

แนวคิดในเรื่องวิวัฒนาการของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 3 ถึง ปีที่ 6

Perspectives of Thai Students in Grade 9 – 12 on Evolutionary Concepts

พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ¹ พัฒนี จันทรโรทัย² และ วรณทิพา รอดแรงคำ³

Pongprapan Pongsophon, Pattanee Jantrarotai and Vantipa Roadrangka

ABSTRACT

Fifteen students ranging from grade 9 to 12 of one large-size secondary school in Bangkok metropolis were evaluated on the perspectives of evolution using in-depth interview technique. The data indicated that students understood evolutionary phenomena different from the currently accepted theory of Neodarwinism. Most students, especially those in the preteach group, attached to the Lamarckian view on the law of use and disuse and the inheritance of acquired characteristics. Moreover, students held on to the alternative concepts of evolution; population, genetic variation, fitness and adaptation. The students expressed the concepts related to their prior experience and everyday use of these terms.

Key words: evolutionary theory, student conception, scientific conception

บทคัดย่อ

นักเรียนระดับมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3 ถึง 6 จาก
โรงเรียนแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร ได้รับการ

สำรวจแนวคิดเรื่องวิวัฒนาการ ผู้วิจัยใช้วิธีการ
สัมภาษณ์เชิงลึก ผลการวิจัยระบุว่านักเรียนส่วนใหญ่
มีแนวคิดไม่สอดคล้องกับทฤษฎี Neodarwinism ซึ่ง
เป็นทฤษฎีที่ได้รับการยอมรับในหมู่นักวิทยาศาสตร์

¹ โครงการผลิตนักวิจัยพัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
The Program to Prepare Research and Development Personnel for Science Education, Faculty of Education, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

² ภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
Department of Zoology, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

³ ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
Department of Education, Faculty of Education, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

และนักวิทยาศาสตร์ศึกษา นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจว่าสิ่งมีชีวิตเปลี่ยนแปลงลักษณะหนึ่ง ๆ จากการใช้และไม่ใช้ และสามารถถ่ายทอดลักษณะนั้นไปสู่ลูกหลานได้นอกจากนี้นักเรียนยังมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในแนวคิดที่เป็นพื้นฐานของทฤษฎีวิวัฒนาการอันได้แก่ประชากร ความแปรผันทางพันธุกรรม Fitness และการปรับตัว โดยนักเรียนอธิบายแนวคิดดังกล่าวจากประสบการณ์และภาษาที่ใช้ในชีวิตประจำวัน

บทนำ

วิวัฒนาการเป็นหัวข้อที่กำลังได้รับความสนใจจากสังคมและวงการศึกษานี้ เพราะเป็นจุดศูนย์รวมเชื่อมต่อกับแนวคิดทั้งหลายในทางชีววิทยา (Mayr, 1982) ดังที่ Dobzhansky (1973: 125-129) นักชีววิทยาชาวรัสเซีย ได้กล่าวไว้ว่า “Nothing in biology makes sense except in the light of evolution” วิวัฒนาการเชื่อมโยงแนวคิดต่าง ๆ ทางชีววิทยาเข้าไว้ด้วยกันเพื่ออธิบายประวัติการกำเนิดสิ่งมีชีวิตในโลก สาเหตุของการเกิดสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิต การพึ่งพาอาศัยของสิ่งมีชีวิตกับสภาพแวดล้อมทางกายภาพ และการสูญพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต การเข้าใจแนวคิดวิวัฒนาการจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งแก่นักเรียน เพราะจะช่วยให้ นักเรียนสามารถสังเคราะห์และบูรณาการแนวคิดที่หลากหลายในทางชีววิทยาอย่างมีความหมายได้ (Rutherford and Ahlgren, 1990: 63; Jeffery and Roach, 1994: 507) วิทยาศาสตร์ศึกษาในหลายประเทศจึงได้บรรจุหัวข้อนี้ไว้ในมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับชาติในวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป (AAAS, 1993; NRC, 1995; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546) และเป็นหัวข้อแกนกลาง (core) ในการสอนวิทยาศาสตร์ชีวภาพในระดับโรงเรียน

งานวิจัยด้านวิวัฒนาการการศึกษา (evolution education) ได้ขยายตัวอย่างรวดเร็วในช่วง 20 ปีที่

ผ่านมา โดยคำถามวิจัยส่วนใหญ่มุ่งเน้นในเรื่องของการทำความเข้าใจแนวคิดวิวัฒนาการของนักเรียน โดยผู้วิจัยในอดีตหลายท่าน (Demastes *et al.*, 1995: 637-666) ได้ใช้เครื่องมือและวิธีการที่หลากหลายในการสำรวจแนวคิดของนักเรียนและนิสิตนักศึกษา ไม่ว่าจะเป็นการใช้แบบวัดแนวคิด แผนผังแนวคิด หรือการสัมภาษณ์ เป็นต้น ผลงานวิจัยเหล่านี้บ่งชี้ว่านักเรียนมีแนวทางของตนเองในการสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์วิวัฒนาการ ซึ่งแนวทางดังกล่าวแม้จะมีความหมายสำหรับพวกเขาแต่ก็ไม่ได้สอดคล้องกับทฤษฎีวิวัฒนาการ Neodarwinism ซึ่งว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงความถี่ยีนในประชากรเมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งทฤษฎีนี้เป็นแนวคิดที่ยอมรับกันในประเทศนักวิทยาศาสตร์ (scientific community) และวงการวิทยาศาสตร์ศึกษาในปัจจุบัน

ผลงานวิจัยในอดีต (Brumby, 1984: 493-503; Bishop and Anderson, 1990: 415-427; Greene, 1990: 875-885; Demastes *et al.*, 1995: 637-666; Passmore *et al.*, 2001) บ่งชี้ว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดที่สอดคล้องกับทฤษฎี Lamarckism ซึ่งว่าด้วยเรื่องของกฎการใช้และไม่ใช้ (law of use and disuse) และเรื่องการถ่ายทอดทางกรรมพันธุ์ของลักษณะที่ได้มา (the inheritance of acquired characteristics) นอกจากนี้ยังพบว่า มีนักเรียนจำนวนหนึ่งมีแนวคิดที่สอดคล้องกับทฤษฎี Creationism กลุ่ม Teleology โดยอธิบายว่าสิ่งมีชีวิตพัฒนาลักษณะต่างๆ ขึ้นมาเพราะสิ่งมีชีวิตนั้นๆ มีความจำเป็นต้องใช้ งานวิจัยในอดีตข้างต้นพบว่า นักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนจากทฤษฎี Neodarwinism ในหลายประเด็น อาทิ การเข้าใจว่าการเปลี่ยนแปลงของลักษณะเกิดจากการปรับตัวเนื่องจากความจำเป็นมากกว่าจากการผ่าเหล่าหรือการจัดเรียงตัวใหม่ของสารพันธุกรรมซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างสุ่มในระหว่างการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ มีแนวคิดว่าความแปรผันทางพันธุกรรมไม่มีบทบาทใด ๆ ในประชากรและการ

ประสบความสำเร็จที่ต่างกันในการสืบพันธุ์ (differences in reproductive success) และมีแนวคิดว่าลักษณะค่อยๆ เปลี่ยนแปลงทีละเล็กทีละน้อยกับทุกหน่วยในประชากร

