การศึกษาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 4

A Study of Level 4 Students' Photosynthesis Conceptions

สิรินภา กิจเกื้อกูล[1] และ นฤมล ยุตาคม[2]

Sirinapa Kijkuakul and Naruemon Yutakom

ABSTRACT

This research aimed to explore the photosynthesis conceptions held by thirty eight senior high school (Grades 10-12), Level 4 students at a Bangkok suburban high school in Thailand. The study was conducted during the 2002 academic year, before the science education reform was mandated in the 2003 academic year. A concept test was adapted from Barker's study (1985), comprising open-ended questions and multiple choices including explanations to identify the student conceptions about photosynthesis connected with plants and their food, chlorophyll, electron roles, energy sources and photosynthesis and plant respiration. The results of this study showed that, in Level 4, the students have little understanding about photosynthesis conceptions, especially the relationship between photosynthesis process and plant respiration, chlorophyll roles and electron roles in photosynthesis process.

Key words: science conceptions, upper secondary students

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หรือนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 จำนวน 38 คน ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในเขตกรุงเทพปริมณฑล ปีการศึกษา 2545 ซึ่งเป็นปีสุดท้ายก่อนที่โรงเรียนจะเริ่มใช้หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามพระราชบัญญัติการศึกษาพุทธศักราช 2542 ที่บังคับใช้ทั่วประเทศในปีการศึกษา 2546 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นแบบสำรวจแนวคิดที่ประกอบด้วยคำถามปลายเปิดและแบบเลือกตอบพร้อมอธิบายเหตุผล แนวคิดที่สำรวจได้แก่ พืชและอาหารของพืช คลอโรฟิลล์ บทบาทของอิเล็กตรอน แหล่งพลังงาน และปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสงกับการหายใจของพืช จากผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
Science Education, Faculty of Education, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

[2] ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพ ฯ 10900
Department of Science Education, Faculty of Education, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

ตอนปลายมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยเฉพาะแนวคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างการสังเคราะห์ด้วยแสงกับการหายใจของพืช บทบาทของคลอโรฟิลล์ และบทบาทของอิเล็กตรอนในปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสง

บทนำ

แนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นแนวคิดพื้นฐานที่สำคัญต่อการสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางชีวภาพ เช่น การถ่ายเทพลังงาน การใช้พลังงาน และหลักการเกี่ยวกับนิเวศวิทยา (Lumpe and Staver, 1995) กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงบอกถึงเรื่องราวของพืชที่สามารถใช้คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงานแสงในการสร้างอาหารหรือน้ำตาลให้กับพืชเองและปล่อยออกซิเจนออกมาเป็นผลพลอยได้ให้กับสิ่งมีชีวิตที่อยู่บนโลกใบนี้ ดังนั้นการสังเคราะห์ด้วยแสงจึงจัดว่าเป็นกระบวนการทางชีวภาพที่สำคัญควรแก่การศึกษา (สสวท, 2545; AAAS, 2001)

จากการปฏิรูปการศึกษาวิทยาศาสตร์ตามพระราชบัญญัติการศึกษา พ.ศ. 2542 และหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2544 ทางสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท., 2545) ซึ่งรับผิดชอบต่อการปรับปรุงและพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ของประเทศ ได้กำหนดให้การสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นสาระหนึ่งในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนในทุกระดับการศึกษา ได้แก่ ช่วงชั้นที่ 1 คือ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ถึงชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ช่วงชั้นที่ 2 คือ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ถึงชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ช่วงชั้นที่ 3 คือ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และช่วงชั้นที่ 4 คือ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

แนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงในช่วงชั้นที่ 1 นักเรียนจะได้ศึกษาโครงสร้างและหน้าที่ของโครงสร้างต่าง ๆ ของพืช ในช่วงชั้นที่ 2 นักเรียนจะได้ศึกษาถึงปัจจัยบางประการที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช สำหรับในช่วงชั้นที่ 3 นักเรียนจะได้ศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของพืช วัตถุดิบที่พืชใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง และความสัมพันธ์ระหว่างการสังเคราะห์ด้วยแสงกับระบบนิเวศ ซึ่งความรู้ในช่วงชั้นที่ 3 นี้จัดเป็นความรู้พื้นฐานของการสังเคราะห์ด้วยแสงสำหรับนักเรียนในช่วงชั้นที่ 4 ซึ่งจะศึกษาการสังเคราะห์ด้วยแสงที่ครอบคลุมถึงการศึกษาสารในระดับชีวเคมีโมเลกุล การเปลี่ยนแปลงพลังงาน ชีวภาพ พันธะเคมี และ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นขณะที่พืชสังเคราะห์ด้วยแสง

