไว้ ทั้งนี้เพราะไม่มีนักเรียนคนใดเลยที่ลงข้อสรุปว่าภัยแล้งน่าจะเป็นสาเหตุที่ทำให้ประชากรนกฟินช์มี “ค่าเฉลี่ย” ของขนาดจะงอยปากเพิ่มขึ้น กล่าวคือ ไม่มีนักเรียนคนใดเลยที่กล่าวถึง “ค่าเฉลี่ย” ของขนาดจะงอยปากของนกฟินช์ และไม่มีนักเรียนคนใดเลยที่ระบุถึงความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างการเกิดภัยแล้งและการเพิ่มขึ้นของค่าเฉลี่ยของขนาดจะงอยปากของนกฟินช์ ทั้งๆ ที่กราฟนี้แสดงอย่างชัดเจนว่า ในทุกครั้งที่เกิดภัยแล้ง ค่าเฉลี่ยของขนาดจะงอยปากของนกฟินช์เพิ่มขึ้นสูงสุด (เมื่อเทียบกับช่วงเวลาใกล้เคียง) นอกจากนี้ คำตอบของนักเรียนบางคน (S8 และ S9) ยังสื่อถึงแนวคิดที่คลาดเคลื่อนอย่างชัดเจนว่า นกฟินช์แต่ละตัวมีการปรับตัวเพื่อให้มีจะงอยปากที่ใหญ่ขึ้นเมื่อเกิดภัยแล้ง (Pongsophon et al., 2003: 10)

หลักฐานชั้นที่ 6 “จำนวนนกฟินช์และความอุดมสมบูรณ์ของอาหาร”

นักเรียน 3 คน (S1 S6 และ S7) ลงข้อสรุปตามหลักฐาน โดยนักเรียนกลุ่มนี้ลงข้อสรุปถึงความเกี่ยวข้องกัน ระหว่างความอุดมสมบูรณ์ของเมล็ดพืชกับจำนวนนกฟินช์ ดังประโยคที่ว่า “ในช่วงที่มีความอุดมสมบูรณ์ของ เมล็ดพืชมาก ก็จะมีจำนวนนก (ฟินช์) มาก” (S1) “จำนวนของนกฟินช์...ขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของเมล็ด (เมล็ด) พืชน้อยลง จำนวนนกฟินช์ก็ลดลง” (S6) และ “ถ้าจำนวนของเมล็ด (พืช) มาก จำนวนนก (ฟินช์) ก็มาก” (S7) ในจำนวนนี้ นักเรียน 1 คน (S1) บรรยายหลักฐานที่สนับสนุนข้อสรุปนี้ โดยการกล่าวว่า “ในช่วงปี ค.ศ. 1976 เดือนเมษายน มีจำนวนนก (ฟินช์) เยอะที่สุด (และ) มีความอุดมสมบูรณ์ของเมล็ดพืชเยอะที่สุด” ในขณะที่นักเรียนอีกคนหนึ่ง (S6) แม้อ้างถึงหลักฐานว่า “จำนวนของนกฟินช์ตอนแรกๆ มีจำนวนมาก (แล้ว) ลดลงเรื่อยๆ” แต่ยังไม่มีการแสดงว่า หลักฐานนั้นสนับสนุนข้อสรุปอย่างไร ส่วนนักเรียนอีกคนหนึ่ง (S7) อ้างถึงชื่อแผนภูมิเท่านั้น

นักเรียน 4 คน (S3 S4 S5 และ S8) ลงข้อสรุปตามหลักฐานส่วนหนึ่งและเกินจากหลักฐานส่วนหนึ่ง โดยนักเรียนเหล่านี้ระบุเป็นนัยว่า ความอุดมสมบูรณ์ของเมล็ดพืชและจำนวนของนกฟินช์เปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งเป็นการลงข้อสรุปตามหลักฐาน แต่นักเรียน 3 คน (S4 S5 และ S8) ลงข้อสรุปเพิ่มเติมด้วยว่า การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของความอุดมสมบูรณ์ของเมล็ดพืชเป็นสาเหตุของการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของจำนวนนกฟินช์ดังประโยคที่ว่า “เมล็ดพืชสมบูรณ์จะทำให้จำนวนนกฟินช์เพิ่มขึ้น ...เมล็ดพืชลดลงทำให้จำนวนนกฟินช์ลดลงด้วย” (S4) “จำนวนนกฟินช์น้อยลง เพราะความอุดมสมบูรณ์ของเมล็ดน้อยลง” (S5) และ “เพราะความอุดมสมบูรณ์ของเมล็ดพืชน้อยลง จึงทำให้จำนวนประชากรนกฟินช์ลดน้อยลง” (S8) อย่างไรก็ตาม แม้กราฟทั้งสองแสดงข้อมูล 2 ชุด (ความอุดมสมบูรณ์ของเมล็ดพืชและจำนวนนกฟินช์) ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาเดียวกัน แต่กราฟทั้งคู่ไม่ได้แสดงถึงความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างข้อมูล 2 ชุด ทั้งนี้เพราะข้อมูลเหล่านี้ได้มาจากการสำรวจทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่มีการควบคุมตัวแปรที่เกี่ยวข้องอื่นๆ การลงข้อสรุปถึงความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างความอุดมสมบูรณ์ของเมล็ดพืชและจำนวนนกฟินช์จึงเป็นการลงข้อสรุปที่เกินจากหลักฐาน ในขณะที่นักเรียนอีกคนหนึ่ง (S3) ลงข้อสรุปว่า “เมื่อจำนวนนกฟินช์ลดลง ความอุดมสมบูรณ์ของเมล็ด (พืช) ก็ลดลง เพราะนกฟินช์กินเมล็ดพืชแล้วถ่ายทิ้งไว้ เมื่อเวลาผ่านไป เมล็ดพืชก็จะโต แล้วเป็นต้นพืชอีกครั้ง” ซึ่งเป็นการลงข้อสรุปถึงความสัมพันธ์เชิงเหตุผลที่สวนทางกับข้อสรุปของนักเรียน 3 คนในกลุ่มเดียวกันนี้ นั่นคือ การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของจำนวนนกฟินช์เป็นสาเหตุของการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของความอุดมสมบูรณ์ของเมล็ดพืช นักเรียนเหล่านี้อ้างถึงชื่อแผนภูมิหรือชื่อแกนของแผนภูมิเท่านั้น

