

ชุดการสอน
รายวิชาชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
เรื่อง การสังเคราะห์แสง

เล่มที่ 1

การศึกษาค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง



นางลักขณา ครุคอุทา
ครู ชำนาญการ
โรงเรียนอุเทนพัฒนา อำเภอท่าอุเทน จังหวัดนครพนม
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 22
สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน
กระทรวงศึกษาธิการ

คำชี้แจง

1. ให้นักเรียนทุกคนศึกษาผลการเรียนรู้ที่คาดหวังและจุดประสงค์การเรียนรู้
2. ให้นักเรียนศึกษาเนื้อหาเรื่องการศึกษาค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ ด้วยแสงจากวิทัศน์โดยเริ่มทำการศึกษาพร้อมกันทุกกลุ่ม ซึ่งครูจะเป็นผู้ควบคุมเครื่องวิทัศน์ ใช้เวลาประมาณ 10 นาที
3. ให้สมาชิกกลุ่มทุกคนศึกษาเนื้อหาเรื่องการศึกษาค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งในเนื้อหาจะมีคำถามชวนคิดให้นักเรียนทุกคนช่วยกันตอบ
4. เมื่อศึกษาเนื้อหาเรื่องการศึกษาค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเรียบร้อยแล้ว หัวหน้ากลุ่มดำเนินการให้สมาชิกอภิปรายวิธีการศึกษาค้นคว้าและผลที่ได้จากการค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักวิทยาศาสตร์แต่ละคนเรียงตามลำดับ
5. สมาชิกกลุ่มทุกคนช่วยกันสรุปการศึกษาค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักวิทยาศาสตร์แต่ละคน และให้เลขานุการกลุ่มทำการจดบันทึกในแบบบันทึกข้อสรุป และเมื่อสรุปเสร็จเรียบร้อยแล้วให้เลขานุการกลุ่มอ่านข้อสรุปให้สมาชิกฟัง
6. ให้สมาชิกกลุ่มทุกคนช่วยกันตอบคำถามเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์
7. ให้นักเรียนทุกคนทำแบบฝึกหัดโดยใช้เวลาประมาณ 20 นาที (หัวหน้ากลุ่มเป็นผู้จับเวลา) เมื่อทำแบบฝึกหัดเสร็จแล้วให้หัวหน้ากลุ่มรวบรวมส่งครูผู้สอน หลังจากส่งแบบฝึกหัดแล้วนักเรียนสามารถดูแนวการตอบได้จากท้ายชุดการสอน
8. ในขั้นตอนสุดท้ายของการเรียนโดยใช้ชุดการสอน ให้นักเรียนเริ่มทำแบบทดสอบพร้อมกันโดยครูจะเป็นผู้กำหนดเวลาเริ่มต้นและให้นักเรียนทำแบบทดสอบโดยใช้เวลา 20 นาที เมื่อทำแบบทดสอบเสร็จแล้วให้หัวหน้ากลุ่มรวบรวมส่งครูผู้สอน หลังจากนั้นนักเรียนสามารถดูแนวการตอบได้จากท้ายชุดการสอน
9. เมื่อนักเรียนสงสัยในขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งในชุดการสอนหรือเนื้อหาสาระต่างๆ นักเรียนสามารถซักถามเพื่อนหรือครูผู้สอนที่คอยให้คำปรึกษาในขณะที่นักเรียนศึกษาเนื้อหาจากชุดการสอน

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
ขั้นตอนการใช้ชุดการสอน	1
ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังและจุดประสงค์การเรียนรู้	2
การศึกษาค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง	3
แบบบันทึกข้อสรุป เรื่องประวัติการศึกษาค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง	15
คำถามเพื่อส่งเสริมทักษะ	16
แบบฝึกหัดเรื่อง ประวัติการศึกษาค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง	18
แบบทดสอบเรื่อง ประวัติการศึกษาค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง	21
แนวเฉลยแบบฝึกหัดประวัติการศึกษาค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง	23
แนวเฉลยแบบทดสอบ เรื่อง ประวัติการศึกษาค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง	26
บรรณานุกรม	27

ขั้นตอนการใช้ชุดการสอน เรื่องการสังเคราะห์แสง

ศึกษาผลการเรียนรู้ที่คาดหวังและจุดประสงค์การเรียนรู้



ศึกษาเนื้อหา



อภิปรายเนื้อหา



สรุปเนื้อหา



ตอบคำถามเพื่อส่งเสริมทักษะ



ทำแบบฝึกหัดรายบุคคล

(เวลา 20 นาที)



ทำแบบทดสอบรายบุคคล

(เวลา 20 นาที)

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังและจุดประสงค์การเรียนรู้

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

สืบค้นข้อมูล อภิปราย อธิบายและสามารถคิดวิเคราะห์เกี่ยวกับข้อมูลที่ได้จากประวัติการศึกษาค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้

นักเรียนสามารถอธิบายวิธีการทดลองและสรุปผลการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้

ด้านทักษะ

1. นักเรียนมีความสามารถในการจำแนกแยกแยะระหว่างปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชและปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสงของแบคทีเรีย
2. นักเรียนมีความสามารถในการเปรียบเทียบวัตถุดิบที่ใช้และผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชและการสังเคราะห์ด้วยแสงของแบคทีเรีย
3. นักเรียนสามารถบอกความสัมพันธ์ของวัตถุดิบที่ใช้และผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นของปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสง
4. นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลได้ว่าเพราะเหตุใดการสังเคราะห์ด้วยแสงจึงจำเป็นต้องใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

ด้านคุณธรรมจริยธรรม

1. นักเรียนมีความรับผิดชอบในการทำงาน
2. นักเรียนมีความซื่อสัตย์และตรงต่อเวลา
3. นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการใฝ่รู้ใฝ่เรียน

พร้อมแล้ว
ไปศึกษาเนื้อหา
ด้วยกันดีกว่านะ

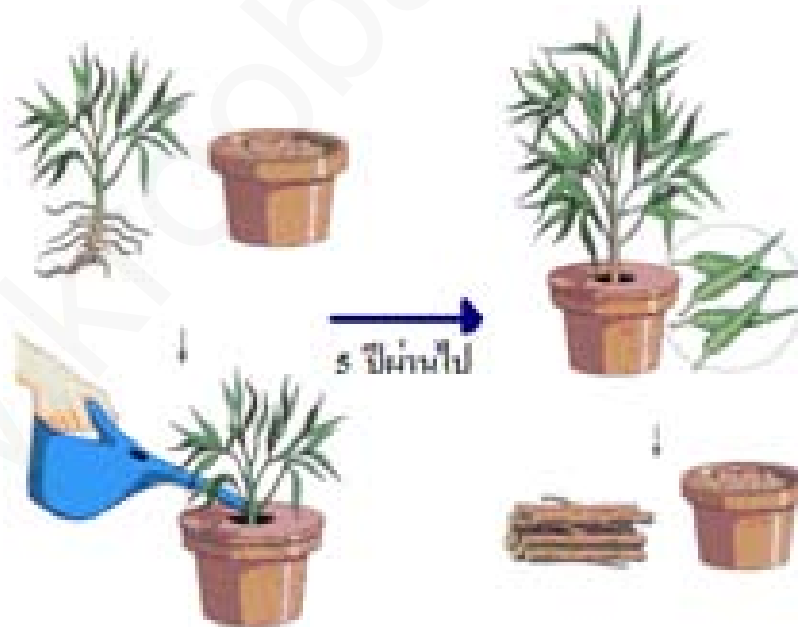


การศึกษาค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงในปัจจุบันเป็นความรู้ที่ได้จากผลการศึกษา ค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์หลายยุคหลายสมัยซึ่งสมต่อเนื่องกันมา ทำให้ได้รับความรู้และ หลักฐานต่างๆเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ

1. การศึกษาค้นคว้าของ ฌอง แบปติสท์ แวน เฮลมอนท์ (Jean Baptiste Van Helmont)

ในปี พ.ศ. 2191 (ค.ศ. 1648) ได้มีการพิมพ์ผลงานของฌองแบปติสท์แวนเฮลมอนท์ (Jean Baptiste Van Helmont) นักวิทยาศาสตร์ชาวเบลเยียม ที่ทำการทดลองทางชีววิทยา โดยการปลูกต้นหลิวหนัก 5 ปอนด์ในถังใบใหญ่ที่บรรจุดินซึ่งทำให้แห้งสนิทหนัก 200 ปอนด์แล้วปิดฝาถัง ระหว่างทำการทดลองได้รดน้ำต้นหลิวที่ปลูกไว้ทุกวันด้วยน้ำฝนเป็นระยะเวลา 5 ปี ต้นหลิวเจริญเติบโตขึ้นมาก เมื่อนำต้นหลิวที่ไม่มีดินติดอยู่ที่รากไปชั่งน้ำหนัก ปรากฏว่าต้นหลิวหนัก 169 ปอนด์ 3 ออนซ์ (ตัวเลขนี้ ไม่ได้รวมน้ำหนักใบซึ่งร่วงไปแต่ละปี) และเมื่อนำดินในถังไปทำให้แห้งแล้วนำไปชั่ง ปรากฏว่ามี น้ำหนักน้อยกว่าดินที่ใช้ก่อนทำการทดลองเพียง 2 ออนซ์เท่านั้น ให้นักเรียนศึกษาการทดลองจากรูป ที่ 1.1



รูปที่ 1.1 การทดลองของ ฌอง แบปติสท์ แวน เฮลมอนท์

ที่มา : www.sakolraj.ac.th (อ้างอิงมาจาก Moore, R., 1995)



แวน เฮล มองที่ได้สรุปผลการทดลองว่าน้ำหนักของดินหลวที่เพิ่มขึ้นมาจากน้ำเพียงอย่างเดียวโดยที่เขาไม่ได้นึกถึงแก๊สในอากาศและดิน ความจริงแล้วน้ำหนักของดินที่หายไปนั้นก็มีส่วนที่พินาไปใช้ในการดำรงชีวิตและจำเป็นต่อการเจริญเติบโตซึ่งมีส่วนทำให้น้ำหนักเพิ่มขึ้นด้วย จากการศึกษา ทำให้เราทราบว่า น้ำหนักของดินหลวที่เพิ่มขึ้นจากเดิมคือ 5 ปอนด์มาเป็น 169 ปอนด์ 3 ออนซ์นั้นมาจากน้ำ(ที่รดหรือจากดิน) CO_2 จากอากาศรวมทั้งแร่ธาตุต่างๆในดิน

คำถามชวนคิด

1. เหตุใดจึงต้องปิดฝาถังตลอดเวลาและจะเปิดเฉพาะตอนรดน้ำเท่านั้น

.....

.....

.....

.....

2. แวน เฮลมองที่ สรุปว่าน้ำหนักของดินหลวที่เพิ่มขึ้นมาจากน้ำเท่านั้น นักเรียนเห็นด้วยกับข้อสรุปนี้ หรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



2. การศึกษาค้นคว้าของโจเซฟ พริสต์ลีย์ (Joseph Priestley)

ในปี พ.ศ. 2315 (ค.ศ. 1772) โจเซฟ พริสต์ลีย์ (Joseph Priestley) นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ได้พิมพ์ผลงานที่ทำการทดลอง โดยจุดเทียนไขไว้ในครอบแก้วปรากฏว่าสักรุ่นเทียนไขก็ดับและเมื่อใส่หนูเข้าไปในครอบแก้ว คุรต่อมาหนูก็ตาย เมื่อนำหนูที่มีชีวิตไปไว้ในครอบแก้วเดิมที่เทียนไขดับ ปรากฏว่าหนูตายเกือบทันทีและเมื่อจุดเทียนไขแล้วนำไปไว้ในครอบแก้วเดิมที่หนูตายอยู่แล้ว ปรากฏว่าเทียนไขดับเกือบทันที อากาศที่หนูหายใจออกมาและอากาศที่ทำให้เทียนไขดับในสมัยนั้นเรียกว่า "อากาศเสีย" สิ่งที่น่าสนใจในยุคนั้นก็คือคนและสัตว์อื่นๆ เป็นจำนวนมากกำลังหาไขอยู่ตลอดเวลาและยังมีการเผาไหม้สิ่งต่างๆ ถ้าเป็นเช่นนั้นไปเรื่อยๆ ในที่สุดอากาศที่ใช้ในการหายใจหรือช่วยในการลุกไหม้ไม่ถูกทำลายให้หมดไปหรือ เราได้ทดลองนำหนูใส่ไว้ในครอบแก้วเดียวกันกับพืชสีเขียว ปรากฏว่าทั้งพืชและหนูสามารถมีชีวิตอยู่ได้ให้นักเรียนศึกษาการทดลองจากรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 การทดลองของโจเซฟ พริสต์ลีย์

ที่มา : www.sakolraj.ac.th (อ้างอิงมาจาก Moore, R., 1995)

คำถามชวนคิด

จากการทดลองนี้ โจเซฟ พริสต์ลีย์ สรุปว่าแก๊สที่ทำให้เทียนไขดับ เป็นแก๊สที่ทำให้หนูตายและแก๊สที่ทำให้เทียนไขลุกไหม้เป็นแก๊สที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของหนู นักเรียนเห็นด้วยกับข้อสรุปของ พริสต์ลีย์ หรือไม่ เพราะเหตุใด

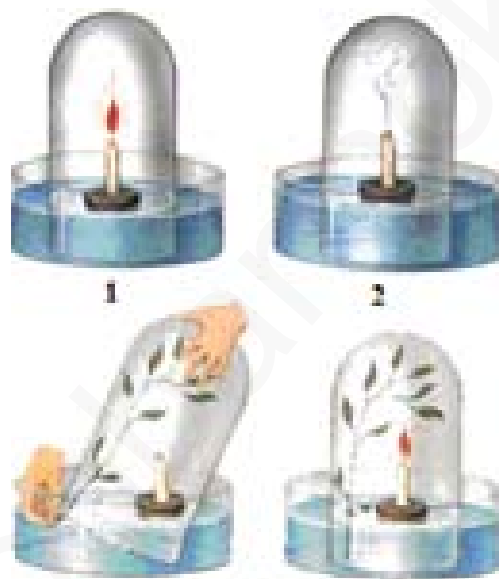
.....

