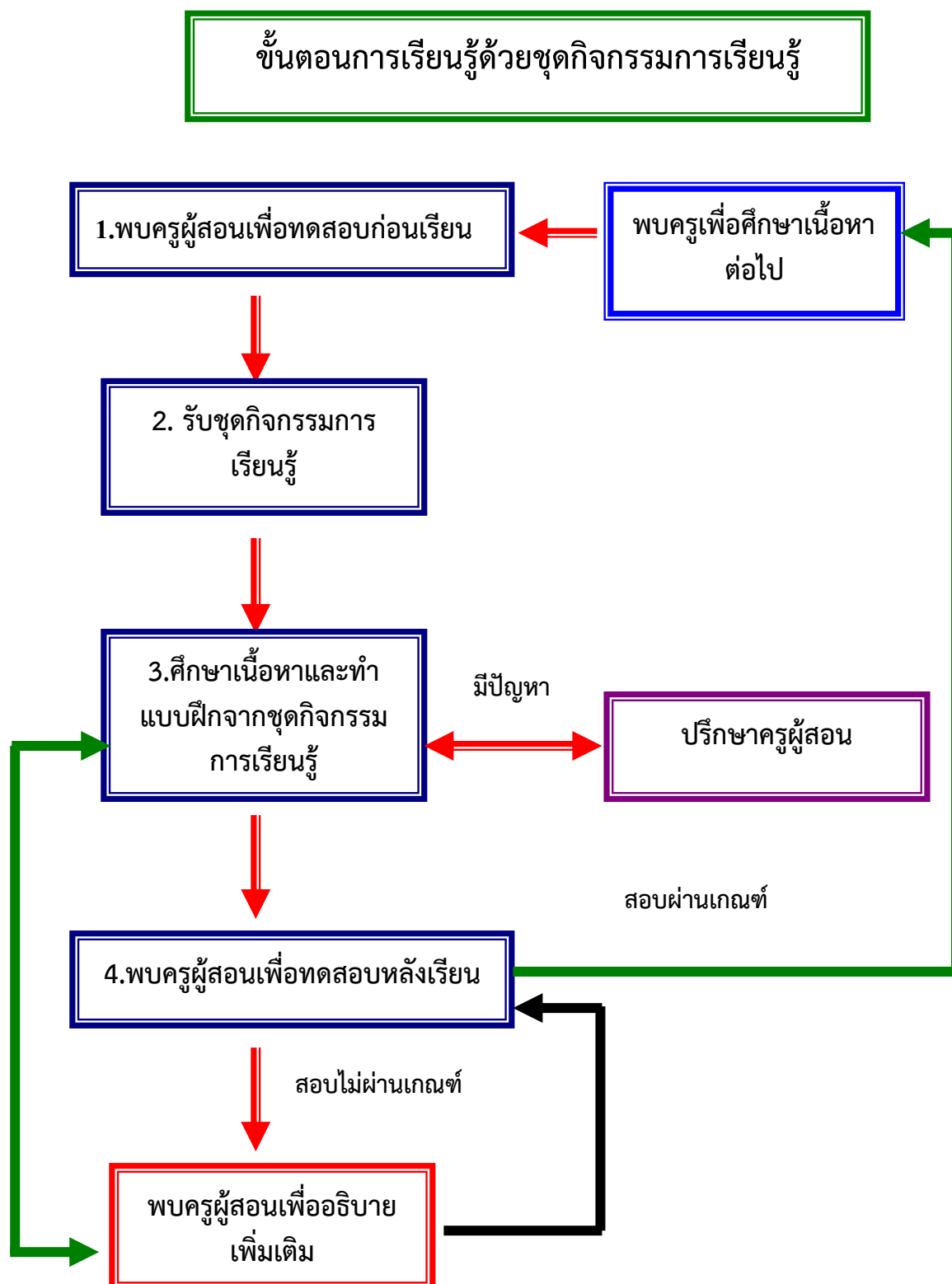




คำชี้แจงในการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้

คำชี้แจงสำหรับครู

1. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เล่มนี้ ใช้สำหรับประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน วิชาชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง คลอโรพลาสต์และสารสี
2. บอกจุดประสงค์ในการใช้บทเรียนสำเร็จรูปให้นักเรียนทราบ
3. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนแล้วศึกษาชุดการสอน ตามขั้นตอน หลังจากนั้นทำแบบทดสอบหลังเรียน
4. ให้นักเรียนศึกษา และแนะนำนักเรียนให้ทำกิจกรรมในบทเรียนด้วยความตั้งใจ ซื่อสัตย์ ไม่เปิดดูเฉลยก่อนทำเสร็จ
5. ให้คำปรึกษา และแนะนำเมื่อนักเรียนต้องการ
6. บันทึกผลคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน เพื่อประเมินความก้าวหน้าแจ้งผลคะแนนให้นักเรียนทราบ

คำชี้แจงสำหรับนักเรียนในการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้

วิธีการศึกษาชุดการสอน

1. ให้นักเรียนอ่านคำชี้แจง และข้อเสนอแนะในการศึกษาชุดกิจกรรมการเรียนรู้
2. ให้นักเรียนอ่านสาระมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังและแนวคิดหลัก
3. ศึกษาเนื้อหา
4. ทำแบบฝึกกิจกรรมแต่ละเนื้อหา แล้วตรวจคำตอบด้วยตนเอง จะทำให้นักเรียนทราบผลการเรียนของตนเองทันทีว่าตอบถูกหรือผิด
5. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน
6. ให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ตามที่กำหนดให้ครบทุกกิจกรรม เพื่อให้การเรียนการสอนบรรลุเป้าหมายตามผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

ข้อเสนอแนะ

1. นักเรียนจะต้องตั้งใจศึกษาเนื้อหาและทำแบบฝึกกิจกรรมด้วยตนเองจนครบ ไม่ควรดูเฉลยก่อนหรือดูขณะทำแบบฝึกกิจกรรม การทำแบบฝึกกิจกรรมจะทำให้นักเรียนได้เรียนรู้ ด้วยตนเอง จนเกิดความเข้าใจในเนื้อหามากขึ้น ทำให้นักเรียนมีความรู้และเกิดความมั่นใจในการประยุกต์นำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องเหมาะสม
2. ให้นักเรียนอ่านเนื้อหาไปตามลำดับโดยไม่ต้องเว้นหน้าไม่ควรเปิดข้ามเนื้อหา เพราะจะทำให้เนื้อหาขาดความต่อเนื่องกัน
3. ถ้ามีคำสั่งหรือคำถามอย่างไร ต้องปฏิบัติตามนั้น
4. ตรวจคำตอบได้ทันทีจากเฉลย ซึ่งอยู่ทางด้านหลังของแบบฝึกกิจกรรม ถ้าตอบถูก ให้นักเรียนศึกษาเนื้อหาต่อไป ถ้าตอบผิดให้ย้อนกลับไปศึกษาเนื้อหาเดิม
5. เมื่อศึกษาชุดกิจกรรมการเรียนรู้แล้ว มีการทดสอบหลังเรียน ให้นักเรียนทดสอบด้วยตนเอง แล้วตรวจคำตอบด้วยตนเองนักเรียนต้องมีความซื่อสัตย์ต่อตนเอง ไม่ควรเปิดดูเฉลยก่อน ก่อนที่นักเรียนจะใช้ความสามารถทำแบบฝึกกิจกรรม และแบบทดสอบหลังเรียน

สาระการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

สาระที่ 1

สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐานช่วงชั้น

สำรวจ ตรวจสอบ อภิปราย และอธิบายการรักษาคุณภาพของพืชและนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันและหาความรู้เพิ่มเติม(ว.1.1-1)

สาระการเรียนรู้

การสืบค้นข้อมูล ออกแบบและทำการทดลอง เพื่อศึกษากระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายสรุปในปฏิบัติการการสังเคราะห์ด้วยแสง

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. เพื่อให้นักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลและอธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างของคลอโรพลาสต์
2. เพื่อให้นักเรียนสามารถอภิปรายและสรุปการดูดกลืนแสงของสารสีต่าง ๆ ที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

แบบทดสอบก่อนเรียน

เรื่อง คลอโรพลาสต์และสารสี

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. รงควัตถุชนิดใดที่พบในพืชทุกชนิด

- ก. คลอโรฟิลล์ ซี
- ข. ไฟโคบิลิน
- ค. แบคทีริโอคลอโรฟิลล์
- ง. แคโรทีนอยด์

2. แสงสีแดงและแสงสีน้ำเงิน ทำให้เกิดอัตราสังเคราะห์แสงมากกว่าแสงสีอื่นๆ เพราะสาเหตุใด

- ก. แสงสีแดงและแสงสีน้ำเงินทำปฏิกิริยาได้ดีกับ CO_2 มากกว่าแสงสีอื่น
- ข. แสงสีแดงและแสงสีน้ำเงินส่งมายังพื้นโลกมากกว่าแสงสีอื่น
- ค. คลอโรฟิลล์ดูดกลืนแสงสีแดงและสีน้ำเงินมากกว่าแสงสีอื่น
- ง. แสงสีแดงและแสงสีน้ำเงินมีพลังงานมากกว่าแสงสีอื่น

3. คลอโรฟิลล์มักจะอยู่บริเวณใดของคลอโรพลาสต์

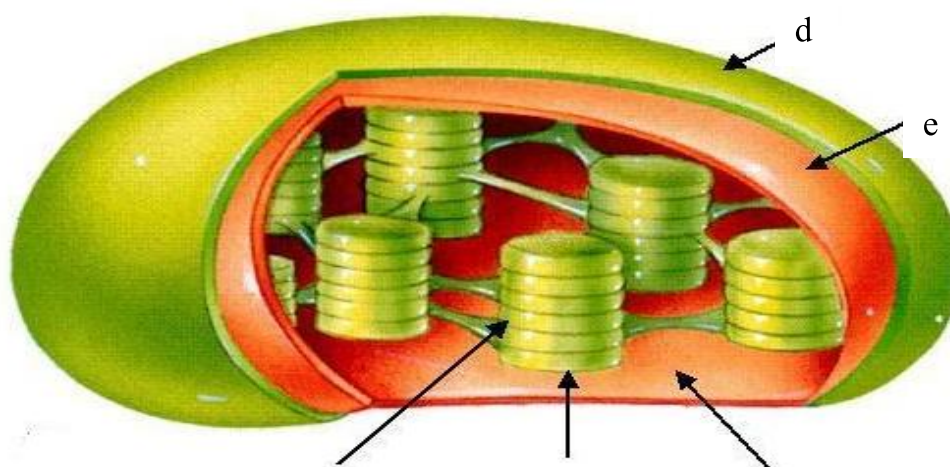
- ก. สโตรมา
- ข. ไทลาคอยด์
- ค. เซลล์ไมโทคอนเดรีย
- ง. ทั้งบริเวณสโตรมาและไทลาคอยด์