นักเรียนอีก 3 คน (S2 S9 และ S10) ไม่มีการลงข้อสรุป นักเรียนเหล่านี้บรรยายรายละเอียดบางส่วนของหลักฐานเท่านั้น ดังประโยคที่ว่า “ในปี ค.ศ. 1975 มีนกฟินช์จำนวนมาก ในปี ค.ศ. 1976 มีอาหารที่นกฟินช์กินเป็นจำนวนมาก” (S2) “เมื่อความสมบูรณ์ของเมล็ดมีจำนวนมาก จำนวนนกฟินช์ก็มีจำนวนเพิ่มขึ้น แต่ถ้าจำนวนเมล็ด (พืช) น้อย นกฟินช์จะลดจำนวนน้อยลง” (S9) และ “จำนวนนกฟินช์ลดลงทุกปี ตั้งแต่ ... ก.ค. 1975 และ มิ.ย. 1976 จำนวนนกฟินช์เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ความอุดมสมบูรณ์ (ของเมล็ดพืช) ในช่วง ... มิ.ย. 1976 มากที่สุด ในเดือน ต.ค. ปี 1977 มีความสมบูรณ์น้อยที่สุด” (S10)

หลักฐานชั้นที่ 7 “ความสมบูรณ์ของเมล็ดพืชและค่าเฉลี่ยดัชนีเมล็ดพืชในปีต่าง ๆ”

ไม่มีนักเรียนคนใดเลยที่ลงข้อสรุปตามหลักฐาน หรือลงข้อสรุปตามหลักฐานและเกินจากหลักฐาน

นักเรียน 7 คน (S1 S2 S5 S6 S 7 S8 และ S9) ลงข้อสรุปคลาดเคลื่อนหรือ

เกินจากหลักฐาน ดังประโยคต่อไปนี้ “ถ้าความแข็งของเมล็ดพืช (มีค่า) น้อย เมล็ดพืชมีความอุดมสมบูรณ์น้อย” (S1 และ S2) “ในแต่ละปี ค่าดัชนีเมล็ดพืชเฉลี่ยลดลง เมล็ดพืชมีจำนวนเพิ่มขึ้น” (S5) “ถ้าความแข็ง (ของเมล็ดพืช) มาก เมล็ดพืชมีความอุดมสมบูรณ์มากและ (มี) จำนวนมาก” (S9) ซึ่งเป็นการลงข้อสรุปที่ขัดแย้งกับหลักฐาน และดังประโยคต่อไปนี้ “ถ้าค่าดัชนีเมล็ดพืชต่ำจะทำให้มีอาหารอุดมสมบูรณ์ เพราะเปลือกของเมล็ดพืชจะอ่อน ง่ายต่อการกินมากขึ้น” (S6 และ S7) “ในช่วงปี 1976 – 1977 มีจำนวนประชากรนกฟินช์มากที่สุด เนื่องจากมีความอุดมสมบูรณ์ของเมล็ดพืช แต่ในช่วง 1978 จำนวนประชากรของนกฟินช์น้อยลง เพราะความอุดมสมบูรณ์ของพืชน้อยลง” (S8) ซึ่งเป็นการลงข้อสรุปที่เกินจากหลักฐาน ทั้งนี้เพราะกราฟนี้ไม่ได้แสดงความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างความอุดมสมบูรณ์ของอาหารกับค่าดัชนีเมล็ดพืช และไม่ได้แสดงจำนวนนกฟินช์ในช่วงเวลาต่างๆ ตามลำดับ นักเรียนเหล่านี้ไม่ได้อ้างอิงรายละเอียดหลักฐาน หากแต่เพียงระบุถึงชื่อกราฟ ชื่อแกนของกราฟหรือตัวแปรในกราฟเท่านั้น

นักเรียน 3 คน (S3 S4 และ S10) ไม่มีการลงข้อสรุป หากแต่เพียงบรรยายรายละเอียดของข้อมูลเท่านั้น ดังเช่นประโยคที่ว่า “ความอุดมสมบูรณ์ของเมล็ดพืชเพิ่มขึ้น ความแข็งของเมล็ด (พืช) ลดลง” (S4) และ “เมล็ดพืชมีจำนวนมากที่สุดในปี 1976 เมล็ดพืชมีความแข็งและความอุดมสมบูรณ์ที่สุดในปี 1977” (S10) ซึ่งอาจไม่สอดคล้องกับหลักฐาน นักเรียนเหล่านี้ไม่ได้อ้างอิงรายละเอียดหลักฐาน หากแต่เพียงระบุถึงชื่อกราฟ ชื่อแกนของกราฟ หรือตัวแปรในกราฟเท่านั้น

หลักฐานชิ้นที่ 8 “ขนาดตัวเฉลี่ยของนกฟินช์ ‘ก่อน’ และ ‘หลัง’ การเกิดภัยแล้ง”

นักเรียน 3 คน (S7 S9 และ S10) ลงข้อสรุปตามหลักฐาน โดยการกล่าวว่า “นกฟินช์มีขนาดตัวเล็ก จนเกิดภัยแล้งครั้งใหญ่... นกฟินช์มีขนาดตัวใหญ่ขึ้น” (S7) “นกฟินช์มีขนาดค่อนข้างเล็ก แต่เมื่อเกิดภัยแล้งครั้งใหญ่ นกฟินช์มีขนาดตัวใหญ่ขึ้น” (S9) และ “ช่วงก่อนภัยแล้งครั้งใหญ่... นกฟินช์มีขนาดตัวเล็กแต่หลังจากภัยแล้ง นกฟินช์มีขนาดใหญ่ขึ้น” (S10) นักเรียนเหล่านี้ระบุความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ระหว่างขนาดตัวของนกฟินช์ “ก่อน” และ “หลัง” ภัยแล้ง นอกจากนี้ นักเรียน 2 ใน 3 คน (S7 และ S9) มีการอ้างอิงขนาดตัวของนกฟินช์ในบางปี ค.ศ. เพื่อสร้างข้อเปรียบเทียบที่สนับสนุนข้อสรุปนี้

