ชุดกิจกรรม

หน่วยการเรียนรู้ การสังเคราะห์ด้วยแสง

ชุดกิจกรรมที่ 2 กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

รายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา 2

รหัสวิชา ว30242

โดย

กัมปนาท สุขนิตย์

ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ชำนาญการ

โรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 39

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

กระทรวงศึกษาธิการ

คำนำ

ชุดกิจกรรม หน่วยการเรียนรู้ การสังเคราะห์ด้วยแสง **ชุดกิจกรรมที่ 2 เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง** จัดทำขึ้นเพื่อใช้ประกอบการเรียน การสอนรายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา 2 (ว 30242) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ได้เรียบเรียงขึ้นเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอน และพัฒนาผู้เรียน ในการออกแบบชุดกิจกรรมเล่มนี้ โดยจัดเนื้อหาและกิจกรรมจากง่ายไปหายาก ตามลำดับ ซึ่งผู้จัดทำได้แปลและอ้างอิงตำราเรียนต่างประเทศ ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง ตามศักยภาพและความสามารถของผู้เรียนเป็นลำดับขั้นตอน พัฒนาผู้เรียน ให้มีทักษะการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตจริง อีกทั้งเสริมทักษะด้านภาษาต่างประเทศ เพื่อรองรับการเข้าสู่ประชาคมอาเซียนของผู้เรียนอีกด้วย โดยภายในชุดนี้กิจกรรมประกอบด้วย คำชี้แจง จุดประสงค์การเรียนรู้ แบบทดสอบก่อนเรียน ใบกิจกรรม แบบทดสอบหลังเรียน เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน เฉลยใบกิจกรรม และเฉลยแบบทดสอบหลังเรียน อีกทั้งมีเนื้อหาความรู้ที่เป็นหลักการพื้นฐานอันจำเป็นต่อการใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน และความรู้เพิ่มเติมเพื่อการศึกษาต่อในระดับสูง และนำไปใช้เป็นสื่อในการจัดการเรียนการสอนของครูผู้สอนให้กับผู้เรียน ซึ่งผู้เรียนสามารถศึกษา ค้นคว้า ให้เกิดการเรียนรู้ และสามารถประเมินผลความก้าวหน้า พัฒนาตนเองได้

ในการจัดทำเอกสารประกอบการเรียนเล่มนี้ ได้รับความร่วมมืออย่างดียิ่งจาก คุณครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้ ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าชุดกิจกรรมเล่มนี้ จะเป็นประโยชน์แก่ผู้เรียนและครูผู้สอน ที่จะช่วยให้การจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

กัมปนาท สุขนิตย์
โรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
คำชี้แจง	1
ผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	3
คำแนะนำในการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับครู	4
คำแนะนำในการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับนักเรียน	6
ตารางวิเคราะห์ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้	7
โครงสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้ การสังเคราะห์ด้วยแสง	8
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3	9
สื่อประกอบชุดกิจกรรม	22
แบบทดสอบก่อนเรียน	23
เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน	25
แบบทดสอบหลังเรียน	26
เฉลยแบบทดสอบหลังเรียน	28
บัตรกิจกรรมที่ 2.1 เรื่อง คลอโรพลาสต์และรงควัตถุสี	29
บัตรความรู้ที่ 2.1 เรื่อง คลอโรพลาสต์และรงควัตถุสี	30
ใบกิจกรรมที่ 2.1 เรื่อง คลอโรพลาสต์และรงควัตถุสี	34
เฉลยใบกิจกรรมที่ 2.1 เรื่อง คลอโรพลาสต์และรงควัตถุสี	36
บัตรกิจกรรมที่ 2.2 เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง	38
บัตรความรู้ที่ 2.2 เรื่อง ปฏิกิริยาใช้แสงขั้นตอนการถ่ายทอดอิเลคตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักร	39
ใบกิจกรรมที่ 2.2 เรื่อง ปฏิกิริยาใช้แสงขั้นตอนการถ่ายทอดอิเลคตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักร	42
เฉลยใบกิจกรรมที่ 2.2 เรื่อง ปฏิกิริยาใช้แสงขั้นตอนการถ่ายทอดอิเลคตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักร	43
บัตรความรู้ที่ 2.3 เรื่อง ปฏิกิริยาใช้แสงขั้นตอนการถ่ายทอดอิเลคตรอนแบบเป็นวัฏจักร	44
ใบกิจกรรมที่ 2.3 เรื่อง ปฏิกิริยาใช้แสงขั้นตอนการถ่ายทอดอิเลคตรอนแบบเป็นวัฏจักร	46

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
เฉลยใบกิจกรรมที่ 2.3 เรื่อง ปฏิกิริยาใช้แสงขั้นตอนการถ่ายทอดอิเลคตรอนแบบเป็นวัฏจักร	47
บัตรความรู้ที่ 2.4 เรื่อง ปฏิกิริยาไม่ใช้แสง	48
ใบกิจกรรมที่ 2.4 เรื่อง ปฏิกิริยาไม่ใช้แสง	52
เฉลยใบกิจกรรมที่ 2.4 เรื่อง ปฏิกิริยาไม่ใช้แสง	54
บัตรความรู้ที่ 2.5 เรื่อง การสังเคราะห์แป้งและน้ำตาลซูโครส	56
ใบกิจกรรมที่ 2.5 เรื่อง การสังเคราะห์แป้งและน้ำตาลซูโครส	58
เฉลยใบกิจกรรมที่ 2.5 เรื่อง การสังเคราะห์แป้งและน้ำตาลซูโครส	59
เอกสารอ้างอิง	60

คำชี้แจง

การพัฒนาชุดกิจกรรม หน่วยการเรียนรู้ การสังเคราะห์ด้วยแสง สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ชุดกิจกรรม หน่วยการเรียนรู้ การสังเคราะห์ด้วยแสง ได้จัดทำขึ้นเพื่อประกอบการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา 2 รหัสวิชา ว 30242 ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เวลาเรียน 3 ชั่วโมง/สัปดาห์ หน่วยการเรียนรู้ 1.5 หน่วยกิต ประกอบด้วยชุดกิจกรรม ทั้งหมด 4 ชุดกิจกรรม รวมเวลาเรียน 18 ชั่วโมง ดังนี้

ชุดกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง จำนวน 3 ชั่วโมง

ชุดกิจกรรมที่ 2 เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง จำนวน 7 ชั่วโมง

ชุดกิจกรรมที่ 3 เรื่อง ลักษณะพิเศษบางประการในปฏิกิริยาไม่ใช้แสง จำนวน 3 ชั่วโมง

ชุดกิจกรรมที่ 4 เรื่อง ปัจจัยบางประการที่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง และการปรับตัวเพื่อรับแสงของพืช จำนวน 5 ชั่วโมง

ชุดการกิจกรรมนี้ได้จัดประสบการณ์การเรียนรู้เน้นให้นักเรียนร่วมมือกันในการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) คือ 1. การสร้างความสนใจ (Engagement) 2. การสำรวจและค้นหา (Exploration) 3. การอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) 4. การขยายความรู้ (Elaboration) 5. การประเมินผล (Evaluation) แต่ละขั้นของการสืบเสาะหาความรู้ ได้ผสมผสานการเรียนรู้ อย่างเหมาะสมกับเนื้อหา จุดประสงค์ วัย ความสนใจ และความสามารถของนักเรียน ทุกคนได้ลงมือปฏิบัติจริง มีส่วนร่วมอภิปราย ซักถาม มีปฏิสัมพันธ์ แลกเปลี่ยนความรู้ ซึ่งกันและกัน พร้อมกับฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ อันจะส่งผลให้นักเรียนจดจำได้นาน รู้จักคิดเป็น แก้ปัญหาเป็น มีทักษะชีวิตและสังคมในทางสร้างสรรค์