การตระหนักถึงความสำคัญของการสังเคราะห์ด้วยแสงมิได้จำกัดอยู่เพียงแค่ในประเทศไทยเท่านั้น ในต่างประเทศได้ให้ความสำคัญในการศึกษาแนวคิด เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงด้วยเช่นกัน ตัวอย่างเช่น สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย อิสราเอล และนิวซีแลนด์ ซึ่งจากผลการวิจัยศึกษาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง เช่น นักเรียนคิดว่า “การสังเคราะห์ด้วยแสงคือการหายใจของพืช...” (Amir and Tamir, 1995: 7) “ดินคือ อาหาร [ของพืช]...” (Wandersee, 1985: 587) “พืชหายใจเฉพาะตอนกลางคืน พืชสังเคราะห์ด้วยแสงเฉพาะตอนกลางวัน” (Haslam and Treagust, 1987: 206) เป็นต้น

Gunstone ได้กล่าวถึงสาเหตุหนึ่งของการมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนไว้ใน *The Australian Science Teachers Journal* เมื่อปี ค.ศ. 1990 ว่า การมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเป็นผลมาจากการมีทัศนะทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่ถูกต้อง ซึ่ง “ทัศนะทางวิทยาศาสตร์” (scientific views) นี้หมายถึง ความเชื่อเดิมที่เกิดจากการตีความหมายประสบการณ์ต่าง ๆ ที่นักเรียนได้พบเป็นประจำทั้งในและนอกห้องเรียน ดังนั้น อาจ

เป็นไปได้ว่า หากนักเรียนมีความเชื่อเดิมที่ผิดหรือขัดแย้งต่อการสร้างแนวคิดใหม่ที่ถูกต้อง นักเรียนอาจไม่สามารถแก้ไขแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของตนได้ ซึ่งในประเด็นนี้ Hazel and Prosser (1994: 4) ได้เสนอแนะไว้ว่า การสำรวจแนวคิดของนักเรียนก่อนการเรียน น่าจะเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้ครูผู้สอนรู้ว่านักเรียนกำลังมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับเรื่องนั้น ๆ อย่างไร และครูสามารถนำข้อมูลที่ได้นี้ไปใช้พัฒนาการสอนได้ตรงกับสภาพจริงของนักเรียน

อย่างไรก็ตาม จากการศึกษางานวิจัยภายในประเทศไทย พบว่า มีงานวิจัยจำนวนน้อยมาก ที่ศึกษาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ตัวอย่างเช่น ฐิติมา (2531) วิเคราะห์แนวคิดทางชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้ค่าไคสแควร์ (χ^2 - test) ซึ่งพบว่านักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับหน้าที่และบทบาทของน้ำในการเป็นวัตถุดิบในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง นักเรียนมีแนวคิดว่าน้ำมีหน้าที่เป็นตัวทำละลายและมีบทบาทในการลำเลียงภายในพืช นอกจากนี้ กระทรวงศึกษาธิการ (2532) ยังได้วิเคราะห์แนวคิดทางชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการคำนวณร้อยละของจำนวนนักเรียนทั้งหมด พบว่าไม่มีนักเรียนคนใดสามารถอธิบายการเกิดแก๊สออกซิเจนในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ และนักเรียนมากกว่าร้อยละ 80 มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับบทบาทของคลอโรฟิลล์และคลอโรพลาสต์ เป็นต้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. สำรวจแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงตามหลักสูตรสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 4

2. เปรียบเทียบแนวคิดของนักเรียนช่วงชั้นที่4 กับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ครูผู้สอนวิชาชีววิทยาสามารถนำข้อมูลผลการสำรวจนี้ไปพัฒนาการจัดการเรียนการสอน เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ดียิ่งขึ้น

2. กระตุ้นให้ครูผู้สอนเห็นความสำคัญของการศึกษาแนวคิดของนักเรียน เพื่อการเตรียมความพร้อมในการจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนที่เรียนเน้นหนักทางวิทยาศาสตร์ช่วงชั้นที่ 4 ซึ่งประกอบด้วยนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6 จังหวัดนนทบุรี ในช่วงเดือนกรกฎาคม ภาคต้น ปีการศึกษา 2545

วิธีดำเนินการวิจัย

ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงสำรวจ ซึ่งผู้วิจัยได้คัดเลือกโรงเรียนมัธยมศึกษาที่มีความสนใจในการพัฒนาการเรียนการสอนวิชาชีววิทยา โดยติดต่อผ่านครูผู้สอนวิชาชีววิทยาแล้วจึงดำเนินการขออนุญาตโรงเรียนเพื่อดำเนินการวิจัยต่อไป