นักเรียน 3 คน (S1 S2 และ S3) ลงข้อสรุปตามหลักฐานส่วนหนึ่ง และเกินจากหลักฐานส่วนหนึ่ง นักเรียนเหล่านี้ระบุได้ว่า ขนาดตัวนกฟินช์มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเกิดภัยแล้ง ซึ่งเป็นข้อสรุปตามหลักฐาน อย่างไรก็ตาม นักเรียนเหล่านี้ระบุความคิดเห็นเพิ่มเติมว่า ภัยแล้งเป็นสาเหตุให้ขนาดตัวของนกฟินช์เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นการลงข้อสรุปเกินจากหลักฐาน ดังประโยคที่ว่า “ภัยแล้งทำให้นกฟินช์มีขนาดใหญ่มากขึ้น” (S1 และ S2) “ภัยแล้งส่งผลกระทบต่อ

ต่อขนาดตัวของนกฟินช์และความสมบูรณ์ของเมล็ด” (S3) นักเรียนเหล่านี้ไม่ได้ตระหนักว่า ข้อมูลในกราฟนี้มาจากการสำรวจทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่มีการควบคุมตัวแปรที่เกี่ยวข้องอื่นๆ นักเรียนเหล่านี้ไม่ได้อ้างอิงรายละเอียดหลักฐาน หากแต่เพียงระบุถึงชื่อกราฟเท่านั้น

นักเรียน 4 คน (S4 S5 S6 และ S8) ลงข้อสรุปคลาดเคลื่อนและเกินจากหลักฐาน นักเรียนคนหนึ่งลงข้อสรุปตรงข้ามกับหลักฐาน โดยการกล่าวว่า “ภัยแล้งครั้งใหญ่ทำให้ขนาดของนกฟินช์เล็กลง” (S4) ในขณะที่นักเรียนอีก 3 คน ลงข้อสรุปโดยการอ้างถึงปัจจัยอื่นๆ ที่ไม่ปรากฏในกราฟนี้ อาทิ “หลังจากเกิดภัยแล้ง เมล็ดพืชมีความสมบูรณ์และมีความแข็งเพิ่มขึ้น” (S5) “ความอุดมสมบูรณ์ของเมล็ดพืชในช่วงปี ค.ศ. 1975 ไม่ได้เท่า ค.ศ. 1977–1978 เลยทำให้เมล็ดพืชในช่วงนี้อ่อน ง่ายต่อการกินมากขึ้น เลยทำให้นกโตเร็วกว่าปี ค.ศ. 1975” (S6) และ “นกฟินช์มีการเปลี่ยนขนาดตัวใหญ่ขึ้นเพื่อความอยู่รอด” (S8) นักเรียนเหล่านี้ไม่ได้อ้างอิงรายละเอียดหลักฐาน หากแต่เพียงระบุถึงชื่อกราฟเท่านั้น และแม้นักเรียนจำนวนหนึ่งลงข้อสรุปได้ว่า นกฟินช์มีขนาดตัวเพิ่มขึ้นจากเดิมเมื่อเกิดภัยแล้ง แต่ข้อสรุปนี้ยังไม่ใช่สิ่งที่คณะผู้วิจัยคาดหวังไว้ ทั้งนี้เพราะไม่มีนักเรียนคนใดเลยที่กล่าวถึง “ค่าเฉลี่ย” ของขนาดตัวของนกฟินช์ ซึ่งปรากฏอย่างชัดเจนในชื่อกราฟนี้ คำตอบของนักเรียนจากหลักฐานนี้ ร่วมกับคำตอบของนักเรียนจากหลักฐานชั้นที่ 4 และ 5 บ่งบอกว่า นักเรียนทั้งหมดไม่ได้มองปรากฏการณ์นี้ด้วยมุมมองในระดับประชากรของนกฟินช์ หากแต่พิจารณาจากนกฟินช์เป็นรายตัวเท่านั้น

หลักฐานชั้นที่ 9 “ปริมาณน้ำฝนต่อปีและการออกไข่ของนกฟินช์”

นักเรียน 1 คน (S10) ลงข้อสรุปตามหลักฐาน โดยการกล่าวว่า “ปริมาณน้ำฝนของแต่ละปีเกี่ยวข้องกับ (จำนวน) ไข่ของนกฟินช์” นักเรียนคนนี้ระบุความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ระหว่างปริมาณน้ำฝนต่อปีและจำนวนไข่ของนกฟินช์ แม้นักเรียนคนนี้ได้อ้างอิงรายละเอียดของหลักฐานก็ตาม

นักเรียน 6 คน (S4 S5 S6 S7 S8 และ S9) ลงข้อสรุปตามหลักฐานส่วนหนึ่ง และเกินจากหลักฐานส่วนหนึ่ง โดยนักเรียนเหล่านี้ระบุได้ว่า ปริมาณน้ำฝนต่อปีและจำนวนไข่ของนกฟินช์มีความเกี่ยวข้องกัน ซึ่งเป็นการลงข้อสรุปตามหลักฐาน อย่างไรก็ตาม นักเรียนเหล่านี้ลงข้อสรุปเพิ่มเติมไปว่า ปริมาณน้ำฝนเป็นสาเหตุที่ส่งผลต่อจำนวนไข่ของนกฟินช์ ซึ่งเป็นการลงข้อสรุปเกินจริงเกี่ยวกับความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างปริมาณน้ำฝนและจำนวนไข่ของนกฟินช์ ดังตัวอย่างประโยคที่ว่า “ปริมาณน้ำฝนมากทำให้จำนวนไข่ของน้ำฟินช์เพิ่มมากขึ้น แต่ถ้าปริมาณน้ำฝนน้อย ทำให้จำนวนไข่ของนกฟินช์ลดลง” (S4) “ปริมาณน้ำฝนน้อยส่งผลทำให้ไข่ของนกฟินช์น้อยลง ปริมาณน้ำฝนมากส่งผลให้ไข่ของนกฟินช์เพิ่มมากขึ้น” (S5) “(ปริมาณ) น้ำฝนต่อปีมีผลต่อการออกไข่ของ