ชุดกิจกรรม หน่วยการเรียนรู้ การสังเคราะห์ด้วยแสง ได้จัดทำขึ้นเพื่อประกอบการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา 2 รหัสวิชา ว 30242 ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในแต่ละชุดประกอบด้วย

1. คำแนะนำในการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับครู
    - 1.1 บทบาทของครูผู้สอน
    - 1.2 สิ่งที่ครูต้องเตรียม
    - 1.3 การจัดชั้นเรียน
    - 1.4 การประเมินผลการเรียน
2. ผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้
3. คำแนะนำในการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับนักเรียน
4. ตารางวิเคราะห์ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้
5. โครงสร้างแผนการจัดการเรียนรู้
6. แผนการจัดการเรียนรู้
    - 6.1 ผลการเรียนรู้
    - 6.2 สาระสำคัญ
    - 6.3 จุดประสงค์การเรียนรู้
    - 6.4 สาระการเรียนรู้
    - 6.5 หลักฐานหรือร่องรอยของการเรียนรู้
    - 6.6 คำถามสำคัญ
    - 6.7 กระบวนการจัดการเรียนรู้
    - 6.8 สื่อ อุปกรณ์และแหล่งเรียนรู้
    - 6.9 กิจกรรมเสนอแนะ
    - 6.10 บันทึกหลังสอน
7. สื่อประกอบชุดการสอน
    - 7.1 บัตรกิจกรรม
    - 7.2 บัตรความรู้
    - 7.3 ใบกิจกรรม
    - 7.4 เฉลยใบกิจกรรม
8. การวัดและประเมินผล
    - 8.1 แบบทดสอบก่อนเรียน
    - 8.2 แบบทดสอบหลังเรียน

ผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้
ชุดกิจกรรมที่ 2 เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

ผลการเรียนรู้

สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และอภิปรายความสามารถในการดูดกลืนแสงของสารสีชนิดต่าง ๆ และสรุปขั้นตอนที่สำคัญของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

จุดประสงค์การเรียนรู้

ความรู้

1. อธิบายและสรุปความสามารถในการดูดกลืนแสงของสารสีชนิดต่าง ๆ
2. อธิบายและสรุปขั้นตอนที่สำคัญของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

ทักษะ/กระบวนการ

1. สืบค้นข้อมูลการดูดกลืนแสงของสารสีชนิดต่าง ๆ
2. สืบค้นข้อมูลกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

คุณลักษณะอันพึงประสงค์

1. มีวินัย ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นการทำงาน

คำแนะนำในการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับครู
ข้อปฏิบัติในการใช้ชุดกิจกรรม หน่วยการเรียนรู้ การสังเคราะห์ด้วยแสง
สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
ชุดกิจกรรมที่ 2 เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

1. ขั้นเตรียมก่อนสอน

1.1 ศึกษาคำแนะนำในการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับครูในการใช้ชุดกิจกรรมให้เข้าใจ ก่อนอย่างละเอียดรอบคอบ

1.2 ตรวจดูอุปกรณ์ต่าง ๆ ในชุดกิจกรรมว่ามีครบตามที่ระบุหรือไม่ อยู่ในสภาพที่ใช้ได้หรือไม่ ถ้าชำรุดควรนำไปปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ก่อนนำไปใช้

1.3 ศึกษาผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ที่จะสอนและขั้นตอนต่าง ๆ ในแผนการจัดการเรียนรู้ให้เข้าใจชัดเจนเสียก่อน

1.4 จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่จะใช้ให้เป็นไปตามลำดับการใช้ก่อนหลัง

1.5 ในกิจกรรมการเรียนรู้นักเรียนต้องทำการทดลองครูควรจัดเตรียมชุดทดลองและตรวจสอบสภาพให้พร้อมใช้งานไว้ล่วงหน้า

2. ขั้นสอน

2.1 ดำเนินการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning) และสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Process) ดังนี้

- 2.1.1 ขั้นสร้างความสนใจ
- 2.1.2 ขั้นสำรวจและค้นหา
- 2.1.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป
- 2.1.4 ขั้นขยายความรู้
- 2.1.5 ขั้นประเมินผล

2.2 ก่อนทำกิจกรรมทุกครั้ง ครูควรอธิบาย ชี้แจง วิธีปฏิบัติกิจกรรมให้ชัดเจน ให้นักเรียนได้เข้าใจตรงกัน จึงจะทำให้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้บรรลุเป้าหมายและมีประสิทธิภาพ

2.3 ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมเพื่อเป็นการฝึกให้นักเรียนรู้จักการทำงานร่วมกัน ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน รับผิดชอบต่อหน้าที่ กล้าแสดงออก ชี้แนะให้เห็นว่าความสำเร็จของกลุ่มขึ้นอยู่กับสมาชิกทุกคน

2.4 ขณะที่นักเรียนทำกิจกรรม ครูคอยดูแลแนะนำสำหรับนักเรียนที่มีปัญหาข้อสงสัยและประเมินใบกิจกรรม แบบประเมินพฤติกรรมการสืบค้นกิจกรรม 1 และแบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

3. ขั้นหลังสอน

3.1 เมื่อสิ้นสุดการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนการสอน ครูควรให้นักเรียนได้ร่วมตรวจสอบและเก็บอุปกรณ์ให้เรียบร้อย เพื่อสะดวกในการใช้ครั้งต่อไป

3.2 ประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยตรวจคำตอบจากแบบทดสอบหลังเรียน หรือใบกิจกรรมของแต่ละชุดกิจกรรม

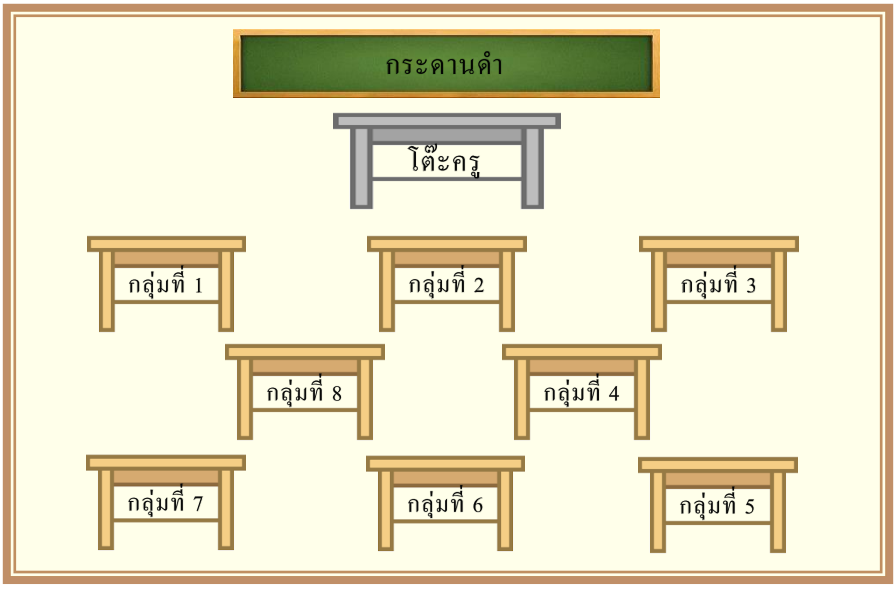
3.3 ประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยประเมินจากแบบประเมินพฤติกรรม

3.4 ประเมินพฤติกรรมเจตคติวิทยาศาสตร์จากแบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

4. การจัดชั้นเรียน

การจัดชั้นเรียนในขณะที่ใช้ชุดการสอนนักเรียนจะทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม ๆ ละ 4-5 คน จำนวนกลุ่มและจำนวนสมาชิกในกลุ่มขึ้นอยู่กับจำนวนนักเรียนในชั้นเรียน เมื่อทำการเรียนเสร็จ