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร

นักเรียนช่วงชั้นที่ 4 จากโรงเรียนมัธยมศึกษาดังกล่าวมาข้างต้น

2. กลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (ม.4) จำนวน 15 คน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (ม.5) จำนวน 13 คน และ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 (ม.6) จำนวน 10 คน รวมทั้งสิ้น 38 คน ซึ่งกลุ่มตัวอย่างนี้ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายจากนักเรียนแต่ละระดับชั้น

ในช่วงชั้นที่ 4

เครื่องมือวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ แบบสำรวจ ที่ประกอบด้วยคำถามปลายเปิดแบบมีตัวเลือกและที่ว่างให้อธิบายเหตุผล จำนวน 14 ข้อ ซึ่งครอบคลุมแนวคิดเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง ได้แก่ พืชและอาหารของพืช คลอโรฟิลล์บทบาทของอิเล็กตรอนแหล่งพลังงาน และ ปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสงกับการหายใจของพืช แบบสำรวจนี้พัฒนามาจากการนำแบบสำรวจแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของ Barker (1985) มาปรับปรุงโดยการปรับภาษารูปแบบคำถาม และสร้างคำถามเพิ่มเติมเพื่อให้ครอบคลุมแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงตามหลักสูตรของประเทศไทย จากนั้นได้นำไปตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา ภาษาเขียน การสื่อความหมายโดยผู้เชี่ยวชาญ และทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กที่มีลักษณะเดียวกับกลุ่มตัวอย่างจริงเพื่อปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้เก็บข้อมูล

วิธีเก็บรวมรวมข้อมูล

1. ติดต่อโรงเรียนเพื่อขอสำรวจแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ในเดือนกรกฎาคม ภาคต้น ปีการศึกษา 2545

2. สุ่มตัวอย่างแบบง่ายจากนักเรียนแต่ละระดับชั้นในช่วงชั้นที่ 4 จากนั้นติดต่อให้ครูผู้สอนดำเนินการนัดหมายนักเรียนกลุ่มตัวอย่างล่วงหน้าเป็นเวลา 1 สัปดาห์

3. นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบสำรวจพร้อมกันทุกคนในคาบกิจกรรมชุมนุม เป็นเวลา 50 นาที

วิธีวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการดำเนินการวิจัยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. อ่านคำตอบและการอธิบายเหตุผลของนักเรียนทุกคนในแต่ละคำถามเพื่อดูภาพรวมของคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมด

2. นำคำตอบและคำอธิบายของนักเรียนมาตีความหมาย และจำแนกเป็นกลุ่มตามระดับความสอดคล้องกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ดังนี้

กลุ่มที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (Scientific understanding) หมายถึง นักเรียนตอบได้สอดคล้องกับแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ปัจจุบันครบทุกแนวคิดและสามารถเชื่อมโยงแนวคิดนั้น ๆ ได้

กลุ่มที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (Partial understanding) หมายถึง นักเรียนตอบได้สอดคล้องกับแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ปัจจุบันอย่างน้อย 1 แนวคิด

กลุ่มที่มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน (Partial understanding with misunderstanding) หมายถึง นักเรียนตอบได้สอดคล้องกับแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ปัจจุบันเพียงบางส่วน และยังคงมีบางส่วนที่ไม่สอดคล้อง

กลุ่มที่ไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (Non-scientific understanding) หมายถึง คำตอบของนักเรียนไม่สอดคล้องกับแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ปัจจุบัน

กลุ่มที่ไม่ตอบคำถาม หรือ ตอบว่าไม่เข้าใจ (No answer) หมายถึง นักเรียนไม่ได้ตอบคำถามหรือไม่ได้เขียนอธิบายเหตุผล หรือเขียนอธิบายในลักษณะทวนคำถาม หรือตอบว่าไม่เข้าใจหรือจำไม่ได้

3. คำนวณความถี่ของคำตอบในแต่ละกลุ่ม จากนั้นคิดเป็นร้อยละเทียบกับจำนวนนักเรียนของแต่ละระดับชั้น และจำนวนนักเรียนรวมทั้งหมด

4. เพื่อความถูกต้องในการตีความหมายและจัดกลุ่มประเภทแนวคิดของนักเรียน ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ต่อผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งในกรณีที่ผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นไม่ตรงกัน ผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญได้อภิปรายเพื่อร่วมกันหาข้อสรุปให้ได้ในที่สุด