นกฟีนซ์ ยังมีปริมาณน้ำฝนมาก ไขก็จะมาก เพราะความอุดมสมบูรณ์มีผลต่อการออกไข่” (S6) และ “ปริมาณน้ำฝนมีผลอย่างมากต่อจำนวนไขของนกฟีนซ์...” (S7) นักเรียนเหล่านี้ไม่ได้ตระหนักว่า หลักฐานจากกราฟนี้ได้มาจากการสำรวจทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่ได้มีการควบคุมตัวแปรเกี่ยวข้องอื่นๆ นักเรียนเหล่านี้ไม่ได้อ้างอิงรายละเอียดหลักฐาน หากแต่เพียงระบุถึงชื่อกราฟ ชื่อแกนของกราฟ หรือตัวแปรในกราฟเท่านั้น

นักเรียนคนหนึ่ง (S3) ลงข้อสรุปคลาดเคลื่อนไปจากหลักฐาน โดยการกล่าวว่า “เมื่อมีปริมาณน้ำฝนประมาณ 100 มิลลิเมตร จำนวนไขของนกฟีนซ์จะมีมาก” ทั้งๆ ที่จำนวนไขของนกฟีนซ์ยังมีค่ามากขึ้นอีก เมื่อปริมาณน้ำฝนต่อบีค่ามากกว่า 100 มิลลิเมตร นักเรียนคนนี้อ้างอิงเพียงชื่อกราฟเท่านั้น

นักเรียน 2 คน (S1 และ S2) ไม่มีการลงข้อสรุปใดๆ หากเพียงบรรยายรายละเอียดของข้อมูลในกราฟว่า “ไขที่ออกในปริมาณน้ำ (ฝน) มากมีจำนวนมากกว่า (ไขที่ออกใน) ปริมาณน้ำ (ฝน) น้อย”

การสร้างคำอธิบายของนักเรียน

แม้ว่านักเรียนทุกคนสามารถบอกหรือคาดเดาได้ว่า คำตอบของคำถามทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์นี้คือ “ภัยแล้งส่งผลต่อความหลากหลายทางพันธุกรรมของนกฟีนซ์” แต่คำตอบของนักเรียนในใบกิจกรรมที่ 2 แสดงว่า ไม่มีนักเรียนคนใดเลยที่สามารถนำข้อสรุปจากใบกิจกรรมที่ 1 มาเขียนเป็นข้อความที่แสดงถึงกระบวนการหรือกลไกที่อธิบายว่า “ภัยแล้งส่งผลให้ความหลากหลายทางพันธุกรรมของนกฟีนซ์ได้อย่างไร” นักเรียนทุกคนเขียนแผนภาพที่ตรงกลางระบุข้อความว่า “ภัยแล้งส่งผลต่อความหลากหลายของนกฟีนซ์” แล้วลากเส้นโยงข้อความนั้นออกไปยังข้อความอื่นๆ โดยรอบ เช่น “จำนวนของนกฟีนซ์ลดลงมากขึ้น” “นกฟีนซ์กินอาหารแต่ละชนิดไม่เท่ากัน” “นกฟีนซ์กินอาหารแต่ละชนิดแตกต่างกัน” “ขนาดจะงอยปากของนกฟีนซ์เพิ่มมากขึ้นในช่วงภัยแล้ง” และ “ปริมาณน้ำฝนเกี่ยวข้องกับการออกไข่ของนกฟีนซ์” โดยปราศจากการเชื่อมโยงระหว่างข้อความโดยรอบเหล่านี้ ดังปรากฏในภาพที่ 2 ซึ่งเป็นผลงานของนักเรียนคนที่ 10 (S10) สิ่งนี้จึงสะท้อนว่า นักเรียนทุกคนไม่สามารถนำข้อสรุปจากหลักฐานเชิงประจักษ์ต่างๆ มาเชื่อมโยงกันเพื่อสร้างเป็นคำอธิบายที่ตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ได้



ภาพที่ 2 ตัวอย่างแผนภาพของนักเรียนคนที่ 10 ที่อธิบายว่า “ภัยแล้งส่งผลต่อความหลากหลายทางพันธุกรรมของนกฟินช์ได้อย่างไร”

บทสรุปและการอภิปรายผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 10 ซึ่งประกอบด้วยนักเรียนชาย 4 คน และนักเรียนหญิง 6 คน โดยการให้นักเรียนเหล่านี้ทำกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง “ไซปริตานนกฟินช์” ซึ่งนักเรียนต้องพิจารณาหลักฐานเชิงประจักษ์จำนวน 9 ชิ้น และลงข้อสรุปจากหลักฐานเชิงประจักษ์เหล่านั้น แล้วจึงนำข้อสรุปเหล่านั้นมาสร้างเป็นคำอธิบายที่ตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่ว่า “ภัยแล้งส่งผลต่อความหลากหลายทางพันธุกรรมของนกฟินช์หรือไม่ และได้อย่างไร” จากการวิเคราะห์ข้อสรุปทั้งหมดของนักเรียนแต่ละคน ผลการวิจัยเปิดเผยว่า ข้อสรุปเหล่านี้ประมาณร้อยละ 30 เป็นการลงข้อสรุปตามหลักฐาน ประมาณ

