ภาคผนวก จ

ตัวอย่างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือรูปแบบ STAD ร่วมกับการใช้ผังมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

รายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม **กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 **ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558**

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 การดำรงชีวิตของพืช

แผนหน่วยย่อยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง **จำนวน 3 ชั่วโมง**

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.4–6 สำรวจ ตรวจสอบ อภิปราย และอธิบายการรักษาดุลยภาพของพืช และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันและหาความรู้เพิ่มเติม (ว 1.1–1)

ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์และสรุปผลการค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์ในอดีตมาจนถึงปัจจุบันเกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

2. อภิปรายและสรุปขั้นตอนกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

3. ชื่นชมผลงานของนักวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

สาระการเรียนรู้

- การค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง
- ประวัติการค้นคว้าเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง

ปัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

จุดประสงค์การเรียนรู้

นักเรียนมีความรู้ ความสามารถในแต่ละด้าน ดังต่อไปนี้

ความรู้

1. สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์และสรุปผลการค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์ในอดีตมาจนถึงปัจจุบันเกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

2. อภิปรายและสรุปขั้นตอนกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล

2. ทักษะการพยากรณ์ผลที่จะเกิดขึ้นจากการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ที่ทำการทดลองเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช

3. ทักษะการตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ที่ทำการทดลองเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช

การคิดวิเคราะห์

1. ออกแบบผังมโนทัศน์สรุปผลการค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์ในอดีตมาจนถึงปัจจุบันเกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

2. วิเคราะห์องค์ประกอบ และหน้าที่ของส่วนประกอบในใบพืชที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช

3. วิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชจากการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ได้

4. วิเคราะห์ถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดผลในการทดลองของนักวิทยาศาสตร์แต่ละคน

จิตวิทยาศาสตร์

1. ความสนใจใฝ่รู้

2. มุ่งมั่นในการทำงาน

3. ความอดทน

4. ความรอบคอบ

5. ความรับผิดชอบ

6. การร่วมแสดงความคิดเห็น

7. การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ชั่วโมงที่ 1

กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือรูปแบบ STAD ร่วมกับการใช้ผังมโนทัศน์

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1. นักเรียนสังเกตภาพเกี่ยวกับพืชที่ครูจัดเตรียมมาให้ หลังจากนั้นครูอภิปรายเกี่ยวกับภาพ และซักถามในประเด็นดังนี้

– ใบพืชมีความจำเป็นต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชอย่างไร

– องค์ประกอบในใบพืชที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงมีสิ่งใดบ้าง และผลผลิตที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชคืออะไร

2. นักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุป โดยอาศัยความรู้เดิมที่ได้เรียนมาแล้วในชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นมาร่วมกันสรุปดังนี้ ในใบพืชมีคลอโรพลาสซึ่งด้านในจะมีรงควัตถุที่มีสีเขียวเป็นส่วนประกอบคือ คลอโรฟิลล์และโครงสร้างภายในใบจะมีท่อลำเลียงน้ำเรียกว่า “ไซเล็ม” จะทำหน้าที่ลำเลียงน้ำมาใช้ในการสังเคราะห์แสงด้วยและนอกจากนี้แล้วยังต้องอาศัยแสง ต้องอาศัยแสง น้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ ผลผลิตที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสง คือ แก๊สออกซิเจนและน้ำตาล

3. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน เรื่อง การค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นกิจกรรม

2.1 เสนอบทเรียนต่อทั้งชั้น

2.1.1 ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยประเด็นในการอภิปรายว่า “กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ อย่างไร” โดยในการอภิปรายนักเรียนควรจะบอกได้ว่า กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นการสร้างอาหารให้กับพืช ซึ่งเป็นอาหารของสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่เป็นผู้บริโภคพืชต่อ ๆ ไป

2.2.2 ให้นักเรียนตั้งคำถามที่นักเรียนอยากรู้เกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยครูจดจำคำถามของนักเรียนที่นักเรียนอยากรู้บนกระดาน ซึ่งอาจเป็นดังนี้

– กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเกิดขึ้นที่ส่วนใดของใบ

– กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงมีกระบวนการอย่างไรบ้าง

– พืชนำพลังงานแสงไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงอย่างไร

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

– พืชนำคาร์บอนไดออกไซด์ไปใช้ในกระบวนสังเคราะห์ด้วยแสงอย่างไร

– คลอโรฟิลล์และน้ำมีบทบาทอย่างไรในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

2.2.3 ครูอธิบายเกี่ยวกับข้อมูลการสังเคราะห์แสงของนักวิทยาศาสตร์ ได้แก่

1. ฌอง แบบติสท์ แวน เฮลมองท์ (Jean Baptiste Van Helmont)

วัตถุดิบที่ใช้ ต้นหลิว และน้ำ

ผลที่ได้ น้ำหนักของต้นหลิวที่เพิ่มขึ้น

ข้อสรุป น้ำหนักของต้นหลิวที่เพิ่มขึ้นนั้น มาจากน้ำเพียงอย่างเดียวโดยลืมพิจารณาถึง อากาศ แสง อุณหภูมิและสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2. โจเซฟ พริสต์ลีย์ (Joseph Priestley)

วัตถุดิบที่ใช้ อากาศเสีย

ผลที่ได้ อากาศดี

ข้อสรุป อากาศเสีย $\xrightarrow[\text{พืชสีเขียว}]{}$ อากาศดี

3. แจน อินเก็น ฮูซ (Jan Ingen Housz)

ทำการทดลองคล้ายกับพลีสลีย์ พิสูจน์ให้เห็นว่าการทดลองของพลีสลีย์ได้ผล คือ เทียนไขลุกไหม้ตลอดเวลาเมื่อพืชได้รับแสง

วัตถุดิบที่ใช้ คาร์บอนไดออกไซด์

ผลที่ได้ สารอินทรีย์ และออกซิเจน

ข้อสรุป คาร์บอนไดออกไซด์ $\xrightarrow[\text{พืชสีเขียว}]{\text{แสงสว่าง}}$ สารอินทรีย์ + ออกซิเจน

4. นิโคลาส ธีโอดอร์ เดอ โซซูร์ (Nicolas Theodore de Soussure)

วัตถุดิบที่ใช้ CO_2 และ H_2O

ผลที่ได้ สารอินทรีย์ และ O_2

ข้อสรุป $CO_2 + H_2O \xrightarrow[\text{พืชสีเขียว}]{\text{แสงสว่าง}}$ สารอินทรีย์ (คาร์โบไฮเดรต) + O_2

5. แวน นีล (Van Niel)

ในปี พ.ศ. 2473 (ค.ศ. 1930) แวน นีล (Van Niel) แห่งมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด ได้พบว่าแบคทีเรียบางชนิด สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้โดยไม่ใช้น้ำ แต่ใช้

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) แทนผลที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงแทนที่จะได้ออกซิเจน กลับได้ซัลเฟอร์ (S)

สารสี

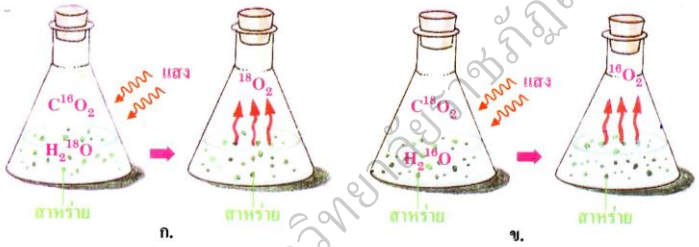
$$CO_2 + 2H_2S \text{ ----------> } (CH_2O) + H_2O + 2S$$

แสงสว่าง

แวน นีล จึงเสนอสมมติฐานว่า ในกระบวนการสร้างคาร์โบไฮเดรตของพืชนั้นน่าจะคล้ายคลึงกับการสร้างคาร์โบไฮเดรตของแบคทีเรีย คือในการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชโมเลกุลของน้ำถูกแยกสลายได้ออกซิเจนเป็นอิสระ ซึ่ง O_2 ที่เกิดขึ้นมาจาก H_2O ไม่ได้มาจาก CO_2

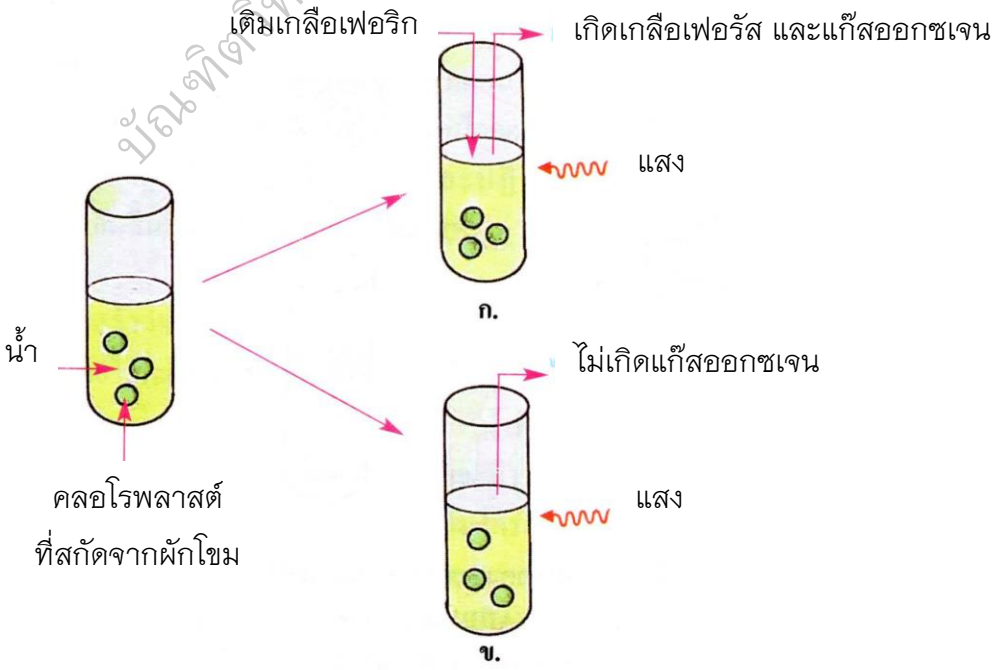
6. แซม รูเบน (Sam Ruben) และมาร์ติน คาเมน (Martin Kamen)

ทำการทดลองโดยใช้น้ำที่ประกอบด้วย ^{18}O



สรุปผลการทดลองได้ว่า... O_2 ที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงมาจากโมเลกุลของน้ำ

7. โรบิน ฮิลล์ (Robin Hill)



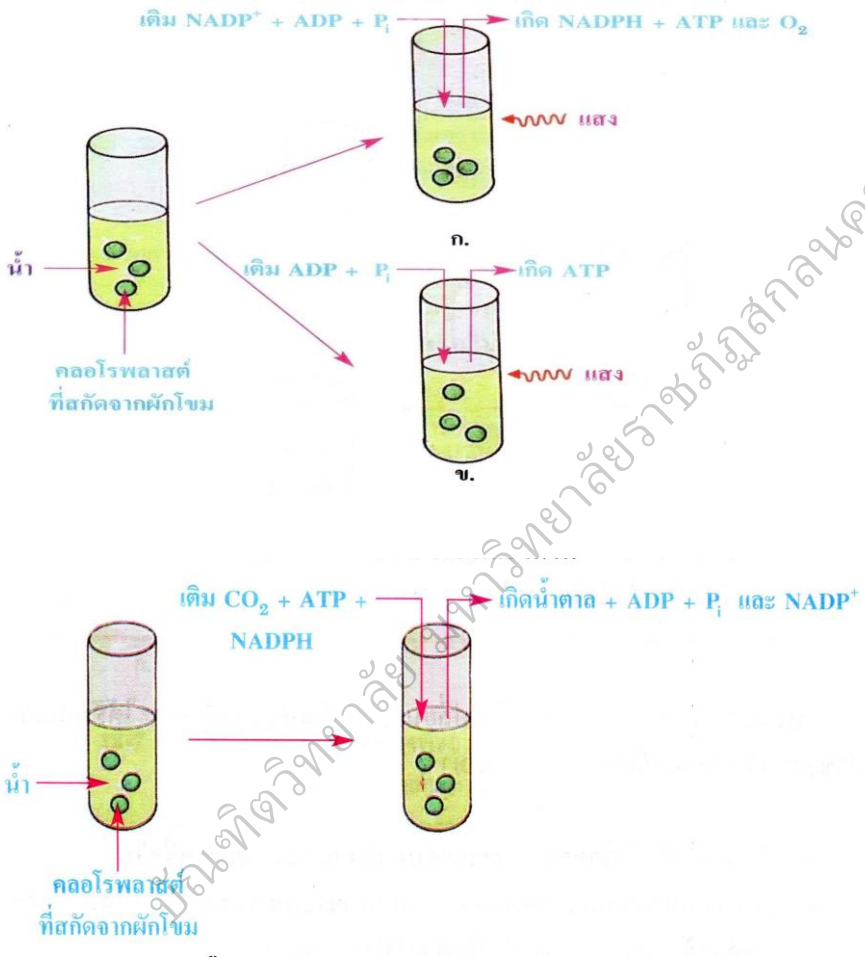
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

วัตถุดิบที่ใช้ คลอโรพลาสต์ ,น้ำ ,และเกลือเฟอริก

ผลที่ได้ เกลือเฟอรัส + ออกซิเจน

ข้อสรุป คลอโรพลาสต์ + น้ำ + เกลือเฟอริก(Fe^{3+}) $\xrightarrow{\text{พืชสีเขียว}}$ เกลือเฟอรัส (Fe^{2+}) + แก๊สออกซิเจน

8. แดเนียล อาร์นอน (Daniel Arnon)



วัตถุดิบที่ใช้ ADP , Pi , $NADP^+$, O และ คลอโรพลาสต์

ผลที่ได้ ATP , NADPH และ O_2

ข้อสรุป คลอโรพลาสต์ + H_2O+ ADP+ Pi+ $NADP^+ \xrightarrow{\text{พืชสีเขียว}}$ ATP+ NADPH+ O_2

จากการศึกษาของอาร์นอน ทำให้นักวิทยาศาสตร์เกิดแนวคิดว่าขั้นตอนของการสังเคราะห์ด้วยแสงอาจแยกออกเป็น 2 ขั้นตอนใหญ่ ๆ คือ จากการศึกษาของอาร์นอน

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ทำให้นักวิทยาศาสตร์เกิดแนวคิดว่าขั้นตอนของการสังเคราะห์ด้วยแสงอาจแยกออกเป็น 2 ขั้นตอนใหญ่ ๆ คือ

1. ปฏิกิริยาที่ต้องใช้แสง (light reaction) เป็นกระบวนการที่จำเป็นต้องใช้แสงโดยตรงเพื่อทำให้โมเลกุลของน้ำถูกแยกสลาย ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ แก๊สออกซิเจน ATP และ NADPH + H^+

2. การปฏิกิริยาตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 fixationหรือ Calvin cycle) เป็นกระบวนการที่ไม่จำเป็นต้องใช้แสงโดยตรงและเป็นกระบวนการที่เกิดหลังปฏิกิริยาที่ต้องใช้แสงเพราะจะต้องรับ ATP และ NADPH + H^+ จากปฏิกิริยาที่ใช้แสงและคาร์บอนไดออกไซด์ แม้ไม่ได้รับแสงก็เกิดน้ำตาลได้

2.2.4 ครูนำเสนอเนื้อหาเกี่ยวกับการค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงแล้วให้นักเรียนศึกษาและวิเคราะห์การศึกษานักวิทยาศาสตร์แต่ละท่าน และพยายามคิดวิเคราะห์ตอบคำถามเกี่ยวกับชีวประวัติการศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชสำคัญมาก เพราะทำให้นักเรียนเข้าใจประบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการศึกษาหาความรู้ ครูควรชี้แนะให้นักเรียนเห็นว่าถึงแม้เรื่องสังเคราะห์ด้วยแสงจะเป็นเรื่องเกี่ยวกับชีววิทยา แต่ยังจำเป็นต้องอาศัยความรู้ของนักวิทยาศาสตร์หลายสาขาเข้ามาเกี่ยวข้องอยู่ด้วย เป็นการฝึกฝนให้นักเรียนเห็นความสำคัญของนักวิทยาศาสตร์สาขาต่าง ๆ ว่าจะต้องมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันและเป็นเหตุเป็นผลต่อเนื่องกัน

2.2.5 นักเรียนตั้งคำถามในประเด็นที่นักเรียนอยากรู้จากสถานการณ์ที่ว่านักวิทยาศาสตร์ได้ศึกษา เกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสงมาแล้วอย่างไรบ้าง โดยครูใช้คำถามกระตุ้น ให้นักเรียนคิดละเอียดขึ้นจน สามารถบอกแนวทางไปไปสู่การศึกษาค้นคว้า

ชั่วโมงที่ 2–3

2.2 ขั้นศึกษากลุ่มย่อย

2.2.1 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม ซึ่งสมาชิกในกลุ่มคละความสามารถกัน คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน ศึกษาใบความรู้ เรื่อง ประวัติการค้นคว้าเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง แล้วทำความเข้าใจเกี่ยวกับการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

2.2.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลอง เรื่อง การทดสอบการเกิดแก๊สของพืชน้ำเมื่อได้รับแสงสว่าง