ผลและอภิปรายผล

จากการสำรวจแนวคิดของนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 เกี่ยวกับเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งประกอบด้วยแนวคิดย่อย ๆ ดังนี้ พืชและอาหารของพืช คลอโรฟิลล์ บทบาทของอิเล็กตรอน แหล่งพลังงาน และปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสงกับการหายใจของพืช พบว่านักเรียนชั้น ม. 4 ม. 5 และ ม. 6 มีความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ในแต่ละแนวคิดย่อยแตกต่างกันไป ซึ่งการรายงานและอภิปรายผลการวิจัยจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การสรุปภาพรวมแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียน และการอธิบายสรุปความเข้าใจของนักเรียนในแต่ละแนวคิดย่อย

ผลการสำรวจภาพรวมแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง (Table 1) โดยใช้คำถาม “การสังเคราะห์ด้วยแสงคืออะไร” พบว่านักเรียนส่วนใหญ่หรือร้อยละ 69 ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 มีแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงเพียงบางส่วนหรือบางแนวคิด เช่น “การสังเคราะห์ด้วยแสงคือการสร้างอาหารของพืช” ซึ่งยังไม่ครอบคลุมทุกแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งประกอบด้วย (1) การสร้างอาหาร (2) น้ำตาล (3) สมการการสังเคราะห์ด้วยแสง และ (4) พลังงานแสง นอกจากนี้ นักเรียนส่วนใหญ่มักจะเขียนตอบโดยใช้ภาษาเขียนตามแบบฉบับของหนังสือเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ว่า “...เราเรียกการสร้างอาหารของพืชว่า การสังเคราะห์ด้วยแสง...” (กระทรวงศึกษาธิการ, 2543: 6)

ผลการสำรวจแนวคิดย่อยเรื่องพืชและอาหารของพืช (Table 2) ซึ่งเป็นแนวคิดสำคัญที่บอกถึงสาเหตุว่าทำไมพืชจึงต้องมีกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง พบว่า มีนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 เพียงร้อยละ 26

Table 1 Students' understandings of photosynthesis.

Categories	Grader (s)			Total
	10^{th} (n=15)	11^{th} (n=13)	12^{th} (n=10)	n=38
Scientific understanding	1	2	2	5
• Photosynthesis is plants' food making that is sugar by changing light energy to chemical energy. This needs raw materials as following equation $CO_2 + H_2O \xrightarrow[\text{chlorophyll}]{\text{light}} C_6H_{12}O_6 + O_2$	(7%)[1/]	(15%)	(20%)	(13%)
Partial understanding	11	9	6	36
• Photosynthesis is use of light energy to produce plants' food, sugar.	(73%)	(70%)	(60%)	(69%)
• Photosynthesis is plants' food making that is sugar as the equation (as above).				
• Photosynthesis is changing of inorganic compound to organic compound as the equation (as above).				
Partial understanding with misunderstanding	0	0	0	0
Non - scientific understanding	0	0	0	0
No answer or “ I do not understand photosynthesis”	3	2	2	7
	(20%)	(15%)	(20%)	(18%)

[1/] percentage of students writing the concept statements in each grader.

Table 2 Students' understandings of food.

Categories	Grader (s)			Total
	10^{th} (n=15)	11^{th} (n=13)	12^{th} (n=10)	n=38
Scientific understanding	2	4	4	10
• Plants are producers who make food through photosynthesis. This gives glucose that is stored in starch form.	(13%)[1/]	(31%)	(40%)	(26%)
Partial understanding	0	0	0	0
Partial understanding with misunderstanding	5	4	5	14
• Plants can produce food by themselves. This food is water, minerals or fertilizer absorbed from soil, and sugar from plants' photosynthesis.	(73%)	(70%)	(60%)	(69%)
• Plants photosynthesize to produce food. This is water, minerals, organic substances absorbed from soil and used as photosynthesis materials.				
• Plants produce food by themselves. Food is stored into energy or fruits.				
Non - scientific understanding	5	4	1	10
• Plants' food is water and minerals.	(33%)	(31%)	(10%)	(26%)
No answer or " I do not understand photosynthesis"	3	1	0	4
	(20%)	(8%)		(11%)

[1/] percentage of students writing the concept statements in each grader.