.....

.....

.....

บังเอิญครั้งหนึ่งพริสตัลีย์ได้นำเอาฟอสฟอรัสใส่ในกรอบแก้ว วทีเคยจุดเทียนไขเอาไว้ก่อนแล้ว อีก 10 วันต่อมา เมื่อจุดเทียนไขในกรอบแก้วนั้นใหม่ ปรากฏว่าเทียนไขลุกไหม้อยู่ได้ ะยะหนึ่งโดยไม่ดับทันที หลายครั้งที่พริสตัลีย์ได้แบ่งอากาศหลังจากเทียนไขดับแล้วออกเป็น 2 ส่วนนำฟอสฟอรัสใส่ในส่วนหนึ่งและอีกส่วนหนึ่งใส่แต่แก้วบรรจุน้ำทิ้งไว้ระยะหนึ่ง แล้วจุดเทียนไข พบว่าเทียนไขลุกไหม้ได้ระยะหนึ่ง ในอากาศส่วนแรก แต่จะดับทันทีในอากาศส่วนที่สอง หลังจากนั้นเขาได้ศึกษาคุณสมบัติของแก๊สและอากาศ และทราบว่า "อากาศดี" ช่วยในการเผาไหม้และการหายใจของสัตว์แต่การหายใจของสัตว์และการเผาไหม้ของเทียนไขทำให้เกิด "อากาศเสีย" ให้นักเรียนศึกษาการทดลองจากรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 การทดลองเพิ่มเติมของโจเซฟ พริสตัลีย์

ที่มา : www.sakolraj.ac.th (อ้างอิงมาจาก Moore, R., 1995)

คำถามชวนคิด

เหตุใดพริสตัลีย์จึงแบ่งอากาศที่ได้จากเทียนไขลุกไหม้และดับแล้วออกเป็น 2 ส่วนแล้วนำไปทดลองต่อ

.....

.....

.....

.....

*พริสต์ลีย์ ไม่ได้ย้ำถึงความสำคัญของส่วนที่มีสีเขียวของพืช ในการที่สามารถทำให้อากาศดีขึ้น และไม่ได้คำนึงถึงว่า พืชจะมีความสามารถในการทำให้อากาศดีขึ้นได้ก็ต่อเมื่อพืช ได้รับ แสงสว่าง เท่านั้น

3. การศึกษาค้นคว้าของ แจน อินเกิน ฮูซ (Jan Ingen Housz)

พ.ศ. 2322 (ค.ศ. 1779) แจน อินเกิน ฮูซ (Jan Ingen Housz) นายแพทย์ชาวดัชต์ ได้พิสูจน์ให้เห็นว่าการทดลองของพริสต์ลีย์จะได้ผลก็ต่อเมื่อพืชได้รับแสงสว่าง และเฉพาะส่วนสีเขียวของพืช เท่านั้นที่มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยน "อากาศเสีย" ให้เป็น "อากาศดี" คือถ้ามีแสงสว่างพืชสีเขียวสามารถเปลี่ยนแก๊ส CO_2 เป็นสารอาหารและ O_2 ได้

จากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว ในระยะใกล้เคียงกับที่พริสต์ลีย์และอินเกินฮูซ ทดลองนั้น พบว่าแก๊สที่เกิดจากการลุกไหม้และแก๊สที่เกิดจากการหายใจออกของสัตว์เป็นแก๊สชนิดเดียวกัน คือคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนแก๊สที่ช่วยในการลุกไหม้และใช้ในการหายใจของสัตว์คือออกซิเจน แสดงว่าเมื่อพืชได้รับแสง พืชจะนำแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไป และปล่อยแก๊สออกซิเจนออกมา



ให้นักเรียนศึกษาการทดลองจากรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.4 การทดลองของแจน อินเกิน ฮูซ

ที่มา : www.sakolraj.ac.th (อ้างอิงมาจาก Moore, R., 1995)

คำถามชวนคิด

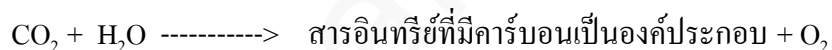
จากการทดลองนี้สามารถสรุปได้ว่าอย่างไร

และในปี พ.ศ. 2329 อินเก็น ฮูซ ยังค้นพบเพิ่มเติมอีกว่าพืชเก็บธาตุคาร์บอนไว้ในรูปของสารอินทรีย์

4. การศึกษาค้นคว้าของ นิโคลาส ซีโอดอร์ เดอ โซซูร์ (Nicolas Theodore de Soussure)

พ.ศ. 2347 นักวิทยาศาสตร์ชื่อ นิโคลาส ซีโอดอร์ เดอ โซซูร์ (Nicolas Theodore de Soussure) ได้ทำการทดลองให้เห็นว่าน้ำหนักของพืชที่เพิ่มขึ้นมากกว่าน้ำหนักของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้รับ เขาจึงสรุปว่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นบางส่วนเป็นน้ำหนักของน้ำที่พืชได้รับ

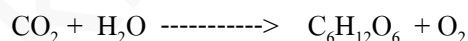
พืชสีเขียว



แสงสว่าง

จากการทดลองโดยการวิเคราะห์ทางเคมีในเวลาต่อมา พบว่าสารอินทรีย์ที่ได้จากการสร้างอาหารของพืชคือสารประเภทคาร์โบไฮเดรต จากผลการศึกษาค้นคว้าจึงเขียนสรุปกระบวนการสร้างคาร์โบไฮเดรตได้ดังนี้

พืชสีเขียว



แสงสว่าง

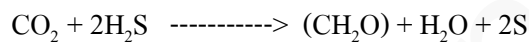
จากการศึกษาต่อมาพบว่าคาร์โบไฮเดรตที่ได้คือน้ำตาล โดยทั่วไปจะเขียนสูตรของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว หรือน้ำตาลเฮกซอส ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) แทนคาร์โบไฮเดรต การสร้างคาร์โบไฮเดรตของพืชที่อาศัยแสงดังที่ได้กล่าวมานี้เรียกว่า กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthesis) พืชใช้น้ำตาลที่ได้จากกระบวนการนี้เป็นวัตถุดิบในการสร้างคาร์โบไฮเดรตรูปอื่นรวมทั้ง สารอาหารอื่นๆ เช่น ไขมัน โปรตีน เป็นต้นและนำไปใช้ในกิจกรรมต่างๆ ของพืช



5. การศึกษาค้นคว้าของ แวน นีล (Van Niel)

ในปี พ.ศ. 2473 (ค.ศ. 1930) แวน นีล (Van Niel) แห่งมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ดได้พบว่าแบคทีเรียบางชนิด สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้โดยไม่ใช้น้ำ แต่ใช้ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) แทนผลที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงแทนที่จะได้ออกซิเจนกลับได้ซัลเฟอร์ (S)

สารสี



แสงสว่าง

คำถามชวนคิด

นักเรียนคิดว่าซัลเฟอร์มาจากการสลายตัวของสารใด

.....
.....