งานวิจัยข้างต้นทำในประเทศตะวันตกซึ่งมีบริบท อันได้แก่ สภาพแวดล้อม ระบบความเชื่อ ค่านิยมและศาสนาที่แตกต่างจากประเทศไทยโดยสิ้นเชิง และจากการศึกษาของ Dagher และ BouJaoude (1997: 429-445) พบว่าบริบทที่แตกต่างเหล่านั้นส่งผลต่อแนวคิดในเรื่องวิวัฒนาการของนักเรียน จึงเป็นที่น่าสนใจว่านักเรียนไทยมีแนวคิดในเรื่องนี้อย่างไร แต่เนื่องจากในประเทศไทยยังไม่มีผู้ใดทำวิจัยเรื่องนี้มาก่อน การสำรวจแนวคิดวิวัฒนาการของนักเรียนไทยจึงเป็นองค์ความรู้ใหม่ซึ่งอาจเป็นประโยชน์แก่ครูอาจารย์และนักพัฒนาหลักสูตรที่เกี่ยวข้อง และจากข้อเท็จจริงที่ว่าวิวัฒนาการได้ถูกบรรจุอยู่ในคู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ในสาระที่ 1 เรื่องสิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต มาตรฐาน ว 1.2 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546:10) ซึ่งกล่าวว่า “นักเรียนควรเข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ” ทุกโรงเรียนจึงต้องให้ความสำคัญกับการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ในเรื่องนี้

โรงเรียนส่วนใหญ่ได้สอนเรื่องวิวัฒนาการในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เพราะต้องอาศัยพื้นฐานความรู้ในเรื่องพันธุศาสตร์ การแบ่งเซลล์ นิเวศวิทยา อนุกรมวิธาน ดังนั้นการศึกษาแนวคิดของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องวิวัฒนาการและแนวคิดที่เป็นพื้นฐานจึงเป็นสิ่งจำเป็น โดยเฉพาะอย่างยิ่งแนวคิดของนักเรียนกลุ่มก่อนเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ถึง ปีที่ 5 ซึ่งได้รับการสอนแนวคิดที่เป็นพื้นฐานของเรื่องวิวัฒนาการมาลุ่มลึกแตกต่างกัน แนวคิดของนักเรียนกลุ่มก่อนเรียนจะ

ทำให้ครูอาจารย์ทราบ ว่า ก่อนเรียนนักเรียนมีแนวคิดอย่างไร มีแนวคิดคลาดเคลื่อนตรงจุดใด มีแนวคิดสอดคล้องกับทฤษฎีวิวัฒนาการใด เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนการสอนและการเตรียมความพร้อมผู้เรียนที่เหมาะสมต่อไป ส่วนการศึกษาแนวคิดของนักเรียนกลุ่มหลังเรียนหรือนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 นั้นก็เป็นสิ่งจำเป็นเช่นกันเพราะงานวิจัยในอดีตหลายชิ้นได้ชี้ให้เห็นว่า นักเรียนยังมีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องวิวัฒนาการแม้ว่าจะได้รับการสอนแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์จากครู (Bishop และ Anderson, 1990 และ Jimenez และ Fernandez, 1987) แนวคิดของนักเรียนกลุ่มหลังเรียนจึงสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนยังคงยึดติดกับแนวคิดเดิมของตนหรือปรับเปลี่ยนแนวคิดของตนให้ถูกต้องตามแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. สำรวจแนวคิดของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 – 6 ในเรื่องวิวัฒนาการและแนวคิดเรื่อง ประชากร ความแปรผันทางพันธุกรรม Fitness และการปรับตัว
2. เปรียบเทียบแนวคิดนักเรียนกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (scientific conception)
3. เปรียบเทียบแนวคิดของนักเรียนกลุ่มก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องวิวัฒนาการ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานแก่ครูอาจารย์ในการวางแผนการสอนเรื่องวิวัฒนาการ
2. เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานแก่นักพัฒนาหลักสูตรในการจัดโครงสร้างเนื้อหาวิวัฒนาการ ออกแบบกิจกรรม หลักสูตรและแบบเรียนวิชาชีววิทยา
3. เพื่อเป็นแนวทางหรือตัวอย่างหนึ่งแก่ครูอาจารย์และนักวิจัยอื่น ๆ ที่สนใจเทคนิคที่ใช้ศึกษาแนวคิดนักเรียน (probing technique)

ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษาแนวคิดของนักเรียนในเรื่องวิวัฒนาการและแนวคิดที่เป็นพื้นฐานของทฤษฎี Neodarwinism อันได้แก่แนวคิดเรื่อง ประชากร ความแปรผันทางพันธุกรรม Fitness และการปรับตัว

2. พลวิจัยเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ถึง 6 ที่มีความสามารถในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ระดับปานกลางจากโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในเขตวังทองหลาง กรุงเทพมหานคร ในภาคปลายปีการศึกษา 2545

การตรวจเอกสาร

แนวคิดเกี่ยวกับทฤษฎีวิวัฒนาการ

ทฤษฎีวิวัฒนาการ (Skelton, 1993: 1) เป็นแนวคิดที่ใช้อธิบายความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต การกำเนิดและประวัติศาสตร์ของความหลากหลายนั้นตลอดจนกระบวนการที่ทำให้ความหลากหลายพัฒนาและดำรงอยู่ จากอดีตจนถึงปัจจุบันได้มีนักวิทยาศาสตร์และนักปรัชญาเสนอทฤษฎีวิวัฒนาการหลายทฤษฎี บางทฤษฎียังได้รับความยอมรับในประชาคมวิทยาศาสตร์ ในขณะที่หลายทฤษฎีไม่ได้รับการยอมรับอีกต่อไป Strickberger (1996: 32) ได้รวบรวมทฤษฎีวิวัฒนาการหลัก ๆ ไว้ด้วยกัน 4 ทฤษฎี อันได้แก่ ทฤษฎี Creationism ทฤษฎี Lamarckism ทฤษฎี Darwinism และทฤษฎี Neodarwinism ซึ่งแต่ละทฤษฎีมีรายละเอียดดังนี้

ทฤษฎี Creationism เชื่อในองค์พระผู้เป็นเจ้าหรือสิ่งที่อยู่เหนือธรรมชาติหรือพลังธรรมชาติเองว่าเป็นผู้บันดาลให้เกิดสรรพสัตว์ต่าง ๆ ขึ้น ทฤษฎีนี้ไม่เชื่อว่า สิ่งมีชีวิตที่ได้รับการลิขิตแล้วจะสามารถเปลี่ยนไปเป็นสิ่งมีชีวิตอีกสปีชีส์หนึ่งได้ นักปรัชญาในกลุ่ม creationists เชื่อในความแตกต่างของสิ่งมีชีวิตในแต่ละสปีชีส์ แต่ได้ให้คำอธิบายไว้ว่าเป็นส่วนหนึ่งของการวางแผนของพระเจ้า

ทฤษฎี Lamarckism เสนอโดย Lamarck ในปี

ค.ศ. 1809 ในหนังสือเรื่อง Philosophie Zoologique ทฤษฎีนี้อธิบายว่า วิวัฒนาการเริ่มต้นจากการที่สิ่งมีชีวิตมีสัมผัสพิเศษสามารถรับรู้ถึงความจำเป็นในการพัฒนาลักษณะบางอย่างขึ้นมา สิ่งมีชีวิตตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมโดยการพัฒนาลักษณะหรือปรับตัวโดยมีรูปแบบของการพัฒนาไปสู่ความซับซ้อนมากยิ่งขึ้นอย่างต่อเนื่อง Lamarck เสนอกลไก 2 กลไกในการอธิบายวิวัฒนาการ กลไกแรกได้แก่ กฎของการใช้และไม่ใช้ (law of use and disuse) กลไกที่สองมองว่าสิ่งมีชีวิตสามารถถ่ายทอดลักษณะที่ปรับแล้วไปสู่ชั่วลูกชั่วหลานได้

ทฤษฎี Darwinism เสนอโดย Charles Darwin ในปี ค.ศ. 1859 ในหนังสือเรื่อง On the Origin of Species ทฤษฎีนี้เป็นที่รู้จักกันอีกชื่อหนึ่งว่า การคัดเลือกโดยธรรมชาติ (natural selection) ทฤษฎีอ้างถึงความไม่สมดุลกันระหว่างการเพิ่มขึ้นของขนาดประชากร กับการเพิ่มขึ้นของทรัพยากรตามธรรมชาติ ประกอบกับความแตกต่างของสมาชิกในประชากร ทำให้สมาชิกในประชากรต้องต่อสู้ดิ้นรนเพื่อความอยู่รอดภายใต้สภาวะแวดล้อมหนึ่ง ๆ สมาชิกบางตัวสามารถมีชีวิตรอดและประสบความสำเร็จในการสืบพันธุ์ต่อไป ในขณะที่สมาชิกบางตัวจะถูกคัดเลือกร้างออกไป