แผนผังการจัดชั้นเรียน



คำแนะนำในการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับนักเรียน

ชุดกิจกรรม เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ชุดกิจกรรมที่ 2 เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง จัดทำขึ้นเพื่อใช้ประกอบการเรียน การสอนรายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา 2 (ว 30242) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนสามารถศึกษาหาความรู้ ทำกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเองและปฏิบัติตามขั้นตอนด้วยความซื่อสัตย์และตั้งใจ ดังนี้

1. ศึกษาผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้ประจำชุดกิจกรรมการเรียนรู้
2. ทำแบบทดสอบก่อนเรียน เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง
3. ปฏิบัติตามขั้นตอนในชุดกิจกรรม
4. เมื่อศึกษาบัตรกิจกรรม บัตรความรู้และทำงานในใบกิจกรรมแล้ว รวมกลุ่มกันอภิปรายคำตอบของใบกิจกรรม และแลกเปลี่ยนคำตอบใบกิจกรรมกับเพื่อนกลุ่มอื่น
5. ตรวจสอบคำตอบได้จากเฉลยใบกิจกรรม หากมีข้อสงสัยให้กลับไปศึกษาบัตรความรู้ใบกิจกรรมอีกครั้ง หรือ สอบถามเพื่อนผู้รู้ หรือ ครูผู้สอนทันที
6. ทำแบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

ตารางวิเคราะห์ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้
หน่วยการเรียนรู้ การสังเคราะห์ด้วยแสง
รายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา 2 ว 30242 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้
1. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง และ อภิปรายความสามารถในการดูดกลืนแสงของสารสีชนิดต่าง ๆ และสรุปขั้นตอนที่สำคัญของการสังเคราะห์ด้วยแสง	1. การค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง ได้ข้อสรุปว่าน้ำและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นปัจจัยที่สำคัญในการสังเคราะห์ด้วยแสงโดยอาศัยแสงและผลผลิตที่ได้คือน้ำตาลและแก๊สออกซิเจน 2. คลอโรพลาสต์มีสารสีหลายชนิดซึ่งมีความสำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง 3. กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงประกอบด้วยปฏิกิริยาแสงและการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์
2. สืบค้นข้อมูล ทดลอง อภิปราย และสรุปเกี่ยวกับโฟโตเรสไพเรชันในพืชทั่ว ๆ ไป กลไกการเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช C4 และ พืช CAM รวมทั้งปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง และการปรับตัวของพืชเพื่อรับแสง	4. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และสรุปการเกิดการหายใจแสง (โฟโตเรสไพเรชัน) 5. สืบค้นข้อมูล อภิปรายและเปรียบเทียบกลไกการเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช C4 และ พืช CAM 6. ทดลอง อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช 7. สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์และอธิบายเกี่ยวกับปัจจัยบางประการที่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง 8. สืบค้นข้อมูล และอภิปรายเกี่ยวกับการปรับตัวของพืชเพื่อรับแสง

โครงสร้างแผนการจัดการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้ การสังเคราะห์ด้วยแสง รายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา 2 ว 30242

สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 18 ชั่วโมง

หน่วยการเรียนรู้	แผนการจัดการเรียนรู้	ชุดกิจกรรม	เวลา (ชั่วโมง)
การสังเคราะห์ด้วยแสง	- แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง แบบทดสอบก่อนเรียน	-	1
	- แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง	ชุดกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง	2
	- แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง	ชุดกิจกรรมที่ 2 เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง	7
	- แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ลักษณะพิเศษบางประการในปฏิกิริยาไม่ใช้แสง	ชุดกิจกรรมที่ 3 เรื่อง ลักษณะพิเศษบางประการในปฏิกิริยาไม่ใช้แสง	3
	- แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่องปัจจัยบางประการที่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง และการปรับตัวเพื่อรับแสงของพืช	ชุดกิจกรรมที่ 4 เรื่อง ปัจจัยบางประการที่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง และการปรับตัวเพื่อรับแสงของพืช	4
	- แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง แบบทดสอบหลังเรียน		1
รวม			18

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

รหัส ว 30242 รายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา 2 ภาคเรียนที่ 2 เวลา 7 ชั่วโมง

หน่วยการเรียนรู้ การสังเคราะห์ด้วยแสง เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม ผู้สอน นายกัมปนาท สุขนิตย์

1. ผลการเรียนรู้

สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และอภิปรายความสามารถในการดูดกลืนแสงของสารสีชนิดต่าง ๆ และสรุปขั้นตอนที่สำคัญของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

2. สาระสำคัญ

กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เป็นปฏิกิริยาทางเคมีซึ่งในพืชสีเขียวนั้นจะมีคลอโรฟิลล์ที่ทำหน้าทีดูดกลืนพลังงานแสงจากดวงอาทิตย์มาใช้ในการสร้างอาหาร นอกจากนั้นพืชยังจำเป็นต้องใช้น้ำ แร่ธาตุจากพื้นดิน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็นสารอนินทรีย์โมเลกุลเล็กมาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงอีกด้วย ยิ่งไปกว่านั้นการสังเคราะห์ด้วยแสงยังผลิตออกซิเจนซึ่งเป็นสิ่งสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตบนโลกด้วย

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

ความรู้

1. อธิบายและสรุปความสามารถในการดูดกลืนแสงของสารสีชนิดต่าง ๆ
2. อธิบายและสรุปความสำคัญเกี่ยวกับปฏิกิริยาใช้แสงขั้นตอนการถ่ายทอดอิเลคตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักร
3. อธิบายและสรุปความสำคัญเกี่ยวกับปฏิกิริยาใช้แสงขั้นตอนการถ่ายทอดอิเลคตรอนแบบเป็นวัฏจักร
4. อธิบายและสรุปความสำคัญเกี่ยวกับปฏิกิริยาไม่ใช้แสง
5. อธิบายและสรุปความสำคัญเกี่ยวกับการสังเคราะห์แป้งและน้ำตาลซูโครส

ทักษะ/กระบวนการ

1. สืบค้นข้อมูลการดูดกลืนแสงของสารสีชนิดต่าง ๆ
2. สืบค้นข้อมูลกับปฏิกิริยาใช้แสงขั้นตอนการถ่ายทอดอิเลคตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักร
3. สืบค้นข้อมูลกับปฏิกิริยาใช้แสงขั้นตอนการถ่ายทอดอิเลคตรอนแบบปีนวัฏจักร
4. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับปฏิกิริยาไม่ใช้แสง
5. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการสังเคราะห์แป้งและน้ำตาลซูโครส

คุณลักษณะอันพึงประสงค์

1. มีวินัย ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นการทำงาน

4. สาระการเรียนรู้

- โครงสร้างคลอโรพลาสต์และ รงควัตถุและการดูดกลืนสารสีต่าง ๆ
- กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ ปฏิกิริยาใช้แสง และปฏิกิริยาไม่ใช้แสง
- ปฏิกิริยาใช้แสง แบ่งเป็น 2 ลักษณะคือ การถ่ายทอดอิเลคตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักรและการถ่ายทอดอิเลคตรอนแบบเป็นวัฏจักร
- ปฏิกิริยาไม่ใช้แสงแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ carboxylation, reduction, regeneration
- กระบวนการสังเคราะห์แป้งเกิดขึ้นในคลอโรพลาสต์
- กระบวนการสังเคราะห์น้ำตาลซูโครสเกิดขึ้นในไซโตพลาสซึม

5. หลักฐานหรือร่องรอยของการเรียนรู้

ความรู้

ภาระ/ชิ้นงาน	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์ที่ใช้	ผู้ประเมิน
- ใบกิจกรรมที่ 2.1-2.5	- ความถูกต้องของใบกิจกรรม	- แบบประเมินใบกิจกรรมที่ 2	- ผ่านเกณฑ์อย่างน้อยร้อยละ 75	ครู
- ผังมโนทัศน์ เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง	- ความถูกต้องของผังมโนทัศน์	- ใบประเมินผังมโนทัศน์	- ผ่านเกณฑ์อย่างน้อยร้อยละ 75	ครู
- แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน	- ความถูกต้องของข้อสอบ	- แบบทดสอบ	- ผ่านเกณฑ์อย่างน้อยร้อยละ 80	ครู