แวน นีล จึงเสนอสมมติฐานว่า ในกระบวนการสร้างคาร์โบไฮเดรตของพืชนั้นน่าจะคล้ายคลึงกับการสร้างคาร์โบไฮเดรตของแบคทีเรีย คือในการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชโมเลกุลของน้ำถูกแยกสลายได้ออกซิเจนเป็นอิสระ

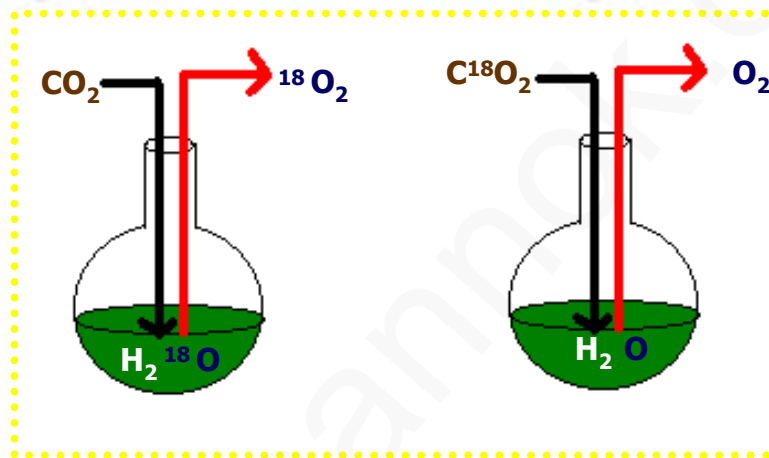
สมมติฐานของ แวน นีล ได้พิสูจน์ว่าถูกต้องก็ต่อเมื่อเทคนิคการใช้สารกัมมันตรังสีได้เจริญขึ้น ในราวปี ค.ศ. 1941 นักชีววิทยาชาวอเมริกันกลุ่มหนึ่งได้ทำการทดลองพิสูจน์โดยนำสาหร่ายคลอเรลลา (chlorella) ซึ่งเป็นสาหร่ายสีเขียวชนิดหนึ่ง และออกซิเจนที่เป็นสารไอโซโทป (isotope) หนัก คือ ^{18}O มาใช้ในการทดลอง โดยทำการทดลองดังนี้

1. ใส่สาหร่ายปริมาณเท่ากันลงในขวดแก้ว 2 ใบ (ขวดที่ 1 และ ขวดที่ 2)
2. ใส่น้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ลงในขวดทั้งสอง ดังนี้

ขวดที่ 1 ใส่คาร์บอนไดออกไซด์ที่ประกอบด้วยออกซิเจนปกติ (CO_2) และใส่น้ำที่ประกอบด้วยออกซิเจน ^{18}O (H_2^{18}O)

ขวดที่ 2 ใส่คาร์บอนไดออกไซด์ที่ประกอบด้วยออกซิเจน ^{18}O (C^{18}O_2) และใส่น้ำที่ประกอบด้วยออกซิเจนปกติ (H_2O)

3. นำขวดทั้งสองไปตั้งไว้ในที่มีแสง ดังรูปที่ 1.5



รูปที่ 1.5 การทดสอบสมมติฐานของ แวน นีล

ที่มา : www.sakolraj.ac.th (อ้างอิงมาจาก Moore, R., 1995)

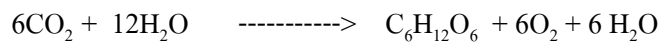
เมื่อสาหร่ายได้รับแสงก็จะให้ออกซิเจนออกมาทั้งสองขวด แต่เมื่อนำออกซิเจนที่เกิดขึ้น มาทดสอบ ปรากฏว่าออกซิเจนจากขวดแรกเท่านั้นเป็น H_2O^{18} ส่วนจากขวดที่สองเป็น ออกซิเจนปกติจึงสรุปได้ว่า ออกซิเจนที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง มาจากโมเลกุลของน้ำ

สมการเคมีของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงซึ่งใช้ออกซิเจนที่เป็นไอโซโทปหนัก ดังนี้



จากสมการจะเห็นได้ว่าออกซิเจนอิสระมาจากน้ำ แต่น้ำ 6 โมเลกุลมีออกซิเจนเพียง 6 อะตอม แต่มีออกซิเจนอิสระถึง 12 อะตอม ต่อมามีการค้นพบว่าในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงมีน้ำเกิดขึ้นด้วย ดังนั้นสมการสังเคราะห์ด้วยแสงจะเป็น ดังนี้

พืชสีเขียว



แสงสว่าง

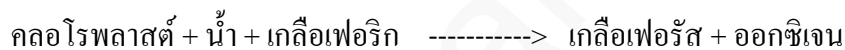
สมการข้างต้นเป็นการอธิบายในแง่ของ หลักการทางเคมี แต่ไม่ได้ อธิบายกระบวนการต่างๆที่เกิดขึ้นในการสังเคราะห์ด้วยแสง

ก่อนสิ้นศตวรรษที่ 19 มีความรู้เกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสงเพียงว่า พืชสามารถสร้างคาร์โบไฮเดรตเมื่อมีแสงสว่างโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำเป็นวัตถุดิบ

6. การศึกษาของ โรบิน ฮิลล์ (Robin Hill)

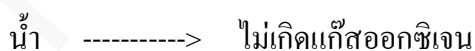
ในปี พ.ศ. 2475 (ค.ศ. 1932) โรบิน ฮิลล์ (Robin Hill) ทำการทดลองผ่านแสงเข้าไปในของผสมซึ่งมีเกลียวเฟอร์ริกและคลอโรพลาสต์ที่สกัดออกมาจากผักโขม ปรากฏว่าเกลียวเฟอร์ริกเปลี่ยนเป็นเกลียวเฟอร์รัส และมีออกซิเจนเกิดขึ้น

แสง



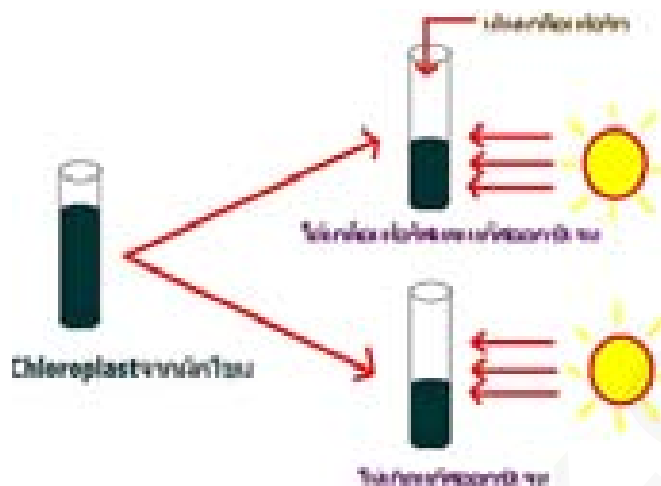
แต่ถ้าในของผสมไม่มีเกลียวเฟอร์ริกก็จะไม่เกิดแก๊สออกซิเจน

คลอโรพลาสต์



แสงสว่าง

ให้นักเรียนศึกษาการทดลองจากรูปที่ 1.6



รูปที่ 1.6 การทดลองของโรบิน ฮิลล์

ที่มา : www.sakolraj.ac.th (อ้างอิงมาจาก Moore, R., 1995)

คำถามชวนคิด

1. เหล็กเฟอริก (Fe^{3+}) เปลี่ยนเป็นเหล็กเฟอรัส (Fe^{2+}) ได้เพราะอะไร และเหล็กเฟอริกทำหน้าที่อะไรในปฏิกิริยา

.....