2.2.3 หลังจากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปความรู้ เรื่อง การค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงโดยใช้ผังมโนทัศน์

2.2.4 นักเรียนทำกิจกรรมดังนี้

- กิจกรรมฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- กิจกรรมฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์

2.3 ขั้นทดสอบกลุ่มย่อย

2.3.1 ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง ประวัติการค้นคว้าเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง

2.3.2 ครูนำคะแนนแบบทดสอบของนักเรียนแต่ละคนติดที่ป้ายประกาศหน้าห้องเรียนปฏิบัติการชีววิทยา พร้อมกับนำคะแนนของนักเรียนแต่ละคนเปรียบเทียบกับคะแนนฐานที่ได้ตั้งไว้

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นสรุป

ตัวแทนกลุ่มแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอความคิดรวบยอดเกี่ยวกับเรื่องที่เรียน โดยเนื้อหาที่สรุปจะอยู่ในผังมโนทัศน์ที่สมาชิกกลุ่มได้ทำการสรุปไว้ในขั้นศึกษากลุ่มย่อย นักเรียนทั้งห้องช่วยกันอภิปรายและสรุปอีกครั้ง

สื่อและแหล่งเรียนรู้

1. สื่อการเรียนรู้
   1.1 ใบความรู้ เรื่อง ประวัติการค้นคว้าเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง
   1.2 หนังสือเรียน ชีววิทยาเพิ่มเติม 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
   1.3 กิจกรรมฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
   1.4 กิจกรรมฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์
2. แหล่งเรียนรู้
   2.1 ห้องสมุดโรงเรียนเซิมพิทยาคม
   2.2 ห้องคอมพิวเตอร์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

จุดประสงค์แต่ละด้าน	เครื่องมือวัดและประเมินผล	เกณฑ์การวัดและประเมินผล
ความรู้		
1. สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์และสรุปผลการค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์ในอดีตมาจนถึงปัจจุบันเกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง 2. อภิปรายและสรุปขั้นตอนกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง	– แบบทดสอบ – สมุดบันทึกกิจกรรม	ผ่านเกณฑ์เฉลี่ย 80% ขึ้นไป
ทักษะกระบวนการ		
1. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 2. ทักษะการพยากรณ์ผลที่จะเกิดขึ้นจากการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ที่ทำการทดลองเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช 3. ทักษะการตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ที่ทำการทดลองเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช	– กิจกรรมฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ – แบบประเมินด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ผ่านเกณฑ์เฉลี่ย 80% ขึ้นไป

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

การคิดวิเคราะห์		
1. ออกแบบผังมโนทัศน์สรุปผลการค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์ในอดีตมาจนถึงปัจจุบันเกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง 2. วิเคราะห์องค์ประกอบ และหน้าที่ของส่วนประกอบในใบพืชที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช 3. วิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชจากการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ได้ 4. วิเคราะห์ถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดผลในการทดลองของนักวิทยาศาสตร์แต่ละคน	– กิจกรรมฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์ – แบบประเมินการคิดวิเคราะห์	ผ่านเกณฑ์เฉลี่ย 80% ขึ้นไป
เจตคติทางวิทยาศาสตร์		
1. ความสนใจใฝ่รู้ 2. มุ่งมั่นในการทำงาน 3. ความอดทน 4. ความรอบคอบ 5. ความรับผิดชอบ 6. การร่วมแสดงความคิดเห็น 7. การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์	– แบบประเมินจิตวิทยาศาสตร์	ผ่านเกณฑ์เฉลี่ยในระดับมากขึ้นไป

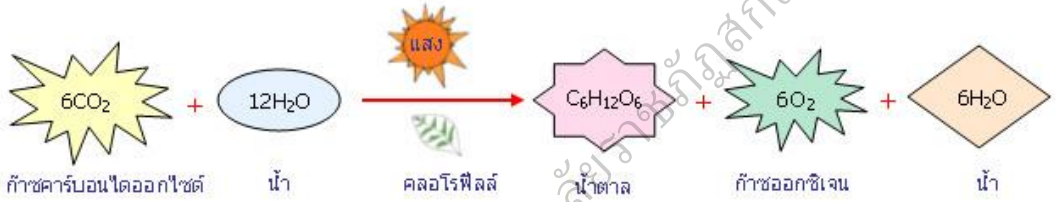
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ใบความรู้
เรื่อง การค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

การสังเคราะห์แสง (Photosynthesis)

การสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) หมายถึง การที่พืชสีเขียวสร้างคาร์โบไฮเดรตจากน้ำ และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ โดยใช้พลังงานจากแสงและคลอโรฟิลล์เป็นตัวรับพลังงานจากแสงในการนี้เกิดน้ำและแก๊สออกซิเจนด้วย

สมการการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช



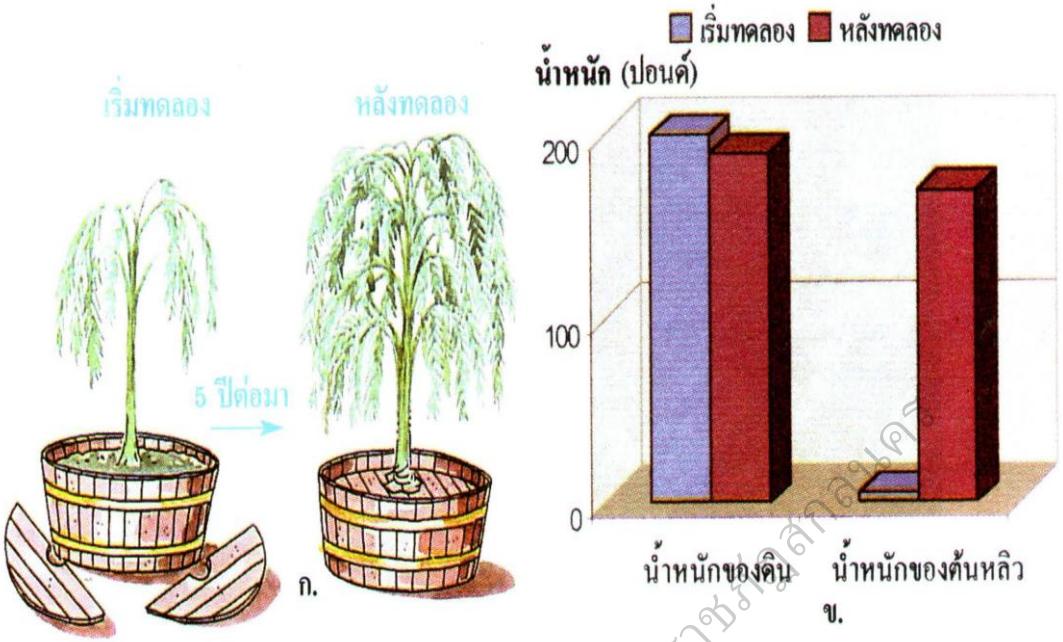
การค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

นักวิทยาศาสตร์ที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthesis)

1. แวน เฮลล์มอง
2. โจเซฟ พริสต์ลีย์
3. แจน อินเก็น ฮูซ
4. ธีโอดอร์ เดอ โซซู
5. แวนนีล
6. โรบิน ฮิลล์
7. แดเนียล อาร์นอล

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

1. ฌอง แบบติสท์ แวน เฮลมองท์ (Jean Baptiste Van Helmont)

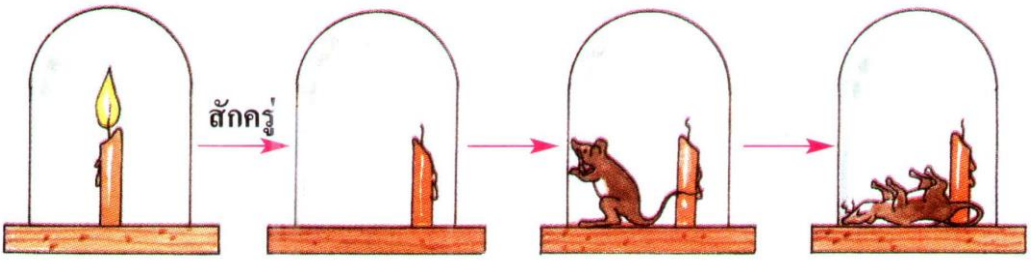


วัตถุดิบที่ใช้ ต้นหลิว และน้ำ

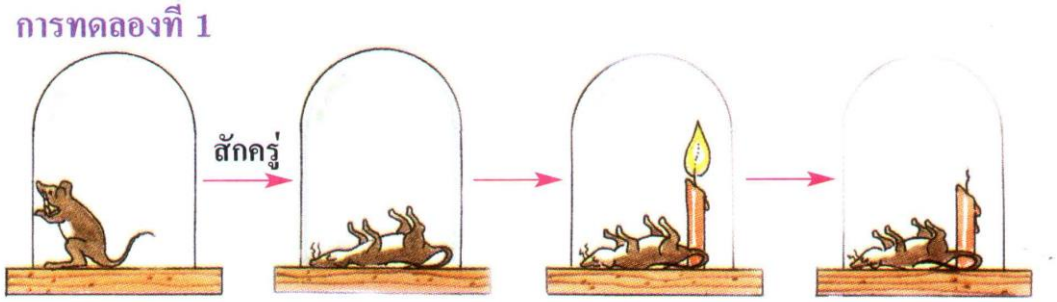
ผลที่ได้ น้ำหนักของต้นหลิวที่เพิ่มขึ้น

ข้อสรุป น้ำหนักของต้นหลิวที่เพิ่มขึ้นนั้น มาจากน้ำเพียงอย่างเดียวโดยลืมพิจารณาถึงอากาศ แสง อุณหภูมิและสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

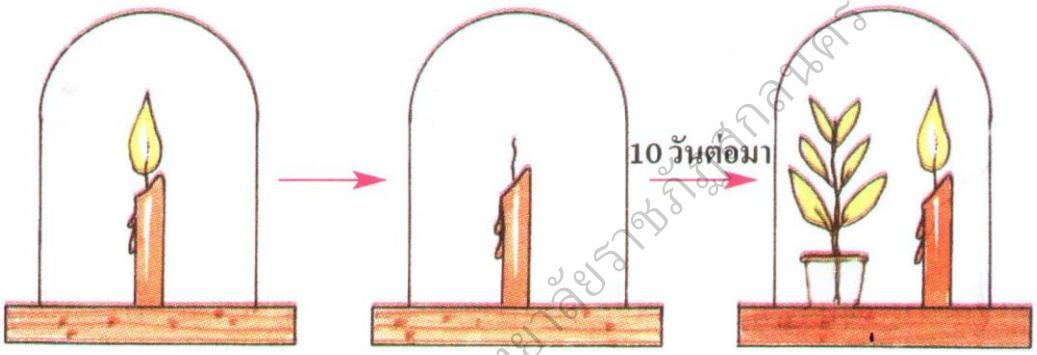
2. โจเซฟ พริสต์ลีย์ (Joseph Priestley)



บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร



การทดลองที่ 2 นำพืชสีเขียวใส่ในครอบแก้ว 10 วัน



วัตถุดิบที่ใช้ อากาศเสีย

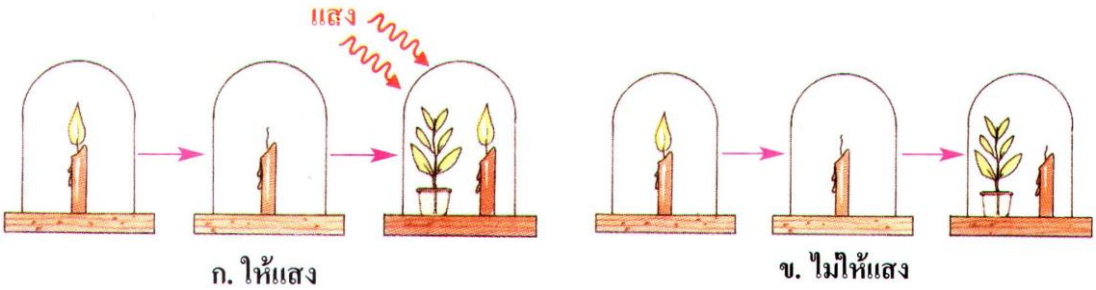
ผลที่ได้ อากาศดี

ข้อสรุป อากาศเสีย $\xrightarrow[\text{พืชสีเขียว}]{}$ อากาศดี

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

3. แจน อินเก็น ฮูซ (Jan Ingen Housz)

ทำการทดลองคล้ายกับพลีสลีย์ พิสูจน์ให้เห็นว่าการทดลองของพลีสลีย์ได้ผล คือ เทียนไขลุกไหม้ตลอดเวลาเมื่อพืชได้รับแสง



วัตถุดิบที่ใช้ คาร์บอนไดออกไซด์

ผลที่ได้ สารอินทรีย์ และออกซิเจน

ข้อสรุป คาร์บอนไดออกไซด์ $\xrightarrow[\text{พืชสีเขียว}]{\text{แสงสว่าง}}$ สารอินทรีย์ + ออกซิเจน

4. นิโคลาส ธีโอดอร์ เดอ โซซูร์ (Nicolas Theodore de Soussure)

วัตถุดิบที่ใช้ CO_2 และ H_2O

ผลที่ได้ สารอินทรีย์ และ O_2

ได้ศึกษาทดลองพบว่า พืชมีการดูด CO_2 ไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของฮูซ และยังได้ทดลองแสดงให้เห็นว่าน้ำหนักของพืชที่เพิ่มขึ้นมากกว่าน้ำหนักของ CO2 ที่พืชได้รับ เขาสันนิษฐานว่าน้ำหนักของพืชที่เพิ่มขึ้นบางส่วนเป็นน้ำหนักของน้ำที่พืชได้รับ

ข้อสรุป $CO_2 + H_2O \xrightarrow[\text{พืชสีเขียว}]{\text{แสงสว่าง}}$ สารอินทรีย์ (คาร์โบไฮเดรต) + O_2

5. แวน นีล (Van Niel)

ในปี พ.ศ. 2473 (ค.ศ. 1930) แวน นีล (Van Niel) แห่งมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด ได้พบว่าแบคทีเรียบางชนิด สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้โดยไม่ใช้น้ำ แต่ใช้ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H2S) แทนผลที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงแทนที่จะได้ออกซิเจน กลับได้ซัลเฟอร์ (S)

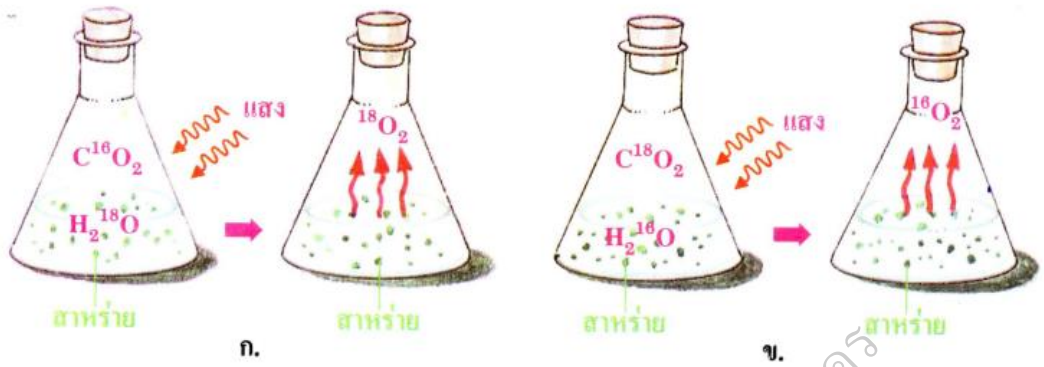
$$CO_2 + 2H_2S \xrightarrow[\text{แสงสว่าง}]{\text{สารสี}} (CH_2O) + H_2O + 2S$$

แวน นีล จึงเสนอสมมติฐานว่า ในกระบวนการสร้างคาร์โบไฮเดรตของพืชนั้นน่าจะคล้ายคลึงกับการสร้างคาร์โบไฮเดรตของแบคทีเรีย คือในการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชโมเลกุลของน้ำถูกแยกสลายได้ออกซิเจนเป็นอิสระ ซึ่ง O_2 ที่เกิดขึ้นมาจาก H_2O ไม่ได้มาจาก CO_2