4. ไฟโคบิลินเป็นรงควัตถุประกอบในการสังเคราะห์ด้วยแสง และพบในสิ่งมีชีวิตชนิดใด

- ก. สาหร่ายสีเขียว สาหร่ายสีแดง
- ข. สาหร่ายสีแดง สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว
- ค. สาหร่ายสีแดง สาหร่ายสีน้ำตาล
- ง. สาหร่ายสีน้ำตาล สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว

5. สารสีใดบ้างที่พบเฉพาะในพืชและสาหร่ายสีเขียว

- ก. คลอโรฟิลล์ เอ
- ข. คลอโรฟิลล์ บี
- ค. แคโรทีนอยด์
- ง. ไฟโคบิลิน



6. โครงสร้างของคลอโรพลาสต์ใด ^a ไม่ความสัมพันธ์กับแสง ^b และ ^c

- ก. a-สโตรมา
- ข. b-ไทลาคอยด์
- ค. c-อินเนอร์เมมเบรน
- ง. d-กรานุม

7. กระบวนการและแหล่งที่เกิดในเซลล์พืชข้อใดไม่สัมพันธ์กัน

- ก. วัฏจักรคัลวิน-สโตรมา ไทลาคอยด์
- ข. การถ่ายทอดอิเล็กตรอน-กรานุม
- ค. ปฏิกริยาที่ต้องใช้แสง-ไทลาคอยด์
- ง. ปฏิกริยาที่ไม่ต้องใช้แสง-สโตรมา

8. รงควัตถุใดที่อยู่ในสารละลายเขียวแกมน้ำเงิน รับแสงที่มีความยาวคลื่น 550-615 นาโนเมตร

- ก. แคโรทีน (Carotene)
- ข. แซนโทฟิลล์ (Xanthophyll)
- ค. ไฟโคอีรีทริน (Phycoerythrin)
- ง. ไฟโคไซยานิน (Phycocyanin)

9. ลักษณะที่ไม่ละลายน้ำและแอลกอฮอล์ แต่สามารถละลายในไขมัน เอธิลเอเทอร์และคลอโรฟอร์ม พบในรงควัตถุ

- ก. แคโรทีน (Carotene)
- ข. แซนโทฟิลล์ (Xanthophyll)
- ค. ไฟโคอีรีทริน (Phycoerythrin)
- ง. ไฟโคไซยานิน (Phycocyanin)

10. บริเวณstroma ของคลอโรพลาสต์ เป็นแหล่งที่เกิดปฏิกิริยาเคมีประเภทใด

- ก. respiratory chain
- ข. dark reaction
- ค. glycolysis
- ง. non-cyclic electron transfer

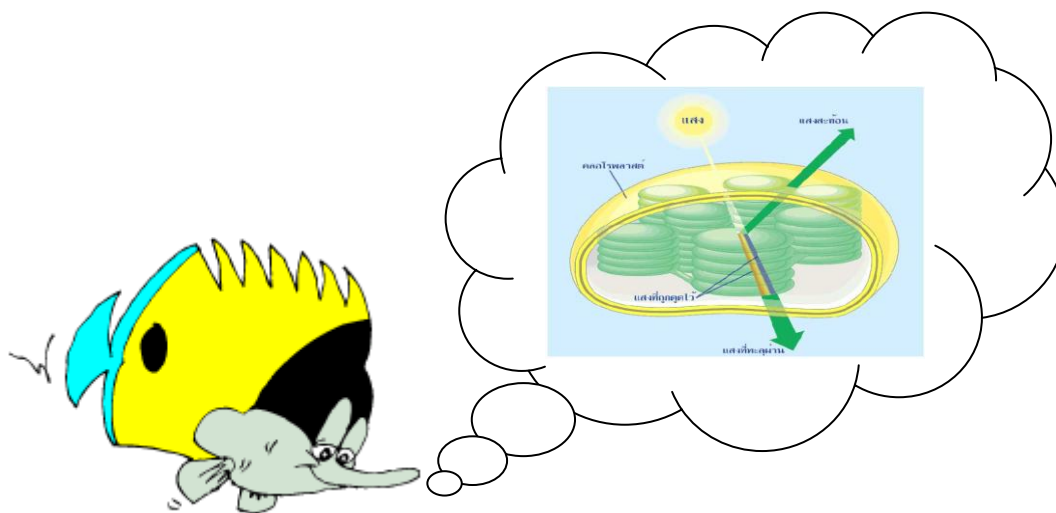
11. ถ้าไม่ต้องการให้มีตะไคร่น้ำขึ้นจับอยู่ที่ตู้เลี้ยงปลา ควรจะติดไฟสีอะไรเหนือตู้เลี้ยงปลานี้

- ก. แดง
- ข. น้ำเงิน
- ค. ฟ้ำ
- ง. เขียว

12. แสงสีแดงและแสงสีน้ำเงิน ก่อให้เกิดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงมากกว่าแสงสีอื่นๆเนื่องจากสาเหตุใด

- ก. แสงสีแดงและแสงสีน้ำเงินส่งมายังพื้นโลกมากกว่าแสงสีอื่น
- ข. แคโรทีนอยด์ไม่สามารถดูดกลืนแสงสีแดงและสีน้ำเงิน
- ค. คลอโรฟิลล์ดูดกลืนแสงสีแดงและสีน้ำเงินได้มากกว่าแสงสีอื่น
- ง. พลังงานจากแสงสีแดงและสีน้ำเงิน สามารถกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ATP

synthetase



บัตรเนื้อหา

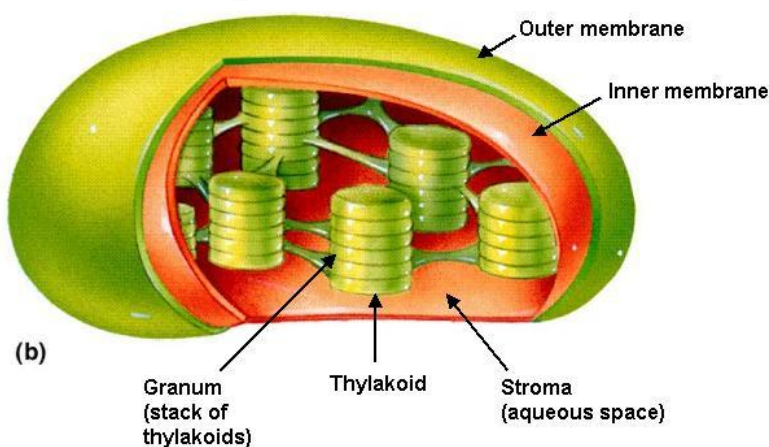
คลอโรพลาสต์และสารสี

1. โครงสร้างของคลอโรพลาสต์

จากการที่ศึกษาด้วยการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนและเทคนิคต่างๆ ทำให้เราทราบรายละเอียดเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของคลอโรพลาสต์มากขึ้น คลอโรพลาสต์ส่วนใหญ่ของพืชจะมีรูปร่างกลมรี มีความยาวประมาณ 5 ไมโครเมตร กว้าง 2 ไมโครเมตร หนา 1-2 ไมโครเมตร ในเซลล์ของแต่ละใบจะมีคลอโรพลาสต์มากน้อยแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของเซลล์และชนิดของพืช

Randy Moore, Dennis Clark, and Darrell Vodopich; Botany Visual Resource Library © 1998 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

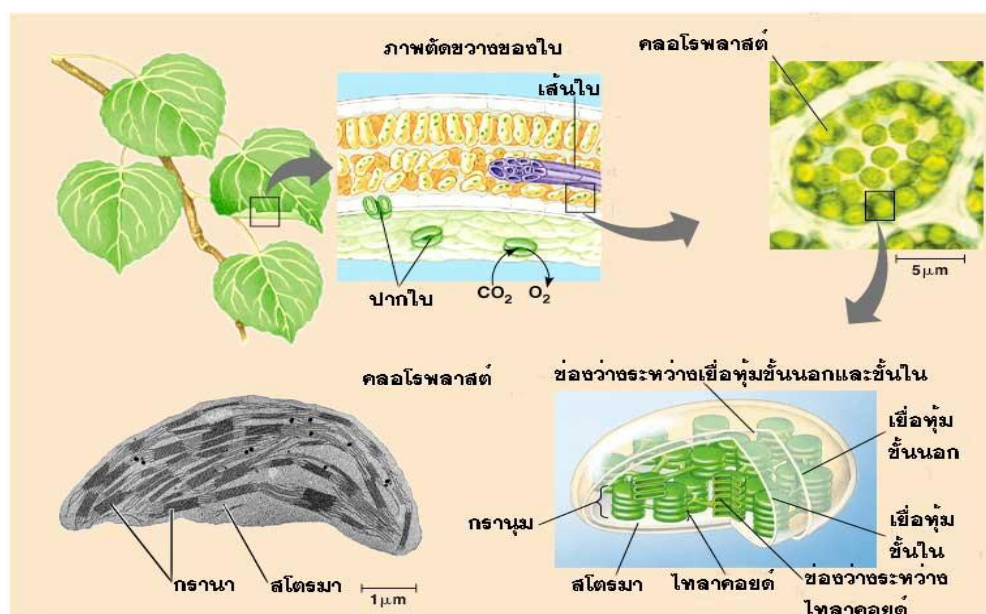
Three-dimensional Model of Chloroplast Membranes