.....

.....

2. ถ้าไม่มีตัวรับอิเล็กตรอน น้ำจะแตกตัวได้แก๊สออกซิเจนหรือไม่

.....

.....

.....

จากการค้นคว้าต่อมาพบว่าในพืชมีสารที่ทำหน้าที่เป็นตัวออกซิไดส์หลายชนิดเช่น นิโคตินาไมด์อะดีนีน ไดนิวคลีโอไทด์ฟอสเฟต (nicotinamide adenine dinucleotide phosphate : NADP^+)

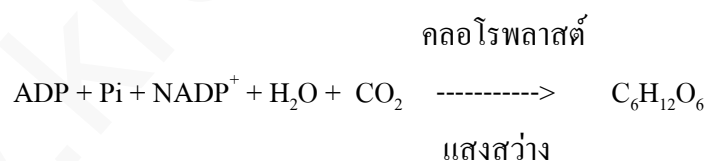
จากการทดลองของฮิลล์ สรุปได้ว่าเมื่อคลอโรพลาสต์ได้รับพลังงานจากแสงและมีสารรับอิเล็กตรอนอยู่ด้วย น้ำก็จะแตกตัวให้ออกซิเจนได้โดยไม่ต้องมีคาร์บอนไดออกไซด์ การทดลองของฮิลล์ครั้งนี้ก่อให้เกิดการค้นตัวกันมาก เพราะปฏิกิริยาที่เขาทดลองนี้มีการปลดปล่อยแก๊สออกซิเจนเช่นเดียวกับพืช แต่ในการทดลองของเขาใช้เพียงคลอโรพลาสต์ ซึ่งเป็นออร์แกเนลล์ของเซลล์พืชเท่านั้น จากการทดลองนี้จึงนำไปสู่แนวความคิดว่าปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสงน่าจะมี

อย่างน้อย 2 ขั้นตอนใหญ่คือ ขั้นที่ปล่อยแก๊สออกซิเจนกับ ขั้นที่เกี่ยวข้องกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

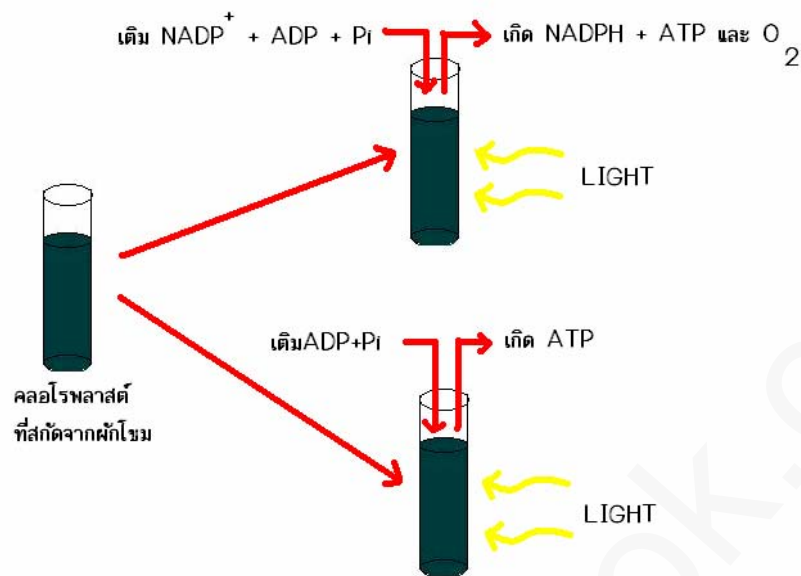


7. การศึกษาค้นคว้าของ แดเนียล อาร์นอน (Daniel Arnon)

ในปี พ.ศ. 2494 (ค.ศ. 1951) แดเนียล อาร์นอน (Daniel Arnon) และคณะแห่งมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย ได้ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับการทดลองของฮิลล์ อาร์นอนคิดว่าถ้าให้สารบางอย่างเช่น ADP, หมู่ฟอสเฟต (Pi), NADP^+ และ CO_2 ลงไปในคลอโรพลาสต์ที่สกัดมาได้แล้วให้แสงจะมีปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสงจนได้น้ำตาลเกิดขึ้น

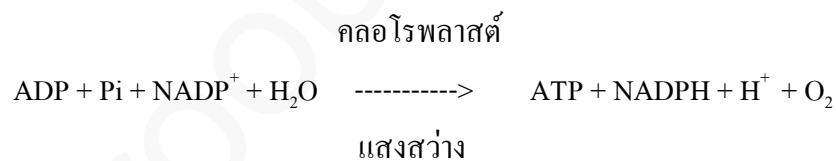


ต่อมาอาร์นอนได้ทำการทดลองเพื่อติดตามขั้นตอนของการเกิดปฏิกิริยา โดยควบคุมปัจจัยบางอย่างแล้วสังเกตผลการทดลองที่เกิดขึ้น อาร์นอนพบว่าถ้าให้สารต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้วยกเว้นคาร์บอนไดออกไซด์ปรากฏว่าเกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้น ได้สารบางอย่างแต่ไม่มีการสร้างคาร์โบไฮเดรตให้นักเรียนศึกษาการทดลองจากรูปที่ 1.7

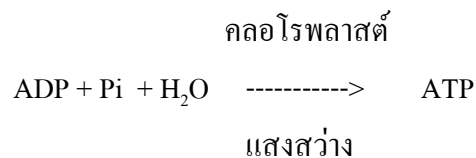


รูปที่ 1.7 การทดลองของแดเนียล อาร์นอน เมื่อให้แสงแต่ไม่ให้คาร์บอนไดออกไซด์

ที่มา : www.sakolraj.ac.th (อ้างอิงมาจาก Moore, R., 1995)



อาร์นอนได้ทำการทดลองต่อไปอีก โดยให้ปัจจัยต่างๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วแก่คลอโรพลาสต์ ยกเว้น CO_2 และ NADP^+ พบว่าเกิด ATP อย่างเดียวเท่านั้น ดังสมการ



จากการทดลองนี้แสดงว่าคลอโรพลาสต์ที่ได้รับแสงจะสามารถสร้าง ATP ได้เพียงอย่างเดียว หรือสร้างทั้ง ATP, $\text{NADPH} + \text{H}^+$ และ O_2 ก็ได้ ขึ้นอยู่กับว่าคลอโรพลาสต์นั้นจะได้รับ ADP และ P_i เท่านั้นหรือทั้ง NADP^+ , ADP และ P_i อาจสรุปได้ว่า พืชจะให้ $\text{NADPH} + \text{H}^+$ และ O_2 เมื่อได้รับ NADP^+

ต่อมาอาร์นอนได้ทำการทดลองใหม่ โดยเติมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ATP และ $\text{NADPH} + \text{H}^+$ ลงไปในสารละลายของคลอโรพลาสต์ที่สกัดออกมาจากเซลล์ แต่ไม่ให้แสงสว่าง ผลปรากฏว่า มีน้ำตาล เกิดขึ้น



คำถามชวนคิด

นักเรียนคิดว่าปัจจัยที่ใช้ในการสังเคราะห์น้ำตาลได้แก่สารใด

.....