ทักษะ/กระบวนการ

ภาระ/ชิ้นงาน	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์ที่ใช้	ผู้ประเมิน
- การสืบค้นข้อมูลใบกิจกรรมชุดที่ 2.1-2.5	- สังเกตพฤติกรรมการสืบค้น	- แบบประเมินพฤติกรรมการสืบค้นกิจกรรมชุดที่ 2	- ผ่านเกณฑ์อย่างน้อยร้อยละ 75	ครู

คุณลักษณะอันพึงประสงค์

ภาระ/ชิ้นงาน/ พฤติกรรม	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์ที่ใช้	ผู้ประเมิน
1. มีวินัย ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่นการทำงาน	- สังเกตพฤติกรรม	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ผ่านเกณฑ์อย่างน้อยร้อยละ 75	ครู

6. คำถามสำคัญ

1. พืชสร้างอาหารโดยใช้ออร์แกนเนลล์ใด
2. คลอโรพลาสต์ที่เราเป็นจะเห็นเป็นสีอะไร
3. ส่วนใดของออร์แกนเนลล์ที่ทำหน้าที่สังเคราะห์ด้วยแสง
4. ผลิตภัณฑ์ของการถ่ายทอดอิเลคตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักรคืออะไร
5. ผลิตภัณฑ์ของการถ่ายทอดอิเลคตรอนแบบเป็นวัฏจักรคืออะไร
6. ปฏิกิริยาไม่ใช้แสง เกิดขึ้นที่ส่วนใดของออร์แกนเนลล์

7. การจัดกระบวนการเรียนรู้

ขั้นสร้างความสนใจ (ชั่วโมงที่ 1-2)

1.นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

2.ครูแจ้งผลการเรียนรู้ วิธีวัดและประเมินผล ทักษะและพฤติกรรมที่ต้องการพัฒนา

3. นักเรียนศึกษาวีดีโอ เรื่อง “Separation of Pigments from the Extract of Spinach Leaves by Paper Chromatography”

ที่มา: https://www.youtube.com/watch?v=ej2zXOwASVI

2. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายหลังจากศึกษาวีดีโอ“Separation of Pigments from the Extract of Spinach Leaves by Paper Chromatography” ด้วยการซักถาม ดังนี้

- พืชสร้างอาหารโดยใช้ออร์แกนเนลล์ใด

แนวคำตอบ *คลอโรพลาสต์*

- คลอโรพลาสต์ที่เราเป็นจะเห็นเป็นสีอะไร

แนวคำตอบ *สีเขียว*

- คลอโรพลาสต์ที่นักเรียนเห็นประกอบด้วยสีเขียวอย่างเดียวใช่หรือไม่

แนวคำตอบ *ไม่มีสีอื่นประกอบด้วย เช่น สีเหลือง สีส้มเป็นองค์ประกอบ*

ขั้นสำรวจค้นหา

1. นักเรียนแบ่งกลุ่มออกเป็นกลุ่มๆละ 4 คน โดยสมาชิกในแต่ละกลุ่มประกอบด้วยนักเรียนที่เรียนเก่ง ปานกลาง ค่อนข้างอ่อน ซึ่งมีทั้งเพศชายและเพศหญิง

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาตามบัตรกิจกรรมที่ 2.1 เรื่อง คลอโรพลาสต์และรงควัตถุสี และรับบัตรความรู้ที่ 2.1 เรื่อง คลอโรพลาสต์และรงควัตถุสี ให้เข้าใจ

3. นักเรียนแต่ละกลุ่ม (กลุ่มละ 4 คน) ทำใบกิจกรรมที่ 2.1 เรื่องคลอโรพลาสต์และรงควัตถุสีโดยปฏิบัติดังนี้

3.1 เมื่อนักเรียนทำใบกิจกรรมเสร็จแล้วให้จับคู่กับสมาชิกภายในกลุ่มเดียวกันและผลัดกันตรวจคำตอบตามแนวคำตอบที่ครูแจกให้และช่วยกันอธิบายสิ่งที่สงสัยให้แก่คู่ของตนเองฟัง

3.2 ในขณะที่นักเรียนทำใบกิจกรรมครูดูแลนักเรียนอย่างใกล้ชิดโดยการเสริมแรงด้วยการชมเชยเมื่อนักเรียนปฏิบัติได้ถูกต้องให้กำลังใจนักเรียนกลุ่มอื่นที่ควรปรับปรุงและแนะนำให้สมาชิกในกลุ่มผู้ที่ทำแบบฝึกเสร็จก่อนให้ช่วยเหลือเพื่อนที่ทำแบบฝึกไม่ถึงเกณฑ์หรือนักเรียนที่เรียนอ่อนด้วยการอธิบายให้ความกระจ่างแก่เพื่อนและช่วยตรวจใบกิจกรรม

(ชั่วโมงที่ 3-5)

4. ครูใช้กิจกรรมการเรียนร่วมมือแบบกลุ่มร่วมมือ Co-op Co-op ในเรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยดำเนินการตามขั้นตอนการเรียน ดังนี้

4.1 นักเรียนแบ่งออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4 คน คละความสามารถตามความพึงพอใจ

4.2 นักเรียนตัวแทนรับเอกสารต่อไปนี้

- บัตรกิจกรรมที่ 2.2 เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง กิจกรรมการเรียนแบบกลุ่มร่วมมือ Co-op Co-op

- บัตรความรู้ มีทั้งหมด 4 บัตรความรู้ ซึ่งจะได้รับ 1 บัตรความรู้ต่อ 1 กลุ่ม บัตรความรู้ มีดังนี้

- บัตรความรู้ที่ 1 เรื่อง ปฏิกิริยาใช้แสงขั้นตอนการถ่ายทอดอิเลคตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักร
- บัตรความรู้ที่ 2 เรื่อง ปฏิกิริยาใช้แสงขั้นตอนการถ่ายทอดอิเลคตรอนแบบเป็นวัฏจักร
- บัตรความรู้ที่ 3 เรื่อง ปฏิกิริยาไม่ใช้แสง
- บัตรความรู้ที่ 4 เรื่อง การสังเคราะห์แป้งและน้ำตาลซูโครส

4.3 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปราย วิธีปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มร่วมมือ Co-op Co-op จนเข้าใจตรงกัน

5. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาอธิบาย อภิปราย แสดงความคิดเห็น เรียนรู้ข้อมูลในบัตรความรู้ที่กลุ่มได้รับจนเข้าใจทั่วถึงทุกคน ในช่วงนี้ครูเดินดูทุกกลุ่มโดยรอบอย่างใกล้ชิด ให้คำแนะนำปรึกษาเมื่อนักเรียนมีปัญหา ครูประเมินการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม และคุณลักษณะที่พึงประสงค์

6. ครูชี้แจงให้แต่ละกลุ่มกำหนดสมาชิกแต่ละคนในกลุ่มเป็นเบอร์ 1, 2, 3 และ 4 แบ่งหัวข้อเรื่องย่อยคนละ 1 หัวข้อ ศึกษาอธิบาย อภิปราย แสดงความคิดเห็น ในกลุ่มเพื่อให้ทุกคนได้นำเสนอต่อชั้นเรียน ก่อนนำเสนอให้แนะนำตนเองก่อน

7. นักเรียนทุกกลุ่มนำเสนอผลงานต่อชั้นเรียน โดยสมาชิกทุกคนนำเสนอในหัวข้อย่อยที่ได้มอบหมาย เมื่อแต่ละกลุ่มนำเสนอจบครูเพิ่มเติมให้ในส่วนที่ยังไม่สมบูรณ์