ทฤษฎี Neodarwinism เสนอโดยกลุ่มนักพันธุศาสตร์ในช่วงปี ค.ศ. 1930-1940 Neodarwinism เป็นทฤษฎีวิวัฒนาการที่ยอมรับในประชาคมวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันมากที่สุดและเป็นทฤษฎีเป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิวัฒนาการในระดับโรงเรียน ทฤษฎี Neodarwinism พัฒนาขึ้นจากทฤษฎี Darwinism แต่ได้มีการนำหลักพันธุศาสตร์มาอธิบายถึงสาเหตุของการเกิดความแปรผันของลักษณะพันธุกรรมที่นำไปสู่ความแตกต่างของสมาชิกในประชากร และความแตกต่างระหว่างประชากร ซึ่งนำไปสู่การเกิดความหลากหลายทางชีวภาพในที่สุด สาเหตุของการเกิดความแตกต่างของ

สมาชิกในประชากรคือการกลายพันธุ์และการรวมตัวใหม่ของยีน ความแปรผันของลักษณะทางพันธุกรรมประกอบกับสภาวะแวดล้อมทำให้สมาชิกในประชากรประสบความสำเร็จในการสืบพันธุ์แตกต่างกัน โดยบางลักษณะถูกคัดเลือกและส่งทอดไปหลายชั่วรุ่นและเพิ่มสัดส่วนความถี่ในประชากร นอกจากนี้ทฤษฎี Neodarwinism ยังกล่าวถึงปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางพันธุกรรมของประชากร อันได้แก่ การอพยพ การเปลี่ยนแปลงของยีนแบบไม่มีทิศทาง การผสมพันธุ์แบบไม่สุ่ม และการกลายพันธุ์

แนวคิดพื้นฐานต่างๆ ของทฤษฎี Neodarwinism

ในการที่นักเรียนจะเข้าใจทฤษฎี Neodarwinism ซึ่งเป็นทฤษฎีเป้าหมายตามหลักสูตร นักเรียนต้องมีความเข้าใจแนวคิดพื้นฐานต่าง ๆ ของทฤษฎีนี้เป็นอย่างดีเสียก่อน ไม่ว่าจะเป็นแนวคิดเรื่องประชากร ความแปรผันทางพันธุกรรม Fitness และการปรับตัว ซึ่งรายละเอียดแต่ละแนวคิดมีดังนี้

ประชากร คือ กลุ่มสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวที่อยู่ในอาณาเขตเดียวกันในทางภูมิศาสตร์ ซึ่งสมาชิกมีแหล่งยีนเดียวกัน (gene pool)

ความแปรผันทางพันธุกรรม คือความแตกต่างของคุณลักษณะเชิงคุณภาพหรือปริมาณระหว่างสมาชิกแต่ละตัวในประชากรเดียวกัน ตั้งแต่ระดับโมเลกุล เซลล์ และระดับสิ่งมีชีวิต

Fitness คือ ความสำเร็จในการดำรงเผ่าพันธุ์จากการคัดเลือกภายใต้สภาวะแวดล้อมหนึ่ง ๆ กล่าวอีกนัยหนึ่งคือเป็นความสามารถของสิ่งมีชีวิตตัวนั้นตามลักษณะพันธุกรรม (genotype) ในการส่งทอดยีนไปสู่รุ่นสู่หลานที่ไม่เป็นหมันเมื่อเทียบกับความสามารถนี้ในสิ่งมีชีวิตตัวอื่นที่มี genotype แตกต่างออกไปในสภาวะแวดล้อมเดียวกัน

การปรับตัว คือการที่คุณลักษณะหนึ่งเข้าแทนที่ด้วยลักษณะอื่น ๆ เป็นผลจากการคัดเลือกเอา

ลักษณะที่มี Fitness สูงสุด

วิธีดำเนินการวิจัย

พลวิจัย

พลวิจัยได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ถึงปีที่ 6 ระดับชั้นละ 4 คน รวม 16 คน แต่เมื่อถึงเวลาสัมภาษณ์ ปรากฏว่านักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 คนหนึ่งไม่สามารถให้สัมภาษณ์ได้ในแต่ละระดับชั้นมีนักเรียนชายและนักเรียนหญิงประกอบกัน นักเรียนทั้งหมดมาจากโรงเรียนแห่งหนึ่งในเขตวังทองหลาง กรุงเทพมหานคร มีความสามารถในการเรียนวิทยาศาสตร์และชีววิทยาระดับปานกลางคัดเลือกโดยอาจารย์ประจำวิชา นักเรียนทั้งหมดมีอายุอยู่ในช่วง 15-18 ปี

ในแต่ละระดับชั้นนักเรียนได้เรียนแนวคิดเรื่องต่าง ๆ ที่เป็นพื้นฐานของแนวคิดวิวัฒนาการกลุ่มเล็กแตกต่างกัน โดยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรียนเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมระดับพื้นฐานจากวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป นักเรียนในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรียนเรื่องนิเวศวิทยา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม และความหลากหลายทางชีวภาพ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรียนเรื่อง การแบ่งเซลล์และการเจริญเติบโต ส่วนนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรียนเรื่องพันธุศาสตร์และวิวัฒนาการตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาปี พ.ศ. 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533)

ผู้วิจัยเรียกนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ว่า กลุ่มหลังเรียน (postteach) เพราะได้เรียนเรื่องวิวัฒนาการมาแล้ว และเรียกนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ถึง 5 ว่า กลุ่มก่อนเรียน (preteach) เพราะเวลานักเรียนกลุ่มดังกล่าวยังไม่เคยเรียนเรื่องวิวัฒนาการแต่เรียนแนวคิดที่เป็นพื้นฐานของหัวข้อวิวัฒนาการเท่านั้น ผู้วิจัยให้รหัสนักเรียนแต่ละคนด้วยตัวอักษร ข หรือ ฉ เพื่อแทนเพศ และตัวเลข 3 ถึง

6 เพื่อแทนระดับชั้น ตัวอย่างเช่น 3x หมายถึง นักเรียนชายระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 หรือ 6y หมายถึงนักเรียนหญิงระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 ตัวห้อยถูกใช้เพื่อระบุนักเรียนเป็นรายบุคคลในกรณีที่มีเพศและระดับชั้นเหมือนกัน เช่น 3x₁ หมายถึง นักเรียนชายระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 คนที่ 1 เป็นต้น

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจแนวคิดนักเรียนเรื่องวิวัฒนาการได้แก่ แบบสัมภาษณ์แนวคิดวิวัฒนาการ (Evolution Diagnostic Interview Schedule: EDIS) ผู้วิจัยพัฒนาแบบสัมภาษณ์ขึ้นเพื่อศึกษาว่านักเรียนมีแนวคิดสอดคล้องกับทฤษฎีวิวัฒนาการใด และวัดแนวคิดนักเรียนในเรื่อง ประชากร ความแปรผันทางพันธุกรรม Fitness และการปรับตัว แบบสัมภาษณ์ประกอบด้วยข้อคำถาม 9 ข้อแต่ละข้อมีสิ่งเร้าประกอบคำถามส่วนใหญ่เป็นสถานการณ์ในทางวิวัฒนาการแบบสัมภาษณ์และเกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้รับการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญซึ่งเป็นอาจารย์ระดับมหาวิทยาลัย อาจารย์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผู้วิจัยทดลองใช้แบบสัมภาษณ์กับกลุ่มตัวอย่างที่มีความคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่างจริง 2 ครั้งเพื่อประมาณเวลาที่ใช้ความเข้าใจคำถามและสิ่งเร้าการตีความหมาย และปฏิกิริยาโต้ตอบของนักเรียนความครอบคลุมคำตอบที่อาจเป็นไปได้ของสิ่งเร้า