.....

จากการศึกษาของอาร์นอน ทำให้นักวิทยาศาสตร์เกิดแนวคิดว่าขั้นตอนของการสังเคราะห์ด้วยแสงอาจแยกออกเป็น 2 ขั้นตอนใหญ่ๆ คือ

1. **ปฏิกิริยาที่ต้องใช้แสง (light reaction)** เป็นกระบวนการที่จำเป็นต้องใช้แสงโดยตรงเพื่อให้โมเลกุลของน้ำถูกแยกสลาย ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ แก๊สออกซิเจน ATP และ $\text{NADPH} + \text{H}^+$
2. **ปฏิกิริยาที่ไม่ต้องใช้แสง (dark reaction)** เป็นกระบวนการที่ไม่จำเป็นต้องใช้แสงโดยตรง และเป็นกระบวนการที่เกิดหลังปฏิกิริยาที่ต้องใช้แสง เพราะจะต้องรับ ATP และ $\text{NADPH} + \text{H}^+$ จากปฏิกิริยาที่ใช้แสงและคาร์บอนไดออกไซด์ แม้ไม่ได้รับแสงก็เกิดน้ำตาลได้

เรื่องประวัติการศึกษาฉันคิดว่าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

[illegible]

ลำดับ ที่	นักวิทยาศาสตร์	ผลงานค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง		
		วัตถุดิบ	ผลิตภัณฑ์	ข้อสรุป
1	แวน เฮลมอนท์			
2	โจเซฟ ปริสต์ลีย์			
3	อินเก็น ฮูซ			
4	นิโคลาส ทีโอดอร์ เดอ โซซูร์			
5	แวน นีล			
6	โรบิน ฮิลล์			
7	แดนเนียบ อาร์นอน			

คำถามเพื่อส่งเสริมทักษะ

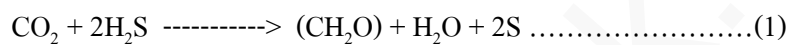
เรื่องประวัติการศึกษาค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. จากปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสงต่อไปนี้

สารตั้ง

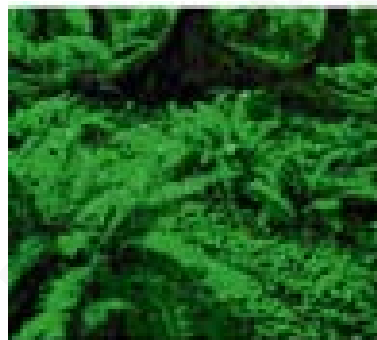


แสงสว่าง

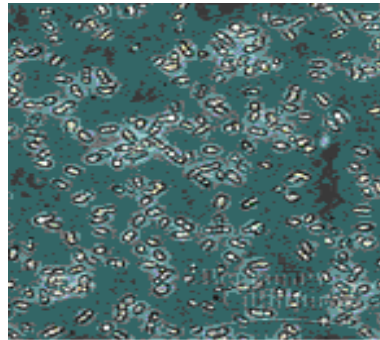
สารตั้ง



แสงสว่าง



ภาพ ก



ภาพ ข

สิ่งมีชีวิตในภาพ ก มีปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสงตรงกับปฏิกิริยาใด

สิ่งมีชีวิตในภาพ ข มีปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสงตรงกับปฏิกิริยาใด

(ทักษะการจำแนกแยกแยะ)

2. จากปฏิกิริยา (1) และปฏิกิริยา (2) ในข้อ 1 ให้นักเรียนเปรียบเทียบวัตถุดิบที่ใช้และผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น (ทักษะการเปรียบเทียบ)

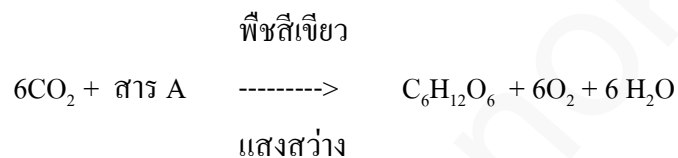
.....

.....

.....

.....

3. จากปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสง



สาร A น่าจะเป็นสารใด (ทักษะการเห็นความสัมพันธ์)

.....

.....

.....

4. จากปฏิกิริยาในข้อ 3 ถ้าหากขาดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จะเกิดน้ำตาลขึ้นหรือไม่เพราะเหตุใด (ทักษะการให้เหตุผล)

.....

.....

.....

.....



ไม่อยากเลยใช้ไหมคะ....
ต่อไปมาลองทำแบบฝึกหัด

แบบฝึกหัด

เรื่อง ประวัติการศึกษาค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@

คำชี้แจง 1. แบบฝึกหัดมี 2 ตอน

2. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเป็นรายบุคคลเพราะคะแนนที่ได้จากแบบฝึกหัดจะนำไปเป็นคะแนนเก็บของแต่ละคน

3. การตอบคำถามแต่ละข้อต้องตอบให้ครอบคลุมและถูกต้องตามข้อคำถามจึงจะได้คะแนนเต็มในข้อนั้น หากตอบถูกแต่ไม่ครอบคลุมข้อคำถามจะได้คะแนนครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็ม

4. เวลา 20 นาที

ตอนที่ 1 ให้นักเรียนตอบคำถามให้ถูกต้อง ข้อละ 1 คะแนน รวม 5 คะแนน

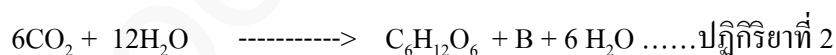
1. จากปฏิกิริยาที่กำหนดให้

สารสี



แสงสว่าง

พืชสีเขียว



แสงสว่าง

A และ B หมายถึงแก๊สชนิดใด

.....
.....

2. จากปฏิกิริยา สาร A น่าจะเป็นสารชนิดใด

คลอโรพลาสต์



แสงสว่าง

A

.....
.....

3. จากการทดลองของโรบิน ฮิลล์ ดังปฏิกิริยาข้างล่าง ไฮโดรเจนที่เกลื่อเฟอร์ริกได้รับนั้นมาจากที่ใด

แสง

คลอโรพลาสต์ + น้ำ + เกลื่อเฟอร์ริก -----> เกลื่อเฟอร์รัส + ออกซิเจน

.....
.....

4. โดยอาศัยข้อมูลเท่าที่ได้จากการทดลองของพริสทลีย์ นักเรียนจะตั้งสมมติฐานว่าอย่างไร

.....
.....
.....
.....
.....

5. จากปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสง

พืชสีเขียว

A + 12H₂O -----> B + 6O₂ + 6 H₂O

แสงสว่าง

A และ B หมายถึงสารใดตามลำดับ และถ้าขาด A จะสามารถเกิด B ขึ้นได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

.....
.....
.....
.....
.....