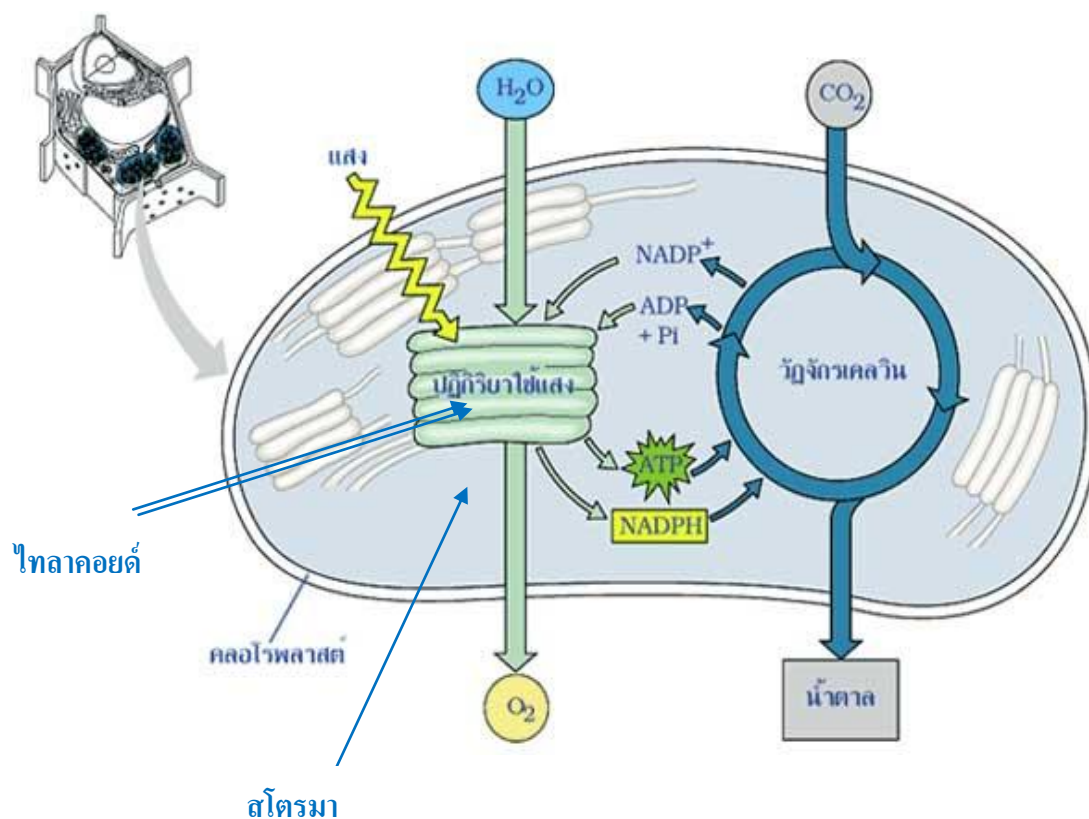
ที่มา <http://student.nu.ac.th/u46410288/chloplast.htm>

คลอโรพลาสต์ ประกอบด้วยเยื่อหุ้ม 2 ชั้น ภายในมีของเหลวเรียกว่า สโตรมา มีเอนไซม์ที่จำเป็นสำหรับกระบวนการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในการสังเคราะห์ด้วยแสงนอกจากนี้ด้านในของคลอโรพลาสต์ ยังมีเยื่อไทลาคอยด์ ส่วนที่พับทบซ้อนไปมาเรียกว่า กรานุม และส่วนที่ไม่พับซ้อนกันอยู่เรียกว่า สโตรมาลาเมลลา สารสีทั้งหมดและคลอโรฟิลล์จะอยู่บนเยื่อไทลาคอยด์มีช่องเรียก ลูเมน ซึ่งมีของเหลวอยู่ภายใน นอกจากนี้ภายในคลอโรพลาสต์ยังมี DNA RNA และไรโบโซม

อยู่ด้วย ทำให้คลอโรพลาสต์สามารถจำลองตัวเองขึ้นมาใหม่และผลิตเอนไซม์ไว้ใช้ในคลอโรพลาสต์ในคลอโรพลาสต์เองได้คล้ายกับไมโทคอนเดรียในเซลล์ของใบแต่ละเซลล์จะมีคลอโรพลาสต์ตั้งแต่จำนวนสิบขึ้นไปถึงจำนวนร้อยๆ คลอโรพลาสต์ขึ้นกับชนิดของพืช คลอโรพลาสต์เป็นออร์แกเนลล์มีเยื่อหุ้มชนิดที่เรียกว่า **ยูนิกเมมเบรน** หรือมีเยื่อ 2 ชั้น เยื่อหุ้มชั้นในจะแผ่เข้าไปข้างในกลายเป็นโครงสร้างย่อยๆ ที่ประกอบด้วยเยื่อบางๆ เรียกว่า **ลามลลา(lamella)** ซึ่งถูกล้อมรอบด้วยของเหลวไม่มีสีเรียกว่า **สโตรมา(stroma)** ลามลลามีลักษณะเป็นแผ่นกลมๆ บางๆ เรียงซ้อนกันเป็นตั้ง เรียกทั้งตั้งนี้ว่า **กรานุม(granum)** และลามลลาแต่ละแผ่นในกรานุมเรียกว่า **ไทลาคอยด์(Thylakoid)** ในคลอโรพลาสต์เต็มไปด้วยกรานุมที่กระจายอยู่ทั่วไป คลอโรพลาสต์ที่เจริญเต็มที่แล้วประกอบด้วยกรานุม 40-60 กรานุม ต่อ 1 คลอโรพลาสต์ ส่วนของลามลลาที่เชื่อมระหว่าง กรานุม เรียกว่า **สโตรมาลามลลา(Stroma lamella)** หรือ **สโตรมาไทลาคอยด์ (stroma thylakoid)** ส่วนลามลลาหรือไทลาคอยด์ที่ซ้อนกันเป็นตั้งกรานุมเรียกว่า **กรานุมไทลาคอยด์ (granum thylakoid)** ส่วนของลามลลาประกอบด้วยเยื่อหุ้ม 2 ชั้น ซึ่งมีคลอโรฟิลล์และรงควัตถุอื่นๆ เช่น แคโรทีนอยด์(carotenoids) ฝังอยู่บนแผ่นไทลาคอยด์ และมีแกรนูลอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งมีขนาดแตกต่างกันมาก สำหรับแกรนูลที่มีขนาดใหญ่ภายในมีกลุ่มของรงควัตถุระบบแสง I และขบวนการระบบแสง II แกรนูลเหล่านี้จึงทำหน้าที่รับพลังงานแสง ทำให้อิเล็กตรอนมีพลังงานสูงขึ้น สำหรับแกรนูลขนาดเล็กน่าจะเป็นที่อยู่ของเอนไซม์ชนิดต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนในปฏิกิริยาที่ใช้แสง นั่นคือเยื่อหุ้มลามลลาหรือเยื่อหุ้มไทลาคอยด์ เป็นที่อยู่ของระบบแสงที่ใช้ในการดูดพลังงานแสง



สรุปได้ว่า ปฏิกิริยาแสงเกิดในคลอโรพลาสต์บริเวณไทลาคอยด์ ส่วนปฏิกิริยาตรึงคาร์บอนไดออกไซด์เกิดในสโตรมา ดังแผนภาพ



2.สารสีในปฏิกิริยาแสง

สารสีที่พบในสิ่งมีชีวิตที่สังเคราะห์แสงมีได้หลายชนิด พืชและสาหร่ายซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตประเภทยูคาริโอตสารสีต่างๆจะอยู่ในคลอโรพลาสต์ แต่ไซยาโนแบคทีเรียและกรีนแบคทีเรียจะพบสารสีต่างๆ และศูนย์กลางปฏิกิริยาแสงแทรกอยู่ในเยื่อหุ้มเซลล์ หรือองค์ประกอบอื่นที่เปลี่ยนแปลงมาจากเยื่อหุ้มเซลล์ โดยมีส่วนของเยื่อหุ้มเซลล์ที่ยื่นเข้าไปในไซโทพลาซึมทำหน้าที่แทนเยื่อชั้นในของคลอโรพลาสต์ ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง คลอโรพลาสต์เป็นออร์แกเนลล์ที่ทำหน้าที่นี้จะต้องมีรงควัตถุที่ใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง ได้แก่ คลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์ และ ไฟโคบิลิน ในเซลล์โพรทิสต์บางชนิดที่สังเคราะห์ด้วยแสงได้และเซลล์พืชต่างมีรงควัตถุแตกต่างกันออกไป ดังตาราง

ตารางแสดงรงควัตถุที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงในสิ่งมีชีวิตต่างๆ

	<u>คลอโรฟิลล์</u> a b c d	<u>แคโรที</u> <u>นอยด์</u>	<u>ไฟโคบิลิน</u>	<u>แบคทีริโอ</u> <u>คลอโรฟิลล์</u> a b c d
แบคทีเรียที่สังเคราะห์ด้วยแสงได้	-- -- -- --	+	--	+ -- ++
สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน	+ -- -- --	+	+	-- -- -- --
สาหร่ายสีแดง	+ -- + --	+	+	+ -- -- --
สาหร่ายสีน้ำตาล	+ -- + --	+	--	-- -- -- --
สาหร่ายสีเขียว	+ + -- --	+	--	-- -- -- --
พืชมีดอก	+ + -- --	+	--	-- -- -- --

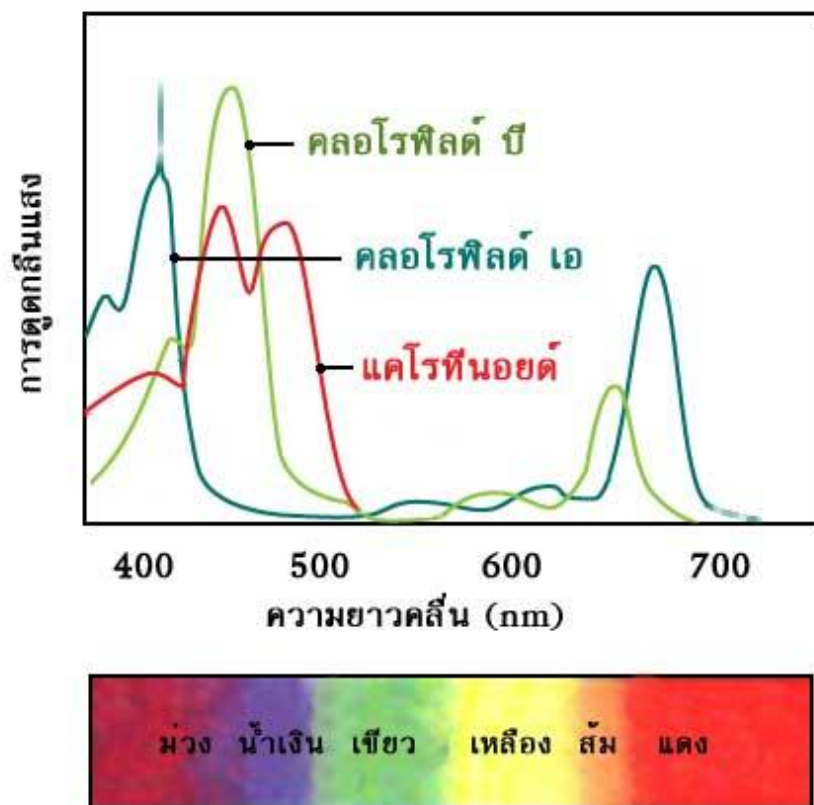
จากตารางสรุปได้ว่า

พืชทุกชนิด จะมีคลอโรฟิลล์ a และ b

- คลอโรฟิลล์ที่มีอยู่ในพืชและสาหร่ายทุกชนิด คือคลอโรฟิลล์ a
- รงควัตถุ (pigments) ที่มีอยู่ทั้งในพืช สาหร่าย และแบคทีเรียที่สังเคราะห์ด้วยแสงได้ คือแคโรทีนอยด์ (Carotenoid)
- รงควัตถุที่พบเฉพาะในสาหร่ายสีแดง และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ไม่พบในพืชและสาหร่ายชนิดอื่น คือ ไฟโคบิลิน
- แบคทีริโอคลอโรฟิลล์ สามารถพบได้ในสาหร่ายสีแดงและแบคทีเรียที่สังเคราะห์ด้วยแสงได้ แบคทีเรียที่สังเคราะห์ด้วยแสงได้ จะมีรงควัตถุที่เรียกว่า แบคทีริโอคลอโรฟิลล์ a,c และ d (แบคทีเรียส่วนใหญ่สังเคราะห์ด้วยแสงได้ดีในช่วงคลื่นแสงอินฟราเรด คลอโรฟิลล์ (Chlorophyll))