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยใช้เวลาทั้งสิ้น 2 สัปดาห์ในการสัมภาษณ์นักเรียน การสัมภาษณ์เป็นแบบรายบุคคลใช้เวลาสัมภาษณ์ครั้งละ 25-30 นาที สถานที่สัมภาษณ์ได้แก่ห้องพักครูหมวดวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยบันทึกบทสนทนาด้วยเทปบันทึก และขออนุญาตนักเรียนถ่ายภาพในขณะที่สัมภาษณ์ด้วย ผู้วิจัยสัมภาษณ์นักเรียน

เวลาพักกลางวันและช่วงหลังเลิกเรียน ในหนึ่งวันผู้วิจัยสัมภาษณ์นักเรียนได้มากที่สุด 4 คน ในระดับชั้นเดียวกัน การสัมภาษณ์เริ่มด้วยการทักทายและชี้แจงนักเรียนถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย การสัมภาษณ์เป็นแบบกึ่งโครงสร้างโดยผู้วิจัยถามคำถามเป็นลำดับตามแบบสัมภาษณ์และชักใช้ไล่เลียงคำตอบเพื่อความชัดเจน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ภายหลังจากเก็บข้อมูลมาแล้ว ผู้วิจัยถอดเทปทันที การถอดเทปสัมภาษณ์แต่ละครั้งใช้เวลาโดยเฉลี่ยประมาณ 2 ชั่วโมง บทสัมภาษณ์ของทุกคนถูกนำมาวิเคราะห์รายข้อตามเกณฑ์ที่ได้สร้างขึ้น ผู้วิจัยอ่านบทสัมภาษณ์ข้อที่ 1 และ 2 อย่างถี่ถ้วนและนำไปจัดจำแนกว่าสอดคล้องกับทฤษฎีวิวัฒนาการใดสำหรับคำถามข้อที่ 3 ถึง 9 วัดความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับแนวคิดที่เป็นพื้นฐานของทฤษฎี Neodarwinism ผู้วิจัยอ่านบทสัมภาษณ์แต่ละข้อ จัดกลุ่มความคิดและนำมาเปรียบเทียบกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อความถูกต้องในการตีความหมาย ผู้วิจัยได้ขอความร่วมมือจากนิสิตปริญญาโทที่เคยเรียนวิชา วิวัฒนาการ และวิวัฒนาการสัตว์จำนวน 2 คน มาตรวจสอบอีกครั้งการตรวจสอบแต่ละคนเป็นอิสระ ผู้วิจัยนำผลการตีความหมายของนิสิตแต่ละคนมาวิเคราะห์เพื่อหาค่าความสอดคล้อง ซึ่งผู้วิจัยใช้เกณฑ์ที่ 80 % ซึ่งปรากฏว่าในทุกข้อคำถามผู้วิเคราะห์มีความคิดเห็นสอดคล้องกัน

ผล

ในการนำเสนอผลงานวิจัย ผู้วิจัยแบ่งการนำเสนอออกเป็น 2 หัวข้อใหญ่ หัวข้อแรกได้แก่แนวคิดของนักเรียนในเรื่องวิวัฒนาการ หัวข้อที่สองเป็นการนำเสนอผลการวิเคราะห์แนวคิดของนักเรียนเรื่อง ประชากร ความแปรผันทางพันธุกรรม Fitness

และการปรับตัวซึ่งเป็นแนวคิดพื้นฐานของทฤษฎี Neodarwinism สำหรับรายละเอียดในแต่ละหัวข้อนี้มีดังนี้

แนวคิดของนักเรียนในเรื่องวิวัฒนาการ

ผู้วิจัยทำการสำรวจแนวคิดของนักเรียนเรื่องวิวัฒนาการด้วยคำถาม 2 ข้อ ในข้อแรกให้นักเรียนอธิบายว่าทำไมนกกระยางจึงมีขาอันเรียวยาว ในข้อที่ 2 ให้อธิบายว่าไส้ติ่งลดขนาดลงได้อย่างไร ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนทั้ง 15 คนมีความคิดที่หลากหลายในเรื่องดังกล่าว ผลการวิเคราะห์พบว่า มีนักเรียนที่มีแนวคิดสอดคล้องกับทฤษฎี Creationism 2 คนเป็นนักเรียนชายระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 และนักเรียนหญิงระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยอธิบายว่าลักษณะขาเรียวยาวของนกมีอยู่ดั้งเดิมแล้วไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงแต่อย่างใด ลักษณะขาเรียวยาวเป็นลักษณะที่ดีและเหมาะสม ธรรมชาติเป็นผู้สร้างให้กับนก ในส่วนของข้อที่ 2 นั้น พบว่าไม่มีนักเรียนคนใดเลยที่มีแนวคิดสอดคล้องกับทฤษฎี Creationism

สำหรับนักเรียนที่มีแนวคิดสอดคล้องกับทฤษฎี Lamarckism พบในทุกระดับชั้นทั้งชายและหญิงรวม 9 คนจากทั้งหมด 15 คนเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3, 5, และ 6 ระดับชั้นละ 2 คนเป็นชาย 1 คน หญิง 1 คน และเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 3 คนเป็นชาย 2 คน หญิง 1 คน นักเรียนเหล่านี้ อธิบายว่านกกระยางเดิมมีขาสั้น แต่ลักษณะดังกล่าวไม่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมจึงเปลี่ยนมาเป็นลักษณะขายาว โดยค่อย ๆ ยืดหรือออกขึ้น ในส่วนของข้อที่ 2 นั้นพบว่านักเรียนทุกคนมีแนวคิดที่สอดคล้องกับทฤษฎี Lamarckism โดยอธิบายว่าเป็นเพราะไม่ได้ใช้ไส้ติ่งไส้ติ่งจึงฝ่อและหดสั้นลง

สำหรับนักเรียนที่มีแนวคิดสอดคล้องกับทฤษฎี Darwinism นั้นเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 เพศชาย ซึ่งได้กล่าวถึงความแปรผันของความยาวขาในนกกระยางและการคัดเลือกลักษณะขายาวใน

สภาวะแวดล้อมหนึ่ง ๆ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังพบว่า ในข้อที่ 1 นั้นมีนักเรียน 2 คน คนหนึ่งเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3 เพศหญิงและนักเรียนอีกคนเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 4 เพศชาย ซึ่งนักเรียนทั้งสองคนนี้ไม่สามารถจัดได้ว่ามีแนวคิดสอดคล้องกับทฤษฎีวิวัฒนาการใดเลย นักเรียนดังกล่าวอธิบายว่าเดิมนกกระยางมีขาสั้นเหมือนนกทั่วไป แต่เพราะมีการผสมพันธุ์ ทำให้ได้ลักษณะใหม่ที่มีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อม ในส่วนของคำถามข้อที่ 2 นั้นพบว่าไม่มีนักเรียนคนใดเลยที่มีแนวคิดสอดคล้องกับทฤษฎี Darwinism