ร้อยละ 52 เป็นการลงข้อสรุปที่คลาดเคลื่อนและ/หรือเกินจากหลักฐาน ซึ่งมีความคิดเห็นส่วนตัวของนักเรียนปะปนอยู่ และอีกประมาณร้อยละ 18 เป็นการบรรยายหลักฐานที่ไม่มีการลงข้อสรุปหรือเป็นข้อสรุปที่สื่อความหมายไม่ชัดเจน ด้วยเหตุนี้ นักเรียนทุกคนจึงไม่สามารถนำข้อสรุปที่ตนเองสร้างขึ้นไปใช้ในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้

จากผลการวิจัยข้างต้น อุปสรรคสำคัญที่ทำให้นักเรียนเหล่านี้ไม่สามารถลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้คือ (1) นักเรียนเหล่านี้ไม่ได้พิจารณาหลักฐานแต่ละชิ้นอย่างละเอียด ตัวอย่างเช่น นักเรียนทุกคนไม่ได้พิจารณาคำว่า “ค่าเฉลี่ย” ซึ่งปรากฏอยู่ในหลักฐานชิ้นที่ 4 5 7 และ 8 ด้วยเหตุนี้ นักเรียนทุกคนจึงไม่ได้ตระหนักว่าปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นนั้นเป็นการเปลี่ยนแปลงในระดับ “ประชากรของนกฟินช์” ไม่ใช่การเปลี่ยนแปลงของ “นกฟินช์แต่ละตัว” นอกจากนี้ นักเรียนส่วนใหญ่อ้างอิงถึงหลักฐานต่างๆ เพียงแค่ชื่อแผนภูมิหรือชื่อกราฟ และ/หรือชื่อแกนของแผนภูมิหรือของกราฟเท่านั้น นักเรียนแทบทุกคนไม่ได้พิจารณารายละเอียดของหลักฐาน เช่น แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงของค่าของตัวแปรใดๆ ในกราฟหรือในแผนภูมิ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าของตัวแปร 2 ตัวในกราฟหรือในแผนภูมิเดียวกัน และความคล้ายคลึงกันระหว่างลักษณะของกราฟ 2 รูป ที่มีแกนใดแกนหนึ่งเหมือนกัน เป็นต้น ยิ่งไปกว่านั้น นักเรียนบางคนลงข้อสรุปที่ขัดแย้งกับหลักฐานที่ปรากฏ การละเลยรายละเอียดในหลักฐานต่างๆ ทำให้นักเรียนเหล่านี้ไม่สามารถลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

อุปสรรคสำคัญอีกประการหนึ่งคือ (2) นักเรียนส่วนใหญ่มักกระบุงความคิดเห็นส่วนตัวลงไปในข้อสรุป ไม่ว่าจะนักเรียนเหล่านี้จะรู้ตัวหรือไม่ก็ตาม การใช้ความคิดเห็นส่วนตัวมักทำให้ข้อสรุปนั้นคลาดเคลื่อนและ/หรือเกินจากหลักฐาน ตัวอย่างเช่น นักเรียนบางคนลงข้อสรุปถึงความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างตัวแปร 2 ตัวในแผนภูมิหรือในกราฟ โดยปราศจากความตระหนักว่า ข้อมูลในแผนภูมิหรือในกราฟเหล่านั้นได้มาจากการสำรวจทางวิทยาศาสตร์ ที่ไม่มีการควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนใดๆ ดังนั้น การลงข้อสรุปถึงความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างตัวแปร 2 ตัว จากกราฟหรือจากแผนภูมิเหล่านี้จึงเป็นสิ่งที่เกินจากหลักฐาน นอกจากนี้ แม้ว่านักเรียนหลายคนสามารถลงข้อสรุปได้ตามหลักฐานที่ปรากฏ แต่นักเรียนเหล่านี้มักเพิ่มเติมความคิดเห็นส่วนตัวในการอธิบายว่า หลักฐานนั้นเกิดขึ้นได้อย่างไร โดยการอ้างอิงถึงตัวแปรหรือสาเหตุอื่นๆ ที่ไม่ปรากฏอยู่ในหลักฐานนั้น การขาดความตระหนักนี้นำไปสู่การลงข้อสรุปที่คลาดเคลื่อนและ/หรือเกินจากหลักฐาน

(3) นักเรียนบางคนมองว่า หลักฐานและข้อสรุปคือสิ่งเดียวกัน เมื่อนักเรียนเหล่านี้ถูกถามให้อ้างอิงหลักฐานที่สนับสนุนข้อสรุปใดๆ นักเรียนเหล่านี้มักกล่าวถึงข้อสรุปนั้นซ้ำอีก นักเรียนเหล่านี้ไม่ได้แยกแยะว่า อะไรคือหลักฐานที่ปรากฏ และอะไรคือข้อสรุปจากหลักฐานที่ปรากฏ เนื่องจากหลักฐานเป็นผลที่เกิดจากการสังเกต ในขณะที่ข้อสรุป

คือผลที่เกิดจากการลงข้อสรุปจากหลักฐาน นักเรียนเหล่านี้จึงอาจยังไม่เข้าใจด้วยการสังเกตและการลงข้อสรุปมีความแตกต่างกัน ทั้งๆ ที่ความแตกต่างนี้เป็นลักษณะสำคัญประการหนึ่งของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Ladachart et al., 2013: 271 - 272) ด้วยข้อจำกัดในการลงข้อสรุปจากหลักฐาน นักเรียนทุกคนจึงขาดข้อสรุปในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ กล่าวคือ (4) นักเรียนเหล่านี้ไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปต่างๆ และสร้างเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ นักเรียนเหล่านี้ อาจยังไม่ทราบด้วยว่า คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ใดๆ ควรกล่าวถึง “กระบวนการหรือกลไก” ที่ทำให้ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติเกิดขึ้น และต้องเป็นคำอธิบายที่ตั้งอยู่บนหลักฐานเชิงประจักษ์

ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยก่อนหน้านี้ (Mahalee and Faikhamta, 2010: 805; Ladachart and Suttakun, 2012: 82; Suttakun and Ladachart, 2013: 119) ที่เปิดเผยว่า นักเรียนไทยจำนวนหนึ่งยังไม่เข้าใจและไม่สามารถใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ในการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สาเหตุหนึ่งน่าจะเป็นไปได้คือว่า นักเรียนเหล่านี้ยังไม่ได้รับโอกาสในการฝึกฝนข้อสรุปและสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเองอย่างเพียงพอ ซึ่งอาจเกิดจากการที่ครูเป็นผู้นำเสนอข้อสรุปและคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์กับนักเรียน ดังนั้น เมื่อนักเรียนต้องพิจารณาหลักฐานใดๆ ด้วยตนเอง ดังเช่นในกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง “ไซปรีตนาทกพิณซ์” นักเรียนจึงไม่สามารถตีความได้ว่า หลักฐานนั้นมีความหมายอย่างไร อะไรคือความหมายที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของหลักฐานนั้น และอะไรคือความหมายที่ถูกต่อยอดหรือเพิ่มเติมจากหลักฐานนั้น การที่ครูนำเสนอหลักฐานใดๆ พร้อมด้วยข้อสรุปจากหลักฐานนั้น จึงเป็นการปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกและเรียนรู้ที่จะลงข้อสรุปจากหลักฐานนั้นด้วยตนเอง ผลจากโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติครั้งล่าสุด (PISA 2012) ยืนยันในภาพรวมว่า นักเรียนไทยที่มีอายุประมาณ 15 ปี ยังขาดความสามารถในการ “ตีความหมายข้อมูลและหลักฐานอย่างเป็นวิทยาศาสตร์” (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST), 2013: 14-18)

สิ่งสำคัญที่ควรได้รับการเน้นย้ำไว้ ณ ที่นี้คือว่า การลงข้อสรุปทุกครั้งมีการใช้ความคิดเห็นส่วนตัวของผู้ลงข้อสรุปเสมอไม่มากก็น้อย ทั้งนี้เพราะการลงข้อสรุปคือการที่ผู้ลงข้อสรุปสร้างหรือให้ความหมายกับหลักฐานที่ปรากฏ ซึ่งผู้ลงข้อสรุปจำเป็นต้องตีความหลักฐานนั้นบนพื้นฐานของความรู้และประสบการณ์เดิมของตนเอง ดังนั้น การที่นักเรียนหลายคนในการวิจัยนี้ใช้ความคิดเห็นส่วนตัวลงไประหว่างการลงข้อสรุปจากหลักฐานใดจึงไม่ใช่เรื่องผิดปกติ อย่างไรก็ตาม ผู้ลงข้อสรุปควรตระหนักและรู้ตัวว่า การลงข้อสรุปหรือการใช้ความคิดเห็นส่วนตัวนั้นได้บิดเบือนความหมายที่แท้จริงของหลักฐาน

ที่ปรากฏหรือไม่ และ/หรือการลงข้อสรุปหรือการใช้ความคิดเห็นส่วนตัวนั้นได้เพิ่มความหมายที่นอกเหนือจากหลักฐานที่ปรากฏหรือไม่ ด้วยเหตุนี้ นักวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบว่า การลงข้อสรุปใดเป็นไปตามหลักฐาน การลงข้อสรุปใดเกินจากหลักฐาน และการลงข้อสรุปใดคลาดเคลื่อนจากหลักฐาน กระบวนการตรวจสอบนี้จะนำไปสู่การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปและหลักฐาน เพื่อพิจารณาระดับความเชื่อมั่นของข้อสรุปนั้นบนพื้นฐานของหลักฐานที่มีอยู่

แม้ว่าการวิจัยนี้ไม่ได้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้าใจของนักเรียนด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์ แต่คำตอบของนักเรียนส่วนหนึ่งเปิดเผยความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทางชีววิทยา นักเรียนเหล่านี้มีความเข้าใจว่า สภาวะบีบคั้นบางอย่าง เช่น ความขาดแคลนอาหาร สามารถทำให้สิ่งมีชีวิตแต่ละตัวต้องปรับและเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ เช่น การเปลี่ยนแปลงขนาดจะงอยปาก ในการนี้ Pongsophon et al. (2003: 10) ได้อธิบายสาเหตุของความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนนี้ว่า

...เพราะนักเรียนอาจได้รับประสบการณ์ตรง อาทิ นักเรียนอาจเคยเห็นนกเพาะกาย หรือนกที่ปีกที่ฝึกซ้อมทุกวัน (แล้ว) ร่างกายมีกล้ามเนื้อมากขึ้น หรือจากการได้ยินสื่อแล้วเกิดความเข้าใจผิด อย่างที่นักเรียนคนหนึ่งได้ให้คำอธิบายว่า ขนาดของไส้ติ่งลดลงเหมือนกับหลอดสั้นของหางคน คนไม่ได้ใช้หาง หางจึงค่อยๆ หดลง ซึ่งนักเรียนที่มีความ (เข้าใจ) แบบนี้เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 - 5

ความเข้าใจเดิมนี้มีส่วนทำให้นักเรียนบางคนในงานวิจัยนี้ลงข้อสรุปหลักฐานหลายชั้นคลาดเคลื่อนไป สิ่งนี้แสดงว่า ความรู้และความเข้าใจเดิมของนักเรียนมีส่วนอย่างมากต่อการลงข้อสรุปของนักเรียน นักเรียนที่มีความรู้และความเข้าใจเดิมที่ถูกตอ้งมีโอกาที่จะลงข้อสรุปได้ถูกต้องมากกว่านักเรียนที่มีความรู้และความเข้าใจเดิมที่คลาดเคลื่อน

ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้

จากผลการวิจัยนี้พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวนหนึ่งยังไม่สามารถลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบายบนพื้นฐานของหลักฐานเชิงประจักษ์ คณะผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเกี่ยวกับแนวทางการพัฒนาความสามารถของนักเรียนในการลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

(1) นักเรียนควรได้รับการฝึกให้ลงข้อสรุปด้วยตนเอง ในการนี้ ครูอาจนำเสนอหลักฐานเชิงประจักษ์ ซึ่งอาจมาจากผลการทดลอง ผลการสาธิต หรือผลจากการค้นคว้าจากแหล่งต่างๆ พร้อมทั้งให้นักเรียนแต่ละคนได้ตีความว่า หลักฐานเชิงประจักษ์นั้นมีความหมายอย่างไรได้บ้าง ในการนี้ ครูควรบันทึกข้อสรุปของนักเรียนแต่ละคน (ซึ่งเกิด

จากหลักฐานชิ้นเดียวกัน) และเปิดโอกาสให้นักเรียนทั้งชั้นได้อภิปรายร่วมกันว่า ข้อสรุปใด เป็นไปตามหลักฐาน ข้อสรุปใดเกินจากหลักฐาน และข้อสรุปใดคลาดเคลื่อนจากหลักฐาน ในการนี้ ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนพิจารณารายละเอียดของหลักฐานนั้น เช่น ตัวแปรที่ปรากฏในหลักฐาน ค่าของตัวแปรที่ปรากฏในหลักฐาน การเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรที่ปรากฏในหลักฐาน และความสัมพันธ์ระหว่างค่าของตัวแปรที่ปรากฏในหลักฐาน เป็นต้น

(2) ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ตรวจสอบหรือประเมินความสัมพันธ์ระหว่าง ข้อสรุปและหลักฐาน ทั้งของตนเองและของผู้อื่น ในการนี้ นักเรียนควรได้พิจารณาว่า ข้อสรุป เป็นไปตามหลักฐานหรือไม่ ข้อสรุปมีส่วนใดส่วนหนึ่งเกินจากหลักฐานหรือไม่ และข้อสรุป มีส่วนใดส่วนหนึ่งคลาดเคลื่อนจากหลักฐานหรือไม่ ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนสร้าง “ข้อสรุป ร่วมกัน” จากหลักฐานชิ้นเดียวกัน กระบวนการนี้อาจนำไปสู่การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นการโต้แย้งที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของหลักฐานเชิงประจักษ์

(3) นักเรียนควรได้รับการเน้นย้ำให้มีความเข้าใจเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่าง ข้อสรุปและหลักฐาน ในการนี้ นักเรียนควรเข้าใจว่า หลักฐานคือผลจากการสังเกต ซึ่ง ไม่มีความคิดเห็นส่วนตัวใดๆ ปะปนอยู่ ในขณะที่ข้อสรุปคือผลจากการลงข้อสรุป ซึ่งเป็นการสร้างหรือให้ความหมายกับหลักฐาน ดังนั้น หลักฐานชิ้นเดียวกันอาจนำไปสู่ข้อสรุป ที่แตกต่างกัน ทั้งนี้เพราะผู้ลงข้อสรุปอาจมองหลักฐานนั้นด้วยมุมมองที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม ข้อสรุปต้องตั้งอยู่บนพื้นฐานของหลักฐาน และต้องไม่บิดเบือนไปจากหลักฐาน นอกจากนี้ ข้อสรุปไม่ควรเกินจากหลักฐาน ซึ่งจะส่งผลต่อความน่าเชื่อถือของข้อสรุปนั้น

(4) นักเรียนควรได้รับการฝึกให้เชื่อมโยงข้อสรุปต่างๆ เพื่อสร้างเป็นคำอธิบาย ทางวิทยาศาสตร์ด้วยตัวเอง ในการนี้ ครูอาจนำเสนอตัวอย่างข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ จำนวนหนึ่ง และกระตุ้นให้นักเรียนนำข้อสรุปเหล่านั้นมาเชื่อมโยง เพื่อสร้างเป็นคำ อธิบายที่ตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ ในการนี้ นักเรียนแต่ละคนอาจเชื่อมโยงข้อสรุป ต่างๆ แตกต่างกันไป

ในการให้ข้อเสนอแนะเหล่านี้ คณะผู้วิจัยเห็นว่ากิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง “ไขปริศนานกฟินช์” เป็นเพียงบริบทที่จะเอื้อให้นักเรียนได้มีโอกาสฝึกลงข้อสรุปและสร้าง คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ในขณะที่การปฏิบัติการสอนของครูเป็นปัจจัยสำคัญที่จะช่วย พัฒนาให้นักเรียนมีความสามารถในการลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ จากการวิจัยของ Zangori and Forbes (2014: 626-634) ซึ่งศึกษาคุณภาพของคำอธิบาย ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 3 ห้อง (N=59) โดยนักเรียน ทั้ง 3 ห้อง เรียนรู้จากกิจกรรมการเรียนรู้เดียวกัน แต่โดยครูวิทยาศาสตร์คนละคนกัน ผลการวิจัยนี้เปิดเผยว่า นักเรียนห้องหนึ่งสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ดี

กว่านักเรียนอีก 2 ห้อง ทั้งนี้เพราะครูคนหนึ่งปฏิบัติการสอนแตกต่างไปจากครูอีก 2 คน กล่าวคือ ในขณะที่ครู 2 คนเน้นให้นักเรียนสร้างคำอธิบายเพียงหนึ่งเดียวที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ ในขณะที่ครูอีกคนหนึ่งเปิดกว้างและกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำอธิบายด้วยตนเอง ไม่ว่าจะคำอธิบายนั้นจะถูกต้องทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ก็ตาม จากนั้น ครูนั้นจึงค่อยๆ อภิปรายกับนักเรียนว่า คำอธิบายเหล่านั้นได้รับการสนับสนุนจากหลักฐานหรือไม่ พร้อมทั้งให้นักเรียนปรับเปลี่ยนคำอธิบายนั้นให้สอดคล้องกับหลักฐานมากยิ่งขึ้น จนกระทั่งนักเรียนเห็นด้วยกับคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับข้อเสนอของ Geddis (1991: 171-172) ที่ว่า ครูไม่ควรมุ่งตรงไปยังข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์อย่างรวดเร็วเกินไป หากแต่ครูควรสนใจข้อสรุปต่างๆ จากมุมมองที่หลากหลาย ทั้งนี้เพื่ออภิปรายร่วมกับนักเรียนด้วยหลักฐานว่า ข้อสรุปใดมีความน่าเชื่อถือมากที่สุด และเพราะเหตุใด สิ่งเหล่านี้แสดงว่า การปฏิบัติการสอนครูมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมให้นักเรียนลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์