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

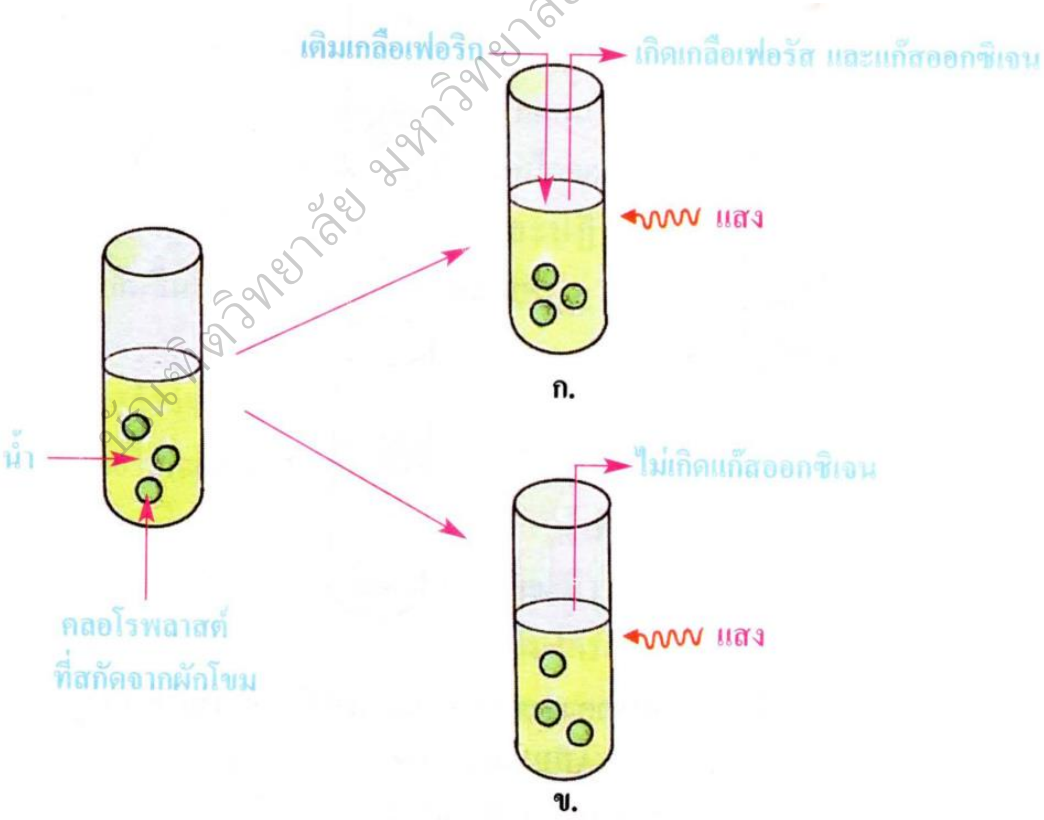
6. แซม รูเบน (Sam Ruben) และมาร์ติน คาเมน (Martin Kamen)

ทำการทดลองโดยใช้น้ำที่ประกอบด้วย ^{18}O



สรุปผลการทดลองได้ว่า... O_2 ที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงมาจากโมเลกุลของน้ำ

7. โรบิน ฮิลล์ (Robin Hill)



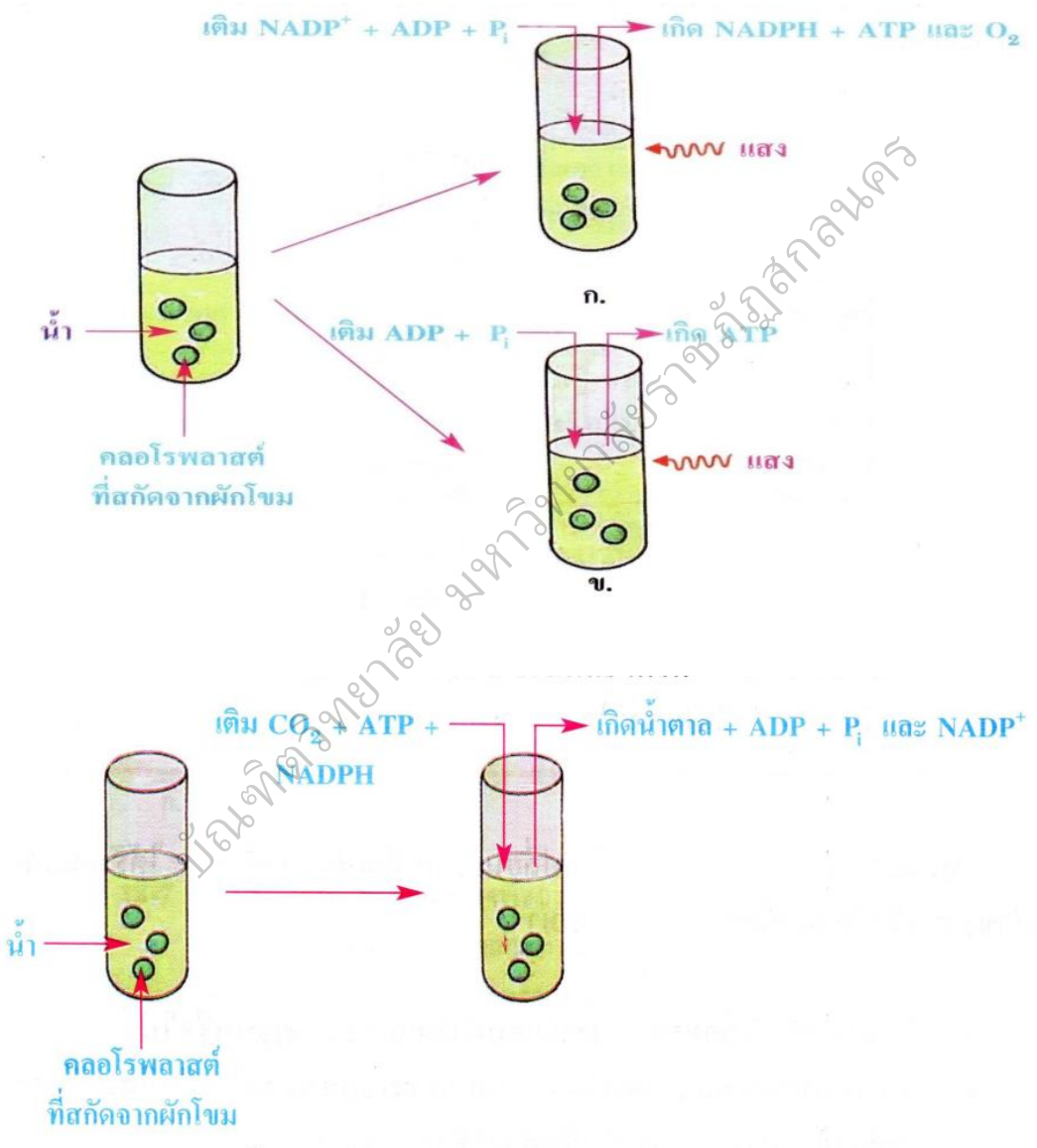
สำนักวิทยบริการฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

วัตถุดิบที่ใช้ คลอโรพลาสต์, น้ำ, และเกลือเฟอริก

ผลที่ได้ เกลือเฟอรัส + ออกซิเจน

ข้อสรุป คลอโรพลาสต์ + น้ำ + เกลือเฟอริก(Fe^{3+}) $\xrightarrow{\text{พืชสีเขียว}}$ เกลือเฟอรัส (Fe^{2+}) + แก๊สออกซิเจน

8. แดเนียล อาร์นอน (Daniel Arnon)



ปัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

วัตถุดิบที่ใช้ ADP, Pi, $NADP^+$, O และ คลอโรพลาสต์

ผลที่ได้ ATP, NADPH และ O_2

ข้อสรุป คลอโรพลาสต์ + H_2O+ ADP+ Pi+ $NADP^+$ $\xrightarrow{\text{พืชสีเขียว}}$ ATP+ NADPH+ O_2

จากการศึกษาของอาร์นอน ทาให้นักวิทยาศาสตร์เกิดแนวคิดว่าขั้นตอนของการสังเคราะห์ด้วยแสงอาจแยกออกเป็น 2 ขั้นตอนใหญ่ ๆ คือ จากการศึกษาของอาร์นอนทำให้นักวิทยาศาสตร์เกิดแนวคิดว่าขั้นตอนของการสังเคราะห์ด้วยแสงอาจแยกออกเป็น 2 ขั้นตอนใหญ่ ๆ คือ

1. ปฏิกิริยาที่ต้องใช้แสง (light reaction) เป็นกระบวนการที่จาเป็นต้องใช้แสงโดยตรงเพื่อทาให้โมเลกุลของน้าถูกแยกสลาย ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ แก๊สออกซิเจน ATP และ NADPH + H^+

2. การปฏิกิริยาตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ (CO2 fixation หรือ Calvin cycle) เป็นกระบวนการที่ไม่จาเป็นต้องใช้แสงโดยตรงและเป็นกระบวนการที่เกิดหลังปฏิกิริยาที่ต้องใช้แสงเพราะจะต้องรับ ATP และ NADPH + H^+ จากปฏิกิริยาที่ใช้แสงและคาร์บอนไดออกไซด์ แม้ไม่ได้รับแสงก็เกิดน้าตาลได้

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

กิจกรรมฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์
เรื่อง การค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. การทดลองของนักวิทยาศาสตร์แต่ละท่านมีข้อสรุปที่สำคัญอย่างไร

(วิเคราะห์ความสำคัญ)

แวน เฮลล์มอง .....

.....

โจเซฟ พริสต์ลีย์ .....

.....

แจน อินเก็น ฮูซ .....

.....

ธีโอดอร์ เดอ โซซู .....

.....

แวนนีล .....

.....

โรบิน ฮิลล์ .....

.....

แดเนียล อาร์นอล.....

.....

สารสี

$CO_2 + 2H_2S$ ----------> $(CH_2O) + H_2O + 2S$ .....(1)

แสงสว่าง

สารสี

$CO_2 + H_2O$ ----------> $C_6H_{12}O_6 + O_2$ .....(2)

แสงสว่าง

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ภาพ ก

ภาพ ข

สิ่งมีชีวิตในภาพ ก มีปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสงตรงกับปฏิกิริยาใด .....

สิ่งมีชีวิตในภาพ ข มีปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสงตรงกับปฏิกิริยาใด .....

2. จากปฏิกิริยา (1) และปฏิกิริยา (2) ในข้อ 1 ให้นักเรียนเปรียบเทียบวัตถุดิบที่ใช้และผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น **(วิเคราะห์ความสัมพันธ์)**

ตอบ .....

.....

.....

3. จากปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสง

$$6CO_2 + \text{สาร A} \xrightarrow[\text{แสงสว่าง}]{\text{พืชสีเขียว}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6\,H_2O$$

สาร A น่าจะเป็นสารใด และมีความจำเป็นอย่างไรในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง **(วิเคราะห์ความสำคัญ)**

ตอบ .....

.....

.....

4. สารตั้งต้นในการทดลองของนักวิทยาศาสตร์แต่ละท่านคือสารใด **(วิเคราะห์หลักการ)**

แวน เฮลล์มอง .....

.....

ปรเมศวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

โจเซฟ พริสต์ลีย์ .....

.....

แจน อินเก็น ฮูซ .....

.....

ธีโอดอร์ เดอ โซซู .....

.....

แวนนีล .....

.....

โรบิน ฮิลล์ .....

.....

แดเนียล อาร์นอล.....

.....

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

กิจกรรมฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
เรื่อง การค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำการทดลอง เรื่อง การค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง แล้วบันทึกผลการทดลอง

วัตถุประสงค์ เพื่อให้นักเรียนทราบผลผลิตที่เกิดขึ้นจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

วัสดุ/อุปกรณ์

1. หลอดทดลอง
2. น้ำเปล่า
3. บีกเกอร์
4. สาหร่ายหางกระรอก
5. กรวยแก้วสั้น
6. ธูป
7. ไม้ขีดไฟ

วิธีการทดลอง

1. ใส่สาหร่ายหางกระรอกลงในกรวยแก้วก้านสั้น
2. คว่ำกรวยแก้วลงในบีกเกอร์ที่มีน้ำอยู่
3. ใส่น้ำลงในหลอดทดลองให้เต็มหลอด
4. คว่ำหลอดทดลงลงในบีกเกอร์โดยให้ปากหลอดครอบกับปลายกรวยแก้วพอดี ระวังอย่าให้เกิดฟองอากาศในหลอดทดลอง
5. นำชุดการทดลองไปตั้งไว้กลางแจ้ง 3-4 ชั่วโมง
6. นำหลอดทดลองขึ้นจากน้ำ โดยใช้มืออุดบริเวณปากหลอดทดลองเอาไว้
7. นำธูปที่ติดไฟจ่อบริเวณปากหลอดทดลอง สังเกตเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

<u>แบบบันทึกการทดลอง เรื่อง การค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง</u>

สมาชิกกลุ่ม 1..... 2.....

3..... 4.....

5.....

<u>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการทดลอง</u>

1. ทักษะการสังเกต ได้แก่ .....
2. ทักษะการวัด .....
3. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา ได้แก่ .....

.....

4. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล ได้แก่ .....

.....

5. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ได้แก่ .....

.....

6. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ได้แก่ .....
7. ทักษะการทดลอง ได้แก่ การทำกิจกรรมการทดลองเรื่อง .....

.....

8. ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป ได้แก่ .....

ตัวแปรต้น.....

ตัวแปรตาม.....

ตัวแปรควบคุม.....

ผลการทดลอง.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง.....

.....

.....

.....

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

แบบทดสอบก่อนเรียน – หลังเรียน
เรื่อง การค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกที่สุดแล้วกากบาท (x) ลงในกระดาษคำตอบ จากภาพใช้ตอบคำถามข้อ 1–3

1. การทดลองที่เห็นในภาพเป็นผลงานของนักวิทยาศาสตร์คนใด **(ความรู้ ความจำ)**

ก. โจเซฟ พริสต์ลีย์

ข. ฌอง แบบติสท์ แวน เฮลมองท์

ค. แจน อินเก็น ฮูซ

ง. นิโคลาส ธีโอดอร์ เอด โซซูร์

2. ข้อสันนิษฐานว่าการทดลองครั้งนี้เพราะเหตุใดจึงไม่ใช้กระถางปลูกต้นไม้ทั่ว ๆ ไป **(ความเข้าใจ)**

ก. ต้องการดินในปริมาณมากพอที่จะปลูกในเวลายาวนาน

ข. มีฝาปิดปากถังได้พอดี

ค. ไม่รู้ว่าจะใช้กระถางอะไรที่มีขนาดใหญ่โตกว่านี้

ง. เป็นไปได้ทั้ง ก. ข. ค.

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

3. จากการทดลองนี้ผู้ทดลองสรุปได้ว่า น้ำหนักต้นหลิวที่เพิ่มนั้นมาจากส่วนใด **(ความเข้าใจ)**

ก. น้ำ ข. ดิน ค. อากาศ ง. ทั้ง ข. และ ค.

4. จากการสังเกตตู้ปลาที่มีพืชน้ำอยู่ด้วย บางครั้งจะเห็นฟองแก๊สเกาะอยู่ตามส่วนต่าง ๆ ของพืชเหล่านั้น เมื่อฟองแก๊สมีขนาดใหญ่ขึ้นมาก ก็จะผุดขึ้นมา แก๊สที่ผุดขึ้นมา คือแก๊สใด **(ความเข้าใจ)**

ก. CO_2 ข. O_2 ค. N_2 ง. NH_3

5. เพราะเหตุใดแวน เฮลมองท์ จึงใช้น้ำฝนรดอย่างเดียวตลอดระยะเวลา 5 ปี **(การวิเคราะห์)**

ก. เพื่อพืชได้น้ำบริสุทธิ์จะได้โตอย่างรวดเร็ว

ข. เพื่อกันแร่ธาตุจากน้ำไปสู่ดิน

ค. เพื่อให้แน่นอนว่าน้ำฝนไม่มีแร่ธาตุมากบ้างน้อยบ้างลงไปปะปน

ง. เพื่อกันไม่ให้พืชตาย เพราะความสกปรกในน้ำ

6. ก่อนทำการทดลองเพื่อแสดงว่าพืชสังเคราะห์ด้วยแสงแล้วได้แป้ง ต้องนำพืชนั้นไปเก็บไว้ในที่มืดประมาณ 36 ชั่วโมง เพื่อเหตุผลใด **(การวิเคราะห์)**

ก. เพื่อแสดงว่าการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชอาศัยแสงสว่าง

ข. เพื่อให้พืชใช้อาหารมี่สร้างขึ้นให้หมด

ค. เพื่อให้พืชเกิดการหายใจอย่างเดียว

ง. เพื่อให้พืชไม่สามารถสังเคราะห์อาหารขึ้นใหม่

7. กรณีในการทดลองดังข้อ 6 สามารถทำกับพืชทุกส่วนได้หรือไม่**(การวิเคราะห์)**

ก. ได้ เพราะทุกส่วนของพืชทำการสังเคราะห์แสงได้

ข. ได้ เพราะทุกส่วนของพืชมีอาหาร แป้งสะสมอยู่

ค. ไม่ได้ เพราะบางส่วนของพืชมีอาหาร แป้งสะสมอยู่

ง. ไม่ได้ เพราะบางส่วนของพืชทำการสังเคราะห์ด้วยแสงไม่ได้

8. ในปัจจุบันความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้น จึงสามารถบอกได้ว่าน้ำหนักของต้นไม้ที่เพิ่มขึ้นนั้นมาจากส่วนใด **(ความเข้าใจ)**

ก. น้ำที่ใช้รด ข. ปุ๋ยที่ใช้ช่วย

ค. การสังเคราะห์ด้วยแสง ง. จากแร่ธาตุในดิน

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

9. ถ้านักเรียนต้องการปลูกพืชไว้ที่บ้าน แต่ที่บ้านของนักเรียนเป็นบริเวณที่แสงส่องไม่ค่อยถึง นักเรียนจะเลือกปลูกพืชในข้อใด (**การนำไปใช้**)

ก. ต้นคุณนายตื่นสาย ข. ต้นพลูด่าง

ค. ต้นกุหลาบ ง. ต้นจำปี

10. ในการทดลองนำพืชสีเขียวต้นหนึ่งไปไว้ในครอบแก้วที่ดูดเอา CO_2 ออกไปหมด เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง เพื่อเปรียบเทียบกับพืชสีเขียวอย่างเดียว อีกต้นหนึ่งนำไปไว้ในกลางแดด และในสภาวะอากาศปกติ เป็นเวลา 6 ชั่วโมงเท่า ๆ กัน เมื่อนำใบของพืชทั้งสองผ่านกระบวนการทดสอบแป้ง โดยใช้สารละลายไอโอดีนควรจะได้ผลดังข้อใด (**การสังเคราะห์**)

ก. ใบของพืชที่อยู่ในอากาศซึ่งไม่มี CO_2 มีปริมาณแป้งน้อยกว่า

ข. ใบของพืชที่อยู่ในอากาศปกติมีปริมาณแป้งน้อยกว่า

ค. ใบของพืชทั้งสองต้นมีปริมาณแป้งเท่ากันทั้งสองใบ

ง. ใบของพืชทั้งสองต้นมีอัตราการเกิดคาร์โบไฮเดรตเท่า ๆ กัน

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

บันทึกหลังการสอน

1. ผลการจัดการเรียนการสอน

.....