ผู้วิจัยพบว่าไม่มีนักเรียนคนใดเลยมีแนวคิดสอดคล้องกับทฤษฎี Neodarwinism เมื่อผู้วิจัยให้นักเรียนให้คำจำกัดความคำว่า วิวัฒนาการ ผู้วิจัยพบว่า มีนักเรียนหญิงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 1 คน เท่านั้น ที่มีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องวิวัฒนาการ คือคิดว่าวิวัฒนาการเป็นการเปลี่ยนแปลงความถี่ยีนในประชากรเมื่อเวลาผ่านไปซึ่งอาจเป็นผลมาจากการคัดเลือกตามธรรมชาติ การอพยพ การผสมเลือดชิด นักเรียน 9 คนเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 3 คน เป็นชาย 2 คนเป็นหญิง 1 คน เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 3 คน ชาย 1 คน หญิง 2 คน เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นชาย 2 คนเป็นหญิง 1 คน บอกว่าวิวัฒนาการเป็นการเปลี่ยนแปลงเพื่อให้ได้มาซึ่งลักษณะที่ดีขึ้น และเป็นการพัฒนาของสิ่งมีชีวิตเพื่อให้มีโครงสร้างอวัยวะที่สมบูรณ์มากขึ้น ส่วนนักเรียนอีก 2 คน เป็นนักเรียนหญิงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 1 คนและนักเรียนชายชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 1 คนคิดว่า วิวัฒนาการเป็นความจริง ก้าวหน้าของสิ่งประดิษฐ์ต่าง ๆ ของมนุษย์นอกจากนี้ยังพบว่า มีนักเรียนหญิงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 1 คน และนักเรียนชายชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 2 คนคิดว่า วิวัฒนาการเป็นการปรับตัวของสิ่งมีชีวิตเพื่อให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ในสภาพแวดล้อมได้

แนวคิดพื้นฐานของทฤษฎี Neodarwinism ของนักเรียน

แนวคิดพื้นฐานของทฤษฎี Neodarwinism ประกอบด้วยแนวคิดเรื่อง ประชากร ความแปรผันทางพันธุกรรม Fitness และการปรับตัว

แนวคิดเรื่องประชากร

ผู้วิจัยให้นักเรียนให้คำจำกัดความของประชากร และตัดสินใจว่าสิ่งเร้าใดจัดเป็นประชากร นักเรียนมีแนวคิดที่หลากหลายในเรื่องประชากร โดยพบว่า มีนักเรียน 8 คนจากทั้งหมด 15 คนที่คิดว่า ประชากรคือกลุ่มของสิ่งมีชีวิตที่อาจเป็นชนิดเดียวกันหรือคนละชนิดก็ได้ที่มาอยู่รวมกันในที่แห่งใดแห่งหนึ่ง นักเรียนทั้ง 8 คนนี้มาจากทุกระดับชั้นทั้งเพศชายและเพศหญิง เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 1 คน เพศชาย นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 3 คน เพศชาย 1 คน เพศหญิงอีก 2 คน นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 3 คน เป็นเพศชาย 2 คน เพศหญิงอีก 1 คน และนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 อีกจำนวน 1 คน

สำหรับนักเรียนที่มีแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ที่ว่า ประชากรคือกลุ่มของสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันที่มาอยู่รวมกันในที่แห่งใดแห่งหนึ่งนั้นมีนักเรียน 6 คน ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 2 คน เพศชาย 1 คน เพศหญิง 1 คน นักเรียนชายระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 1 คน นักเรียนหญิงระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 1 คน และนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 2 คน เพศชาย 1 คน เพศหญิง 1 คน อย่างไรก็ตามนักเรียนไม่ได้อ้างถึงประชากรในฐานะที่เป็นแหล่งรวมยีนของสมาชิก (gene pool) นอกจากนี้ยังพบว่า มีนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพศหญิง 1 คนคิดว่าประชากรเป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันแต่ต้องเคลื่อนที่ได้ เช่น คนและช้าง ในกรณีของพืชไม่จัดว่าเป็นประชากรเพราะเคลื่อนที่ไม่ได้ เมื่อถามนักเรียนว่าจะเกิดอะไรขึ้นกับประชากร

เมื่อเสื่อหากสมาชิกตัวหนึ่งเกิดการผ่าเหล่าและการผ่าเหล่าจะส่งผลกระทบต่อประชากรหรือไม่ ในลักษณะใด โดยผลการวิเคราะห์พบว่า มีนักเรียน 5 คน เป็นนักเรียนชายชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 2 คน นักเรียนชายชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 2 คน และนักเรียนหญิงระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 อีก 1 คน นักเรียนเหล่านี้ไม่คิดว่าการผ่าเหล่าจะส่งผลกระทบต่อประชากรโดยให้เหตุผลว่า เป็นแค่สิ่งที่แตกต่างกันเท่านั้น สามารถอยู่ร่วมกันได้เพราะยังคงเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกัน ส่วนนักเรียน 7 คนซึ่งได้แก่นักเรียนหญิงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 2 คน นักเรียนหญิงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 1 คน และนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพศชาย 1 คน เพศหญิงอีก 1 คน นักเรียนชายชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 2 คนคิดว่าเมื่อเกิดการผ่าเหล่าจะทำให้เกิดลักษณะใหม่ในรุ่นลูกหลานเมื่อเกิดการผสมพันธุ์

นอกจากนี้ยังมีนักเรียน 2 คนซึ่งได้แก่นักเรียนหญิงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 1 คนและนักเรียนชาย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 1 คนคิดว่าเมื่อเกิดการผ่าเหล่าขึ้นมา สิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะแตกต่างออกไปจะถูกขับไล่ออกจากกลุ่ม ผู้วิจัยพบอีกว่า มีนักเรียนหญิงระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 1 คนที่อธิบายว่าเมื่อมีการผ่าเหล่าและลักษณะที่แสดงออกมาถูกคัดเลือกจะทำให้ความถี่ของยีนที่ควบคุมลักษณะนั้นเพิ่มขึ้นในประชากร ซึ่งแนวคิดดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์

เมื่อผู้วิจัยสอบถามนักเรียนว่า ในประชากรอะไรเป็นตัวยกหนดว่าสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะหนึ่งจะมีโอกาสอยู่รอดและให้ลูกให้หลานมากกว่า นักเรียนมีแนวคิดที่หลากหลายในเรื่องนี้ บางคนคิดว่าสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะที่ควบคุมโดยยีนเด่นจะมีโอกาสอยู่รอดได้มากกว่า บางคนมองที่จำนวนความถี่ของยีนของสิ่งมีชีวิตในแต่ละลักษณะ บางคนคิดว่าสิ่งแวดล้อมภายนอกจะเป็นตัวกำหนด ในขณะที่นักเรียนบางคนคิดว่า สิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะใหม่ที่เกิดจากการผ่าเหล่า

จะไม่แข็งแรง อ่อนแอ

แนวคิดเรื่อง ความแปรผันทางพันธุกรรม

ผู้วิจัยให้นักเรียนอธิบายสถานการณ์เกี่ยวกับเรื่องความแปรผันของลักษณะพันธุกรรม ความแตกต่างของลักษณะพันธุกรรม กำเนิดความแปรผันของลักษณะพันธุกรรม และให้นักเรียนตัดสินใจว่าสิ่งเร้าใดมีความแปรผันทางพันธุกรรมโดยผลการวิเคราะห์พบว่านักเรียนหญิงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เพียง 1 คนเท่านั้นที่มีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์โดยเข้าใจว่า การผ่าเหล่า การแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนโครโมโซมและการเข้าคู่กันอย่างอิสระในขณะแบ่งเซลล์เป็นสาเหตุของความแปรผันทางพันธุกรรม ส่วนนักเรียนที่เหลืออีก 14 คนคิดว่าสิ่งที่สิ่งมีชีวิตมีความแตกต่างทางพันธุกรรมเกิดขึ้นจากการที่พ่อแม่ของสิ่งมีชีวิตแต่ละตัวมีสารพันธุกรรมไม่เหมือนกัน

ส่วนนักเรียน 2 คนซึ่งเป็นนักเรียนหญิงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 คิดว่าการเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกทำให้เกิดความแตกต่างทางพันธุกรรมได้ นักเรียนที่เหลือคิดว่าการเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกโดยการกระทำของมนุษย์ไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 1 คนเพศชาย ที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ในเรื่องลักษณะทางพันธุกรรม โดยคิดว่าลักษณะนิสัยสามารถถ่ายทอดไปยังลูกหลานได้