8. ทุกกลุ่มช่วยกันประเมินผลการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มและผลงานกลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ประเมิน กลุ่มที่ 2
กลุ่มที่ 2 ประเมิน กลุ่มที่ 3
กลุ่มที่ 3 ประเมิน กลุ่มที่ 4
กลุ่มที่ 4 ประเมิน กลุ่มที่ 5
กลุ่มที่ 5 ประเมิน กลุ่มที่ 6
กลุ่มที่ 6 ประเมิน กลุ่มที่ 7
กลุ่มที่ 7 ประเมิน กลุ่มที่ 8
กลุ่มที่ 8 ประเมิน กลุ่มที่ 1

(ชั่วโมงที่6-7)

ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

1. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้รับจากการปฏิบัติกิจกรรมด้วยการซักถาม ดังนี้

- ส่วนใดของออร์แกนเนลล์ที่ทำหน้าที่สังเคราะห์ด้วยแสง

  แนวคำตอบ *เยื่อหุ้มไทลาคอยด์ (thylakoid membrane)*

- ผลิตภัณฑ์ของการถ่ายทอดอิเลคตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักรคืออะไร

  แนวคำตอบ *ออกซิเจน, $NADP+H^+$, ATP*

- ผลิตภัณฑ์ ได้ของการถ่ายทอดอิเลคตรอนแบบเป็นวัฏจักรคืออะไร

  แนวคำตอบ *ATP*

- การสร้าง ATP ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเกิดขึ้นได้อย่างไร

  แนวคำตอบ *การเคลื่อนที่ของโปรตอนจากลูเมนสู่สโตรมา เรียกว่า proton motive force หรือ pH gradient different*

- ปฏิกิริยาไม่ใช้แสง เกิดขึ้นที่ส่วนใดของออร์แกนเนลล์

แนวคำตอบ *สโตรมา (stroma)*

- ถ้านักเรียนอยากให้พืชสร้างผลผลิตแป้งปริมาณมาก จะมีวิธีการอย่างไร

แนวคำตอบ *ให้ได้รับช่วงแสงมากขึ้น หรือ ให้แสงสีเฉพาะแก่พืชนั้น ๆ เช่น สีแดง หรือ น้ำเงิน เพื่อให้เหมาะแก่รงควัตถุนั้น และผลิตสารตั้งต้นในปฏิกิริยาไม่ใช้แสงเพิ่มมากขึ้น และจะสร้างแป้งเพิ่มขึ้นด้วย*

ขั้นขยายความรู้

1. ครูอธิบายวิธีการเขียนผังมโนทัศน์ (Concept Mapping) ให้นักเรียนทั้งชั้นฟังจนเข้าใจ จากนั้นนักเรียนกลุ่มเดิมระดมความคิดร่วมกันเขียนผังมโนทัศน์ เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ลงในกระดาษขาว A 4 ที่ครูแจกให้ ทุกกลุ่มนำผลงานไปติดโชว์ที่กระดานดำ นักเรียนและครูร่วมกันจัดลำดับที่ 1,2 และ3 โดยพิจารณาจากความถูกต้องและสมบูรณ์ของเนื้อหา ร่วมกันให้คำนิยมกลุ่มที่มีผลงานยอดเยี่ยม และให้กำลังใจกลุ่มที่ผลงานยังไม่ติดอันดับให้พยายามพัฒนาต่อไป

2. ครูและนักเรียนร่วมกันดูวีดีโอ เรื่อง “Plant Factory” ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

ที่มา: https://www.youtube.com/watch?v=weG9iiwhDwE

ขั้นประเมินผล

1. นักเรียนทำใบกิจกรรม และแบบทดสอบหลังเรียนเรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง แล้วสลับกันตรวจคะแนน

2. ให้นักเรียนนำคะแนนจากผลการสอบของแต่ละคนในกลุ่มรวมกันหาค่าเฉลี่ยของกลุ่ม นักเรียนและครูร่วมกันกล่าวชมเชยกลุ่มที่ทำคะแนนแบบทดสอบได้สูงสุด และให้กำลังใจกลุ่มที่ได้คะแนนต่ำให้พยายาม

3. ให้นักเรียนเขียนสิ่งที่ได้จากการเรียนในวันนี้ และสิ่งที่ไม่เข้าใจลงในกระดาษก่อนออกนอกห้อง (exit ticket)

8. สื่อ วัสดุ อุปกรณ์/แหล่งเรียนรู้

1. ชุดกิจกรรมที่ 2 เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง
2. หนังสือเรียนชีววิทยา 3 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
3. วีดีโอ เรื่อง “Separation of Pigments from the Extract of Spinach Leaves by Paper Chromatography และ เรื่อง “Plant Factory”

9. กิจกรรมเสนอแนะ

.....

.....

.....

ลงชื่อ .....

(นายกัมปนาท สุขนิตย์)

10. บันทึกหลังสอน

.....

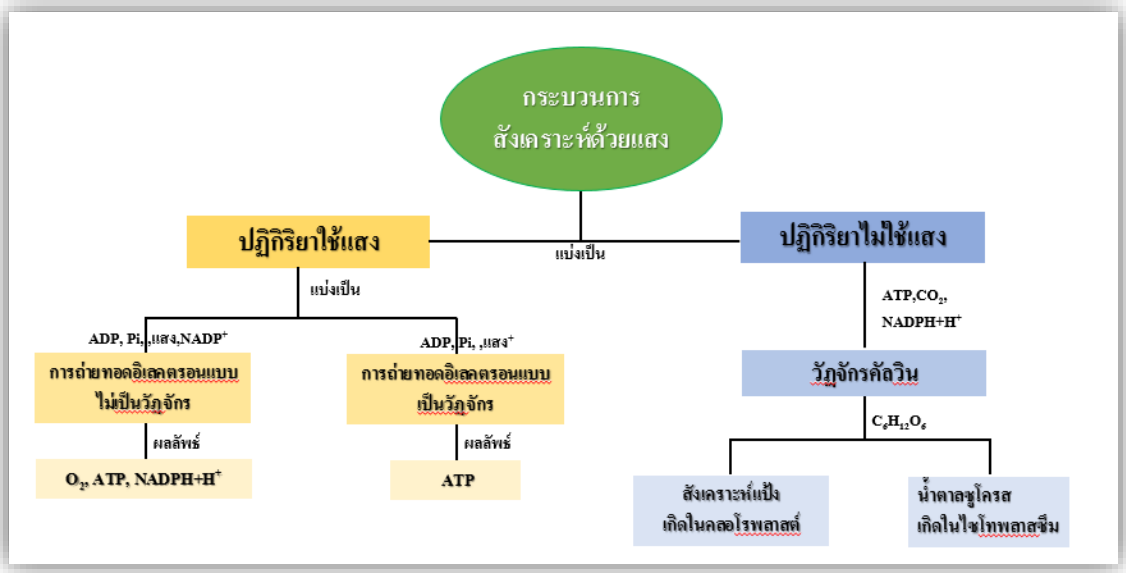
.....

.....

ลงชื่อ .....

(นายกัมปนาท สุขนิตย์)

ผังมโนทัศน์ เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง



แบบประเมินใบกิจกรรมที่ 2

วิชา ชีววิทยา 3 ชั้น ม. 5.10 ผู้สอน นายกัมปนาท สุขนิตย์

หน่วยการเรียนรู้ การสังเคราะห์ด้วยแสง เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง วันที่ เดือน พ.ศ.