.....

.....

.....

2. ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

.....

.....

3. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ลงชื่อ.....

(นางสาวน้ำผึ้ง เสนดี)

ผู้สอน

วันที่.....เดือน..... พ.ศ. .....

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน

1. ข
2. ง
3. ก
4. ข
5. ค
6. ข
7. ค
8. ค
9. ข
10. ก

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

แนวเฉลย กิจกรรมฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์
เรื่อง การค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. การทดลองของนักวิทยาศาสตร์แต่ละท่านมีข้อสรุปที่สำคัญอย่างไร **(วิเคราะห์ความสำคัญ)**

แวน เฮลล์มอง น้ำหนักของต้นหลิวที่เพิ่มขึ้นนั้น มาจากน้ำเพียงอย่างเดียวโดยลืมพิจารณาถึง อากาศ แสง อุณหภูมิและสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

โจเซฟ พริสต์ลีย์ อากาศเสีย $\xrightarrow{\text{พืชสีเขียว}}$ อากาศดี

แจน อินเก็น ฮูซ คาร์บอนไดออกไซด์ $\xrightarrow[\text{พืชสีเขียว}]{\text{แสงสว่าง}}$ สารอินทรีย์ + ออกซิเจน

ธีโอดอร์ เดอ โซซู $CO_2 + H_2O \xrightarrow[\text{พืชสีเขียว}]{\text{แสงสว่าง}}$ สารอินทรีย์ (คาร์โบไฮเดรต) + O_2

แวนนีล ในกระบวนการสร้างคาร์โบไฮเดรตของพืชนั้นน่าจะคล้ายคลึงกับการสร้างคาร์โบไฮเดรตของแบคทีเรีย คือในการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชโมเลกุลของน้ำถูกแยกสลายได้ออกซิเจนเป็นอิสระ ซึ่ง O_2 ที่เกิดขึ้นมาจาก H_2O ไม่ได้มาจาก CO_2

โรบิน ฮิลล์

คลอโรพลาสต์ + น้ำ + เกลือเฟอริก(Fe^{3+}) $\xrightarrow{\text{พืชสีเขียว}}$ เกลือเฟอรัส (Fe^{2+}) + แก๊สออกซิเจน

แดเนียล อาร์นอล

คลอโรพลาสต์ + H_2O + ADP + Pi + $NADP^+$ $\xrightarrow{\text{พืชสีเขียว}}$ ATP + NADPH + O_2

สารสี

$CO_2 + 2H_2S$ ----------> $(CH_2O) + H_2O + 2S$ .....(1)

แสงสว่าง

สารสี

$CO_2 + H_2O$ ----------> $C_6H_{12}O_6 + O_2$ .....(2)

แสงสว่าง

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ภาพ ก

ภาพ ข

สิ่งมีชีวิตในภาพ ก มีปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสงตรงกับปฏิกิริยาใด ...2.....

สิ่งมีชีวิตในภาพ ข มีปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสงตรงกับปฏิกิริยาใด ...1.....

2. จากปฏิกิริยา (1) และปฏิกิริยา (2) ในข้อ 1 ให้นักเรียนเปรียบเทียบวัตถุดิบที่ใช้และผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น **(วิเคราะห์ความสัมพันธ์)**

ตอบ (1) วัตถุดิบที่ใช้ คือ CO_2 และ H_2S ผลลัพธ์ที่ได้คือ S (ซัลเฟอร์)

(2) วัตถุดิบที่ใช้ คือ CO_2 และ H_2O ผลลัพธ์ที่ได้คือ O_2 (แก๊สออกซิเจน)

3. จากปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสง

พืชสีเขียว

$$6CO_2 + \text{สาร A} \xrightarrow{\text{แสงสว่าง}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O$$

สาร A น่าจะเป็นสารใด และมีความจำเป็นอย่างไรในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง **(วิเคราะห์ความสำคัญ)**

ตอบ น้ำ (H_2O) จำนวน 12 โมเลกุล

4. สารตั้งต้นในการทดลองของนักวิทยาศาสตร์แต่ละท่านคือสารใด **(วิเคราะห์หลักการ)**

แวน เฮลล์มอง ต้นหลิว และน้ำ

โจเซฟ พริสต์ลีย์ อากาศเสีย

แจน อินเก็น ฮูซ คาร์บอนไดออกไซด์

ธีโอดอร์ เดอ โซซู คาร์บอนไดออกไซด์ และ น้ำ

แวนนีล คาร์บอนไดออกไซด์ และ ไฮโดรเจนซัลไฟด์

โรบิน ฮิลล์ คลอโรพลาสต์ น้ำ และเกลือเฟอริก

แดเนียล อาร์นอล ADP, Pi, $NADP^+$ และคลอโรพลาสต์

มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

แนวเฉลย แบบบันทึกการทดลอง เรื่อง การค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

สมาชิกกลุ่ม 1..... 2.....

3..... 4.....

5.....

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการทดลอง

1. ทักษะการสังเกต ได้แก่ การลุกไหม้ของธูป

2. ทักษะการวัด ได้แก่ การวัดปริมาณน้ำที่ใส่ในหลอดทดลอง

3. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา ได้แก่ ผลผลิตที่ได้จากการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายเข้าไปแทนที่ช่องว่างในหลอดทดลอง

4. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล ได้แก่ การบันทึกผลการทดลอง, การนำเสนอหน้าชั้นเรียน

5. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ได้แก่ การกำหนดตัวแปรต้น, ตัวแปรตาม, ตัวแปรควบคุม

6. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ได้แก่ การกำหนดตัวแปรต่าง ๆ

7. ทักษะการทดลอง ได้แก่ การทำกิจกรรมการทดลองเรื่อง การค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

8. ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป ได้แก่ การสรุปผลการทดลอง

ตัวแปรต้น สาหร่ายหางกระรอก

ตัวแปรตาม ผลผลิตที่ได้จากการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายหางกระรอก

ตัวแปรควบคุม ปริมาณน้ำ, ขนาดหลอดทดลอง, ขนาดกรวย

ผลการทดลอง เมื่อนำชุดการทดลองไปตั้งไว้กลางแดดประมาณ 3-4 ชั่วโมง แล้วนำหลอดทดลองที่คว่ำลงไปในกรวยที่ด้านในมีสาหร่ายหางกระรอกอยู่นั้น แล้วนำธูปติดไฟไปจ่อบริเวณปากหลอดทดลอง ปรากฏว่าเกิดเปลวไฟขึ้นบริเวณธูปติดไฟ

สรุปผลการทดลอง การสังเคราะห์แสงของสาหร่ายหางกระรอกจะได้ผลผลิตที่ทำให้ธูปติดไฟเกิดเปลวไฟขึ้น คือ แก๊สออกซิเจน

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

แบบประเมินจิตวิทยาศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ชื่อ–สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องตรงกับคุณลักษณะที่นักเรียนแสดงออก โดยจำแนกระดับพฤติกรรมการแสดงออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

5 หมายถึง ผู้เรียนมีพฤติกรรมการแสดงออกอย่างสม่ำเสมอตลอดเวลามากที่สุด

4 หมายถึง ผู้เรียนมีพฤติกรรมการแสดงออกอย่างมาก

3 หมายถึง ผู้เรียนมีพฤติกรรมการแสดงออกเป็นครั้งคราว

2 หมายถึง ผู้เรียนมีพฤติกรรมการแสดงออกน้อยครั้ง

1 หมายถึง ผู้เรียนไม่มีพฤติกรรมการแสดงออกเลย

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

แบบประเมินจิตวิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

รายการประเมิน	พฤติกรรมการแสดงออก				
	5	4	3	2	1
ความสนใจใฝ่รู้					
1. ยอมรับการทดลองค้นคว้า ว่าจะทำให้ค้นพบวิธีการแก้ปัญหาได้					
2. มีความใส่ใจและพอใจในการสืบเสาะแสวงหาความรู้					
3. มีความกระตือรือร้นต่อกิจกรรมและเรื่องอื่น ๆ					
4. ชอบทดลอง ค้นคว้า					
5. ชอบสนทนาซักถาม ฟัง อ่าน เพื่อให้ได้ความรู้เพิ่มขึ้น					
$\bar{X}$					
ความมุ่งมั่น อดทน รอบคอบ รับผิดชอบ					
6. ยอมรับผลการกระทำของตนเองทั้งที่เป็นผลดีและผลเสีย					
7. ทำงานที่ได้รับมอบหมายให้สมบูรณ์ตามกำหนดและตรงเวลา					
8. มีความอดทนแม้การดำเนินการแก้ปัญหาจะยุ่งยากและใช้เวลา					
9. ดำเนินการแก้ไขปัญหาจนกว่าจะได้คำตอบ					
10. เห็นคุณค่าของความรับผิดชอบและความเพียรพยายามว่าเป็นสิ่งที่ควรปฏิบัติ					
$\bar{X}$					
ความซื่อสัตย์					
11. เสนอความจริงแม้จะเป็นผลที่แตกต่างจากผู้อื่น					
12. บันทึกผลหรือข้อมูลตามความเป็นจริงและไม่ใช้ความคิดเห็นของตนเองไปเกี่ยวข้อง					
13. ไม่แอบอ้างผลงานของผู้อื่นว่าเป็นผลงานของตนเอง					
$\bar{X}$					

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

รายการประเมิน	พฤติกรรมการแสดงออก				
	5	4	3	2	1
ความประหยัด					
14. เห็นคุณค่าและใช้วัสดุอุปกรณ์อย่างประหยัด					
15. เห็นคุณค่าของวัสดุเหลือใช้และรู้จักเลือกใช้					
16. ใช้สารหรือวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ในปริมาณที่เหมาะสม					
$\bar{X}$					
ความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น					
17. เห็นคุณค่าของการทำงานร่วมกับผู้อื่น					
18. เต็มใจที่จะทำงานร่วมกับผู้อื่น					
19. ประพฤติและปฏิบัติตนตามข้อตกลงของกลุ่ม					
20. เห็นแก่ประโยชน์ส่วนรวมมากกว่าประโยชน์ส่วนตน					
$\bar{X}$					

ความคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

.....

(ลงชื่อ).....ประเมิน

(.....)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

รายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม **กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 **ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558**

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 การดำรงชีวิตของพืช

แผนหน่วยย่อยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง สารสีที่ใช้กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

จำนวน 3 ชั่วโมง

มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.4–6 สำรวจ ตรวจสอบ อภิปราย และอธิบายการรักษาดุลยภาพของพืช และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันและหาความรู้เพิ่มเติม (ว 1.1–1)

ผลการเรียนรู้

1. อธิบายความหมายและความสำคัญของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง
2. เขียนสรุปลำดับขั้นของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

สาระการเรียนรู้

- กระบวนการสังเคราะห์ของพืช
- โครงสร้างของคลอโรพลาสต์
- สารสีในปฏิกิริยาแสง
- ปฏิกิริยาแสง
- ปฏิกิริยาตรึงคาร์บอนออกไซด์ เพื่อสร้างสารคาร์โบไฮเดรต

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

จุดประสงค์การเรียนรู้

นักเรียนมี ความรู้ ความสามารถแต่ละด้าน ดังต่อไปนี้

ความรู้

1. อธิบายความหมาย ความสำคัญ และปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

2. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของคลอโรพลาสต์

ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1. สังเกตโครงสร้างและการไหลของคลอโรพลาสต์

2. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล

3. ทดลองกิจกรรมเรื่อง การดูดซับพลังงานแสงของสารสีชนิดต่าง ๆ

4. เขียนสรุปลำดับขั้นตอนของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

การคิดวิเคราะห์

1. วิเคราะห์องค์ประกอบและหน้าที่ของคลอโรพลาสต์ที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

2. วิเคราะห์ถึงสาเหตุของการดูดกลืนคลื่นแสงของส่วนประกอบของพืชที่มีสีแตกต่างกัน

จิตวิทยาศาสตร์

1. ความสนใจใฝ่รู้

2. มุ่งมั่นในการทำงาน

3. ความอดทน

4. ความรอบคอบ

5. ความรับผิดชอบ

6. การร่วมแสดงความคิดเห็น

7. การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ชั่วโมงที่ 1–2

กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือรูปแบบ STAD ร่วมกับการใช้ผังมโนทัศน์

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยการทบทวนเนื้อหาในชั่วโมงที่ผ่านมา โดยการอธิบายแบบสรุปควบคู่ไปกับการใช้คำถาม ให้นักเรียนตอบคำถามโดยอาศัยความรู้ที่มีอยู่เดิมหรือจากประสบการณ์ที่นักเรียนเคยพบเห็นในชีวิตประจำวัน ดังนี้

– คลอโรพลาสต์มีความสำคัญอย่างไรในการดำรงชีวิตของพืช

– ครูนำใบไม้ที่มีสีแตกต่างกันมาให้นักเรียนสังเกต แล้วให้นักเรียนช่วยกันแสดงความคิดเห็นและสรุปว่ามีสารสีที่เป็นองค์ประกอบเหมือนหรือแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร

2. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นกิจกรรม

2.1 เสนอบทเรียนต่อทั้งชั้น

2.1.1 ครูให้นักเรียนทำการทดลองโดยการนำยอดสาหร่ายหางกระรอกมาศึกษาโดยการส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ เพื่อให้นักเรียนสังเกตการไหลของไซโทพลาสซึมส่งผลให้คลอโรพลาสต์เกิดการเคลื่อนที่

2.1.2 หลังจากที่นักเรียนทำการทดลองเสร็จเรียบร้อย ครูเริ่มเปิดอภิปรายโดยให้นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นว่า กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชมีขั้นตอนและปฏิกิริยาที่สำคัญอะไรบ้าง

2.1.3 ให้นักเรียนตั้งคำถามหลังจากการอภิปรายร่วมกันในห้องเสร็จสิ้น เช่น เช่น หลังจากกระบวนการสังเคราะห์แสงเสร็จสิ้นลง ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นแต่ละขั้นตอนมีอะไรบ้าง

2.1.4 ครูอธิบายเนื้อหา เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ให้กับนักเรียนทั้งชั้น ดังนี้

– กระบวนการสังเคราะห์ของพืช แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนใหญ่ ๆ คือ ปฏิกิริยาใช้แสง และปฏิกิริยาไม่ใช้แสงหรือปฏิกิริยาตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ โครงสร้างของคลอโรพลาสต์ รูปร่างกลมรี ยาว 5 ไมโครเมตร กว้าง 2 ไมโครเมตร หนา 1–2 ไมโครเมตร

ปัตตานี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

มีปริมาณมากน้อยต่างกันขึ้นกับชนิดของเซลล์และพืช ประกอบด้วย เยื่อหุ้มสองชั้น ภายในเป็นของเหลว (stroma) มีเอนไซม์จ้าเป็นต่อกระบวนการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ และ thylakoid membrane ส่วนที่พับซ้อนเป็นตั้ง คือ กรานุม และส่วนที่อยู่ระหว่าง คือ สโตรมาลาเมลลา

– สารสีในปฏิกิริยาแสง ได้แก่ คลอโรฟิลล์ (ศูนย์กลางปฏิกิริยาของระบบแสง) แคโรทีน แซนโทฟิลล์ ไฟโคอีรีทริน ไฟโคไซยานิน ซึ่งทั้งหมดอยู่บนเยื่อไทลาคอยด์ ซึ่งเป็นบริเวณที่เกิดปฏิกิริยาใช้แสง

– ปฏิกิริยาแสง เกิดบนเยื่อไทลาคอยด์ ที่มีระบบแสง I และ II และโปรตีนที่ท้าหน้าที่รับและถ่ายทอดอิเล็กตรอนอยู่ ซึ่งเกิดได้ 2 ลักษณะ คือ

1. แบบไม่เป็นวัฏจักร = [H_2O ⟶ H + O] > ระบบแสง II (P680) ⟶ plastoquinone ⟶ cytochrome f ⟶ plastocyanin [ADP + Pi > ATP] > ระบบแสง I (P700) ⟶ ferridoxin ⟶ [NADP ⟶ NADPH]

2. แบบเป็นวัฏจักร = ระบบแสง I (P700) ⟶ ferridoxin ⟶ cytohrome b ⟶ cytochrome f ⟶ plastocyanin ⟶ ระบบแสง I (P700)