แนวคิดเรื่อง Fitness

ผู้วิจัยให้นักเรียนอธิบายความแปรผันทางลักษณะพันธุกรรมมีผลต่อโอกาสในการที่สิ่งมีชีวิตจะอยู่รอดสืบพันธุ์และให้ลูกหลานหรือไม่ โดยผลการวิเคราะห์พบว่านักเรียน 13 คนในทุกระดับชั้นทั้งนักเรียนชายและนักเรียนหญิงที่มีแนวคิดในเรื่อง Fitness สอดคล้องกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ คือคิดว่าในประชากรหนึ่งมีความแปรผันของลักษณะและความแปรผันนี้เองทำให้สิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะต่างๆ

สามารถดำรงชีวิตในสภาวะแวดล้อมหนึ่งได้ไม่เท่ากัน สิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะที่เอื้อต่อการดำรงชีวิตในสภาพนั้นจะอยู่รอดและสามารถถ่ายทอดลักษณะนั้นไปยังรุ่นลูกรุ่นหลานที่มีความสมบูรณ์และสามารถสืบพันธุ์ได้ต่อไป นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนอีก 2 คนเป็นนักเรียนชายชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 1 คน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 1 คนซึ่งคิดว่าความแปรผันของลักษณะพันธุกรรมไม่มีผลกระทบต่อโอกาสที่สิ่งมีชีวิตจะอยู่รอดและสืบพันธุ์ให้ลูกหลานเลยเพราะว่าความแปรผันเกิดขึ้นภายในสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกัน เมื่อเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันก็น่าจะอยู่รอดและสืบพันธุ์ได้เท่าเทียมกันอยู่แล้ว

แนวคิดเรื่อง การปรับตัว

ผู้วิจัยสอบถามความเข้าใจของนักเรียนในเรื่องการปรับตัวของนักเรียน และให้นักเรียนตัดสินใจว่าสิ่งเร้าใดเป็นการปรับตัวผลการวิเคราะห์พบว่านักเรียน 13 คนทุกระดับชั้น ทั้งเพศชายและเพศหญิงจากทั้งหมด 15 คนมีแนวคิดเรื่องการปรับตัวสอดคล้องกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์คือคิดว่า การปรับตัวเป็นการเปลี่ยนโครงสร้าง สรีรวิทยาและพฤติกรรมเพื่อให้สามารถดำรงชีวิตในสิ่งแวดล้อมหนึ่งได้ ส่วนนักเรียนที่เหลืออีก 2 คนเป็นนักเรียนชายชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 1 คน และนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 1 คนซึ่งคิดว่าการปรับตัวเป็นการเปลี่ยนในด้านโครงสร้างเท่านั้นไม่รวมถึงการปรับตัวด้านพฤติกรรม

เมื่อผู้วิจัยสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนเกี่ยวกับกลไกการป้องกันการสืบพันธุ์ในสิ่งมีชีวิต (reproductive isolating mechanism) ภายหลังที่สิ่งมีชีวิตมีการปรับตัวเป็นระยะเวลานาน ผู้วิจัยพบว่าแม้ว่านักเรียนจะมีแนวคิดที่ต่างกันดังข้างล่างแต่ก็ถือว่าสามารถตอบคำถามได้ถูกต้อง โดยมีนักเรียน 5 คนจากทุกระดับชั้น ทั้งชายและหญิง คิดว่าสิ่งมีชีวิตที่ปรับตัวแล้วและยังไม่ปรับตัวอาจผสมพันธุ์กันได้แต่อาจให้ลูกที่เป็นหมันเพราะถือเป็นคนละชนิดกัน

ส่วนนักเรียนอีก 6 คน ทุกระดับชั้น ทั้งชายและหญิงคิดว่าสิ่งมีชีวิตที่ปรับตัวแล้วกับสิ่งมีชีวิตที่ยังไม่ได้ปรับตัวยังสามารถผสมพันธุ์ให้ลูกให้หลานได้ เพราะคงเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันอยู่ นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนอีก 4 คน ทุกระดับชั้น ทั้งชายและหญิงคิดว่าสิ่งมีชีวิตที่ปรับตัวแล้วกับสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันที่ยังไม่ได้ปรับตัวผสมพันธุ์กันไม่ได้เนื่องจากถือว่าเป็นสิ่งมีชีวิตคนละชนิด อย่างไรก็ตามพบว่าไม่มีนักเรียนคนใดเลยที่อธิบายถึงเหตุผลหรืออธิบายในเชิงของการสะสมความแตกต่างทางพันธุกรรมระหว่างสิ่งมีชีวิตที่ปรับตัวและพวกที่ยังไม่ปรับตัว

อภิปรายผลการวิจัย

แนวคิดของนักเรียนเรื่องวิวัฒนาการ

จากผลการวิจัยข้างต้นพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ทุกระดับชั้นทั้งเพศหญิงเพศชายมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนจากทฤษฎี Neodarwinism โดยทฤษฎีนี้ อธิบายการเกิดวิวัฒนาการว่า เป็นการเปลี่ยนแปลงความถี่ของยีนในประชากรเมื่อเวลาเปลี่ยนไป คำอธิบายของนักเรียนส่วนใหญ่เน้นสอดคล้องกับทฤษฎี Creationism และทฤษฎี Lamarckism ในส่วนทฤษฎี Creationism นั้นนักเรียนอธิบายว่าลักษณะที่ปรากฏเป็นสิ่งที่ดีเหมาะสมแล้ว เป็นการออกแบบอันชาญฉลาดจากผู้สร้าง (Intelligent design) หรือไม่ก็มองว่าด้วยอำนาจจากภายนอกซึ่งในที่นี้คือธรรมชาติเป็นผู้กำหนดทิศทางการเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิต (teleological evolution) ในส่วนของนักเรียนที่มีแนวคิดสอดคล้องกับทฤษฎี Lamarckism นั้นอธิบายว่า ลักษณะใหม่เกิดจากการที่สิ่งมีชีวิตนั้นใช้หรือไม่ใช้อวัยวะนั้น ๆ บ่อย ๆ ทำให้อวัยวะนั้นแข็งแรงหรือฝ่อไปในที่สุด ผลการวิจัยสอดคล้องกับข้อค้นพบของนักวิจัยหลายท่านในอดีต อาทิ Bishop และ Anderson (1990: 415-427), Greene (1990: 875-885), Settlege (1994: 449-457) เป็นต้น งานวิจัยเหล่านี้

ทำในประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งเป็นการวัดแนวคิดของผู้เรียนระดับอุดมศึกษา โดยพบว่านิสิตจำนวนมากทั้งก่อนสอนและหลังสอนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากทฤษฎีที่เป็นที่ยอมรับในเรื่องวิวัฒนาการโดย นิสิตอธิบายว่า ความจำเป็นบีบบังคับให้สิ่งมีชีวิตต้องปรับตัวเปลี่ยนแปลงลักษณะ หรือสิ่งมีชีวิตเปลี่ยนแปลงลักษณะเมื่อมันใช้หรือไม่สามารถใช้ อวัยวะหรือความสามารถต่าง ๆ หลายชั่วรุ่น

ผู้วิจัยคิดว่าการศึกษาที่นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดที่สอดคล้องกับทฤษฎี Lamarckism เพราะนักเรียนอาจได้รับประสบการณ์ตรง อาทิ นักเรียนอาจเคยเห็นนกเพายายหรือนกกีฬาที่ฝึกซ้อมทุกวัน ร่างกายมีกล้ามเนื้อมากขึ้น หรือจากการได้อินสูล์แล้วเกิดความเข้าใจผิด อย่างที่มีนักเรียนคนหนึ่งได้ให้คำอธิบายว่าขนาดของไส้ติ่งลดลงเหมือนกับการหดสั้นของหางคน คนไม่ได้ใช้หาง หางจึงค่อยๆ หดลง ซึ่งนักเรียนที่มีความเชื่อแบบนี้เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ถึง 5 หรือกลุ่มก่อนสอนทั้งสิ้น สำหรับนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งเรียนเรื่องพันธุศาสตร์และวิวัฒนาการมาแล้วหรือกลุ่มหลังเรียนนั้น นักเรียนกลุ่มนี้มีแนวคิดสอดคล้องกับทฤษฎีวิวัฒนาการ นักเรียน 2 คน จากทั้งหมด 3 คนเข้าใจเรื่องการคัดเลือกตามธรรมชาติ มีนักเรียน 1 คนในจำนวน 3 คนนี้สามารถอธิบายได้ว่าวิวัฒนาการเป็นการเปลี่ยนแปลงความถี่ยีนในระดับประชากร