<u>คำชี้แจง</u> ให้ผู้ประเมินกรอกคะแนนใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ผ่านเกณฑ์ อย่างน้อยร้อยละ 75

เลขที่	ชื่อ – สกุล	ใบกิจกรรม					คะแนนรวมกิจกรรมที่ 2	ร้อยละ	ผลการประเมิน	
		2.1	2.2	2.3	2.4	2.5			ผ่าน	ไม่ผ่าน

แบบประเมินผังมโนทัศน์

วิชา ชีววิทยา 3 ชั้น ม. 5.10 ผู้สอน นายกัมปนาท สุขนิตย์

หน่วยการเรียนรู้ การสังเคราะห์ด้วยแสง เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง วันที่ เดือน พ.ศ.

คำชี้แจง ให้ผู้ประเมินกรอกคะแนนแบบประเมินผังมโนทัศน์ เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ผ่านเกณฑ์ อย่างน้อยร้อยละ 75

เลขที่	ชื่อ – สกุล	ระดับคุณภาพ	ร้อยละ	ผลการประเมิน	
				ผ่าน	ไม่ผ่าน
1					
2					
3					
4					
5					

หมายเหตุ

ระดับ 4 หมายถึง เขียนกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ครบถ้วนถูกต้องสมบูรณ์

ระดับ 3 หมายถึง เขียนกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงถูกต้อง

ระดับ 2 หมายถึง เขียนกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงถูกต้องบ้าง

ระดับ 1 หมายถึง เขียนกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้

แบบประเมินแบบทดสอบกิจกรรมชุดที่ 2

วิชา ชีววิทยา 3 ชั้น ม. 5.10 ผู้สอน นายกัมปนาท สุขนิตย์

หน่วยการเรียนรู้ การสังเคราะห์ด้วยแสง เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง วันที่ เดือน พ.ศ.

คำชี้แจง ให้ผู้ประเมินกรอกคะแนนแบบประเมินแบบทดสอบกิจกรรมชุดที่ 2 เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ผ่านเกณฑ์ อย่างน้อยร้อยละ 80

เลขที่	ชื่อ – สกุล	แบบทดสอบก่อนเรียน	แบบทดสอบหลังเรียน	ร้อยละ	ผลการประเมิน	
					ผ่าน	ไม่ผ่าน
1						
2						
3						
4						
5						

แบบประเมินพฤติกรรมการสืบค้นกิจกรรมชุดที่ 2

วิชา ชีววิทยา 3 ชั้น ม. 5.10 ผู้สอน นายกัมปนาท สุขนิตย์

หน่วยการเรียนรู้ การสังเคราะห์ด้วยแสง เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง วันที่ เดือน พ.ศ.

<u>คำชี้แจง</u> ให้ผู้ชี้แจงประเมินจากแบบประเมินพฤติกรรมการสืบค้นกิจกรรมชุดที่ 2 ลงในช่องระดับคุณภาพตามเกณฑ์ดังนี้

เลขที่	ชื่อ – สกุล	คะแนน	ร้อยละ	ผลการประเมิน	
				ผ่าน	ไม่ผ่าน

หมายเหตุ

ระดับ 3 หมายถึง สืบค้นและนำเสนอข้อเท็จจริงและความคิดเห็นที่ได้จากการสืบค้นเป็นประจำ

ระดับ 2 หมายถึง สืบค้นนำเสนอข้อเท็จจริงและความคิดเห็นที่ได้จากการสืบค้นเป็นประจำเป็นบ่อยครั้ง

ระดับ 1 หมายถึง นำเสนอข้อเท็จจริงและความคิดเห็นที่ได้จากการสืบค้นเป็นประจำเป็นบางครั้ง

ระดับ 0 หมายถึง ไม่มีการนำเสนอข้อเท็จจริงและความคิดเห็นจากการสืบค้น

แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

วิชา ชีววิทยา 3 ชั้น ม. 5.10 ผู้สอน นายกัมปนาท สุขนิตย์

หน่วยการเรียนรู้ การสังเคราะห์ด้วยแสง เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง วันที่ เดือน พ.ศ.

เลขที่	ชื่อ – สกุล	ระดับคุณภาพ			ร้อยละ	ผลการประเมิน	
		มีวินัย	ใฝ่เรียนใฝ่รู้	มุ่งมั่นการ		ผ่าน	ไม่ผ่าน
1							
2							
3							

หมายเหตุ

มีวินัย ระดับ 3 หมายถึง ปฏิบัติตนตามข้อตกลง ไม่ละเมิดสิทธิของผู้อื่น ตรงต่อเวลาในการปฏิบัติกิจกรรมและรับผิดชอบในการทำงาน

ระดับ 2 หมายถึง ปฏิบัติตนตามข้อตกลง ไม่ละเมิดสิทธิของผู้อื่น และ ตรงต่อเวลา

ระดับ 1 หมายถึง ปฏิบัติตนตามข้อตกลง และ ตรงต่อเวลา

ระดับ 0 หมายถึง ไม่ปฏิบัติตนตามข้อตกลง และไม่ตรงต่อเวลา

ใฝ่เรียนใฝ่รู้ ระดับ 3 หมายถึง เข้าเรียนตรงเวลา ตั้งใจเรียน เอาใจใส่ในการเรียน และมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ และเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ เป็นประจำ

ระดับ 2 หมายถึง เข้าเรียนตรงเวลา ตั้งใจเรียน เอาใจใส่ในการเรียน และมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ และเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ บ่อยครั้ง

ระดับ 1 หมายถึง เข้าเรียนตรงเวลา ตั้งใจเรียน เอาใจใส่ในการเรียน และมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ และเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ บางครั้ง

ระดับ 0 หมายถึง ไม่ตั้งใจเรียนไม่ศึกษาค้นคว้าหาความรู้

มุ่งมั่นการทำงาน ระดับ 3 หมายถึง ตั้งใจและรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จ มีการปรับปรุงและพัฒนาการทำงานให้ดีขึ้นภายในเวลาที่กำหนด

ระดับ 2 หมายถึง ตั้งใจและรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จ มีการปรับปรุงและพัฒนาการทำงานให้ดีขึ้น

ระดับ 1 หมายถึง ตั้งใจและรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จ

ระดับ 0 หมายถึง ไม่ตั้งใจปฏิบัติหน้าที่การงาน

สื่อประกอบชุดกิจกรรม

แบบทดสอบก่อนเรียน
เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

<u>คำสั่ง</u> จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด แล้วทำ X ลงในกระดาษคำตอบ

1. พืชชั้นสูงสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ดีที่สุด เมื่อได้รับแสงสีใด

ก. สีแดงและสีส้ม
ข. สีน้ำเงินและสีส้ม
ค. สีน้ำเงินและสีแดง
ง. สีเหลืองและสีเขียว

2. ปฏิกิริยาไม่ใช้แสงเกิดขึ้นที่ส่วนใดของออร์แกนเนลล์

ก. thylakoid
ข. stroma
ค. outer membrane
ง. inner membrane

3. ส่วนของคลอโรพลาสต์ที่มีเอนไซม์เกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง คือข้อใด

ก. กรานุม (Granum)
ข. สโตรมา (Stroma)
ค. ลูเมนในไทลาคอยด์(Lumen)
ง. สโตรมาลาเมลลา (Stroma lamella)

4. ในปฏิกิริยาที่ใช้แสง (Light reaction) พลังงานแสงถูกนำไปสร้างสารใด

ก. RuBP และ PGAL
ข. ATP และ NADPH
ค. Phosphoglyceraldehyde
ง. ATP NADPH และ PGA

5. ลำดับการถ่ายทอดอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง คือข้อใด

ก. $NADP^+$ ----------> ระบบแสง 1 ----------> ระบบแสง 2 ----------> H_2O
ข. H_2O ----------> ระบบแสง 1 ----------> ระบบแสง 2 ----------> $NADP^+$
ค. H_2O ----------> ระบบแสง 2 ----------> ระบบแสง 1 ----------> $NADP^+$
ง. H_2O ----------> $NADP^+$ ----------> ระบบแสง 1 ----------> ระบบแสง 2

6. รงควัตถุในข้อใดไม่พบในระบบแสง 2 (Photosystem 2)