ตอนที่ 2 ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย / หน้าข้อที่เห็นว่าถูก และทำเครื่องหมาย X หน้าข้อ ที่เห็นว่าผิด (5 คะแนน)

- 1.....น้ำหนักของต้นหลิวที่เพิ่มขึ้นมาจากน้ำเพียงอย่างเดียวเท่านั้น
- 2.....พืชสีเขียวสามารถเปลี่ยนแก๊ส CO_2 เป็นสารอาหารและ แก๊ส O_2 ได้ไม่ว่าจะมีแสงสว่างหรือไม่ก็ตาม
- 3..... แก๊สที่เกิดจากการลุกไหม้และแก๊สที่เกิดจากการหายใจออกของสัตว์เป็นแก๊สชนิดเดียวกัน
ส่วนแก๊สที่ช่วยในการลุกไหม้และใช้ในการหายใจของสัตว์ก็เป็นแก๊สชนิดเดียวกัน
- 4..... แบคทีเรียบางชนิดสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้โดยไม่ใช้น้ำ แต่ใช้ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)
- 5..... แก๊สออกซิเจนที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง มาจากโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์
- 6..... เมื่อคลอโรพลาสต์ได้รับพลังงานจากแสง และมีสารรับอิเล็กตรอนอยู่ด้วย น้ำก็จะแตกตัวให้ออกซิเจนได้โดยไม่จำเป็นต้องมีคาร์บอนไดออกไซด์
- 7..... พืชจะให้ $\text{NADPH}+\text{H}^+$ และแก๊ส O_2 เมื่อได้รับ แก๊ส CO_2
- 8..... ปัจจัยในการสังเคราะห์น้ำตาล คือ ATP , $\text{NADPH}+\text{H}^+$ และ PGA
- 9..... เมื่อสารสีได้รับพลังงานจากแสง และมีสารรับอิเล็กตรอนอยู่ด้วย น้ำก็จะแตกตัวให้ออกซิเจนได้
- 10.....ถ้าทำการทดลองผ่านแสงเข้าไปในของผสมซึ่งมีเกลื่อเฟอร์ริกและคลอโรพลาสต์ที่สกัดออกมาจากผักโขม ปรากฏว่า เกลื่อเฟอร์ริกเปลี่ยนเป็นเกลื่อเฟอร์รัสและมีออกซิเจนเกิดขึ้น



ขอให้ได้คะแนนเต็ม

ทุกคนนะครับ

เรื่องประวัติการศึกษาค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

คำชี้แจง 1. ข้อสอบมีทั้งหมด 10 ข้อ 10 คะแนน เวลา 20 นาที

2. ให้นักเรียนเลือกข้อที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้องเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง

ก. แก๊สออกซิเจนจะเกิดขึ้นในช่วงที่มีแสงเท่านั้น

ข. แบคทีเรียบางชนิดสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้โดยใช้ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)

ค. พืชสีเขียวสามารถเปลี่ยนแก๊ส CO_2 เป็นสารอาหารได้ ไม่ว่าจะมีแสงสว่างหรือไม่ก็ตาม

ง. ออกซิเจนที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง มาจากโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์

2. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้องเกี่ยวกับปฏิกิริยา

คลอโรพลาสต์ + น้ำ + กลีโคเฟอริก -----> กลีโคเฟอรัส + ออกซิเจน

ก. ปฏิกริยานี้ต้องอาศัยน้ำ

ข. เกลือเฟอริกทำหน้าที่เป็นตัวออกซิไดซ์

ค. ถ้าปฏิกริยานี้ขาดแสงผลลัพธ์ที่ได้ยังคงเหมือนเดิม

ง. ปฏิกริยานี้จะขาดคลอโรพลาสติกไม่ได้

3. จากการทดลองของโรบิน ฮิลล์ ดังปฏิกิริยาในข้อ 2 พบว่าไฮโดรเจนที่กลีออเฟอริกได้รับนั้นมาจากที่ใด

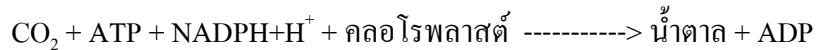
ก. การแตกตัวของโมเลกุลของน้ำ

ข. การถ่ายโอนอิเล็กทรอนิกส์

ค. การสลายโมเลกุลของคลอโรฟิลล์

ง. การแตกตัวของคลอโรพลาสต์

4. จากสมการ



ข้อใดสรุปได้ถูกต้อง

- ก. ปฏิกิริยานี้ต้องอาศัยแสงจึงจะเกิดน้ำตาล
 - ข. น้ำตาลสามารถเกิดขึ้นได้โดยไม่ต้องอาศัยคลอโรพลาสต์
 - ค. น้ำตาลเกิดจาก ATP และ $\text{NADPH} + \text{H}^+$
 - ง. CO_2 ATP $\text{NADPH} + \text{H}^+$ จำเป็นสำหรับการสร้างน้ำตาล
5. กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชถือว่าการเปลี่ยนแปลงพลังงานอย่างไร
- ก. พลังงานแสงเป็นพลังงานกล
 - ข. พลังงานแสงเป็นพลังงานเคมี
 - ค. พลังงานความร้อนเป็นพลังงานเคมี
 - ง. พลังงานแสงเป็นพลังงานความร้อน
6. สารใดที่เป็นผลลัพธ์จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง
- ก. ไนโตรเจนและออกซิเจน
 - ข. น้ำตาลและออกซิเจน
 - ค. คลอโรฟิลล์และออกซิเจน
 - ง. น้ำและคาร์บอนไดออกไซด์
7. พลังงานจากแสงอาทิตย์ที่คลอโรฟิลล์จับไว้จะถูกนำไปใช้อย่างไร
- ก. ใช้สลายคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ
 - ข. ใช้ในการสลายน้ำ
 - ค. ใช้ในการสลาย ATP และกลูโคส
 - ง. ใช้ในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ
8. เราจะสามารถตรวจสอบได้โดยวิธีใดว่าหลังจากการสังเคราะห์ด้วยแสง 5 วินาที จะมี PGA เกิดขึ้น
- ก. ใช้ CO_2 ที่ประกอบด้วย C^{14}
 - ข. ใช้ H_2O ที่ประกอบด้วย ^{18}O
 - ค. ยับยั้งการเกิดโฟโตไลซิส
 - ง. ยับยั้งกระบวนการ CO_2 - fixation
9. ในการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชมีการใช้น้ำและคาร์บอนไดออกไซด์เป็นวัตถุดิบ นักเรียนคิดว่าแบบที่เรีย ษชนิดที่สังเคราะห์ด้วยแสงได้ ใช้วัตถุดิบอะไรในการสังเคราะห์ด้วยแสง
- ก. ไฮโดรเจนซัลไฟด์กับน้ำ
 - ข. ไฮโดรเจนซัลไฟด์เท่านั้น
 - ค. ไฮโดรเจนซัลไฟด์กับคาร์บอนไดออกไซด์
 - ง. ไฮโดรเจนซัลไฟด์กับกำมะถัน
10. กระบวนการในข้อใดเกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง
- ก. สลายสารที่มีพลังงานศักย์สูง
 - ข. ทำลายสารที่มีพลังงานศักย์ต่ำ
 - ค. สร้างสารที่มีพลังงานศักย์สูง
 - ง. สังเคราะห์สารที่มีพลังงานต่ำ