– ปฏิกิริยาตรึงคาร์บอนออกไซด์ เพื่อสร้างสารคาร์โบไฮเดรต คือ Calvin cycle ประกอบด้วยปฏิกิริยา 3 ขั้น คือ

- คาร์บอกซิเลชัน = CO_2 + RuBP ⟶ PGA
- รีดักชัน = PGA ⟶ 1, 3 bisphosphoglycerate ⟶ PGAL
- รีเจเนอเรชัน = PGAL + ATP ⟶ RuBP

2.1.4 นักเรียนซักถามข้อสงสัยเกี่ยวกับ ความหมาย ความสำคัญ และลำดับขั้นของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และในหัวข้อที่นักเรียนยังไม่เข้าใจ

2.2 ขั้นศึกษากลุ่มย่อย

2.2.1 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม ซึ่งสมาชิกในกลุ่มคละความสามารถกัน คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน ศึกษาใบความรู้ เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

2.2.2 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรม เรื่อง การดูดซับพลังงานแสงของสารสีชนิดต่างๆ

2.2.3 หลังจากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์และสรุปความรู้ เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นผังมโนทัศน์ พร้อมกับสรุปกิจกรรม เรื่อง การดูดซับพลังงานแสงของสารสีชนิดต่าง ๆ

ลิขสิทธิ์ของ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

2.2.4 นักเรียนทำกิจกรรมฝึกทักษะดังนี้

– กิจกรรมฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

– กิจกรรมฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์ เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

– ครูมอบหมายให้นักเรียนสรุปความคิดรวบยอดเกี่ยวกับเนื้อหาที่ได้เรียนในวันนี้ โดยสรุปออกมาในรูปแบบของผังมโนทัศน์ หลังจากนั้นให้ตัวแทนกลุ่มออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน โดยตัวแทนกลุ่มจะต้องไม่ใช่คนเดียวกับที่นำเสนอในชั่วโมงที่ผ่านมา

ชั่วโมงที่ 3

2.3 ขั้นทดสอบกลุ่มย่อย

2.3.1 ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

2.3.2 ครูนำคะแนนแบบทดสอบของนักเรียนแต่ละคนติดที่ป้ายประกาศหน้าห้องเรียนปฏิบัติการชีววิทยา พร้อมกับนำคะแนนของนักเรียนแต่ละคนเปรียบเทียบกับคะแนนฐานในการสอบในชั่วโมงที่ผ่านมาของแต่ละบุคคล

สื่อและแหล่งเรียนรู้

1. สื่อการเรียนรู้

1.1 ใบความรู้ เรื่อง ประวัติการค้นคว้าเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง

1.2 หนังสือเรียน ชีววิทยาเพิ่มเติม 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

1.3 กิจกรรมฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

1.4 กิจกรรมฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์ เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

2. แหล่งเรียนรู้

2.1 ห้องสมุดโรงเรียนเซิมพิทยาคม

2.2 ห้องคอมพิวเตอร์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

จุดประสงค์แต่ละด้าน	เครื่องมือวัดและประเมินผล	เกณฑ์การวัดและประเมินผล
ความรู้		
1. อธิบายความหมาย ความสำคัญ และปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง 2. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของคลอโรพลาสต์	– แบบทดสอบ	ผ่านเกณฑ์เฉลี่ย 80% ขึ้นไป
ทักษะกระบวนการ		
1. เขียนสรุปลำดับขั้นตอนของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง 2. สังเกตโครงสร้างและการไหลของคลอโรพลาสต์	– กิจกรรมฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง – แบบประเมินด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ผ่านเกณฑ์เฉลี่ย 80% ขึ้นไป
การคิดวิเคราะห์		
1. วิเคราะห์องค์ประกอบและหน้าที่ของคลอโรพลาสต์ที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง 2. วิเคราะห์ถึงสาเหตุของการดูดกลืนคลื่นแสงของส่วนประกอบของพืชที่มีสีแตกต่างกัน	– กิจกรรมฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์ เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง – แบบประเมินการคิดวิเคราะห์	ผ่านเกณฑ์เฉลี่ย 80% ขึ้นไป

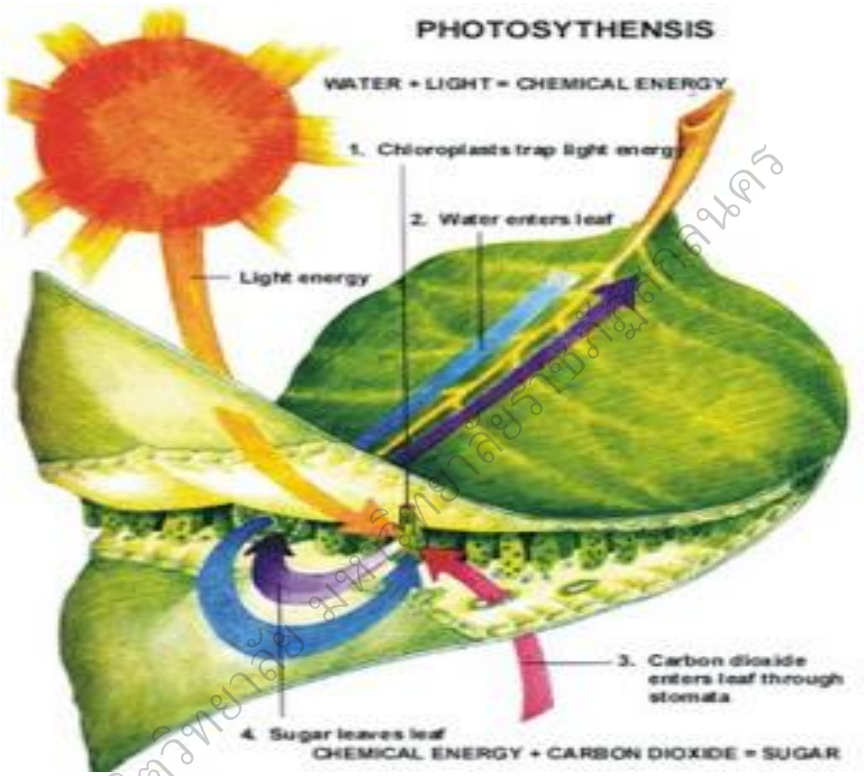
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

เจตคติทางวิทยาศาสตร์		
1. ความสนใจใฝ่รู้ 2. มุ่งมั่นในการทำงาน 3. ความอดทน 4. ความรอบคอบ 5. ความรับผิดชอบ 6. การร่วมแสดงความคิดเห็น 7. การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์	– แบบประเมินจิตวิทยาศาสตร์	ผ่านเกณฑ์เฉลี่ยในระดับมากขึ้นไป

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ใบความรู้ เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

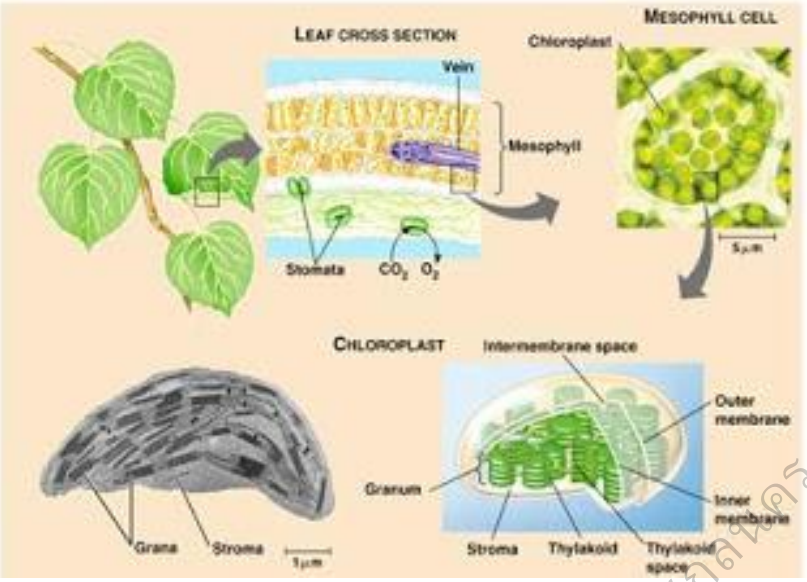


บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

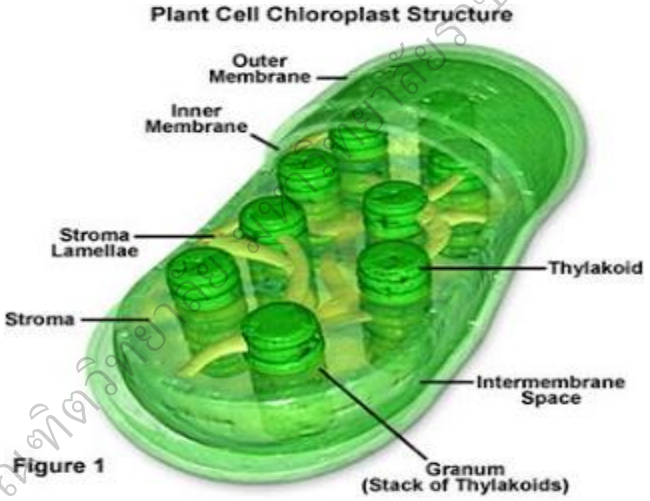
กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthesis) เป็นการสร้างอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรตของพืชสีเขียวเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของพืชอีกทั้งยังเป็นการผลิตอาหารสำหรับสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ บนโลกในพืชสีเขียวนั้นมีคลอโรฟิลล์ที่ทำหน้าที่ดูดกลืนพลังงานแสงจากดวงอาทิตย์มาใช้ในการสร้างอาหาร นอกจากนั้นพืชยังจำเป็นต้องใช้น้ำและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็นสารอนินทรีย์โมเลกุลเล็กมาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงอีกด้วย

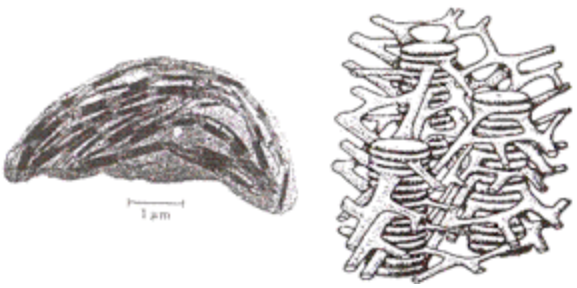
1. ปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสง แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

1.1 ปฏิกิริยาที่ต้องใช้แสง (light reaction)



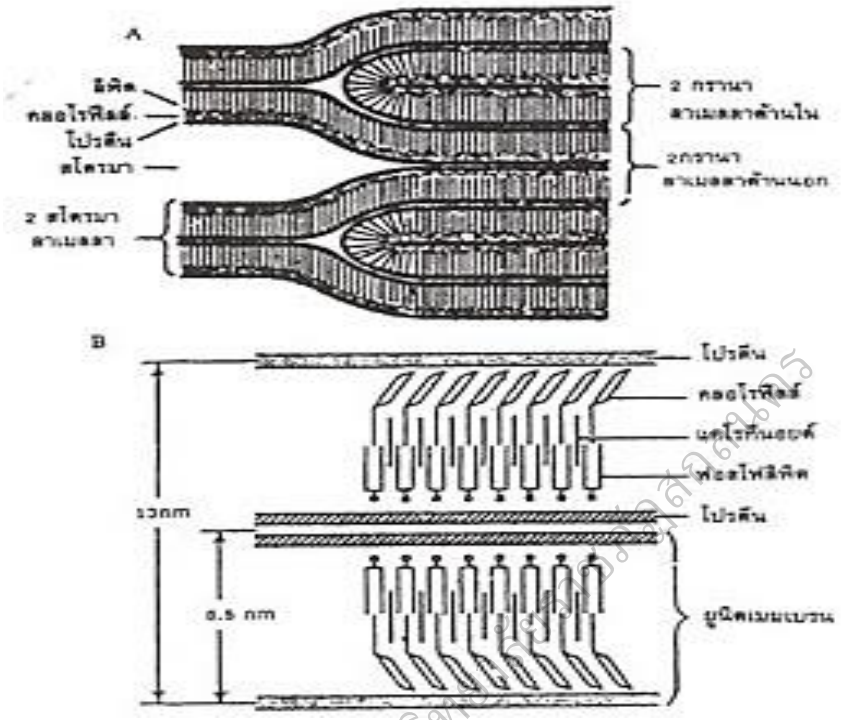
รูปที่ 2 แสดงตำแหน่ง และองค์ประกอบของคลอโรพลาสต์ในพืช



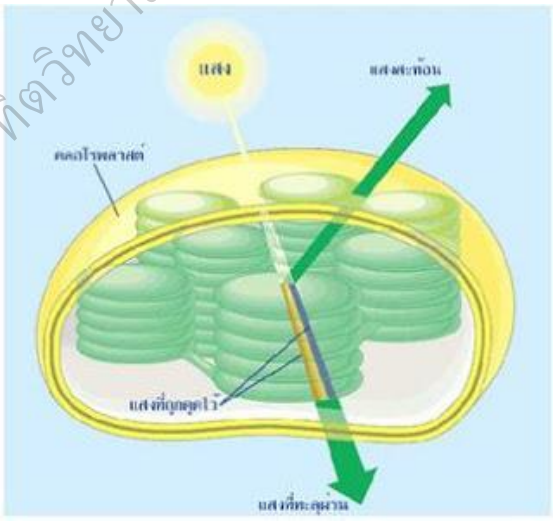


รูปที่ 3 แสดงการซ้อนกันของไทลาคอยด์เป็นกรานา
และส่วนที่เชื่อมต่อต่อสโตรมาลาเมลลา

ออร์แกเนลล์ที่สำคัญของพืช คือ คลอโรพลาสต์ (chloroplast) เป็นแหล่งที่เกิดปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสง จากการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนและเทคนิคต่าง ๆ ทำให้ทราบลักษณะของคลอโรพลาสต์ โดยคลอโรพลาสต์ส่วนใหญ่จะมีรูปร่างกลมรี มีขนาดยาวประมาณ 5 ไมโครเมตร กว้าง 2 ไมโครเมตร และหนาประมาณ 1–2 ไมโครเมตร จำนวนแต่ละเซลล์มีไม่แน่นอน มีตั้งแต่สิบขึ้นไ ปจนถึงร้อย ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของพืช และชนิดของเซลล์พืช คลอโรพลาสต์มีเยื่อหุ้ม 2ชั้น เรียกว่า **ยูนิกเมมเบรน** ภายในเป็นของเหลวเรียกว่า **สโตรมา (stroma)** เยื่อหุ้มชั้นในของคลอโรพลาสต์จะแผ่เข้าไปข้างในกลายเป็นโครงสร้างย่อย ๆ ที่เป็นเยื่อบาง ๆ เรียกว่า **ลาเมลลา (lamella)** ลาเมลลาส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นแผ่นกลมแบนบาง ๆ และเรียงซ้อนกันเป็นตั้ง เรียกว่า **กรานา (grana)** ส่วนนี้จะหนากว่าส่วนอื่น ๆ แต่ละชั้นของกรานาเรียกว่า **ไทลาคอยด์ (thylakoid)** ในคลอโรพลาสต์เต็มไปด้วยกรานาที่กระจัดกระจายอยู่ทั่วไป คลอโรพลาสต์ที่เจริญเต็มที่แล้วประกอบด้วยกรานา 40–60 กรานา ต่อ 1 คลอโรพลาสต์ ส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างกรานา เรียกว่า **อินเตอร์กรานา (intergrana)** หรือ **สโตรมาลาเมลลา (stroma lamella)** หรือ**สโตรมาไทลาคอยด์ (stroma thylakoid)** ลาเมลลา ประกอบด้วยเยื่อหุ้ม 2 ชั้น ภายในบรรจุด้วยคลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ (carotenoids) ทางผิวด้านหน้าของไทลาคอยด์จะมีรงควัตถุอยู่เป็นกลุ่ม ๆ อยู่ ทำให้มองดูมีลักษณะเป็นเม็ด ๆ เรียกว่า แกรนูล (granule) แกรนูลมีทั้งขนาดเล็ก และใหญ่ สำหรับแกรนูลที่มีขนาดใหญ่ภายในมีกลุ่มของรงควัตถุระบบแสงที่ I (Photosystem I) หรือ P 700 รับพลังงานแสงในช่วงคลื่น 700 นาโนเมตรได้ดี และรงควัตถุระบบแสงที่ II (photosystem II) หรือ P680 รับพลังงานแสงในช่วงคลื่น 680 นาโนเมตรได้ดี และระบบแสงทั้ง 2 ระบบนี้จะเรียกรวมกันว่า **ควอนตาโซม (quantasome)** ส่วนแกรนูลที่มีขนาดเล็กเข้าใจว่าเป็นที่อยู่ของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายทอดอิเล็กตรอนในปฏิกิริยาที่ต้องใช้แสง ส่วนในสโตรมาจะมีเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาที่ 2 คือ ปฏิกิริยาที่ไม่ต้องใช้แสง



รูปที่ 4 (A) แสดงตำแหน่งของสารโปรตีนคลอโรฟีลล์ และกรดไขมันในกรานา
(B) แสดงการเรียงกันของชั้นโปรตีน คลอโรฟีลล์ แคโรทีนอยด์ และฟอสดพลิพิด