ก. แคโรทีน (Carotene)
ข. แซนโทฟิลล์ (Xanthophyll)
ค. คลอโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll A)
ง. คลอโรฟิลล์ บี (Chlorophyll B)

7. ผลผลิตสุทธิ (Net product) ของวัฏจักรคัลวินที่สมดุล 1 วัฏจักร คือ

ก. 1 PGAL
ข. 2 PGAL
ค. 1 Glucose
ง. 2 Glucose

8. ในปฏิกิริยาที่ไม่ใช้แสง (Dark reaction) ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงนั้น CO2 ทำปฏิกิริยากับสารในข้อใด

ก. Hydrogen
ข. Phosphoglyceric acid
ค. Ribulose bisphosphate
ง. Phosphoglyceraldehyde

9. ถ้าเราให้ CO_2^{16} และ H_2O^{18} แก่พืชสีเขียวที่อยู่ในแสงแดด จะเกิดผลผลิตขั้นสุดท้าย ตามข้อใด

ก. $C_6H_{12}O_6^{18}$, O_2^{18}, H_2O^{18}
ข. $C_6H_{12}O_6^{16}$, O_2^{18}, H_2O^{16}
ค. $C_6H_{12}O_6^{18}$, O_2^{16}, H_2O^{18}
ง. $C_6H_{12}O_6^{16}$, O_2^{16}, H_2O^{18}

10. การสังเคราะห์แป้ง และน้ำตาลซูโครสเกิดขึ้นที่ใด ตามลำดับ

ก. cytoplasm และ chloroplast
ข. chloroplast และ cytoplasm
ค. mitochondria และ cytoplasm
ง. endoplasmic reticulum และ membrane

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน
เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

ข้อที่	ข้อที่ถูกต้อง
1	ค
2	ข
3	ข
4	ข
5	ค
6	ก
7	ก
8	ค
9	ข
10	ข

แบบทดสอบหลังเรียน

เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

<u>คำสั่ง</u> จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด แล้วทำ X ลงในกระดาษคำตอบ

1. การสังเคราะห์แป้ง และน้ำตาลซูโครสเกิดขึ้นที่ใด ตามลำดับ

ก. cytoplasm และ chloroplast
ข. chloroplast และ cytoplasm
ค. mitochondria และ cytoplasm
ง. endoplasmic reticulum และ membrane

2. ปฏิกิริยาไม่ใช้แสงเกิดขึ้นที่ส่วนใดของออร์แกนเนล

ก. thylakoid
ข. stroma
ค. outer membrane
ง. inner membrane

3. ลำดับการถ่ายทอดอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง คือข้อใด

ก. $NADP^+$ ----------> ระบบแสง 1 ----------> ระบบแสง 2 ----------> H2 O

ข. H_2O ----------> ระบบแสง 1 ----------> ระบบแสง 2 ----------> $NADP^+$

ค. H_2O ----------> ระบบแสง 2 ----------> ระบบแสง 1 ----------> $NADP^+$

ง. H_2O ----------> $NADP^+$ ----------> ระบบแสง 1 ----------> ระบบแสง 2

4. พืชชั้นสูงสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ดีที่สุด เมื่อได้รับแสงสีใด

ก. สีแดงและสีส้ม
ข. สีน้ำเงินและสีส้ม
ค. สีน้ำเงินและสีแดง
ง. สีเหลืองและสีเขียว

5. รงควัตถุในข้อใด ไม่พบในระบบแสง 2 (Photosystem 2)

ก. แคโรทีน (Carotene)
ข. แซนโทฟิลล์ (Xanthophyll)
ค. คลอโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll A)
ง. คลอโรฟิลล์ บี (Chlorophyll B)

6. ในปฏิกิริยาที่ใช้แสง (Light reaction) พลังงานแสงถูกนำไปสร้างสารใด

ก. RuBP และ PGAL
ข. ATP และ NADPH
ค. Phosphoglyceraldehyde
ง. ATP NADPH และ PGA

7. ในปฏิกิริยาที่ไม่ใช้แสง (Dark reaction) ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงนั้น CO_2 ทำปฏิกิริยากับสารในข้อใด

ก. Hydrogen
ข. Phosphoglyceric acid
ค. Ribulose bisphosphate
ง. Phosphoglyceraldehyde

8. ผลผลิตสุทธิ (Net product) ของวัฏจักรคัลวินที่สมดุล 1 วัฏจักร คือ

ก. 1 PGAL
ข. 2 PGAL
ค. 1 Glucose
ง. 2 Glucose

9.ถ้าเราให้ CO_2^{16}และ H_2O^{18}แก่พืชสีเขียวที่อยู่ในแสงแดด จะเกิดผลผลิตขั้นสุดท้าย ตามข้อใด

ก. $C_6H_{12}O_6^{18}$, O_2^{18}, H_2O^{18}
ข. $C_6H_{12}O_6^{16}$, O_2^{18}, H_2O^{16}
ค. $C_6H_{12}O_6^{18}$, O_2^{16}, H_2O^{18}
ง. $C_6H_{12}O_6^{16}$, O_2^{16}, H_2O^{18}

10.ส่วนของคลอโรพลาสต์ที่มีเอนไซม์เกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง คือข้อใด

ก. กรานุม (Granum)
ข. สโตรมา (Stroma)
ค. ลูเมนในไทลาคอยด์ (Lumen)
ง. สโตรมาลาเมลลา (Stroma lamella)

เฉลยแบบทดสอบหลังเรียน
เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

ข้อที่	ข้อที่ถูกต้อง
1	ข
2	ข
3	ค
4	ค
5	ก
6	ข
7	ค
8	ก
9	ข
10	ข

บัตรกิจกรรมที่ 2.1
เรื่อง คลอโรพลาสต์และรงควัตถุสี

คำชี้แจง

นักเรียนจะได้ร่วมกับสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง คลอโรพลาสต์และรงควัตถุสี โดยวิธีทีมร่วมใจ (Team Assisted Individualization: TAI) ดังนี้