แนวเฉลยแบบฝึกหัด

เรื่องประวัติการค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

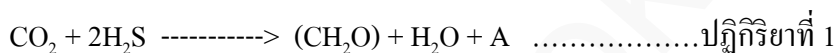
@@

คำชี้แจง แบบฝึกหัดมี 2 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ให้นักเรียนตอบคำถามให้ถูกต้อง

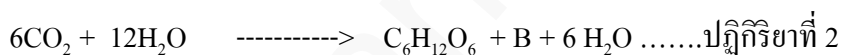
1. จากปฏิกิริยาที่กำหนดให้

สารสี



แสงสว่าง

พืชสีเขียว



แสงสว่าง

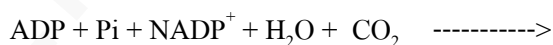
A และ B หมายถึงแก๊สชนิดใด

แนวการตอบ A หมายถึง S (ซัลเฟอร์)

B หมายถึง O₂ (ออกซิเจน)

2. จากปฏิกิริยา สาร A น่าจะเป็นสารชนิดใด

คลอโรพลาสต์



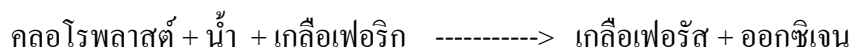
แสงสว่าง

A

แนวการตอบ สาร A คือ C₆H₁₂O₆

3. จากการทดลองของโรบิน ฮิลล์ ดังปฏิกิริยา ไฮโดรเจนที่เกลื่อเฟอริกได้รับนั้นมาจากที่ใด

แสง



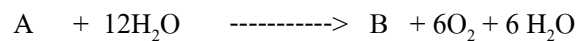
แนวการตอบ ไฮโดรเจนที่เกลื่อเฟอริกได้รับมาจากน้ำ

4. โดยอาศัยข้อมูลเท่าที่ได้จากการทดลองของพริสต์ลีย์ นักเรียนจะตั้งสมมติฐานว่าอย่างไร

แนวการตอบ อากาศสีเขียวช่วยในการเผาไหม้และการหายใจของสัตว์แต่การหายใจของสัตว์และการเผาไหม้ของเทียนไขทำให้เกิดอากาศเสีย

5. จากปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสง

พืชสีเขียว



แสงสว่าง

A และ B หมายถึงสารใดตามลำดับ และถ้าขาด A จะสามารถเกิด B ขึ้นได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

แนวการตอบ A หมายถึง CO_2 และ B หมายถึง $C_6H_{12}O_6$ และถ้าขาด CO_2 จะไม่เกิด $C_6H_{12}O_6$ เพราะขาดแหล่งคาร์บอน

ตอนที่ 2 ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย / หน้าข้อที่เห็นว่าถูก และทำเครื่องหมาย X หน้าข้อที่เห็นว่าผิด

- 1....X.... น้ำหนักของต้นหลิวที่เพิ่มขึ้น มาจากน้ำเพียงอย่างเดียว
- 2....X.... พืชสีเขียวสามารถเปลี่ยนแก๊ส CO_2 เป็นสารอาหารและแก๊ส O_2 ได้ไม่ว่าจะมีแสงสว่างหรือไม่ก็ตาม
- 3.../.... แก๊สที่เกิดจากการลุกไหม้และแก๊สที่เกิดจากการหายใจออกของสัตว์เป็นแก๊สชนิดเดียวกัน ส่วนแก๊สที่ช่วยในการลุกไหม้และใช้ในการหายใจของสัตว์ก็เป็นแก๊สชนิดเดียวกัน
- 4.../.... แบคทีเรียบางชนิดสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้โดยไม่ใช้น้ำแต่ใช้ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)
- 5....X.... แก๊สออกซิเจนที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง มาจากโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์
- 6.../.... เมื่อคลอโรพลาสต์ได้รับพลังงานจากแสง และมีสารรับอิเล็กตรอนอยู่ด้วย น้ำก็จะแตกตัวให้ออกซิเจนได้โดยไม่ต้องมีคาร์บอนไดออกไซด์
- 7....X.... พืชจะให้ $\text{NADPH}+\text{H}^+$ และ O_2 เมื่อได้รับ แก๊ส CO_2
- 8....X.... ปัจจัยในการสังเคราะห์น้ำตาล คือ ATP , $\text{NADPH}+\text{H}^+$ และ PGA
- 9.../.... เมื่อสารสีได้รับพลังงานจากแสง และมีสารรับอิเล็กตรอนอยู่ด้วย น้ำก็จะแตกตัวให้ออกซิเจนได้
- 10.../.... ถ้าทำการทดลองผ่านแสงเข้าไปในของผสมซึ่งมีเกลียวเฟอร์ริกและคลอโรพลาสต์ที่สกัดออกมาจากผักโขม ปรากฏว่า เกลียวเฟอร์ริกเปลี่ยนเป็นเกลียวเฟอร์รัสและมีออกซิเจนเกิดขึ้น

แนวเฉลยแบบทดสอบ

เรื่อง ประวัติการศึกษาค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

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



ยินดีด้วยนะค่ะสำหรับคนที่
ตอบถูก สำหรับคนที่ได้คะแนน
น้อยก็พยายามต่อไป

บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. คู่มือครูวิชาชีววิทยา ว 042. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว. 2536.
- กระทรวงศึกษาธิการ. หนังสือแบบเรียนวิชาชีววิทยา ว 042. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว. 2536.
- ณิชาชน ชื่นชุมพวง. คู่มือเตรียมสอบชีววิทยา ม. 4-5-6 Entrance. กรุงเทพฯ : บริษัท ไอ.คิว. บুকเซนเตอร์จำกัด. 2541.
- พิมพันธ์ เดชะคุปต์. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. กรุงเทพฯ : บริษัทพัฒนาคุณภาพวิชาการ(พว.) จำกัด. 2548.
- พัชรี พิพัฒน์วรกุล. รวมหลักชีววิทยา ม.ปลาย เล่ม 2 (ฉบับสมบูรณ์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซนเตอร์. 2543.
- ราชบัณฑิตยสถาน. ศัพท์พจนานุกรม อังกฤษ-ไทย ไทย-อังกฤษ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ราชบัณฑิตยสถาน. 2546.
- ราชบัณฑิตยสถาน. ศัพท์วิทยาศาสตร์ อังกฤษ-ไทย ไทย-อังกฤษ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน. พิมพ์ครั้งที่ 5.(แก้ไขเพิ่มเติม). กรุงเทพฯ : ราชบัณฑิตยสถาน. 2546.
- Moore, R. and G.B. Begonia. 1995. Leaf photosynthesis, biomass and yield responses of cotton (Gossypium hirsutum L.) to foliar methanol applications. New York, April 20-22, 1995.
- www. sakolraj.ac.th