เท่านั้นที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ว่า การสังเคราะห์ด้วยแสงคือการสร้างอาหารของพืชซึ่งอาหารในที่นี้ก็คือน้ำตาล นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนอีกร้อยละ 37 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่า น้ำ แร่ธาตุ ปุ๋ย ก็เป็นอาหารของพืชด้วยเช่นกัน ส่วนนักเรียนอีกร้อยละ 26 ไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ และอีกร้อยละ 11 ไม่สามารถอธิบายคำตอบได้ จากข้อมูลเหล่านี้แสดงให้เห็นว่านักเรียนยังไม่เข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และเมื่อพิจารณาเป็นระดับชั้นพบว่านักเรียนชั้น ม. 4 ร้อยละ 33 นักเรียนชั้น ม. 5 ร้อยละ 31 และนักเรียนชั้น ม. 6 ร้อยละ 10 ไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับอาหารของพืช นักเรียนกลุ่มนี้เข้าใจว่า น้ำและแร่ธาตุเป็นอาหารของพืช

จากการวิเคราะห์แนวคิดเรื่องบทบาทของอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (Table 3) พบว่า นักเรียนชั้น ม. 4 ซึ่งยังไม่เคยเรียนเกี่ยวกับอิเล็กตรอนมาก่อน ยังไม่สามารถอธิบายแนวคิดเรื่องนี้ได้ อย่างไรก็ตามแม้นักเรียนชั้น ม. 5 ซึ่งเพิ่งเรียนเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงแล้ว ก็ไม่สามารถบอกถึงความสำคัญของการถ่ายทอดอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสงได้มีนักเรียนชั้น ม. 5 เพียงร้อยละ 31 เท่านั้นที่เข้าใจว่าการถ่ายทอดอิเล็กตรอนจะให้พลังงานเพื่อนำไปสร้าง ATP สำหรับนักเรียนชั้น ม. 6 ที่เรียนเรื่องอิเล็กตรอนผ่านไปแล้วทั้งในวิชาชีววิทยา และ วิชาเคมี กลับมีเพียงร้อยละ20 เท่านั้นที่รู้ถึงบทบาทความสำคัญของอิเล็กตรอนที่ถูกถ่ายทอดภายในปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสง

เมื่อพิจารณาความเข้าใจของนักเรียนช่วงชั้นที่4 เกี่ยวกับแนวคิดเรื่องคลอโรฟิลล์ (Table 4) พบว่านักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจถึงบทบาทของคลอโรฟิลล์ว่าเป็นรงควัตถุหรือสารที่มีสีเขียวสามารถดูดกลืน

Table 3 Students' understandings of electron roles.

Categories	Grader (s) 10th (n=15)	11th (n=13)	12th (n=10)	Total n=38
Scientific understanding				
• Electron resulted from light energy transferreing to its carriers and then releases the energy, ATP.	0	4 (31%)[1/]	2 (20%)	6 (16%)
Partial understanding				
• The electron role is related to producing energy in photosynthesis.	0	4 (31%)	3 (30%)	7 (18%)
Partial understanding with misunderstanding	0	0	0	0
Non - scientific understanding	3	1	2	6
• Electron roles are related to gas exchange of photosynthesis.	(20%)	(7%)	(20%)	(16%)
No answer or "I do not understand"	12 (80%)	4 (31%)	3 (30%)	19 (50%)

[1/] percentage of students writing the concept statements in each grader.

Table 4 Students' understandings of chlorophyll.

Categories	Grader (s) 10th (n=15)	11th (n=13)	12th (n=10)	Total n=38
Scientific understanding				
• Chloroplasts have green substances called chlorophyll. This absorbs light energy for photosynthesis.	(7%)[1/]	(8%)	(10%)	(8%)
Partial understanding	0	2	1	3
• Chloroplasts are the site of photosynthesis.		(16%)	(10%)	(8%)
• Chlorophyll is the site of oxidation-reduction of photosynthesis.				
Partial understanding with misunderstanding	0	0	0	0
Non - scientific understanding	0	0	0	0
• Chlorophyll is important for photosynthesis.				
No answer or " I do not understand"	0	4 (31%)	6 (60%)	10 (26%)

[1/] percentage of students writing the concept statements in each grader.

แสงได้ และเป็นบริเวณที่เกิดการสังเคราะห์ด้วยแสง แต่มีนักเรียนเพียงร้อยละ 8 ที่สามารถระบุถึงการทำงานของคลอโรฟิลล์ว่ามีระบบแสง (photosystem) ทำหน้าที่เป็นหน่วยรับแสงที่สามารถดูดกลืนพลังงานแสงได้ สำหรับนักเรียนชั้น ม. 5 มีนักเรียนเพียง 1 คน (n = 13) ที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์สมบูรณ์เกี่ยวกับบทบาทของคลอโรฟิลล์

จากการวิเคราะห์แนวคิดของนักเรียนช่วงชั้นที่ 4เรื่องแหล่งพลังงานของการสังเคราะห์ด้วยแสง (Table 5) พบว่า มีนักเรียนเพียงร้อยละ 21 ที่เข้าใจว่าแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานตามธรรมชาติเพียงแหล่งเดียวของการสังเคราะห์ด้วยแสง และเมื่อพิจารณา

Table 5 Students' understandings of energy resource.