คลอโรฟิลล์ทำหน้าที่ดูดกลืนแสงได้ดีในช่วงของความยาวคลื่น โดยเฉพาะในช่วงแถบสีม่วงและสีน้ำเงิน คลอโรฟิลล์ดูดพลังงานแสงได้ดีที่สุด ช่วงคลื่นที่ดูดพลังงานแสงได้รองลงมาคือ แถบแสงสีแดง ส่วนแถบแสงสีเขียวดูดได้น้อยที่สุดและปล่อยแถบแสงสีเขียวออกมามากที่สุด จึงทำให้มองเห็นคลอโรฟิลล์มีสีเขียว การทดลองวัดปริมาณการดูดพลังงานแสงจากแสงสีต่างๆทำได้โดยสกัดเอาคลอโรฟิลล์ออกจากใบไม้แล้วผ่านแสงแต่ละสีเข้าไปในสารละลาย

คลอโรฟิลล์วัดปริมาณแสงที่คลอโรฟิลล์รับเอาไว้ นำผลที่วัดได้ไปเขียนกราฟแสดงการดูดกลืนแสงของคลอโรฟิลล์



จากกราฟสรุปได้ว่า

- คลอโรฟิลล์ a รับแสงสีม่วง และสีแดงได้ดีที่สุดตามลำดับ
 - คลอโรฟิลล์ b รับแสงสีน้ำเงิน และสีแดงได้ดีที่สุด
 - แคโรทีนอยด์ รับแสงสีน้ำเงินและเขียวได้ดีที่สุด
- ทั้งคลอโรฟิลล์ a และ b จับแสงสีเขียวได้น้อยที่สุด

คลอโรฟิลล์ a มีสีเขียวแกมน้ำเงิน พบในพืชและสาหร่ายทุกชนิด มีสูตร $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$ เป็นสารที่ละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ เช่น ethyl alcohol, ethyl eter, acetone และ chloroform แต่ไม่ละลายน้ำ เป็นคลอโรฟิลล์ที่มีความสำคัญที่สุดในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เนื่องจากสามารถนำพลังงานแสงที่ได้รับไปใช้ได้โดยตรง แต่วัสดุอื่นๆ ไม่สามารถนำไปใช้ได้โดยตรง ต้องถ่ายทอดให้กับคลอโรฟิลล์ a อีกทอดหนึ่งจึงสามารถนำไปใช้ได้

คลอโรฟิลล์ a ไม่ใช่รงควัตถุชนิดเดียวที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง แต่คลอโรฟิลล์ b เท่านั้นที่เกี่ยวข้องโดยตรงในปฏิกิริยาสังเคราะห์ด้วยแสงแบบใช้แสง ซึ่งเปลี่ยน

พลังงานแสงให้เป็นพลังงานเคมี รังควัตถุชนิดอื่นๆสามารถดูดพลังงานแสงและส่งต่อให้คลอโรฟิลล์ a ได้ ได้แก่ คลอโรฟิลล์ b แคโรทีนอยด์ เป็นต้น

คลอโรฟิลล์ a จะดูดคลื่นแสงช่วง 420 nm, 600 nm ในตัวทำละลาย และดูดคลื่นช่วง 435 nm และระหว่าง 670 กับ 700 nm ภายในเซลล์ คือ ดูดแถบแสงสีม่วงน้ำเงินได้ดีที่สุด รองลงมาคือแสงสีแดง (แบบที่เรียกดูดพลังงานแสงในช่วงคลื่นแถบรังสี infrared ได้ดีที่สุด)

คลอโรฟิลล์ b มีสูตร $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$ พบในพืชทุกชนิดและสาหร่ายสีเขียว โดยจะรวมอยู่กับคลอโรฟิลล์ a

คลอโรฟิลล์ c มีสีเขียว พบในสาหร่ายสีน้ำตาล และสาหร่ายสีน้ำตาลแกมเหลือง

คลอโรฟิลล์ d มีสีเขียว พบในสาหร่ายสีแดง

คลอโรฟิลล์ b มีโครงสร้างคล้ายกับคลอโรฟิลล์ a โครงสร้างที่ต่างกัน เล็กน้อย ทำให้รงควัตถุสองชนิดนี้มีการดูดแสงที่ความยาวคลื่นต่างกันเล็กน้อย คลอโรฟิลล์ a มีสีเขียวอมน้ำเงิน แต่คลอโรฟิลล์ b มีสีเขียวอมเหลือง

รงควัตถุในคลอโรพลาสต์ที่สามารถดูดแสงสว่างได้ มิใช่จะมีแต่คลอโรฟิลล์เพียงอย่างเดียว รงควัตถุอย่างอื่น เช่น แคโรทีนอยด์ และ ไฟโคบิลิน ก็สามารถจับแสงสว่างได้ แต่ทำการสังเคราะห์ด้วยแสงเองไม่ได้ ต้องถ่ายทอดพลังงานให้คลอโรฟิลล์ก่อน แล้วคลอโรฟิลล์ก็จะนำพลังงานดังกล่าวไปใช้ในปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสง ในสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินยังไม่มีคลอโรพลาสต์ แต่มีคลอโรฟิลล์ สำหรับสาหร่ายชนิดอื่น และในพืชอื่นก็มีคลอโรพลาสต์ ถึงแม้สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินจะไม่มีคลอโรพลาสต์ แต่ก็มีสารประกอบต่างๆที่จำเป็นในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงกระจายอยู่ในไซโทพลาซึม จึงสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้

แคโรทีนอยด์ (Carotenoids)

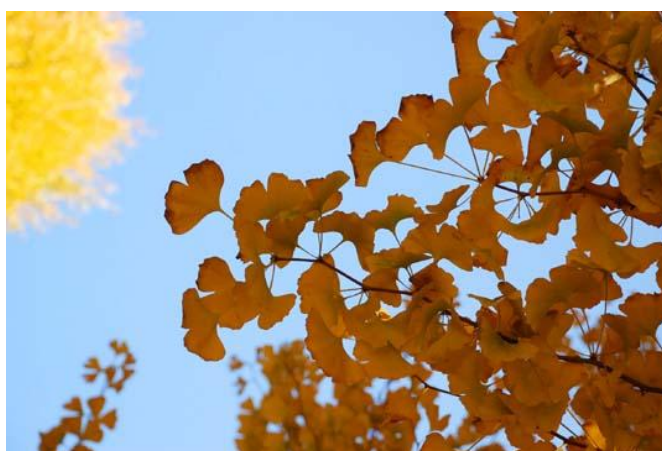
แคโรทีนอยด์เป็นสารประกอบจำพวกไขมัน มีอยู่ในสิ่งมีชีวิตทุกชนิดที่สังเคราะห์ด้วยแสงได้ เช่น ในพืช สาหร่ายและแบคทีเรียที่สังเคราะห์ด้วยแสงได้ (Green sulphur bacteria และ Purple sulphur bacteria) พบมากที่ดอกไม้นี้ ผลไม้สุก หรือใบไม้ที่แก่จนจะร่วง ประกอบด้วยรงควัตถุ 2 ชนิด คือ

1. แคโรทีน (Carotene) เป็นรงควัตถุสีแดงส้ม มีสูตร $C_{40}H_{56}$ ไม่ละลายน้ำและแอลกอฮอล์ แต่สามารถละลายในไขมัน เอธิลเอเทอร์และคลอโรฟอร์ม แคโรทีนของพืชสามารถถูกสังเคราะห์ต่อไปเป็นวิตามิน A ในร่างกายของสัตว์ได้ พบได้ในพืชและสาหร่ายทุกชนิด



ที่มา : www.fujifilm.co.th/forum/showthread.php?t=4742

2. แซนโทฟิลล์ (Xanthophyll) เป็นรงควัตถุสีเหลืองเข้ม หรือสีเหลืองแกมน้ำตาล ไม่ละลายน้ำแต่สามารถละลายได้ในเอซิลแอลกอฮอล์ และเอทิลอีเทอร์ พบในพืชโดยทั่วไป และสาหร่ายทุกชนิด



ที่มา : <http://gotoknow.org/file/mitochondria/YellowLeaf4.jpg>

แคโรทีนอยด์ไม่ได้มีบทบาทในการสังเคราะห์ด้วยแสงโดยตรง แต่เป็นตัวรับพลังงานจากแสงแล้วส่งต่อไปให้กับคลอโรฟิลล์ เพื่อใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงอีกต่อหนึ่ง หากพืชชนิดใดมีเฉพาะแคโรทีนอยด์อยู่เพียงอย่างเดียวโดยไม่มีคลอโรฟิลล์ พืชนั้นจะสังเคราะห์ด้วยแสงไม่ได้ เพราะหน้าที่ของแคโรทีนอยด์มีเพียงรับพลังงานจากแสงแล้วส่งต่อไปให้คลอโรฟิลล์เท่านั้น การสังเคราะห์แสงไม่สามารถเกิดที่โมเลกุลของแคโรทีนอยด์ เพราะเกิดพลังงานไม่เพียงพอ แคโรทีนอยด์ยังมีอยู่ในรูปพลาสติกอื่นๆ เช่น โครโมพลาสต์ ที่อยู่ในส่วนต่างๆ ของพืชที่มีสี เช่น ดอกไม้สีเหลือง หัวแครอท ผลมะเขือเทศสุก เป็นต้น นอกจากนี้ในพืชแล้ว ยังอาจมีอยู่ในเซลล์ของสัตว์ได้ เช่น ในเซลล์ที่มีสีชมพูของมันกุ้ง เป็นต้น



ที่มา <http://www.thaimtb.com/webboard/291/145923-43.jpg>

<http://sci.chandra.ac.th/departement/hhold/images/furits/carrot.jpg>

ไฟโคบิลิน (Phycobilin)

ไฟโคบิลิน เป็นรงควัตถุที่มีคุณสมบัติแตกต่างจากคลอโรฟิลล์และรงควัตถุประกอบชนิดอื่น คือ ละลายน้ำได้ มีอยู่เฉพาะในสาหร่ายสีแดงและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ประกอบด้วยรงควัตถุ 2 ชนิดคือ