References

- Boag, P. T. and Grant, P. R. (1981). Intense Natural Selection in a Population of Darwin's Finches (Geospizine) in the Galapagoa. **Nature**, 214(2): 82–85.
- Bureau of Academic Affairs and Educational Standards. (2010). **Indicators and Core Learning Content in Science According to the Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551)**. Bangkok: Press of the Agricultural Co-operative Federation of Thailand., Limited.
- Bureau of Academic Affairs and Educational Standards. (2014). **Learning Activities with Scientific Inquiry (กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์)**. Bangkok: Press of the Agricultural Co-operative Federation of Thailand., Limited.
- Chinn, C. A. and Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically Authentic Inquiry in Schools: A Theoretical Framework for Evaluating Inquiry Tasks. **Science Education**, 86(2): 175–218.
- Dahsah, C. and Faikhamta, C. (2008). Science Education in Thailand: Science Curriculum Reform in Transition. In **Science Education in Context on Science Curricula Development and Implementation**, edited by Richard. K. Coll and Neil Taylor, pp. 219-300. Rotterdam: Sense Publishers.
- Erickson, F. (1985). **Qualitative Methods in Research on Teaching**. ERIC Document Reproduction. Service No. Ed 263 203.
- Faikhamta, C. (2008). Inquiry-Based Teaching and Learning (การจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้). **Journal of Education Naresuan University**, 11(1): 33–45.
- Geddis, A. N. (1991). Improving the Quality of Science Classroom Discourse on Controversial Issues. **Science Education**, 75(2): 169–183.
- Ketsing, J. and Roadrangka, V. (2010). A Case Study of Science Teachers' Understanding and Practice of Inquiry-Based Instruction (กรณีศึกษาความเข้าใจและการปฏิบัติของครูวิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะ

- หาความรู้). **Kasetsart Journal (Social Sciences)**, 31(1): 1–16.
- Ladachart, L. (Ed.). (2012). **Qualitative Research for Investigating Student Understandings (การวิจัยเชิงคุณภาพเพื่อศึกษาความเข้าใจของนักเรียน)**. Bangkok: Auksornthai Press
- Ladachart, L. and Roadrangka, V. (2008). Exploring the State of Teaching and Learning about Sound in Higher Secondary Schools in Trang (การสำรวจสภาพการเรียนรู้การสอนเรื่องเสียงในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จังหวัดตรัง). **KKU Research Journal**, 13(11): 1310–1320.
- Ladachart, L. and Suttakun, L. (2012). Exploring and Developing Tenth-Grade Students' Understandings of Nature of Science (การสำรวจและพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4). **Princess of Naradhiwas University Journal**, 4 (2) : 73 – 90.
- Ladachart, L., Suttakun, L., and Faikhamta, C. (2013). A Critical Difference Between the Promotion of “Nature of Science” Instruction Outside and Inside Thailand (ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างการส่งเสริมการเรียนรู้การสอน “ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์” ภายนอกและภายในประเทศไทย). **Kasetsart Journal (Social Sciences)**, 34(2): 269–282.
- Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartos, S. A., Bartels, S. L., Meyer, A. A., and Schwartz, R. S. (2014). Meaningful Assessment of Learners' Understandings about Scientific Inquiry—The Views about Scientific Inquiry (VASI) Questionnaire. **Journal of Research in Science Teaching**, 51 (1): 65–83.
- Mahalee, K. and Faikhamta, C. (2010). The Seventh Grade Students' Understandings of Nature of Science (ความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1). **Songklanakarin Journal of Social Sciences and Humanities**, 16(5): 795–809.
- National Research Council (NRC). (1996). **The National Science Education Standards**. Washington D.C.: National Academic Press.
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). (2013). **PISA 2015: Draft Science Framework**. [Online]. Retrieved November 3, 2014. from <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft%20PISA%202015%20Science%20Framework%20.pdf>.

- Pongsophon, P., Jantrarotai, P., and Roadrangka, V. (2003). Perspectives of Thai Students in Grade 9 – 12 on Evolutionary Concepts (แนวคิดในเรื่องวิวัฒนาการของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ถึงปีที่ 6). **Kasetsart Journal (Social Sciences)**, 24(1): 1–14.
- Promprasit, Y., Yutakom, N. and Jantrarothei, P. (2008). Perceptions of Teachers and Students about the Current Practice of Teaching and Learning of Species Diversity Concepts (การรับรู้ของครูและนักเรียนเกี่ยวกับสภาพการจัดการเรียนการสอนเรื่องความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต). **Kasetsart Journal (Social Sciences)**, 29(1): 1–10.
- Suttakun, L. and Ladachart, L. (2013). Fourth Grade Students' Scientific Reasoning (การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4). **Naresuan University Journal**, 21(3): 107–123.
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2013). **Results of PISA 2012 in Mathematics, Reading, and Science: Executive Summary (ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์: บทสรุปสำหรับผู้บริหาร)**. Samutprakan: Advance Printing Service.
- Zangori, L. and Forbes, C. T. (2014). Scientific Practices in Elementary Classrooms: Third-Grade Students' Scientific Explanations for Seed Structure and Function. **Science Education**, 98(4): 614–639.