แนวคิดพื้นฐานทฤษฎี Neodarwinism ของนักเรียน แนวคิดเรื่อง ประชากร

จากผลการวิจัยจะเห็นได้ว่า นักเรียนทุกคนไม่ว่าจะเป็นกลุ่มก่อนเรียนหรือหลังเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องประชากร นักเรียนตัดสินภาพใดเป็นประชากรหรือไม่เป็นประชากรจากความเข้าใจคำนี้ในชีวิตประจำวัน หรือทางสังคมศาสตร์ที่มองว่า ประชากรคือกลุ่มสิ่งมีชีวิต

ชนิดเดียวกัน มาอยู่รวมกันในอาณานิคมหนึ่งในเวลาหนึ่ง โดยนักเรียนไม่ได้พิจารณาประชากรในฐานะที่เป็นแหล่งรวมยีน (gene pool) นักเรียนไม่ได้มองลึกลงไปถึงโครงสร้างทางพันธุกรรมของประชากร ผู้วิจัยพบว่านักเรียนส่วนหนึ่งเข้าใจว่าประชากรหมายถึง คนหรือสัตว์เท่านั้น นักเรียนเหล่านี้คิดว่าพืชไม่จัดว่าเป็นประชากรและจากคำถามแรกในเรื่องนี้ ผู้วิจัยถามนักเรียนว่านักเรียนคิดถึงสิ่งใดเป็นอันแรก เมื่อมีคนเอ่ยถึงคำว่าประชากร นักเรียนทุกคนตอบว่านึกถึงคนเป็นอันแรก นี่เองที่สะท้อนให้เห็นถึงสาเหตุที่ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน คือ นักเรียนจะตอบจากความคุ้นเคยและความหมายในชีวิตประจำวัน ซึ่งสอดคล้องกับข้อค้นพบของ Greene (1990: 875-885) ซึ่งพบว่า นักเรียนเข้าใจความหมายของประชากรว่า เป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะอย่างเดียวกัน ความแตกต่างที่เกิดขึ้นระหว่างสมาชิกมีความสำคัญน้อยมากต่อกระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในประชากร

แนวคิดเรื่อง ความแปรผันทางพันธุกรรม

ในแนวคิดเรื่องความแปรผันทางพันธุกรรม ผู้วิจัยพบว่านักเรียนทุกคนตระหนักถึง ความแปรผันทางพันธุกรรมของประชากร ดังจะเห็นจากการที่ผู้วิจัยถามนักเรียนว่าเพื่อน ๆ ของนักเรียนมีลักษณะของเส้นผมแตกต่างกันหรือไม่ นักเรียนทุกคนตอบได้ว่ามีอย่างไรก็ตามมีนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เพียงคนเดียวที่สามารถอธิบายว่า สาเหตุการเกิดความแปรผันของลักษณะในประชากรนั้นเกิดจากการแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนโครโมโซม (crossing over) และการเข้าคู่กันอย่างอิสระของ โครโมโซม (independent assortment) นักเรียนคนดังกล่าวยังสามารถอธิบายการเกิดลักษณะใหม่จากการผ่าเหล่าได้ด้วย นักเรียนที่เหลืออธิบายความแปรผันของลักษณะว่าเป็นผลมาจากการที่พ่อแม่ของแต่ละคนมีสารพันธุกรรมที่แตกต่างกันซึ่งแนวคิดในลักษณะนี้ไม่ผิดแต่ยังไม่ได้อธิบายลงลึกถึงระดับกลไก ใน

ประเด็นนี้ผู้วิจัยคาดหวังว่านักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เหลือและนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 น่าจะสามารถอธิบายถึงสาเหตุการเกิดความแปรผันในประชากรได้เพราะได้เรียนเรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสมาแล้ว แต่อาจเป็นไปได้ที่อาจารย์ผู้สอนไม่ได้เชื่อมโยงหรืออธิบายเกี่ยวกับการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสกับการเกิดความหลากหลายทางพันธุกรรม ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงการสอนแบบแยกส่วน

แนวคิดเรื่อง Fitness

เนื่องจากไม่มีคำใดในภาษาไทยที่อาจเทียบเคียงคำว่า Fitness ตามความหมายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ ผู้วิจัยจึงทับศัพท์คำว่า Fitness ในงานวิจัยนี้ Fitness หมายถึงความสามารถของลักษณะ genotype หนึ่งเมื่อเทียบกับอีกลักษณะหนึ่งหรืออีก genotype หนึ่งในการส่งทอดยีนที่ควบคุมลักษณะนั้นสู่ลูกหลานที่มีความสมบูรณ์ และสามารถสืบพันธุ์ได้โดยเป็นผลจากการคัดเลือกภายใต้สภาวะแวดล้อมหนึ่งๆเป็นความสำเร็จในการดำรงเผ่าพันธุ์ที่แตกต่างกันระหว่างลักษณะแต่ละลักษณะ (differential reproductive success) จะเห็นได้ว่า Fitness เป็นแนวคิดที่ค่อนข้างซับซ้อน และมีความเกี่ยวข้องกับแนวคิดอื่น ๆ เช่นเรื่องความแปรผันทางพันธุกรรมและการคัดเลือกโดยธรรมชาติ เมื่อผู้วิจัยให้นักเรียนอธิบายความสำคัญของความแปรผันต่อการเปลี่ยนแปลงภายในประชากร พบว่ามีนักเรียน 13 คนจากทั้งหมด 15 คนที่ตระหนักว่าความแปรผันภายใต้สภาวะแวดล้อมหนึ่ง ๆ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภายในประชากร เช่น นักเรียนอธิบายว่ากระต่ายขนสีเชียวน่าจะอยู่รอดในทุ่งหญ้าสีเขียวได้ดีกว่ากระต่ายสีเหลือง ขนสีเชียวจะช่วยสามารถพรางตัวพวกมันจากผู้ล่า แต่เมื่อให้นักเรียนทำนายต่อไปในอนาคตว่าประชากรกระต่ายมีสีอะไรและขึ้นอยู่กับอะไร พบว่ามีนักเรียนบางส่วนมีแนวคิดว่าคุณภาพของลักษณะเป็นตัวกำหนด นักเรียนจะถามคำถามผู้วิจัยว่าระหว่างกระต่ายสีเชียวกับกระต่ายสี

เหลือตัวไหนแข็งแรงมากกว่ากัน ตัวที่แข็งแรงมากกว่าจะเป็นตัวที่มีมากในอนาคต และไม่คำนึงถึงอิทธิพลของสิ่งแวดล้อม ซึ่งจุดนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Bishop และ Anderson (1990: 415-427) ซึ่งพบว่ามึนนักเรียนจำนวนหนึ่งที่คิดว่าสิ่งมีชีวิตที่มี Fitness คือสิ่งมีชีวิตที่แข็งแรง ซึ่ง Bishop และ Anderson ได้อธิบายว่า เกิดจากความคุ้นเคยคำนี้ในชีวิตประจำวันของผู้เรียน โดยทั่วไปคำนี้หมายถึงสุขภาพดี ความแข็งแรง และมีสติปัญญาดี