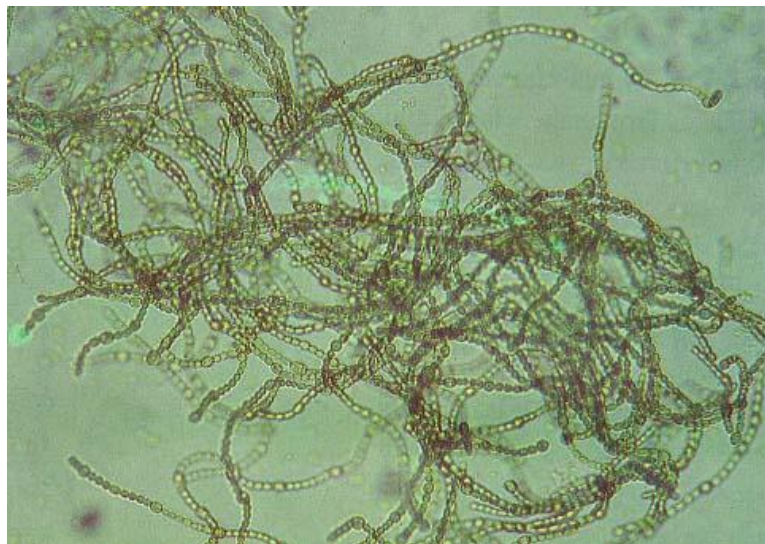
- ไฟโคอีริทริน (Phycoerythrin) เป็นรงควัตถุสีแดง มีอยู่ในสาหร่ายสีแดง จะรับแสงสีเขียวที่มีความยาวคลื่นประมาณ 495-565 นาโนเมตรไว้ได้มากที่สุด



สาหร่ายสีแดง

ที่มา http://www.thaigoodview.com/library/contest2551/science04/17/2/ThaiGoodView/rhodophyta/22_14B.gif

- ไฟโคไซยานิน (Phycocyanin) เป็นรงควัตถุสีน้ำเงิน มีอยู่ในสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน รับแสงที่มีความยาวคลื่น 550-615 นาโนเมตร ได้มากที่สุด

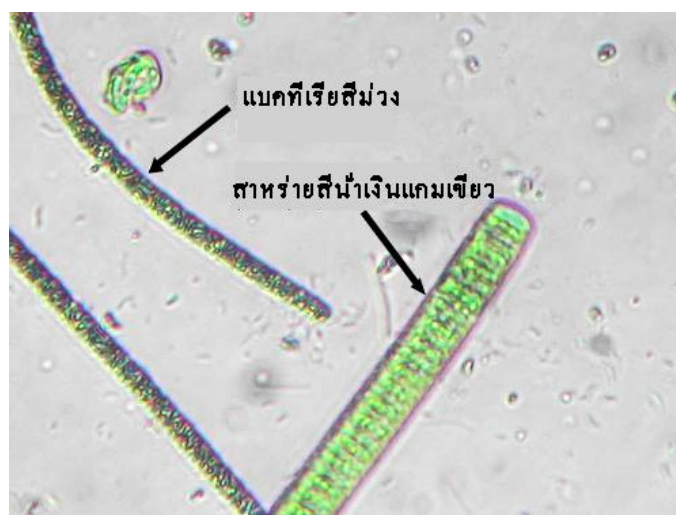


สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

ที่มา : http://ntbiology.212cafe.com/user_blog/ntbiology/monera2.JPG

แบคทีเรียคลอโรฟิลล์ (Bacteriochlorophyll)

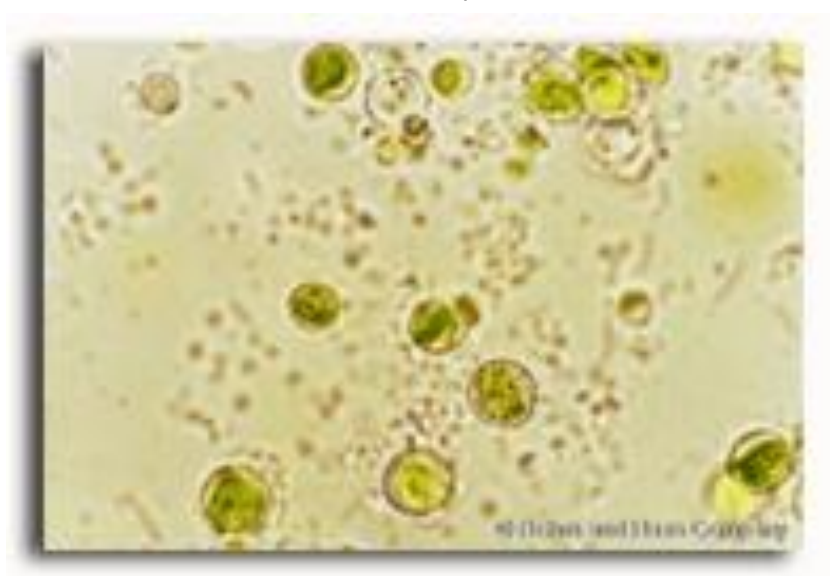
แบคทีเรียคลอโรฟิลล์ เป็นรงควัตถุสีเขียวคล้ายคลอโรฟิลล์ a แต่เนื่องจากมีรงควัตถุพวกแคโรทีนอยด์ หุ้มอยู่ข้างนอกอีกทีหนึ่ง จึงเห็นเป็นสีแดงหรือสีม่วง หรือสีเหลือง พบในแบคทีเรียชนิด Purple sulphur bacteria



ที่มา : <http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/150charles-darwin/images/purple%20sulfur%20bacteria%20and%20cyanobacteria.jpg>

สำหรับแบคทีเรียชนิด Green sulphur bacteria มีรงควัตถุที่เรียกว่า แบคทีริโอไวรีดิน (Bacterioviridin) ซึ่งเป็นรงควัตถุซึ่งมีโครงสร้างเหมือนกับแบคทีริโอคลอโรฟิลล์ แต่ไม่มีแคโรทีนอยด์หุ้ม จึงเห็นเป็นสีเขียว

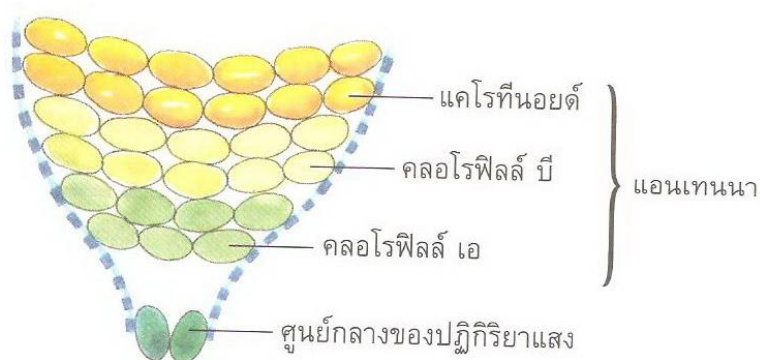
หากพืชมีรงควัตถุหลายชนิดจะมีประโยชน์ในการรับช่วงคลื่นแสงสีต่างๆที่แตกต่างกันได้มากขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพในการสังเคราะห์ด้วยแสงดีขึ้น มีการทดสอบการสังเคราะห์ด้วยแสงของสาหร่ายไปโรโกราในช่วงความยาวคลื่นต่างๆพร้อมกับใช้แบคทีเรียเป็นตัวชี้



ที่มา :

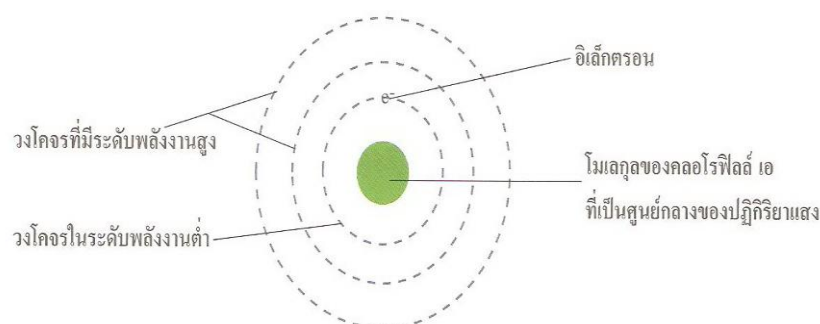
http://4.bp.blogspot.com/_AiRpDPzx2BY/SofOyQ3pRAI/AAAAAAAAAAM/MWU78_OzA60/s320/chlorella1%255B1%255D.gif

สารสีเหล่านี้ทำหน้าที่รับพลังงานแสงแล้วส่งต่อไปให้คลอโรฟิลล์ เอ ที่เป็น **ศูนย์กลางปฏิกิริยาของระบบแสง(reaction center)** อีกต่อหนึ่ง กลุ่มสารสีที่ทำหน้าที่รับพลังงานแสงแล้วส่งต่อไปให้คลอโรฟิลล์ เอ ซึ่งเป็นศูนย์กลางของปฏิกิริยาเรียกว่า **แอนเทนนา (antenna)**



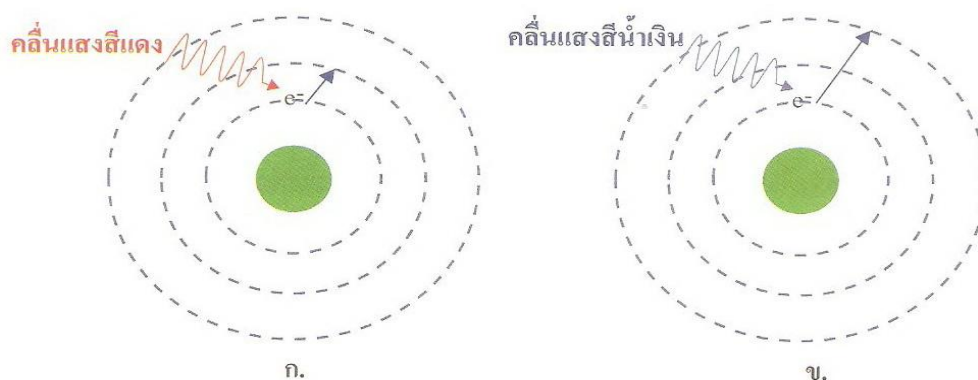
ภาพแอนเทนนาและศูนย์กลางของปฏิกิริยาแสง

โมเลกุลของคลอโรฟิลล์จะมีกลุ่มหมอกของอิเล็กตรอนโคจรรูรอบ ดังภาพ



การดูดกลืนแสงจะเกิดขึ้นได้เมื่อคลื่นแสงนั้นๆ สามารถทำให้อิเล็กตรอนในกลุ่มหมอกที่โคจรรูรอบโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ สามารถเปลี่ยนวงโคจรจากวงโคจรที่มีระดับพลังงานต่ำไปยังวงโคจรที่มีระดับพลังงานสูงขึ้น

การที่คลอโรฟิลล์ที่เป็นศูนย์กลางของปฏิกิริยาแสงสามารถดูดกลืนแสงสีแดงและแสงสีน้ำเงินได้ เพราะคลื่นแสงสีแดงทำให้อิเล็กตรอนของคลอโรฟิลล์เลื่อนไปยังวงโคจรที่มีพลังงานสูงกว่าเดิม 1 วงโคจร ดังภาพ ก. ส่วนคลื่นแสงสีน้ำเงินมีพลังงานสูงจึงทำให้อิเล็กตรอนของโมเลกุลของคลอโรฟิลล์เลื่อนวงโคจรสูงขึ้นไปถึง 2 วงโคจร ดังภาพ ข.