Categories	Grader (s)			Total
	10^{th} (n=15)	11^{th} (n=13)	12^{th} (n=10)	n=38
Scientific understanding				
• Sun is energy resource. It provides light energy for plants.	2 (13%)[1/]	4 (31%)	4 (40%)	10 (26%)
Partial understanding	0	0	0	0
Partial understanding with misunderstanding	12	9	6	10
• Soil, sun, CO_2, H_2O and minerals are energy resources, because these are plant materials and plants use these to grow and to produce food.	(80%)	(69%)	(60%)	(8%)
• CO_2 is energy resource because plants get the energy from respiration.				
• Sun and CO_2 are energy resource because plants get the energy from respiration and photosynthesis.				
Non - scientific understanding	1	0	0	1
• Energy resource is everything.	(7%)			(3%)
No answer or " I do not understand"	0	0	0	0

[1/] percentage of students writing the concept statements in each grader.

เป็นระดับชั้น พบว่า นักเรียนชั้น ม. 4 ร้อยละ 87 นักเรียนชั้น ม. 5 ร้อยละ 69 และ นักเรียนชั้น ม. 6 ร้อยละ 60 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่า นอกจากแสงอาทิตย์แล้วพืชยังได้รับพลังงานจากแหล่งพลังงานอื่น ๆ อีก เช่น ดิน น้ำ แร่ธาตุ และคาร์บอนไดออกไซด์ ตัวอย่างเหตุผลที่นักเรียนใช้อธิบายแนวคิดนี้ก็คือ "แหล่งพลังงาน คือ คาร์บอนไดออกไซด์ และพระอาทิตย์ เพราะ พืชจะได้รับพลังงานจากการหายใจและการสังเคราะห์ด้วยแสง"

แนวคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่าง การสังเคราะห์ด้วยแสงกับการหายใจจัดเป็นปัญหาหนึ่งที่พบได้จากผลการวิจัยนี้ (Table 6) โดยปกติเมื่อพืชได้รับแสง ปฏิกิริยาที่ใช้แสง (light independent reaction) จะดำเนินการสร้างผลิตภัณฑ์ที่พืชจะนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในปฏิกิริยาที่ไม่ใช้แสง (light dependent reaction) หรืออีกนัยหนึ่ง อาจกล่าวได้ว่า เมื่อพืชได้รับแสงในระดับที่พืชสามารถสร้างผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาแสงได้แล้ว พืชก็ไม่จำเป็นต้องได้รับแสงเพื่อการเกิดปฏิกิริยาที่ไม่ใช้แสงต่อไป แต่จากการวิเคราะห์แนวคิดของนักเรียน พบว่า มากกว่าร้อยละ 50 ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับช่วงเวลาของการสังเคราะห์ด้วยแสงกับการหายใจของพืช เช่น "การสังเคราะห์ด้วยแสงและการหายใจเกิดขึ้นเฉพาะตอนกลางวัน" "การสังเคราะห์ด้วยแสงเกิดขึ้นตอนกลางวันและให้ O_2 การหายใจเกิดขึ้นตอนกลางคืนและคาย CO_2"

สรุป วิจารณ์ และข้อเสนอแนะ

จากผลการสำรวจแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 โดยใช้แบบสำรวจแนวคิดที่ประยุกต์จาก Barker (1985) พบว่า ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยที่ผ่านมาของ Anderson, Sheldon and Dubay (1990); Barker (1985); Ozay and Oztas (2003); Wandersee (1985) กล่าวคือ สิ่งที่นักเรียนพยายามอธิบายในแบบสำรวจ คือ การ

Table 6 Students' understandings of photosynthesis and plant respiration.

Categories	Grader (s) 10th (n=15)	11th (n=13)	12th (n=10)	Total n=38
Scientific understanding				
• Plants photosynthesize when they receive light in light reaction. Also the reaction product is used in dark reaction where light is not needed. Plants respire all time because they need food catabolism to produce energy.	0	1 (7%)[1/]	0	1 (3%)
Partial understanding	2	4	3	9
• Photosynthesis takes place in daylight, because light is energy source Plants respire all the time to produce energy through catabolism of food.	(13%)	(31%)	(30%)	(24%)
• Photosynthesis takes place in light. Respiration is using of energy to grow plants.				
Partial understanding with misunderstanding	10	4	6	20
• Photosynthesis take place in light. Respiration is using of energy to grow plants.	(67%)	(31%)	(60%)	(3%)
• Photosynthesis take place in daylight because the sun provides most of enegy here. Plant respire all time.				
• Plants photosynthesize at noon and release oxygen. Plants respire at night and release carbon dioxide.				
• Photosynthesis takes place anytime. Respiration takes place all time. Plants absorb carbon dioxide and release oxygen.				
Non - scientific understanding	0	0	0	0
No answer or " I do not understand"	2	0	1	3
	(13%)		(10%)	(8%)

[1/] percentage of students writing the concept statements in each grader.