รูปที่ 6 แสดงการดูดแสงสีต่าง ๆ ของคลอโรพลาสต์

1.1.1 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาที่ต้องใช้แสง

1. สารสี (Pigment) แบ่งเป็น 2 ระบบ คือ

1. สารสีระบบที่ 1 (Pigment system I) ทำหน้าที่รับพลังงานแสง ซึ่งประกอบด้วยสารชนิดสำคัญคือ คลอโรฟิลล์เอ ชนิดรับแสงที่มีความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร ได้ดี พบในพืช และสาหร่ายทุกกลุ่ม สารสีระบบที่ 1 และตัวรับถ่ายทอดอิเล็กตรอนต่าง ๆ จะประกอบกันเป็นระบบแสงที่ 1 (Photosystem I)

2. สารสีระบบที่ 2 (Pigment system II) ทำหน้าที่รับพลังงานแสง ซึ่งประกอบด้วยสารสี ดังนี้

– คลอโรฟิลล์ บี พบเฉพาะในพืช และสาหร่ายสีเขียว

– คลอโรฟิลล์ ซี พบเฉพาะในสาหร่ายสีน้ำตาล และสีน้ำตาลแกมเหลือง

– คลอโรฟิลล์ ดี พบเฉพาะในสาหร่ายสีแดง

– แคโรทีนอยด์ (Carotenoids) พบในพืช และสาหร่ายทุกกลุ่ม

– ไฟโคบิลิน (Phycobilin) พบในสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและสีแดง

สารสีระบบที่ 2 และตัวรับถ่ายทอดอิเล็กตรอนต่าง ๆ จะประกอบกันเป็นระบบแสงที่ 2 (Photosystem II)

2. พลังงานแสง ทำหน้าที่ ดังนี้

1. กระตุ้นให้อิเล็กตรอนของคลอโรฟิลล์มีพลังงานสูงขึ้น

2. แยกสารละลายน้ำในปฏิกิริยาที่เรียกว่า โฟโตไลซิส (Photolysis) ทำให้เกิดโปรตอน (H^+) อิเล็กตรอน (e^-) และ O_2

3. ใช้สร้างสารอินทรีย์พลังงานสูง 2 ชนิด คือ ATP, NADPH + H^+

3. น้ำ (H_2O) น้ำจะถูกพืชนำไปสลายให้เป็นโปรตอน และอิเล็กตรอนเพื่อนำไปใช้สร้างน้ำตาลในปฏิกิริยาไม่ใช้แสง และมีผลทำให้เกิด O_2 เป็นผลพลอยได้ปล่อยออกทางปากใบของพืช

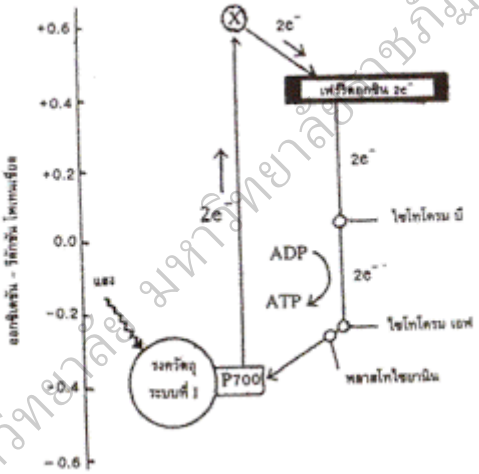
4. ADP และ Pi ทำหน้าที่รับพลังงานที่ถ่ายทอดออกมาจากอิเล็กตรอน เกิดเป็น ATP

5. $NADP^+$ เป็นสารทำหน้าที่รับโปรตอน และอิเล็กตรอนจากน้ำกลายเป็นสารอินทรีย์พลังงานสูง คือ NADPH + H^+

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

สำหรับปฏิกิริยาที่ต้องใช้แสงจะมีบทบาทสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากทำหน้าที่ในการเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานเคมี แล้วเก็บไว้ในสารประกอบ ATP และ $NADPH_2$ เมื่อแสงส่องถูกคลอโรฟิลล์ พลังงานแสงบางส่วนจะถูกคลอโรฟิลล์ดูดซับเอาไว้ ทำให้อิเล็กตรอนภายในโมเลกุลของคลอโรฟิลล์มีพลังงานสูงขึ้น เรียกว่า **excited electron** และถ้ามีพลังงานแสงมากพอจะทำให้อิเล็กตรอนนี้หลุดออกจากคลอโรฟิลล์ อิเล็กตรอนที่หลุดออกมาอาจมีจำนวนมาก และจะถูกสารบางอย่างมารับแล้วถ่ายทอดอิเล็กตรอนนี้ไปเป็นทอด ๆ พลังงานภายในอิเล็กตรอนจะลดลงเรื่อย ๆ พลังงานที่ปล่อยออกมาจะถูกนำไปสร้างเป็น ATP หรือ NADPH + H^+ การถ่ายทอดอิเล็กตรอนของคลอโรฟิลล์มี 2 ระบบ คือ

1.1.2 การถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบเป็นวัฏจักร (cyclic electron transfer)



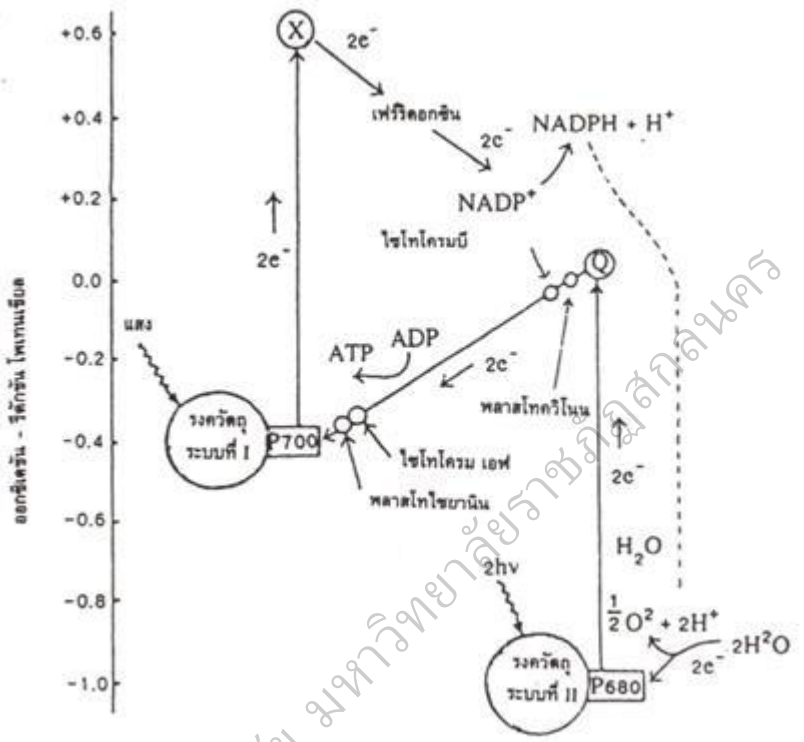
รูปที่ 7 การถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบเป็นวัฏจักร (cyclic electron transfer)

เป็นการถ่ายทอดอิเล็กตรอนที่เกี่ยวข้องกับระบบแสงเพียงระบบเดียวเท่านั้น ซึ่งเรียกว่า รงควัตถุระบบที่ 1 (pigment system I หรือ PSI) อิเล็กตรอนที่หลุดออกจากรงควัตถุระบบที่ 1 จะถูกส่งไปยังสารตัวกลาง X ซึ่งยังไม่ทราบแน่ชัดว่าเป็นสารใด แต่เข้าใจว่าน่าจะเป็นเฟร์ริดอกซิน รีดิวซิงซับสแตนซ์ (ferredoxin–reducing substance) แล้วสาร X จะถ่ายทอดอิเล็กตรอนต่อไปยังเฟร์ริดอกซิน (ferredoxin) ไซโทรโครม บี (cytochrome b) ไซโทรโครม เอฟ (cytochrome f)และพลาสโทไซยนิน (plastocyanin) ตามลำดับ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

จากนั้นอิเล็กตรอนนี้จะมีพลังงานปลดปล่อยออกมา และสามารถนำไปสร้าง ATP ได้ 2 ATP ต่ออิเล็กตรอน 1 คู่

1.1.3 การถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักร (noncyclic electron transfer)



รูปที่ 8 แสดงการถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักรของรงควัตถุระบบที่ I และระบบที่ II

การถ่ายทอด อิเล็กตรอนวิธีนี้ต้องใช้ระบบแสง 2 ระบบ คือ ระบบแสงที่ 1 (photosystem I หรือ PS I) และระบบแสงที่ 2 (photosystem II หรือ PS II) การถ่ายทอดอิเล็กตรอนวิธีนี้ต้องมีการสลายตัวของโมเลกุลน้ำ จึงเรียกได้อีกอย่างว่า **กระบวนการโฟโตไลซิส (photolysis)** ซึ่งค้นพบโดย**โรบิน ฮิลล์ (Robin Hill)** ดังนั้นจึงอาจเรียกชื่อตามชื่อของผู้ค้นพบว่า **ปฏิกิริยาฮิลล์ (Hill reaction)** ปฏิกิริยานี้นอกจากมีการแตกตัวของโมเลกุลน้ำแล้วยังมีการสร้าง ATP และ NADPH + H^+ ด้วย ปฏิกิริยาเกิดขึ้นเป็นขั้น ๆ ดังนี้

1. รงควัตถุระบบแสงที่ 1 (PS I) และรงควัตถุระบบแสงที่ 2 (PS II) ได้รับการกระตุ้นจากแสงพร้อม ๆ กัน

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

2. รงควัตถุระบบแสงที่ 1 เมื่อได้รับพลังงานขึ้น (จากพลังงานแสง) จะหลุดออกจากคลอโรฟีลล์ และถูกต่อไปยังสาร X และเฟร์ริดอกซิตตามลำดับ จากนั้น $NADP^+$ จะมารับอิเล็กตรอนเป็นตัวสุดท้าย ทำให้ระบบรงควัตถุที่ 1 ขาดอิเล็กตรอนไป 1คู่

3. โมเลกุลของน้ำแตกตัวเป็น $2H^+$ และ $2OH^-$ $2H_2O$ $2H^+ + 2OH^-$

4. $NADP^+$ ที่รับอิเล็กตรอนจาดรงควัตถุระบบแสงที่ 1 จะมารับ $2H^+$ จากโมเลกุลของน้ำเป็น $NADPH + H^+ + NADP^+ + 2e^- + 2H^+$ $NADPH + H^+$

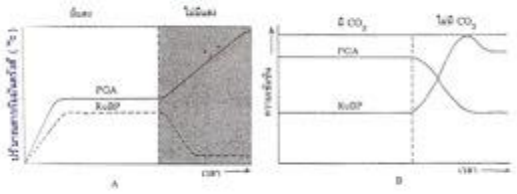
5. $2OH^-$ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีจนเป็นน้ำ ออกซิเจน และอิเล็กตรอน

6. $2e^-$ จากโมเลกุลของน้ำนี้ถูกส่งไปยังรงควัตถุระบบที่ 2

7. $2e^-$ จากรงควัตถุระบบแสงที่ 2 จะถูกส่งไปยัง ไซโทโครม Q พลาสโทคิวโนน (plastoquinone) ไซโทโครม บี แล้วมีการปลดปล่อยพลังงานออกมาสร้าง ATP แล้วจึงส่งต่อไปยังไซโทโครม เอฟพลาสโทไซยานิน และรงควัตถุระบบแสงที่ 2 ตามลำดับ

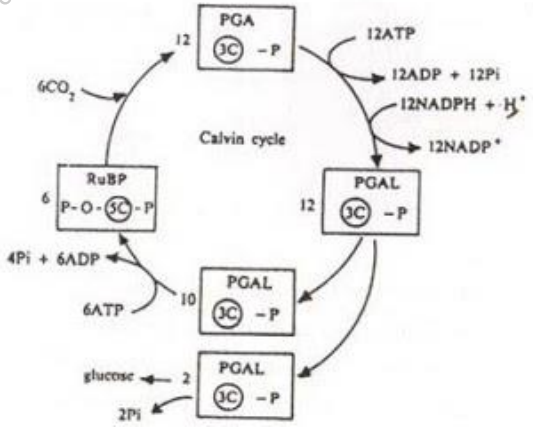
1.2 ปฏิกิริยาที่ไม่ต้องใช้แสง (dark reaction)

ปฏิกิริยาที่ไม่ต้องใช้แสงเป็นปฏิกิริยาที่เกิดภายในสโตรมาของคลอโรพลาสต์ โดยเป็นปฏิกิริยาเคมีล้วนๆ (Chemical reaction) โดยปฏิกิริยานี้ไม่ต้องการแสงสว่าง (ไม่มีแสงสว่างก็ได้) แต่ต้องการ ATP และ $NADPH + H^+$ (ซึ่งมีพลังงานศักดิ์สูงอยู่ในโมเลกุล) จากปฏิกิริยาที่ต้องใช้แสง โดยนำมาใช้การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ (ซึ่งมีพลังงานศักดิ์ในโมเลกุลต่ำในบรรยากาศให้เป็นคาร์โบไฮเดรต ซึ่งมีพลังงานศักดิ์อยู่ในโมเลกุลสูง) ดังนั้นปฏิกิริยานี้จึงเรียกได้อีกอย่างว่า **ปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ (carbondioxide fixation)** สำหรับบุคคลแรกที่ใช้คำว่า dark reaction คือ เอฟ.เอฟ.แบลคแมน (F.F. Flack Man) เมื่อปี พ.ศ. 2448 (ค.ศ. 1905)



เหตุที่ได้กราฟออกมาดังนี้ เนื่องจากในขณะที่มีแสง PGA ถูกสร้างขึ้นจาก RuBP (Ribulose bisphosphate) และ $^{14}CO_2$ ได้ตลอดเวลา และ PGA บางส่วนก็สามารถเปลี่ยนไปเป็น RuBP ได้ แต่ในสภาพที่ไม่มีแสง RuBP สามารถรวมตัวกับ $^{14}C_2$ แล้วสลายตัวเป็น PGA จึงมีมาก ทำให้ RuBP ลดจำนวนลงและ RuBP สร้างขึ้นใหม่ไม่ได้ เนื่องจากปฏิกิริยาที่ต้องใช้แสงไม่มีจึงไม่มี ATP และ NADPH + H^+ มาใช้ในการเปลี่ยน PGA เป็น RuBP ในขณะที่มีแสงและมี $^{14}C_2$ การสังเคราะห์ด้วยแสงเกิดได้ตามปกติ RuBP สามารถรวมตัวกับ $^{14}C_2$ ได้ แล้วแตกตัวเป็น PGA ได้ในในขณะเดียวกัน PGA ส่วนหนึ่งก็สามารถสร้างกลับไปเป็น RuBP ได้ ดังนั้นปริมานของ PGA และRuBP จึงคงที่ แต่เมื่อมีแสงและไม่มี $^{14}C_2$ ปริมานของ PGA จะลดลงเนื่องจาก PGAสามารถเปลี่ยนเป็น RuBP ได้ เพราะยังคงมีปฏิกิริยาที่ใช้แสงอยู่ทำให้มี ATP และNADPH + H^+ อยู่ตลอดเวลา PGA จึงรวมตัวกับATP และ NADPH+ H^+ เป็น RuBP เมื่อไม่มี $^{14}C_2$ทำให้ RuBP ไม่ถูกใช้ไป RuBP จึงมีเพิ่มมากขึ้น PGA ไม่มีการสร้างเพิ่ม แต่ถูกใช้ไปเรื่อย ๆ ปริมาณจึงลดลง

เมลวิน แคลวิน (Melvin Calvin) แอนดริว เอ.เบนสัน (Andrew A. Benson) และคณะแห่งมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย ที่เบริกเลย์ ได้ทดลองและศึกษาเกี่ยวกับปฏิกิริยาที่ไม่ต้องใช้แสงดังที่ได้กล่าวมาแล้ว นอกจากนั้นผลการทดลองยังพบอีกว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนั้นเกิดเกิดขึ้นต่อเนื่องกันเป็นวงจร หรือวัฏจักร จึงเรียก วัฏจักรนี้ว่า วัฏจักรแคลวิน – เบนสัน (Calvin – Benson cycle) จากการศึกษาของแคลวินและเบนสัน ยังพบอีกว่าสารชนิดแรกที่อยู่ตัว ซึ่งเกิดขึ้นในปฏิกิริยา คือ กรดฟอสโฟกลีเซอริก (phosphoglyceric acid หรือ PGA) ปฏิกิริยาที่ไม่ใช้แสงมี 3 ขั้นตอนใหญ่ ๆ ตามลำดับ คือ