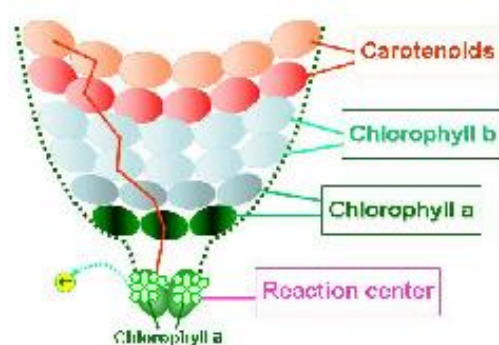


นอกจากแสงสีแดงและแสงสีน้ำเงินแล้ว แสงสีเขียวและแสงสีอื่น ๆ มีพลังงานที่ทำให้ให้อิเล็กตรอนเลื่อนไปอยู่ระหว่างชั้นของวงโคจร ทำให้อิเล็กตรอนเลื่อนชั้นไม่ได้เนื่องจากพลังงานไม่เพียงพอที่จะเลื่อนระดับวงโคจร

อิเล็กตรอนที่เลื่อนระดับของวงโคจรไปอยู่ในระดับของวงโคจรที่มีพลังงานสูงขึ้น จึงเป็นอิเล็กตรอนที่อยู่ในสภาพเร่งเร็ว และสามารถหลุดจากวงโคจรเมื่อมีตัวรับอิเล็กตรอนมารับไว้

สารสีอื่นๆ ไม่สามารถให้อิเล็กตรอนแก่ตัวรับอิเล็กตรอน เพราะพลังงานแสงที่สารสีต่างๆ ได้รับไม่เพียงพอที่จะทำให้อิเล็กตรอนของสารสีนั้นอยู่ในสภาพเร่งเร็ว แต่ทำหน้าที่ เป็นแอนเทนนา รวบรวมพลังงานแสงและส่งต่อไปให้กับคลอโรฟิลล์ เอ ที่เป็นศูนย์กลางของปฏิกิริยาแสงซึ่งเป็นคลอโรฟิลล์ เอ ที่เป็นโมเลกุลพิเศษ ดังแผนภาพ

หน่วยสังเคราะห์แสง (antenna system)



ภาพแอนเทนนาและศูนย์กลางของปฏิกิริยาแสง

เมื่อศูนย์กลางของปฏิกิริยาแสงได้รับพลังงานแสงและพลังงานจากแอนเทนนาเพียงพออิเล็กตรอนก็จะหลุดออกไปและมีสารมารับอิเล็กตรอนดังกล่าวของแดเนียล อาร์โนน ที่ค้นพบว่า NADP^+ เป็นสารที่มารับอิเล็กตรอนในภาวะที่มีคลอโรพลาสต์ และกลายเป็น NADPH





สิ่งที่น่าสนใจคือกระบวนการ
ที่กล่าวนี้เกิดขึ้นที่ส่วนใดของ
คลอโรพลาสต์

ที่เยื่อไทลาคอยด์จะมีกลุ่มของสารสี ซึ่งเรียกว่า แอนเทนนา แต่ละหน่วยประกอบด้วยสารสีต่าง ๆ ประมาณ 300 โมเลกุลสารสีอื่น ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของแอนเทนนาจะรับพลังงานแสงแล้วถ่ายทอดตามลำดับไปยังคลอโรฟิลล์ เอ ที่เป็นศูนย์กลางของปฏิกิริยา

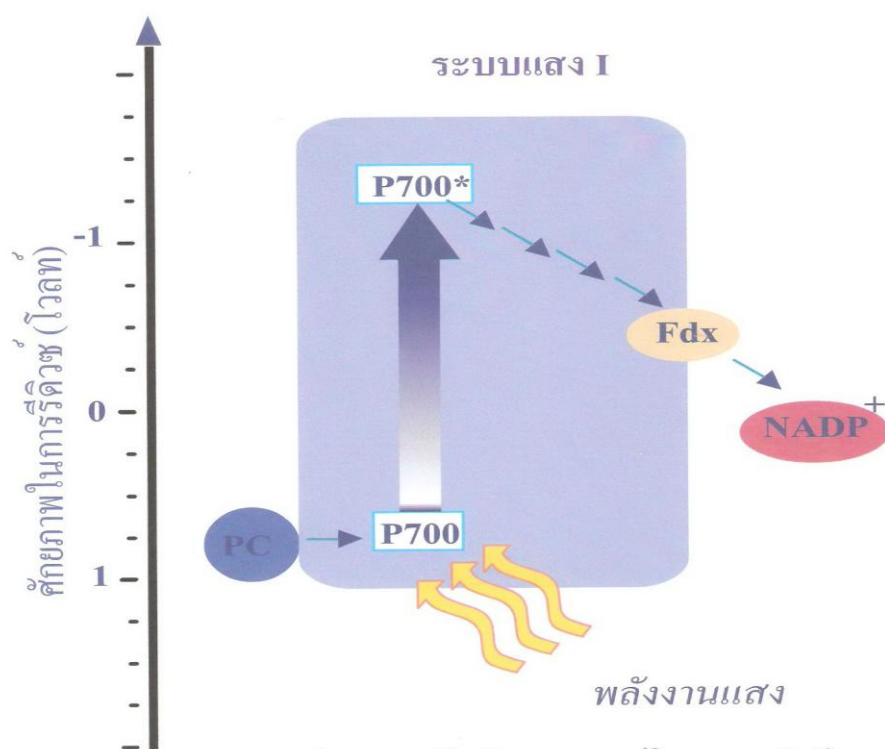
ระบบแสง (photosystem:PS) ประกอบด้วยโปรตีนตัวรับอิเล็กตรอน ตัวถ่ายทอดอิเล็กตรอน และแอนเทนนา ระบบแสง I หรือ PSI เป็นระบบแสงที่มีคลอโรฟิลล์ เอ ซึ่งเป็นศูนย์กลางปฏิกิริยารับพลังงานแสงได้ดีที่สุดที่ความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร จึงเรียกว่า P700 และระบบแสง II หรือ PS II ซึ่งมีคลอโรฟิลล์ เอ ที่เป็นศูนย์กลางปฏิกิริยารับพลังงานแสงได้ดีที่สุดที่ความยาวคลื่น 680 นาโนเมตร เรียกปฏิกิริยาแสงนี้ว่า P680



ระบบแสง I หรือ PSI

ช่วงระบบแสง I หรือ P700 : P700 จะได้รับพลังงานจากแสง ทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกและส่งผ่านไปยังตัวรับอิเล็กตรอนอื่น ๆ ไปยังตัวรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้ายคือ ferredoxin (Fdx) เพื่อนำไปใช้ในการสร้าง NADPH ต่อไป บางส่วนได้รับกลับคืนจากการที่อิเล็กตรอนที่หลุดออกไปวนย้อนกลับคืนมาจากระบบแสง I อิเล็กตรอนอีกส่วนได้รับมาจากระบบแสง II หรือ P680

ในทำนองเดียวกันที่ศูนย์เกิดปฏิกิริยาของระบบแสง I จะได้รับพลังงานแสงที่ถ่ายทอดกันมาจากคลอโรฟิลล์ที่อยู่รอบข้าง เมื่อมีพลังงานพอเหมาะ (ความยาวคลื่นของแสงพอเหมาะ) อิเล็กตรอนจากคลอโรฟิลล์ของระบบแสง I จะหลุดออกไป (แต่ในที่นี้ไม่มีการแตกตัวของน้ำ) โดยมีศักยภาพในการรีดิวซ์สูงกว่าของอิเล็กตรอนที่ถูกกระตุ้นจากระบบแสง II และไหลไปยังตัวพาอิเล็กตรอนอื่นๆ



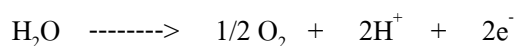
ลูกศรเล็กแสดงถึงทิศทางการไหลของอิเล็กตรอน
ลูกศรใหญ่แสดงถึงการเปลี่ยนศักย์ของอิเล็กตรอน