การปรับตัว

ในแนวคิดเรื่องการปรับตัวพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ในทางชีววิทยาการปรับตัวเป็นปรากฏการณ์ระดับประชากรซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงในประชากรหลายชั่วรุ่น การปรับตัวเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากความสำเร็จในการสืบพันธุ์และการตายไปของสมาชิกหลายชั่วรุ่นจากการคัดเลือกโดยธรรมชาติ ไม่ใช่การเปลี่ยนแปลงในระดับรายบุคคลในช่วงชีวิตหนึ่ง (life span) ผู้วิจัยพบว่านักเรียนทุกคนเข้าใจการปรับตัวในความหมายหลังนี้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bishop และ Anderson (1990: 415-427) ที่พบว่านิสิตส่วนมากคิดว่าการปรับตัวเป็นการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในช่วงชีวิตของสิ่งมีชีวิตหนึ่ง ๆ อาทิสุนัขปรับตัวให้เข้ากับเจ้าของเป็นต้น อย่างไรก็ตามพบว่า นักเรียนส่วนมากสามารถเชื่อมโยงแนวคิดการปรับตัวเข้ากับการเกิดวิวัฒนาการได้ นักเรียนมีแนวคิดว่าการปรับตัวนำไปสู่การเกิดสิ่งมีชีวิตสายพันธุ์ใหม่ได้ เข้าใจกลไกการผสมข้ามพันธุ์ทั้งก่อนการปฏิสนธิและหลังการปฏิสนธิ

จากข้อมูลข้างต้นพบว่านักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในเรื่องวิวัฒนาการ ประชากร ความแปรผันทางพันธุกรรม Fitness และการปรับตัว ซึ่งนักเรียนอธิบายแนวคิดต่าง ๆ เหล่านี้จากประสบการณ์และความหมายในชีวิตประจำวัน และพบว่านักเรียนกลุ่มก่อนเรียน โดยเฉพาะนักเรียน

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนมากที่สุด ซึ่งประเด็นนี้ผู้วิจัยขอความคิดเห็นของ Lawson และ Thompson มาอธิบาย นักวิจัยทั้งสองคิดว่าสาเหตุหนึ่งของการที่นักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในเรื่องวิวัฒนาการอาจมาจากระดับขั้นพัฒนาการทางพุทธิปัญญา (cognitive development) Lawson และ Thompson (1988: 733-746) คิดว่านักเรียนที่มีพัฒนาการทางพุทธิปัญญาไม่ถึงขั้น formal operations (ช่วงวัยรุ่นตอนปลายและวัยผู้ใหญ่) จะใช้แนวคิดของ Lamarck ในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิวัฒนาการ ในขณะที่ Halldén (1988:541-552) ให้ข้อทศนะหนึ่งว่าสาเหตุที่นักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน เป็นเพราะนักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงแนวคิดเรื่องพันธุกรรมเข้ากับแนวคิดในเรื่องวิวัฒนาการ นักเรียนกลุ่มก่อนเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเพราะไม่ได้เรียนเรื่องพันธุกรรม ส่วนนักเรียนหลังเรียนแม้จะได้เรียนเรื่องพันธุกรรมมาแล้ว อาจมีแนวคิดคลาดเคลื่อน เพราะไม่สามารถเชื่อมโยงเรื่องวิวัฒนาการกับเรื่องพันธุกรรมได้

ข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยที่ได้ อาจเป็นประโยชน์กับหลายฝ่าย ไม่ว่าจะเป็นครูอาจารย์ที่สอนเรื่องวิวัฒนาการหรือนักพัฒนาหลักสูตร เนื่องด้วยผลการวิจัยได้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับแนวคิดของเด็กไทย โดยเฉพาะในกลุ่มก่อนเรียนว่านักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในเรื่องใด ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการวางแผนการสอน การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน และจะเห็นได้ว่าแนวคิดวิวัฒนาการเป็นแนวคิดที่เข้าใจยาก เป็นนามธรรม และเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน การสอนในเรื่องนี้จึงควรให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนให้มาก ให้โอกาสนักเรียนได้สร้างคำอธิบาย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น การมีสื่อที่เป็นรูปธรรมก็จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจกระบวนการได้ดียิ่งขึ้น ผลการวิจัยยังบ่งชี้ถึง

จุดค้อยของการสอนแบบแยกส่วน เพราะทำให้นักเรียนไม่สามารถบูรณาการแนวคิดต่าง ๆ ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับวิวัฒนาการได้ ผู้วิจัยขอเสนอแนะให้ครูอาจารย์ที่สอนชีววิทยาในระดับได้เชื่อมโยงแนวคิดต่างๆ เพื่อให้ให้นักเรียนมองเห็นภาพรวมและความเกี่ยวข้องของแนวคิด เช่น เมื่อสอนเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสก็ควรชี้ให้เห็นว่าความเข้าใจเรื่องดังกล่าวจะเป็นพื้นฐานและช่วยอธิบายเรื่องพันธุศาสตร์และความหลากหลายทางชีวภาพได้

เอกสารอ้างอิง

- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2546. *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพมหานคร: องค์การค้ำของคุรุสภา.
- American Association for the Advancement of Science. 1993. *Benchmarks for science literacy: Project 2061*. New York : Oxford University Press.
- Bishop, B. A. and C. W. Anderson. 1990. "Student Conceptions of Natural Selection and Its Role in Evolution". *Journal of Research in Science Teaching* 27 : 415-427.
- Brumby, M. 1984. "Misconceptions about the Concept of Natural Selection by Medical Biology students". *Science Education* 68 : 493-503.
- Dagher, Z. and S. BouJaoude. 1997. "Scientific Views and Religious Beliefs of College Students: The Case of Biological Evolution". *Journal of Research in Science Teaching* 34 : 429-445.
- Demastes, S., G. Good and P. Peebles. 1995. "Student's Conceptual Ecologies and the Process of Conceptual Change in Evolution". *Science Education* 79 : 637-666.
- Dobzhansky, T. 1973. "Nothing in Biology Makes Sense Except in the Light of Evolution". *The American Biology Teacher* 35 : 125-129.
- Greene, A., Jr. 1990. "The Logic of University Students' Misunderstanding of Natural Selection". *Journal of Research in Science Teaching* 27 : 875-885.
- Halldén, O. 1988. "The Evolution of Species: Pupil Perspectives and School Perspectives". *International Journal of Science Education*. 10 : 541-552.
- Jeffery, K. R. and L. E. Roach. 1994. "A Study of the Presence of Evolutionary Protoconcepts in Pre-High School Textbooks". *Journal of Research in Science Teaching* 31 : 507-518.
- Jimenez, M.P. and J. Fernandez. 1987. "Selection or Adjustment: Explanations of University Biology Students for Natural Selection Problems." pp. 224-232 In J.D. Novak (ed.). *Proceedings of the Second International Seminar on Misconceptions and Education Strategies in Science and Mathematics* Ithaca, NY: Cornell University.
- Lawson, A.E. and L.D. Thompson. 1988. "Formal Reasoning Ability and Misconceptions Concerning Genetics and Evolution". *Journal of Research in Science Teaching* 25 : 733-746.
- Mayr, E. 1982. *The Growth of Biological Thought: Diversity, Evolution, and Inheritance*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- National Academy of Sciences. 1998. *Teaching about Evolution and the Nature of science*. Washington, DC : National Academy Press.
- National Research Council. 1995. *National Science*

- Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Passmore, C., J. Stewart and K. Mesmer. 2001. "High School Students' Understanding of and Reasoning with Darwin's Natural Selection Model". *A Paper Presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*. March 25-28.
- Rutherford, F.J. and A. Ahlgren. 1990. *Science for All American*. New York: Oxford University Press.
- Settlage, J. 1994. "Conceptions of Natural Selection : A Snapshot of the Sense-Making Process". *Journal of Research in Science Teaching*. 31: 449-457.
- Skelton, P. 1993. *Evolution: A Biological and Palaeontological Approach*. Great Britain: The Open University Press.
- Strickberger, W. 1996. *Evolution (Second Edition)*. London: Jones and Bartlett Publishers.