รูปที่ 10 แสดงวัฏจักรแคลวิน

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

1. ปฏิกิริยาขั้นที่ 1 เป็นปฏิกิริยาการรวมตัวระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์กับ RuBP เกิดเป็น PGA ขึ้น 2 โมเลกุล เรียกปฏิกิริยานี้ว่า **คาร์บอกซิเลชัน (Carboxylation)** ปฏิกิริยาจะใช้เอนไซม์รูบิสโก (Rubisco enzyme) หรือ RuBP Carboxylase เร่ง เริ่มต้นด้วยสารตั้งต้น คือ RuBP ซึ่งเป็นน้ำตาลที่มีคาร์บอน 5 อะตอม และหมู่ฟอสเฟต 2 หมู่ จะเข้ารวมตัวกับ CO_2 ได้เป็นสารประกอบใหม่ที่มีคาร์บอน 6 อะตอม (Keto–acid) แต่สารนี้จะไม่อยู่ตัวจะสลายไปเป็น PGA 2 โมเลกุล ซึ่งแต่ละโมเลกุลของ PGA จะมีคาร์บอน 3 อะตอม และฟอสเฟต 1 หมู่ PGA นี้จึงถือว่าเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่อยู่ตัวชนิดแรกในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ ถ้าเริ่มจาก RuBP 6 โมเลกุล รวมตัวกับ CO_2 6 โมเลกุล จะได้ PGA12 โมเลกุล ดังสมการ $6RuBP + 6CO_2$ 12PGAL

2. ปฏิกิริยาขั้นที่ 2 เป็นปฏิกิริยาที่มีการเปลี่ยนแปลง หรือมีการรีดิวซ์ (Reduce) PGA ให้เป็นPGAL (Phosphoglyceraldehyde) โดยอาศัยสารที่ให้พลังงานสูง ATP และตัวรีดิวซ์ (Reducer หรือ Reductant) คือ NADPH + H^+ ที่ได้จากจากปฏิกิริยาที่ใช้แสง เรียกปฏิกิริยาขั้นตอนนี้ว่า **รีดักชัน (Reduction)** PGAL 1 โมเลกุล ประกอบด้วยคาร์บอน 3 อะตอม และฟอสเฟต 1 หมู่ ดังนั้นเมื่อเริ่มจาก PGA 12 โมเลกุลจึงได้เป็น PGAL12 โมเลกุล ดังสมการ 12PGA + 12ATP + 12NADPH + H^+ 12PGAL + 12ADP + 12Pi + $12NADP^+$

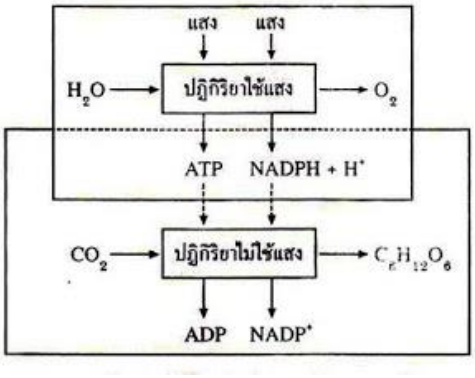
ข้อควรทราบพิเศษ : PGAL ที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยานี้ ถือว่าเป็นน้ำตาลชนิดแรกสุดที่เป็นผลผลิตสำคัญของปฏิกิริยาที่ไม่ใช้แสง

3. ปฏิกิริยาขั้นที่ 3 เป็นปฏิกิริยาที่นำ PGAL 12 โมเลกุล ไปเปลี่ยนแปลงต่อไป 2 วิถีทาง คือ

1) PGAL 10 โมเลกุล จะเปลี่ยนไปเป็น RuBP 6 โมเลกุล ในการเปลี่ยนแปลงนี้จะต้องใช้พลังงานจาก ATP ที่ได้จากปฏิกิริยาที่ใช้แสง และใช้หมู่ฟอสเฟตที่เกิดขึ้นจากการสลายตัวนี้อีก 2 หมู่ จึงเหลือหมู่ฟอสเฟตที่ได้จากการสลายตัวของ ATP เพียง 4 หมู่ ดังสมการ 10PGAL + 6ATP 6RuBP + 6ADP + 4Pi ปฏิกิริยาการสร้าง RuBP ขึ้นมาอีกครั้งหนึ่งจาก PGAL เพื่อที่จะทำให้วัฏจักรสามารถเกิดขึ้นได้ต่อไป เรียกปฏิกิริยาขั้นนี้ว่า **รีเจเนอเรชัน (Regeneration)**

2) PGAL ที่เหลือ 2 โมเลกุล อาจนำไปใช้เปลี่ยนเป็นน้ำตาลกลูโคสและแป้งตามลำดับ เพื่อที่จะนำไปในกระบวนการเมแทบอลิซึมหรือเก็บสะสมไว้ การสร้างน้ำตาลกลูโคส หรือแป้งจาก PGAL เรียกว่า **การสังเคราะห์ (Synthesis)**

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร



รูปที่ 11 แสดงปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช

PGAL ถูกใช้ในหลายกิจกรรม คือ

1. สร้างเป็น RuBP ซึ่งเป็นสารตัวกลางในวัฏจักรแคลวิน

2. ใช้เป็นสารตัวกลางในกระบวนการหายใจโดยเข้าในช่วงไกลโคไลซิส ซึ่งจะเข้าวัฏจักรเครบส์ และระบบถ่ายอิเล็ดตรอนต่อไป

3. ถูกส่งไปยังเซลล์ข้างเคียงเพื่อกิจกรรมต่างๆ

4. สร้างเป็นสารที่มีโมเลกุลใหญ่ขึ้น เช่น กลูโคส แป้ง เซลลูโลส เพกทินหรือไขมันต่อไป

จากปฏิกิริยาขั้นที่ 1 จนถึงปฏิกิริยาขั้นที่ 3 เมื่อรวมสมการจะได้สมการรวม ดังนี้ $6CO_2 + 18ATP + 12NADPH + H^+ C_6H_{12}O_6 + 18Pi + 12NADP^+ + 6H_2O$ สำหรับปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสงที่สมบูรณ์ คือ

$6CO_2 + 12H_2O$ (มีแสง+ มีคลอโรฟิล) $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O$

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

กิจกรรมฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์
เรื่อง การดูดซับพลังงานแสงของสารสีชนิดต่างๆ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. นักเรียนสามารถระบุสารสีชนิดต่าง ๆ ที่พบในสิ่งมีชีวิตที่สร้างอาหารเองได้
2. นักเรียนสามารถบอกหน้าที่ของสารสีที่พบในสิ่งมีชีวิตที่สร้างอาหารเองได้

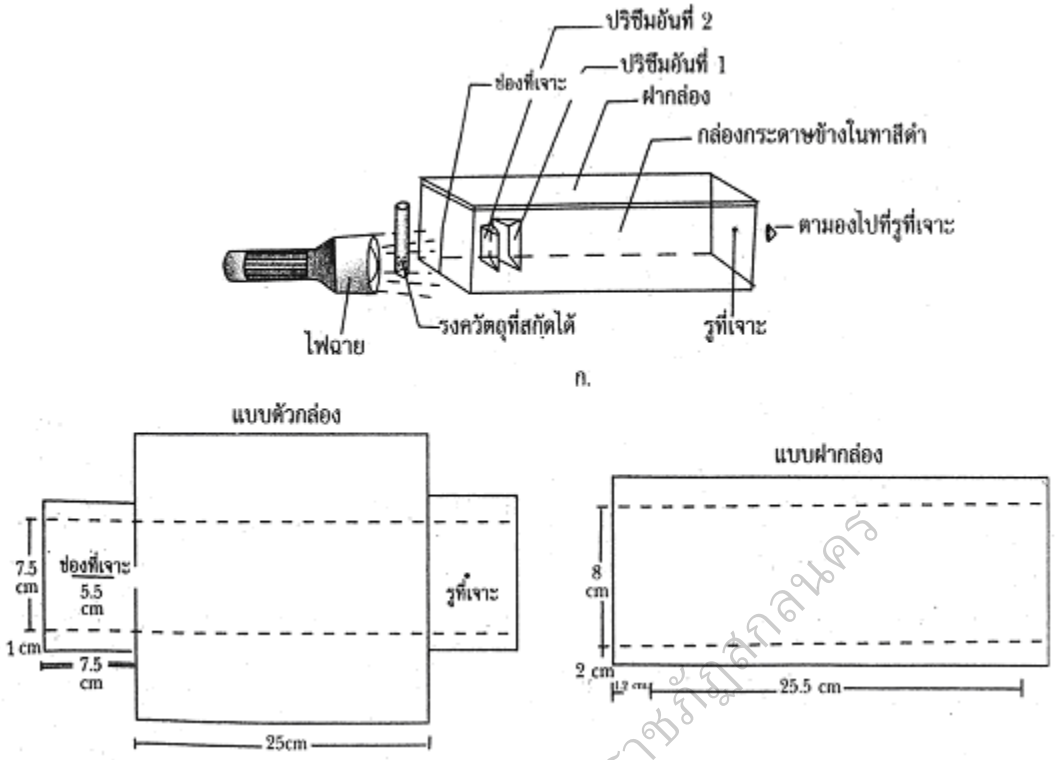
วัสดุอุปกรณ์

1. กล่องกระดาษที่ข้างในทาสีดำ
2. ใบไม้
3. โกร่งบดยา
4. ขวดรูปชมพู่
5. หลอดทดลอง
6. เอทานอล 95%
7. เฮกเซน
8. กระดาษกรอง
9. ปริซึม
10. ไฟฉายชนิดหลอดฮาโลเจน

วิธีทำ

1. ประกอบกล่องกระดาษที่ข้างในทาด้วยสีดำ
2. สกัดสารสีในใบไม้ โดยนำใบไม้ชนิดหนึ่งล้างน้ำให้สะอาด ตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ
3. ชั่งน้ำหนักใบไม้ที่ตัดไว้แล้วประมาณ 20 กรัม นำไปโขลกให้ละเอียดในโกร่งบดยาแล้วนำไปใส่ในขวดรูปชมพู่
4. เติมเอทานอล 95% ลงไป 50 cm^3 และเฮกเซน ลงไปอีก 35 cm^3 ปิดฝาแล้วทิ้งไว้ ประมาณ 15 นาที เขย่าขวดเป็นครั้งคราว
5. กรองสารละลายที่สกัดได้ด้วยกระดาษกรองใส่ในขวดรูปชมพู่ ตั้งทิ้งไว้จะเห็นสารละลายแยกชั้นออกเป็น 2 ชั้น แล้วรินสารละลายแต่ชั้นเก็บใส่ขวดหรือหลอดทดลองเพื่อใช้ทดลองต่อไป
6. จัดชุดอุปกรณ์ นำปริซึม 2 อันมาวางในกล่องที่ประกอบเสร็จเรียบร้อยแล้ววางให้ซ้อนเหลื่อมมุมกัน ดังรูปที่ 2.1

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร



รูปที่ 2.1 เครื่องมือวัดความสามารถในการดูดซับพลังงานแสงของสารสี
ที่มา : พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และคณะ (2548, หน้า 86)

7. นำไฟฉายชนิดหลอดฮาโลเจน หรือใช้โคมไฟที่ใช้หลอดเปรียบเทียบสี (daylight blue lamp) ขนาด 60 วัตต์ เพื่อใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสง วางไว้ด้านหน้ากล่องที่เจาะเป็นช่องเล็ก ๆ ตามยาว เปิดไฟแล้วใช้ตามองดูจากรูที่เจาะไว้อีกด้านหนึ่งของกล่อง ใช้มือขยับปริซึมจนสามารถมองเห็นแถบสีสเปกตรัมสีต่าง ๆ ครบทั้ง 7 สี

8. นำหลอดทดลองขนาดกลางใส่สารละลายที่สกัดได้แต่ละชั้นประมาณ 1 ใน 4 ของหลอดวางตรงด้านหน้าของแหล่งกำเนิดแสงแล้วมองดูแถบสีของสเปกตรัม เปรียบเทียบกับการมองครั้งแรกจะสังเกตเห็นแถบสีบางแถบหายไป หรือความกว้างของแถบสีแคบลง แถบสีใดที่หายไปหรือแคบลงแสดงว่าสารสีดูดซับพลังงานแสงสีนั้นไว้ และสามารถเปรียบเทียบความยาวคลื่นของแถบสีนั้นได้จากกราฟแสดงอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงและดูดซับพลังงานแสงของคลอโรฟิลล์ของพืชในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามก่อนทำกิจกรรมและหลังทำกิจกรรมให้ถูกต้อง ครบถ้วน

คำถามก่อนกิจกรรม

1. จุดประสงค์ของการทำกิจกรรมคืออะไร.....

.....

2. นักเรียนคิดว่า เราจะพบสารสีชนิดใดมากที่สุดในพืช.....

.....

3. ปัจจัยใดที่มีอิทธิพลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง.....

4. นักเรียนคิดว่าแบคทีเรียที่สังเคราะห์ด้วยแสงได้มีสารสีอะไร.....

.....

5. นักเรียนคิดว่าในพืชสีเขียวทั่วไป จะพบสารสีประเภทใดบ้าง.....

บันทึกผลการทำกิจกรรม

.....

.....

.....

.....

คำถามหลังการทำกิจกรรม

1. เพราะเหตุใดจึงต้องสกัดสารสีออกมาก่อนที่จะนำไปผ่านแสง.....

.....

.....

2. ใบไม้แต่ละชนิดมีสารสีเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร.....

.....

.....

3. ถ้าใบไม้มีสารสีที่เป็นองค์ประกอบต่างกันจะมีความสามารถในการดูดซับพลังงานแสงได้เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร.....

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

กิจกรรมฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์

เรื่อง สารสีที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. คลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์และไฟโคบิลินทำงานสัมพันธ์กันอย่างไร **(วิเคราะห์ความสัมพันธ์)**

.....

.....

2. พลังงานแสงมีความจำเป็นต่อสารสีชนิดต่าง ๆ หรือไม่ อย่างไร **(วิเคราะห์ความสำคัญ)**

.....

.....

3. ต้นฤาษีผสมและต้นดาวเรือง เมื่อได้ดูดซับพลังงานแสงที่มีความเข้มเท่ากันจะมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงแตกต่างกันอย่างไร **(วิเคราะห์หลักการ)**

.....

.....

5. ต้นไม้ที่มีสีสันแตกต่างกัน นักเรียนคิดว่าน่าจะมาจากสาเหตุใด **(วิเคราะห์หลักการ)**

.....

.....

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

6. จากภาพนักเรียนคิดว่ามีคลอโรฟิลล์เป็นส่วนประกอบหรือไม่ อย่างไร และคลอโรฟิลล์มีความสำคัญต่อพืชอย่างไร (**วิเคราะห์ความสำคัญ**)

.....

.....

.....

.....

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

กิจกรรมฝึก ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
เรื่อง สารสีที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

คำชี้แจง **1. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดต่อไปนี้ 10 ข้อ**

2. การตอบคำถามแต่ละข้อต้องตอบให้ครอบคลุมและถูกต้องตามข้อคำถามจึงจะได้คะแนนเต็ม

1. นักเรียนสังเกตใบไม้จากต้นคริสมาสต์ที่ครูนำมาให้ศึกษาแล้วตอบคำถาม ดังนี้ “นักเรียนจะพบสารสีใดจากใบของต้นคริสมาสต์ที่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้” **(ทักษะการสังเกต)**

.....

.....

2. จากการศึกษาดอกกุหลาบสีแดง และดอกดาวเรืองสีเหลือง ในพืชเหล่านี้มีสารสีใดที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง **(ทักษะการจำแนกประเภท)**

.....

.....

3. สารสีที่พบเฉพาะในสาหร่ายสีแดง และสาหร่ายเขียวแกมน้ำเงิน ไม่พบในพืชและสาหร่ายชนิดอื่น คือสารสีชนิดใด **(ทักษะการตีความหมายของข้อมูลและลงข้อสรุป)**

.....

.....

4. นักเรียนคิดว่าใบไม้ที่มีสีดังภาพน่าจะมีสารสีชนิดใดมากที่สุด **(ทักษะการสังเกต)**

.....

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

5. คลอโรฟิลล์ สามารถดูดซับพลังงานแสงสีใดได้ดีที่สุดและน้อยที่สุดตามลำดับ **(ทักษะการตีความหมายของข้อมูลและลงข้อสรุป)**

.....

.....

6. คลอโรฟิลล์ชนิดใดที่มีความสำคัญที่สุดในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เพราะเหตุใด **(ทักษะการจำแนกประเภท)**

.....

.....

7. แคโรทีนอยด์มีบทบาทอย่างไรในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง **(ทักษะการพยากรณ์)**

.....

.....

8. การที่พืชมีสารสีหลายชนิดจะมีประโยชน์ต่อพืชอย่างไร **(ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล)**

.....

.....

9. นักเรียนคิดว่าใบไม้ดังภาพน่าจะมีสารสีชนิดใดมากที่สุด **(ทักษะการตีความหมายของข้อมูลและลงข้อสรุป)**

.....

.....

.....

.....

10. เพราะเหตุใดสาหร่ายเขียวแกมน้ำเงินแม้ไม่มีคลอโรพลาสต์ก็ยังสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ **(ทักษะการตีความหมายของข้อมูลและลงข้อสรุป)**

.....

.....

สำนักวิทยบริการฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

แบบทดสอบก่อนเรียน – หลังเรียน
เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

1. พืชชั้นสูงสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ดีที่สุด เมื่อได้รับแสงสี ใด **(ความรู้ ความจำ)**

ก. สีแดง และสีส้ม ข. สีน้ำเงินและสีส้ม

ค. สีน้ำเงินและสีแดง ง. สีเหลืองและสีเขียว

2. เมื่อตัดใบตามขวางเพื่อศึกษาโครงสร้างภายใน จะพบว่าบริเวณที่มีคลอโรพลาสต์อยู่มากที่สุดคือข้อใด **(ความรู้ ความจำ)**

ก. Epidermis ข. Mesophyll

ค. Spongy mesophyll ง. Palisade mesophyll

3. ต้นถั่วงอกที่งอกพ้นดินแล้ว ลำต้นมีสีเขียว มีใบเลี้ยงสีเขียวติดอยู่ และมีใบจริงสีเขียว 1 คู่ เซลล์ที่มีกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเกิดขึ้นมากที่สุด คือข้อใด **(การประเมินค่า)**

ก. เซลล์ทุกส่วนที่มีสีเขียว

ข. เซลล์ที่มีสีเขียวของใบเลี้ยง

ค. เซลล์ชั้นมีโซฟิลล์ของใบจริง

ง. เซลล์ที่มีสีเขียวของลำต้นอ่อน

4. ลำดับการถ่ายทอดอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง คือข้อใด **(ความเข้าใจ)**

ก. H_2O → $NADP^+$ → ระบบแสง 1 → ระบบแสง 2

ข. H_2O → ระบบแสง 1 → ระบบแสง 2 → $NADP^+$

ค. H_2O → ระบบแสง 2 → ระบบแสง 1 → $NADP^+$

ง. $NADP^+$ → ระบบแสง 1 → ระบบแสง 2 → H_2O

5. ผลผลิตสุทธิ (Net product) ของวัฏจักรคัลวินที่สมดุลย์ 1 วัฏจักร คือข้อใด **(การสังเคราะห์)**

ก. 1 PGAL ข. 2 PGAL

ค. 1 Gluclose ง. 2 Gluclose

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

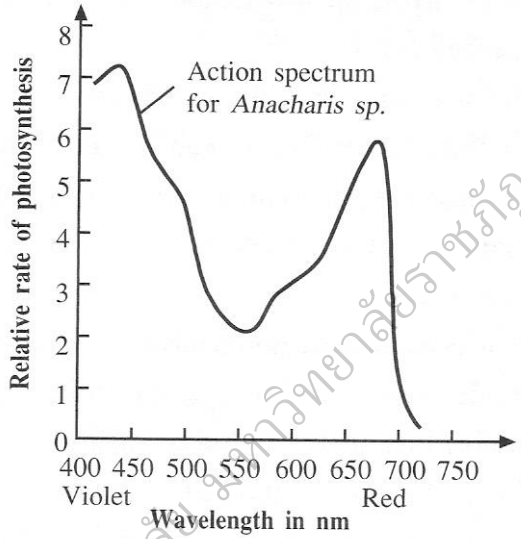
6. ข้อใดต่อไปนี้คือส่วนประกอบของแคโรทีนอยด์ **(ความเข้าใจ)**

ก. สารประกอบพวกไขมัน
ข. สารประกอบพวกโปรตีน
ค. สารประกอบคาร์โบไฮเดรต
ง. ไม่ใช่ทั้ง ก, ข และ ค

7. ว่านกาบหอยมีทั้งสีม่วงและสีเขียว ส่วนของสีม่วงนั้นมีรงควัตถุใดที่ใช้ในการสังเคราะห์แสง **(การนำไปใช้)**

ก. คลอโรฟิลล์ เอ
ข. คลอโรฟิลล์ บี
ค. คลอโรฟิลล์ ดี
ง. คลอโรทีนอยด์

ใช้แผนภาพข้างล่างนี้ตอบคำถามข้อ 8-9



8. แผนภาพที่เห็นแสดงถึงสิ่งใด **(การคิดวิเคราะห์)**

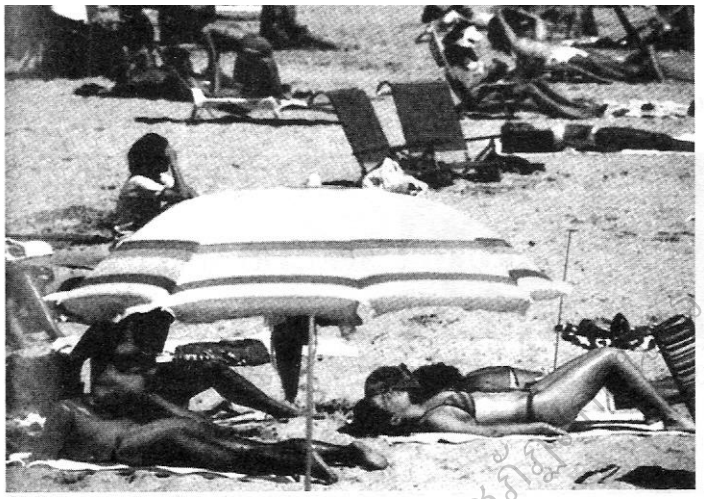
ก. ความสัมพันธ์ของอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงกับความยาวคลื่น
ข. ความสัมพันธ์ของอัตราการหายใจกับความยาวคลื่น
ค. ความสัมพันธ์ของอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงกับอัตราการหายใจ
ง. ถูกทั้ง ก. และ ข.

9. จากแผนภาพ ข้อใดสรุปได้ถูกต้อง **(การคิดวิเคราะห์)**

ก. อัตราการสังเคราะห์แสงดีที่สุด เกิดที่แสงสีเขียวและแสงสีม่วง
ข. อัตราการสังเคราะห์แสงดีที่สุด อยู่ที่แสงสีน้ำเงินและแสงสีม่วง
ค. อัตราการสังเคราะห์แสงดีที่สุด อยู่ที่แสงสีม่วงน้ำเงินและแสงสีส้มแดง
ง. อัตราการสังเคราะห์แสงจะยิ่งเพิ่มเมื่อความยาวคลื่นแสงยิ่งเพิ่ม

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

10. จากแผนภาพที่เห็น สาวคนนี้มีสิทธิถูกแสงอาทิตย์ไหม้เกรียม (sunburn) รังสีทำให้ผิวไหม้เกรียมนี้ มีช่วงคลื่นสั้นหรือยาวกว่า และมีพลังงานมากหรือน้อยกว่าแสงที่มองเห็น **(การนำไปใช้)**



ก. ความยาวคลื่นสั้นกว่า พลังงานมากกว่า

ข. ความยาวคลื่นสั้นกว่า พลังงานน้อยกว่า

ค. ความยาวคลื่นยาวกว่า พลังงานมากกว่า

ง. ความยาวคลื่นสั้นกว่า พลังงานน้อยกว่า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บันทึกหลังการสอน

1. ผลการจัดการเรียนการสอน

.....

.....

.....

.....

2. ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

.....

.....

3. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ลงชื่อ.....

(นางสาวน้ำผึ้ง เสนดี)

ผู้สอน

วันที่.....เดือน..... พ.ศ. .....

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน

1. ค
2. ง
3. ก
4. ค
5. ก
6. ก
7. ง
8. ก
9. ค
10. ก

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

แนวเฉลย กิจกรรมฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์

เรื่อง สารสีที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. คลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์และไฟโคบิลินทำงานสัมพันธ์กันอย่างไร (**วิเคราะห์ความสัมพันธ์**)

แคโรทีนอยด์จะเป็นตัวรับพลังงานแสงแล้วส่งต่อให้กับคลอโรฟิลล์เพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสง ไฟโคบิลินเป็นรงควัตถุที่พบเฉพาะในไซยาโนแบคทีเรียกับสาหร่ายสีแดง หากพืชมีรงควัตถุหลายชนิดจะมีประโยชน์ในการรับช่วงคลื่นแสงสีต่าง ๆ ที่แตกต่างกันได้มากขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพในการสังเคราะห์ด้วยแสงดียิ่งขึ้น

2. พลังงานแสงมีความจำเป็นต่อสารสีชนิดต่าง ๆ หรือไม่ อย่างไร (**วิเคราะห์ความสำคัญ**)

มีความจำเป็น เพราะพลังงานแสงกระตุ้นให้อิเล็กตรอนของคลอโรฟิลล์มีพลังงานสูงขึ้น และใช้สร้างสารอินทรย์พลังงานสูง คือ ATP, NADPH, H^+

3. ต้นฤาษีผสมและต้นดาวเรือง เมื่อได้ดูดซับพลังงานแสงที่มีความเข้มเท่ากันจะมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงแตกต่างกันอย่างไร (**วิเคราะห์หลักการ**)

ต่างกัน หากพืชมีรงควัตถุหลายชนิดจะมีประโยชน์ในการรับช่วงคลื่นแสงสีต่าง ๆ ที่แตกต่างกันได้มากขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพในการสังเคราะห์ด้วยแสงดียิ่งขึ้น

5. ต้นไม้ที่มีสีสันแตกต่างกัน นักเรียนคิดว่าน่าจะมาจากสาเหตุใด (**วิเคราะห์หลักการ**)

เกิดจากสารสีที่เป็นส่วนประกอบของดอกไม้ เช่น คลอโรฟิลล์ทำให้พืชมีสีเขียว แคโรทีน (carotene) เป็นสารสีแดงหรือสีส้ม หากมีสารสีคลอโรฟิลล์และสารสีแคโรทีนอยู่ในใบเดียวกัน จะสะท้อนแสงสีแดง เขียวแกมน้ำเงินและแสงสีน้ำเงิน ทำให้ใบมีสีเขียว แซนโทฟิลล์ (xantrophyll) เป็นสารสีเหลืองหรือสีน้ำตาล

6. จากภาพนักเรียนคิดว่ามีคลอโรฟิลล์เป็นส่วนประกอบหรือไม่ อย่างไร และคลอโรฟิลล์มีความสำคัญต่อพืชอย่างไร (**วิเคราะห์ความสำคัญ**)

จากภาพจะมีแคโรทีนอยด์เป็นส่วนประกอบ และจะมีหลายประเภทแต่ชนิดที่ให้สารสีแดงในพืชผัก คือ แคโรทีนอยด์ชนิดแคโรทีน

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

แนวเฉลย กิจกรรมฝึก ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
เรื่อง สารสีที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

คำชี้แจง 1. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดต่อไปนี้ 10 ข้อ
2. การตอบคำถามแต่ละข้อต้องตอบให้ครอบคลุมและถูกต้องตามข้อคำถามจึงจะได้คะแนนเต็ม

1. นักเรียนสังเกตใบไม้จากต้นคริสมาสต์ที่ครูนำมาให้ศึกษาแล้วตอบคำถาม ดังนี้ “นักเรียนจะพบสารสีใดจากใบของต้นคริสมาสต์ที่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้” **(ทักษะการสังเกต)**

จะพบ แคโรทีนอยด์ชนิด Cycopene

2. จากการศึกษาดอกกุหลาบสีแดง และดอกดาวเรืองสีเหลือง ในพืชเหล่านี้มีสารสีใดที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง **(ทักษะการจำแนกประเภท)**

ดอกกุหลาบสีแดง มีสารสีที่ใช้ในการสังเคราะห์แสง คือ แคโรทีน

ดอกดาวเรืองสีเหลือง มีสารสีที่ใช้ในการสังเคราะห์แสง คือ แซนโทฟิลล์

3. สารสีที่พบเฉพาะในสาหร่ายสีแดง และสาหร่ายเขียวแกมน้ำเงิน ไม่พบในพืชและสาหร่ายชนิดอื่น คือสารสีชนิดใด **(ทักษะการตีความหมายของข้อมูลและลงข้อสรุป)**

ไฟโคบิลิน

4. นักเรียนคิดว่าใบไม้ที่มีสีดังภาพน่าจะมีสารสีชนิดใดมากที่สุด **(ทักษะการสังเกต)**

แซนโทฟิลล์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

5. คลอโรฟิลล์ สามารถดูดซับพลังงานแสงสีใดได้ดีที่สุดและน้อยที่สุดตามลำดับ **(ทักษะการตีความหมายของข้อมูลและลงข้อสรุป)**

คลอโรฟิลล์ สามารถดูดซับพลังงานแสงสีม่วงน้ำเงินได้ดีที่สุดและสามารถดูดซับพลังงานแสงสีเขียวได้น้อยที่สุด

6. คลอโรฟิลล์ชนิดใดที่มีความสำคัญที่สุดในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เพราะเหตุใด **(ทักษะการจำแนกประเภท)**

คลอโรฟิลล์ เอ เนื่องจากสามารถนำพลังงานแสงที่ได้รับไปใช้ได้โดยตรง แต่สารสีอื่น ๆ ไม่สามารถนำไปใช้ได้โดยตรงต้องถ่ายทอดให้กับคลอโรฟิลล์ เอ อีกทอดหนึ่งจึงสามารถนำไปใช้ได้

7. แคโรทีนอยด์มีบทบาทอย่างไรในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง **(ทักษะการพยากรณ์)**

เป็นตัวรับพลังงานจากแสงแล้วส่งต่อให้กับคลอโรฟิลล์ เพื่อใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงอีกต่อหนึ่ง หากพืชชนิดใดมีเฉพาะแคโรทีนอยด์อยู่เพียงอย่างเดียวโดยไม่มีคลอโรฟิลล์ พืชนั้นจะสังเคราะห์ด้วยแสงไม่ได้

8. การที่พืชมีสารสีหลายชนิดจะมีประโยชน์ต่อพืชอย่างไร **(ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล)**

หากพืชมีสารสีหลายชนิดจะมีประโยชน์ในการรับความยาวคลื่นแสงสีต่าง ๆ ที่แตกต่างกันได้มากขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพในการสังเคราะห์ด้วยแสงดียิ่งขึ้น

9. นักเรียนคิดว่าใบไม้ดังภาพน่าจะมีสารสีชนิดใดมากที่สุด **(ทักษะการตีความหมายของข้อมูลและลงข้อสรุป)**

คลอโรฟิลล์

10. เพราะเหตุใดสาหร่ายเขียวแกมน้ำเงินแม้ไม่มีคลอโรพลาสต์ก็ยังสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ **(ทักษะการตีความหมายของข้อมูลและลงข้อสรุป)**

เพราะสาหร่ายเขียวแกมน้ำเงินมีสารประกอบต่างๆที่จำเป็นในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงกระจายอยู่ในไซโทพลาซึม จึงสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

แบบประเมินจิตวิทยาศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ชื่อ–สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องตรงกับคุณลักษณะที่นักเรียนแสดงออก โดยจำแนกระดับพฤติกรรมการแสดงออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

5 หมายถึง ผู้เรียนมีพฤติกรรมการแสดงออกอย่างสม่ำเสมอตลอดเวลามากที่สุด

4 หมายถึง ผู้เรียนมีพฤติกรรมการแสดงออกอย่างมาก

3 หมายถึง ผู้เรียนมีพฤติกรรมการแสดงออกเป็นครั้งคราว

2 หมายถึง ผู้เรียนมีพฤติกรรมการแสดงออกน้อยครั้ง

1 หมายถึง ผู้เรียนไม่มีพฤติกรรมการแสดงออกเลย

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

แบบประเมินจิตวิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

รายการประเมิน	พฤติกรรมการแสดงออก				
	5	4	3	2	1
ความสนใจใฝ่รู้					
1. ยอมรับการทดลองค้นคว้า ว่าจะทำให้ค้นพบวิธีการแก้ปัญหาได้					
2. มีความใส่ใจและพอใจในการสืบเสาะแสวงหาความรู้					
3. มีความกระตือรือร้นต่อกิจกรรมและเรื่องอื่น ๆ					
4. ชอบทดลอง ค้นคว้า					
5. ชอบสนทนาซักถาม ฟัง อ่าน เพื่อให้ได้ความรู้เพิ่มขึ้น					
$\bar{X}$					
ความมุ่งมั่น อดทน รอบคอบ รับผิดชอบ					
6. ยอมรับผลการกระทำของตนเองทั้งที่เป็นผลดีและผลเสีย					
7. ทำงานที่ได้รับมอบหมายให้สมบูรณ์ตามกำหนดและตรงเวลา					
8. มีความอดทนแม้การดำเนินการแก้ปัญหาจะยุ่งยากและใช้เวลา					
9. ดำเนินการแก้ไขปัญหาจนกว่าจะได้คำตอบ					
10. เห็นคุณค่าของความรับผิดชอบและความเพียรพยายามว่าเป็นสิ่งที่ควรปฏิบัติ					
$\bar{X}$					
ความซื่อสัตย์					
11. เสนอความจริงแม้จะเป็นผลที่แตกต่างจากผู้อื่น					
12. บันทึกผลหรือข้อมูลตามความเป็นจริงและไม่ใช้ความคิดเห็นของตนเองไปเกี่ยวข้อง					
13. ไม่แอบอ้างผลงานของผู้อื่นว่าเป็นผลงานของตนเอง					
$\bar{X}$					

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

รายการประเมิน	พฤติกรรมการแสดงออก				
	5	4	3	2	1
ความประหยัด					
14. เห็นคุณค่าและใช้วัสดุอุปกรณ์อย่างประหยัด					
15. เห็นคุณค่าของวัสดุเหลือใช้และรู้จักเลือกใช้					
16. ใช้สารหรือวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ในปริมาณที่เหมาะสม					
$\bar{X}$					
ความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น					
17. เห็นคุณค่าของการทำงานร่วมกับผู้อื่น					
18. เต็มใจที่จะทำงานร่วมกับผู้อื่น					
19. ประพฤติและปฏิบัติตนตามข้อตกลงของกลุ่ม					
20. เห็นแก่ประโยชน์ส่วนรวมมากกว่าประโยชน์ส่วนตน					
$\bar{X}$					

ความคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

.....

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

(ลงชื่อ).....ผู้ประเมิน

(.....)