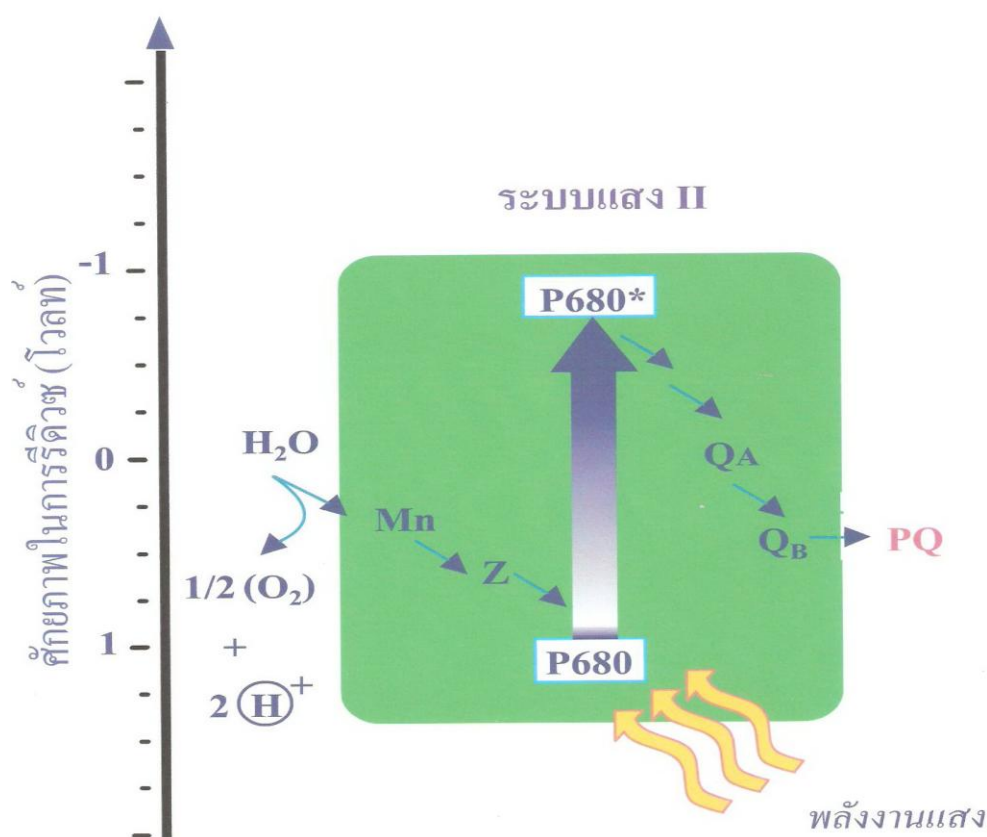
ระบบแสง II หรือ PS II

ช่วงระบบแสง II ขั้นตอนนี้ ที่ศูนย์กลางการเกิดปฏิกิริยาจะได้รับพลังงานจากแสง ทำให้อิเล็กตรอนหลุดออก และน้ำจะถูกทำให้แตกตัว ปล่อยอิเล็กตรอนออกมา และเคลื่อนที่ไปทดแทนอิเล็กตรอนที่หลุดออกไปจาก P680 พลังงานที่ได้รับที่ศูนย์กลางเกิดปฏิกิริยาของระบบแสง II จะทำให้อิเล็กตรอนของคลอโรฟิลล์ มีพลังงานมากขึ้น จนสามารถหลุดออกจากโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ ซึ่งอิเล็กตรอนที่หลุดออกมานี้จะมีศักย์ภาพในการรีดิวซ์หรืออาจเรียกว่ามีศักย์ทางรีดักชันสูงมาก อิเล็กตรอนนี้เคลื่อน (ไหล) ไปยังโมเลกุลที่มีศักย์รีดักชันต่ำกว่าตามลูกโซ่ของการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน (electron transport chain)

การที่อิเล็กตรอนของระบบแสง II ถูกกระตุ้นด้วยแสงจนหลุดออกไปได้ จะทำให้เอนไซม์ (ที่มีแมงกานีสเป็นองค์ประกอบ) ที่อยู่ใกล้กันทำงานดีขึ้นจนสามารถทำให้โมเลกุลของน้ำแตกตัวออกได้ คือออกซิไดส์ให้น้ำกลายเป็นออกซิเจน (O_2) และไฮโดรเจนหรือโปรตอน (H^+) ดังสมการของ Hill



ส่วนอิเล็กตรอนที่ได้จากการแตกตัวของน้ำดังสมการข้างบนนี้จะเข้าไปแทนที่อิเล็กตรอนที่หลุดไปจากระบบแสง II เนื่องจากได้รับพลังงานโฟตอน (หน่วยแสงซึ่งมีพลังงานมาด้วย) จากการถ่ายทอดจากคลอโรฟิลล์ที่อยู่รอบข้าง



ลูกศรเล็กแสดงถึงทิศทางการไหลของอิเล็กตรอน
ลูกศรใหญ่แสดงถึงการเปลี่ยนศักย์ของอิเล็กตรอน

จากการศึกษาของอาร์นอนทำให้นักวิทยาศาสตร์เกิดแนวคิดว่าขั้นตอนของการสังเคราะห์ด้วยแสงอาจแยกออกเป็น 2 ขั้นตอนใหญ่ๆ คือ

ปฏิกิริยาที่ต้องใช้แสง (Light Reaction) เป็นกระบวนการที่จำเป็นต้องใช้แสงโดยตรงเพื่อให้โมเลกุลของน้ำถูกแยกสลาย ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ แก๊สออกซิเจน ATP และ $\text{NADPH} + \text{H}^+$

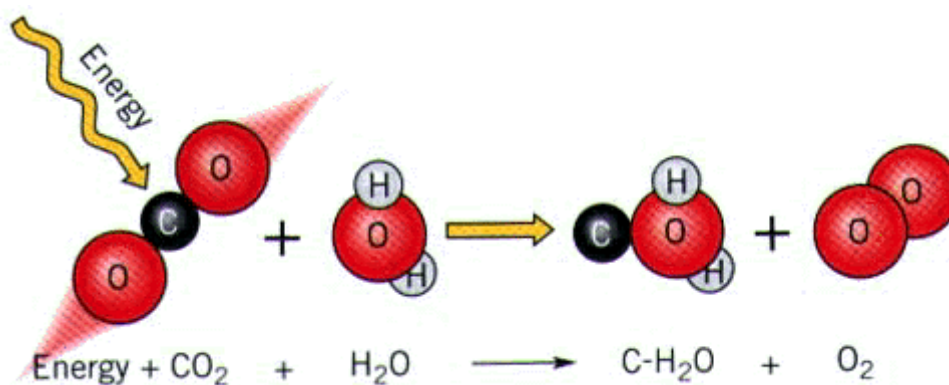
ปฏิกิริยาที่ไม่ใช้แสง (Dark Reaction) เป็นกระบวนการที่ไม่จำเป็นต้องใช้แสงโดยตรง เป็นกระบวนการที่เกิดหลังปฏิกิริยาที่ต้องใช้แสงเพราะจะต้องรับ ATP และ $\text{NADPH} + \text{H}^+$ จากปฏิกิริยาที่ใช้แสง และคาร์บอนไดออกไซด์แม้ไม่ได้รับแสงก็เกิดน้ำตาลได้

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นปฏิกิริยาที่ต่อเนื่องกันทั้งใช้แสงและไม่ใช้แสง สำหรับปฏิกิริยาใช้แสงนั้นเกิดขึ้นได้เฉพาะช่วงมีแสง ผลจากปฏิกิริยานี้ทำให้เกิดปฏิกิริยาไม่ใช้แสงตามมาโดยไม่จำเป็นจะต้องอยู่ในที่มีมืด ส่วนปฏิกิริยาการใช้แสงก็ยังคงเกิดต่อเนื่องเรื่อยไปในช่วงมีแสง ผลที่ได้จากปฏิกิริยาการใช้แสงนำไปใช้ในปฏิกิริยาไม่ใช้แสงต่อไป ปฏิกิริยาทั้งสองช่วงนั้นสามารถแยกอธิบายได้ดังนี้

1.ปฏิกิริยาที่ต้องใช้แสง (Light Reaction)

2.ปฏิกิริยาที่ไม่ใช้แสง (Dark Reaction)



ที่มา :



ติดตามรายละเอียดปฏิกิริยาแสงต่อไป

บัตรคำถาม

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดแล้วตรวจคำตอบแบบฝึกหัดโดยใช้บัตรเฉลย

1. คลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ บี ดูดกลืนพลังงานแสงได้ดีที่ความยาวคลื่นประมาณเท่าใด

.....

.....

.....

2. การวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงวัดได้อย่างไร

.....

3. พืชที่มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงมาก เมื่อพืชได้รับแสงสีอะไรบ้าง และแสงสีนั้นมีสารสีใดบ้าง
รับพลังงานแสงไว้

.....

.....

4. สารสีชนิดใดที่พบทั้งในพืช สาหร่าย ไชยาโนแบคทีเรีย และกรีนแบคทีเรีย

.....

5. สารสีใดบ้างที่พบเฉพาะในพืชและสาหร่ายสีเขียว

.....

6. ไฟโคบิลินพบเฉพาะในสิ่งมีชีวิตชนิดใด

.....

7. แครโรทีนอยด์จะไม่ดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นประมาณเท่าใด

.....

.....

.....

8. ถ้าพืชไม่มีคลอโรฟิลล์ เอ ที่เป็นศูนย์กลางของปฏิกิริยา พืชสังเคราะห์ด้วยแสงได้หรือไม่

.....

.....

9. การที่พืชชนิดหนึ่งมีสารสีดูดแสงในช่วงคลื่นที่แตกต่างกันเป็นประโยชน์ต่อพืชอย่างไร

.....

.....

10. เราสามารถตรวจพบคลอโรพลาสต์ได้ที่ส่วนใดของเซลล์พืช

.....

11. ส่วนใดของคลอโรพลาสต์ที่เป็นแหล่งเกิดปฏิกิริยาที่ต้องใช้แสงและไมใช้แสงโดยตรง

.....

.....

12.แสงสีต่างๆ ที่พืชรับไว้มีความสัมพันธ์กับอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

13.พืชมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงมาก เมื่อพืชได้รับแสงสีอะไรบ้างและแสงสีนั้น มีรงควัตถุใดบ้างรับพลังงานแสงไว้

.....

14. แสงสีอะไรที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงน้อยที่สุด

.....

15.เพราะเหตุใดเราจึงมองเห็นพืชเป็นสีเขียว

.....

.....

บัตรเฉลยคำถาม

คำชี้แจง นักเรียนทำแบบฝึกหัดแล้วตรวจคำตอบแบบฝึกหัดโดยใช้บัตรเฉลย

- 1. แนวคำตอบ** คลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ บี ดูดกลืนพลังงานแสงได้ดีที่มีความยาวคลื่น 400-500 และ 650-700 นาโนเมตร และคลอโรฟิลล์ บี ดูดกลืนพลังงานแสงได้ดีที่มีความยาวคลื่น 450-500 และ 630-670 นาโนเมตร
- 2. แนวคำตอบ** วัดจากอัตราการปล่อยแก๊สออกซิเจน
- 3. แนวคำตอบ** พืชมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงมาก เมื่อพืชได้รับแสงสีน้ำเงินและแสงสีแดง และแสงสีนี้มีคลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ บี รับพลังงานแสงไว้
- 4. แนวคำตอบ** แคลโรทีนอยด์
- 5. แนวคำตอบ** คลอโรฟิลล์ บี
- 6. แนวคำตอบ** ไฟโคบิลินพบเฉพาะในสาหร่ายสีแดงและไซยาโนแบคทีเรีย
- 7.แนวคำตอบ** 600 – 700 นาโนเมตร เพราะใบไม้ที่มีสีแดงหรือสีส้มจะไม่ดูดกลืนแสงในช่วงคลื่นนี้ แสงสีเหล่านี้จึงสะท้อนออกมาทำให้เห็นใบไม้เป็นสีแดงหรือสีส้ม
- 8. แนวคำตอบ** ไม่ได้เพราะคลอโรฟิลล์ เอ เป็นศูนย์กลางปฏิกิริยาของระบบแสง ทำหน้าที่รับพลังงานแสงจากสารสีอื่นๆ และเป็นแหล่งให้อิเล็กตรอนกับเป็นตัวรับอิเล็กตรอน
- 9.แนวคำตอบ** ทำให้สามารถรับพลังงานแสงได้หลายช่วงคลื่นของแสงที่ตามองเห็น กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงจึงเกิดตลอดเวลาที่มีแสง
- 10.แนวคำตอบ** ทุกส่วนของพืชที่มีสีเขียวของคลอโรฟิลล์ที่อยู่ภายในคลอโรพลาสต์
- 11. แนวคำตอบ** ปฏิกิริยาที่ต้องใช้แสง เกิดที่กรานา ปฏิกิริยาที่ไม่ต้องใช้แสง เกิดที่สโตรมาของคลอโรพลาสต์
- 12. แนวคำตอบ** มี โดยอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงแปรผันตามปริมาณของแสงสีต่างๆ ที่รังควัตถุดูด เอาไว้
- 13.แนวคำตอบ** แสงสีม่วง สีน้ำเงิน และสีแดง มีรงควัตถุ คือ คลอโรฟิลล์ a และ b รับพลังงานแสงไว้
- 14. แนวคำตอบ** แสงสีเขียว
- 15. แนวคำตอบ** เพราะพืชดูดแสงสีเขียวได้น้อยมากมีผลทำให้แสงสีเขียวผ่านหรือสะท้อนออกมามากกว่าแสงสีอื่น ทำให้เรามองเห็นเป็นสีเขียว