พยายามเลียนแบบและการท่องจำเนื้อหาจากแบบเรียนมากกว่าจะแสดงความเข้าใจที่แท้จริงของตนออกมา ซึ่งสิ่งที่แสดงถึงข้อสรุปนี้ก็คือ ความแตกต่างระหว่างคำอธิบายของนักเรียนเมื่อตอบคำถาม "การสังเคราะห์ด้วยแสงคืออะไร" (Table 1) และ "อาหารของพืชคืออะไร" (Table 2) ซึ่งคำถามแรกนั้นเป็นคำถามที่เคยถูกถามไว้ในหนังสือแบบเรียน พบว่านักเรียนช่วงชั้นที่ 4 มากกว่าร้อยละ 80 (13 + 69) เขียนสมการการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ถูกต้องและยังสามารถอธิบายได้ว่าการสังเคราะห์ด้วยแสงคือการสร้างอาหารของพืชซึ่งอาหารนี้ก็คือน้ำตาล อย่างไรก็ตาม เมื่อให้นักเรียนแสดงความเข้าใจของตนว่า "อาหารของพืช คืออะไร" (Table 2) กลับมีนักเรียนเพียงร้อยละ 26 เท่านั้นที่อธิบายว่าน้ำตาลคืออาหารของพืช ในขณะที่นักเรียนอีกร้อยละ 37 มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนว่าทั้งน้ำตาล น้ำ แร่ธาตุ ปุ๋ย

และดิน ต่างก็เป็นอาหารของพืชด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนอีกร้อยละ 26 คิดว่า น้ำ และปุ๋ย เท่านั้นที่เป็นอาหารของพืช

นักเรียนช่วงชั้นที่ 4 มากกว่าร้อยละ 50 (Table 2) มีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสงที่คล้ายกับแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ในอดีต ตัวอย่างเช่นแนวคิดย่อยเกี่ยวกับพืชและอาหารของพืชซึ่ง Van Helmont (Wandersee, 1985: 593) เชื่อว่า "อาหารของพืช คือ น้ำ ที่พืชดูดซึมได้จากดิน" และเมื่อพิจารณา แนวคิดของนักเรียนในแต่ละระดับชั้น พบว่า นักเรียนชั้น ม. 4 ม. 5 และ ม. 6 ต่างมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับพืชและอาหารของพืช ซึ่งอาจกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่า นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนตั้งแต่ก่อนเรียนไปจนกระทั่งหลังเรียนเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงจบแล้วในช่วงชั้นที่ 4

แนวคิดเกี่ยวกับบทบาทของอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นแนวคิดที่นักเรียนมีความเข้าใจน้อยที่สุดเพราะถึงแม้นักเรียนชั้น ม. 5 และชั้น ม. 6 จะเคยเรียนเกี่ยวกับการถ่ายทอดอิเล็กตรอนมาแล้วทั้งในวิชาชีววิทยาและวิชาเคมี แต่นักเรียนทั้งสองระดับชั้นยังไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ทั้งสองสาขานี้ได้ ตัวอย่างเช่น ความรู้เกี่ยวกับพันธะเคมี จะสัมพันธ์กับความรู้เรื่องการคายพลังงานของอิเล็กตรอนในคลอโรฟิลล์ที่อยู่ในสภาวะกระตุ้น (excited state) โดยแสงไปสู่สภาวะที่เสถียร (ground state) ดังนั้นสิ่งสำคัญต่อการพัฒนาการสอนเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงประการหนึ่ง ก็คือ ควรมีการทบทวน แนวคิดพื้นฐานทางเคมีของนักเรียนเกี่ยวกับโครงสร้างอะตอม พันธะเคมี และการถ่ายทอดพลังงานให้กับนักเรียนก่อนเรียนเรื่องปฏิกิริยาที่ใช้แสงของการสังเคราะห์ด้วยแสง

แนวคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างการสังเคราะห์ด้วยแสงกับการหายใจของพืช เป็นอีกแนวคิดหนึ่งที่นักเรียนช่วงชั้นที่ 4 มากกว่าร้อยละ 53 (Table 6) มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน นักเรียนบางคนเข้าใจว่าพืชหายใจเฉพาะตอนกลางคืน เพราะตอนกลางวันพืชต้องสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งในประเด็นนี้ Haslam and Treagust (1987) ได้วิเคราะห์ไว้ว่าเนื้อหาเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง และการหายใจของพืช เป็นเนื้อหาที่มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งถ้าครูผู้สอนสามารถวิเคราะห์เนื้อหาหลักสูตรเพื่อนำมาจัดการเรียนการสอนเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและการหายใจในวิชาชีววิทยาด้วยตนเอง รวมทั้งให้ความสำคัญกับการเรียงลำดับเนื้อหาหรือแนวคิดที่นักเรียนมักเข้าใจคลาดเคลื่อน ดังเช่นกรณีของการสังเคราะห์ด้วยแสงกับการหายใจ ก็อาจช่วยลดปัญหาการเกิดความเข้าใจแนวคิดที่คลาดเคลื่อนได้

ดังนั้น การจัดการเรียนการสอนเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ครูควรตรวจสอบและทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับพลังงานและปฏิกิริยาเคมีในสิ่งมีชีวิต รวมทั้งหยิบยกแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนมาเป็นประเด็นให้นักเรียนได้อภิปราย ทั้งนี้เพื่อช่วยให้ครูได้รับทราบและเตรียมหนทางแก้ไขแนวคิดคลาดเคลื่อนที่ติดตัวมากับนักเรียนได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างการสังเคราะห์ด้วยแสงกับกระบวนการหายใจ และหยิบยกเรื่องราวการค้นพบความรู้เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักวิทยาศาสตร์ในอดีตมาให้นักเรียนอภิปรายและวิเคราะห์ว่าแนวคิดนั้นๆ สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ในยุคปัจจุบันหรือไม่ เพราะเหตุใด

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. 2532. *รายงานการศึกษาแนวความคิดที่คลาดเคลื่อนและความเข้าใจผิดในบทเรียนเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง.* กรุงเทพฯ: สาขาชีววิทยา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.).

กระทรวงศึกษาธิการ. 2543. *หนังสือเรียน ว 102 วิทยาศาสตร์เล่ม 2.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว

ฐิติมา สุขภิมนตรี. 2531. *การศึกษามโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาชีววิทยานักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จังหวัดสุราษฎร์ธานี.* กรุงเทพฯ: วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) 2545. *คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

AAAS. 2001. "Science for All Americans Online". *AAAS Project 2061.* Available: http://www.project2061.org, October 1, 2001.

Amir, R. and P. Tamir. 1995. "Proposition Generating Task (PGT): A Measure of Meaningful Learning and Conceptual Change". *Journal of Biological Education* 29(2): 111-118. Retrieved August 7, 2003, from EBSCO host database.

Anderson, C., T. Sheldon and J. Dubay. 1990. "The Effects of Instruction on College Nonmajors' Conceptions of Respiration and Photosynthesis." *Journal of Research in Science Teaching* 27(8): 761-776.

Barker, M. A. 1985. "Teaching and Learning about Photosynthesis: Working paper No.220-229". *Science Education Research Unit.* Hamilton: University of Waikato, New Zealand.

Gunstone, R. F. 1990. "'Children's Science': A Decade of Developments in Constructivist Views of Science Teaching and Learning". *The Australian Science Teachers Journal* 36(4): 9-19.

Haslam, F. and D. Treagust. 1987. "Diagnosing Secondary Students' Misconceptions of Photosynthesis and Respiration in Plants Using a Two-Tier Multiple Choice Instrument". *Journal of Biological Education* 21(3): 203-211.

Hazel, E. and M. Prosser. 1994. "First-Year University Students' Understanding of Photosynthesis, Their Study Strategies and Learning Context". *The American Biology Teacher* 56(5): 274-279. Retrieved August 7, 2003, from ProQuest database.

Lumpe, T. and R. Staver. 1995. "Peer Collaboration and Concept Development: Learning about Photosynthesis". *Journal of Research in Science Teaching* 32(1): 71-98.

Ozay, E. and H. Oztas. 2003. "Case Study: Secondary Students' Interpretations of Photosynthesis and Plant Nutrition." *Journal of Biological Education* 37(2): 68-70.

Wandersee, J. 1985. "Can the History of Science Help Science Educators Anticipate Students' Misconceptions". *Journal of Research in Science Teaching* 23(7): 581-597.