แบบทดสอบหลังเรียน

เรื่อง คลอโรพลาสต์และสารสี

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. รงกวัตถุชนิดใดที่พบในพืชทุกชนิด

- ก. คลอโรฟิลล์ ซี
- ข. ไฟโคบิลิน
- ค. แบคทีริโอคลอโรฟิลล์
- ง. แคโรทีนอยด์

2. แสงสีแดงและแสงสีน้ำเงิน ทำให้เกิดอัตราสังเคราะห์แสงมากกว่าแสงสีอื่นๆ เพราะสาเหตุใด

- ก. แสงสีแดงและแสงสีน้ำเงินทำปฏิกิริยาได้ดีกับ CO₂ มากกว่าแสงสีอื่น
- ข. แสงสีแดงและแสงสีน้ำเงินส่งมายังพื้นโลกมากกว่าแสงสีอื่น
- ค. คลอโรฟิลล์ดูดกลืนแสงสีแดงและแสงสีน้ำเงินมากกว่าแสงสีอื่น
- ง. แสงสีแดงและแสงสีน้ำเงินมีพลังงานมากกว่าแสงสีอื่น

3. คลอโรฟิลล์มักจะอยู่บริเวณใดของคลอโรพลาสต์

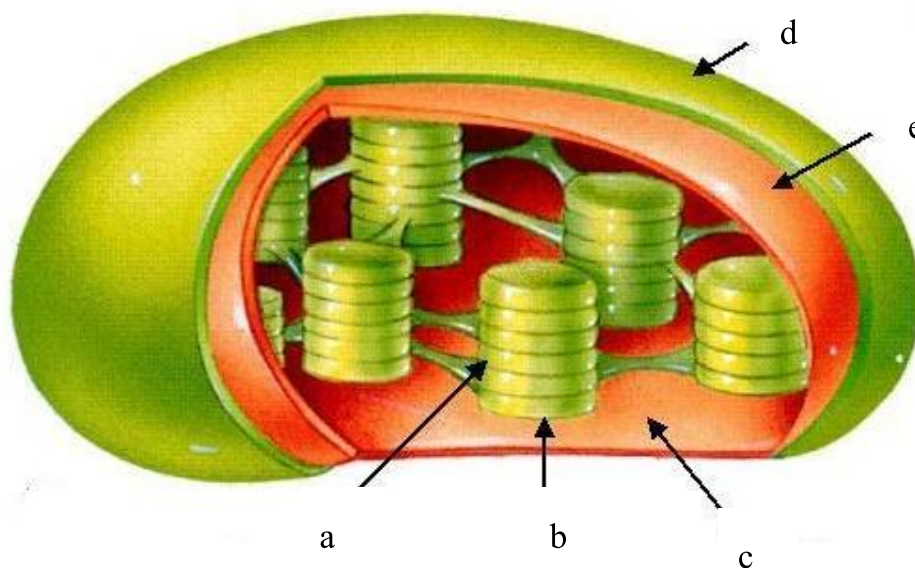
- ก. สโตรมา
- ข. ไทลาคอยด์
- ค. เซลล์เมมเบรน
- ง. ทั้งบริเวณสโตรมาและไทลาคอยด์

4. ไฟโคบิลินเป็นรงกวัตถุประกอบการสังเคราะห์ด้วยแสง และพบในสิ่งมีชีวิตชนิดใด

- ก. สาหร่ายสีเขียว สาหร่ายสีแดง
- ข. สาหร่ายสีแดง สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว
- ค. สาหร่ายสีแดง สาหร่ายสีน้ำตาล
- ง. สาหร่ายสีน้ำตาล สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว

5. สารสีใดบ้างที่พบเฉพาะในพืชและสาหร่ายสีเขียว

- ก. คลอโรฟิลล์ เอ
- ข. คลอโรฟิลล์ บี
- ค. แคโรทีนอยด์
- ง. ไฟโคบิลิน



6. โครงสร้างของคลอโรพลาสต์ในข้อใดมีความสัมพันธ์กันถูกต้อง

- ก. a-สโตรมา
- ข. b-ไทลาคอยด์
- ค. c-อินเนอร์เมมเบรน
- ง. d-กรานุม

7. กระบวนการและแหล่งที่เกิดในเซลล์พืชข้อใดไม่สัมพันธ์กัน

- ก. วัฏจักรคัลวิน-สโตรมา ไทลาคอยด์
- ข. การถ่ายทอดอิเล็กตรอน-กรานุม
- ค. ปฏิกิริยาที่ต้องใช้แสง-ไทลาคอยด์
- ง. ปฏิกิริยาที่ไม่ต้องใช้แสง-สโตรมา

8. รงควัตถุใดที่อยู่ในสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน รับแสงที่มีความยาวคลื่น 550-615 นาโนเมตร

- ก. แคโรทีน (Carotene)
- ข. แซนโทฟิลล์ (Xanthophyll)
- ค. ไฟโคอีรีทริน (Phycoerythrin)
- ง. ไฟโคไซยานิน (Phycocyanin)

9. ลักษณะที่ไม่ละลายน้ำและแอลกอฮอล์ แต่สามารถละลายในไขมัน เอธิลอีเทอร์และคลอโรฟอร์ม พบในรงควัตถุ

- ก. แคโรทีน (Carotene)
- ข. แซนโทฟิลล์ (Xanthophyll)
- ค. ไฟโคอีรีทริน (Phycoerythrin)
- ง. ไฟโคไซยานิน (Phycocyanin)

10. บริเวณstroma ของคลอโรพลาสต์ เป็นแหล่งที่เกิดปฏิกิริยาเคมีประเภทใด

- ก. respiratory chain
- ข. dark reaction
- ค. glycolysis
- ง. non-cyclic electron transfer

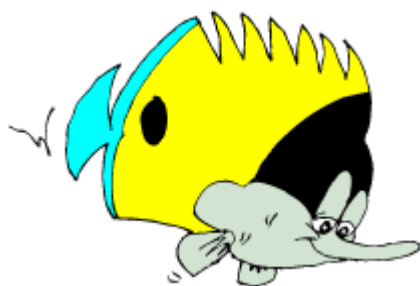
11. ถ้าไม่ต้องการให้มีตะไคร่น้ำขึ้นจับอยู่ที่ตู้เลี้ยงปลา ควรจะติดไฟสีอะไรเหนือตู้เลี้ยงปลานี้

- ก. แดง
- ข. น้ำเงิน
- ค. ฟ้า
- ง. เขียว

12.แสงสีแดงและแสงสีน้ำเงิน ก่อให้เกิดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงมากกว่าแสงสีอื่นๆเนื่องจากสาเหตุใด

- ก. แสงสีแดงและแสงสีน้ำเงินส่งมายังพื้นโลกมากกว่าแสงสีอื่น
- ข. แคโรทีนอยด์ไม่สามารถดูดกลืนแสงสีแดงและสีน้ำเงิน
- ค. คลอโรฟิลล์ดูดกลืนแสงสีแดงและสีน้ำเงินได้มากกว่าแสงสีอื่น
- ง. พลังงานจากแสงสีแดงและสีน้ำเงิน สามารถกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ ATP

synthetase



ทดสอบแล้วมา
ตรวจสอบข้อสอบกันดูซิ

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน

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



เฉลยแบบทดสอบหลังเรียน

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



บรรณานุกรม

- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.(2547).หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐาน และเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 4.พิมพ์ครั้งที่ 1.กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.(2547) คู่มือครูสาระการเรียนรู้พื้นฐาน และเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 4.พิมพ์ครั้งที่ 1.กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- เชาวน์ ชิโนรักษและพรรณ ชิโนรักษ.ชีววิทยา 3.พิมพ์ครั้งที่ 5.กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์อมรรณการพิมพ์.
- สมาน แก้วไวยุทธและพลวิชญ์ กล้าหาญ.(2547)ชีววิทยา ม.4-5-6.พิมพ์ครั้งที่ 1.นนทบุรี: เทพนมิต.
- ประสงค์ หล้าสะอาดและจิตเกษม หล้าสะอาด.คู่มือ ชีววิทยา Entranceระบบใหม่ ม.4-5-6 .พิมพ์ครั้งที่ 1.กรุงเทพฯ: รุ่งเรืองสาส์นการพิมพ์.
- เพียว ยินดีสุขและคณะ.(2548) แผนการจัดการเรียนรู้สองแนวทางที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ชีววิทยา ม.6.พิมพ์ครั้งที่ 1.กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์บริษัทพัฒนาคุณภาพวิชาการจำกัด.
- เพียว ยินดีสุขและคณะ.(2548) หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐาน ชีววิทยา ม.6.พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์บริษัทพัฒนาคุณภาพวิชาการจำกัด.
- เพียว ยินดีสุขและคณะ.(2548) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ชีววิทยา ม.6.พิมพ์ครั้งที่ 1.กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์บริษัทพัฒนาคุณภาพวิชาการจำกัด.
- บทความ.(2548).การสังเคราะห์ด้วยแสง. สืบค้นเมื่อวันที่ 12 ธันวาคม 2551. จาก http://www.lks.ac.th/student/kroo_aumara/bio02/s2_1.htm.
- บทความ.(2548).การสังเคราะห์ด้วยแสง. สืบค้นเมื่อวันที่ 12 ธันวาคม 2551. จาก [http:// www.sakolraj.ac.th/unchalee/online/history%2520of%2520photosynthesis.doc](http://www.sakolraj.ac.th/unchalee/online/history%2520of%2520photosynthesis.doc).