วิธีปฏิบัติ

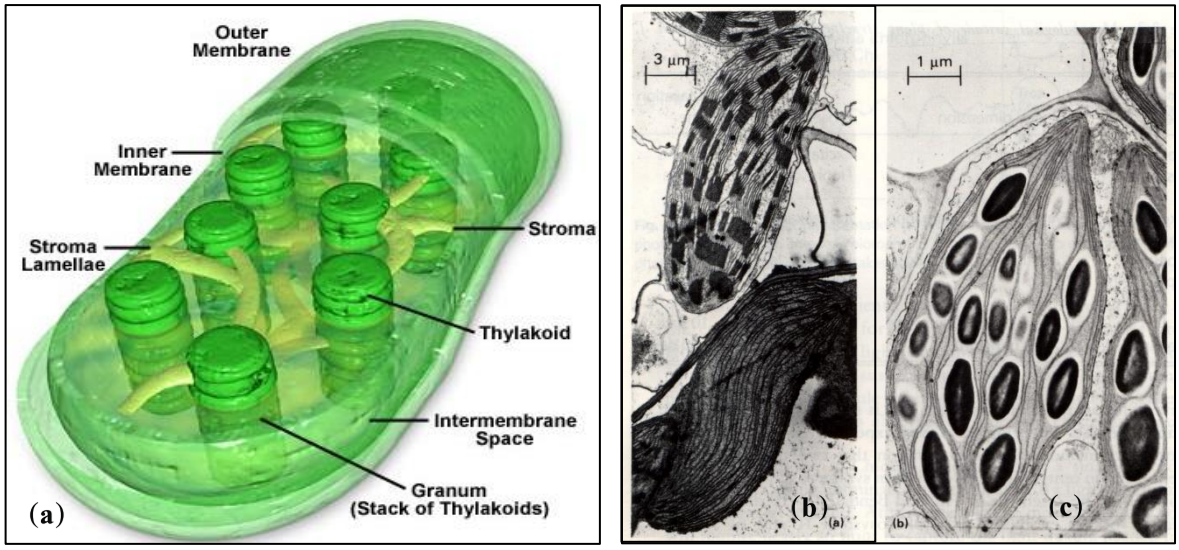
1. นักเรียนแบ่งเป็นกลุ่ม ๆ ละ 4 คน ภายในกลุ่มประกอบด้วย นักเรียนที่เรียนเก่ง นักเรียนปานกลาง และอ่อน
2. ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มรับบัตรกิจกรรมที่ 2.1 เรื่อง คลอโรพลาสต์และรงควัตถุสี, บัตรความรู้ที่ 2.1 เรื่อง คลอโรพลาสต์และรงควัตถุสี, และใบกิจกรรมที่ 2.1 เรื่อง คลอโรพลาสต์และรงควัตถุสี
3. ให้นักเรียนแต่ละคนสรุปบัตรความรู้ที่ 2.1 เรื่อง คลอโรพลาสต์และรงควัตถุสี แล้วทำใบกิจกรรมที่ 2.1 เรื่อง คลอโรพลาสต์และรงควัตถุสี
4. ให้นักเรียนจับคู่ภายในกลุ่มของตนเองเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของใบกิจกรรมที่ 2 ตอนที่ 1 เรื่องคลอโรพลาสต์และรงควัตถุสี อธิบายข้อสงสัยและข้อผิดพลาดของคู่ตนเอง
5. หากคู่ใดทำใบกิจกรรมถูกต้องมากกว่าร้อยละ 75 ถือว่าผ่านเกณฑ์ ถ้าคู่ใดไม่ผ่านเกณฑ์ให้กลับไปสรุปบัตรความรู้กิจกรรมที่ 2 ตอนที่ 1 เรื่องคลอโรพลาสต์และรงควัตถุสีอีกครั้งแล้ว ทำใบกิจกรรมที่ 2 ตอนที่ 1 เรื่องคลอโรพลาสต์และรงควัตถุสี จนผ่านเกณฑ์

บัตรความรู้ที่ 2.1
เรื่อง คลอโรพลาสต์และรงควัตถุสี

คลอโรพลาสต์ (chloroplast)

คลอโรพลาสต์ประกอบด้วยเยื่อหุ้ม 2 ชั้น ได้แก่ เยื่อหุ้มชั้นนอก (outer membrane) และ เยื่อหุ้มชั้นใน (inner membrane) ภายในคลอโรพลาสต์ บรรจุของเหลว เรียกว่า สโตรมา (stroma) ภายในบรรจุเอนไซม์ DNA, RNA, ไรโบโซม (ribosome) และสารประกอบที่จำเป็นต่อวัฏจักรคัลวิน (calvin cycle) และมีไทลาคอยด์ (thylakoid) ซึ่งเป็นเยื่อหุ้มชั้นสองชั้น เรียงกันเป็นแถว เรียกว่า กรานัม (granum; พหูพจน์ grana) กรานัมแต่ละชุดเชื่อมต่อกันบางจุด เรียกว่า สโตรมา ลาเมลลา (stroma lamellae) หรือ ไทลาคอยด์ ลาเมลลา (thylakoid lamellae) ผิวของเยื่อหุ้มไทลาคอยด์ (thylakoid membrane) ประกอบด้วยรงควัตถุ และภายในไทลาคอยด์เป็นช่องว่าง เรียกว่า ไทลาคอยด์ ลูเมน (thylakoid lumen) ใช้ในปฏิกิริยาแสงของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ดังภาพ 1 (a)

คลอโรพลาสต์ เป็นออร์แกนเนลล์ที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงมี 2 ชนิด คือ กรานาคลอโรพลาสต์ (grana chloroplast) ทำหน้าที่ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงดังภาพ 1 (b) และ อะกรานาคลอโรพลาสต์ (agrana chloroplast) ทำหน้าที่เก็บสะสมแป้ง ดังภาพ 1 (c)



ภาพ 1 โครงสร้างของคลอโรพลาสต์ (a), กรานาคลอโรพลาสต์ (b) และ อะกรานาคลอโรพลาสต์ (c) (Taiz and Zeiger, 2003)

รงควัตถุ (pigment)

รงควัตถุที่ใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง อยู่บริเวณผิวของเยื่อหุ้มไทลาคอยด์ (thylakoid membrane) แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. คลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) เป็นรงควัตถุที่มีสีเขียวทำหน้าที่ดูดพลังงานจากดวงอาทิตย์และแสงประดิษฐ์ต่าง ๆ (ภาพ 2) เพื่อนำมาสร้างอาหาร ได้แก่ คลอโรฟิลล์ เอ (chlorophyll a) เป็นศูนย์กลาง (reaction center) ในปฏิกิริยาใช้แสง คลอโรฟิลล์ บี ซี และดี เป็นรงควัตถุช่วย (antenna pigment หรือ accessory pigment)

2. แคโรทีนอยด์ (Caroteniod) เป็นสารประกอบประเภทไขมัน และ เป็นรงควัตถุช่วย (antenna pigment) ได้แก่ แคโรทีน (carotene) เป็นรงควัตถุที่มีสีส้ม แดง แสด และ แซนโธฟิลล์ (xanthophyll) เป็นรงควัตถุ ที่มีสีเหลืองน้ำตาล

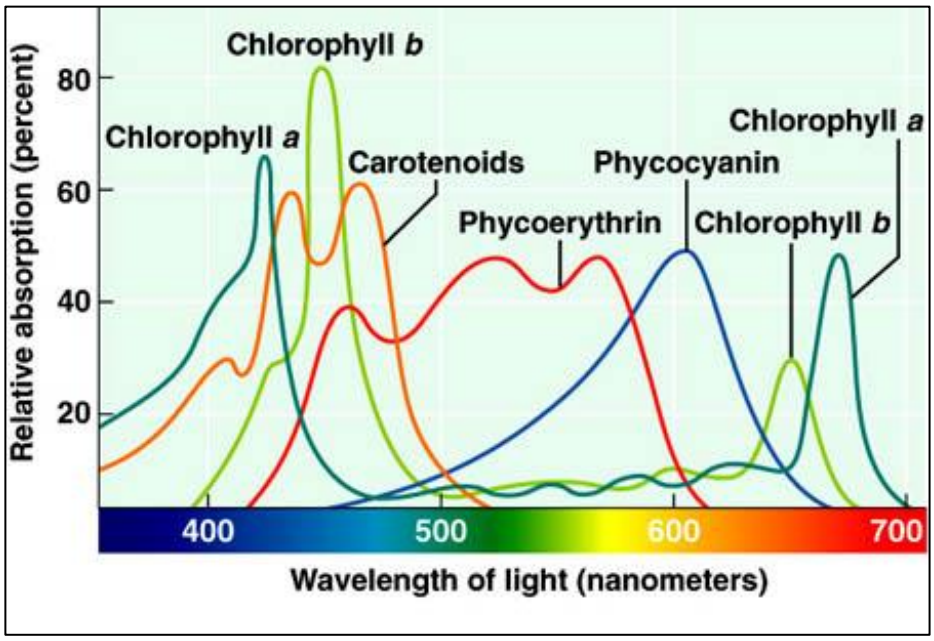
3. ไฟโคบิลิน (Phycobilin) และ เป็นรงควัตถุช่วย (antenna pigment) แบ่งเป็น 2 ชนิด ได้แก่ ไฟโคอีริทริน (Phycoerythrin) เป็นรงควัตถุสีแดง ไฟโคไซยานิน (Phycocyanin) เป็นรงควัตถุสีน้ำเงิน

ศูนย์กลาง (reaction center) ในปฏิกิริยาใช้แสงของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง คือ คลอโรฟิลล์ เอ ดูดกลืนแสงในช่วง ประกอบด้วย

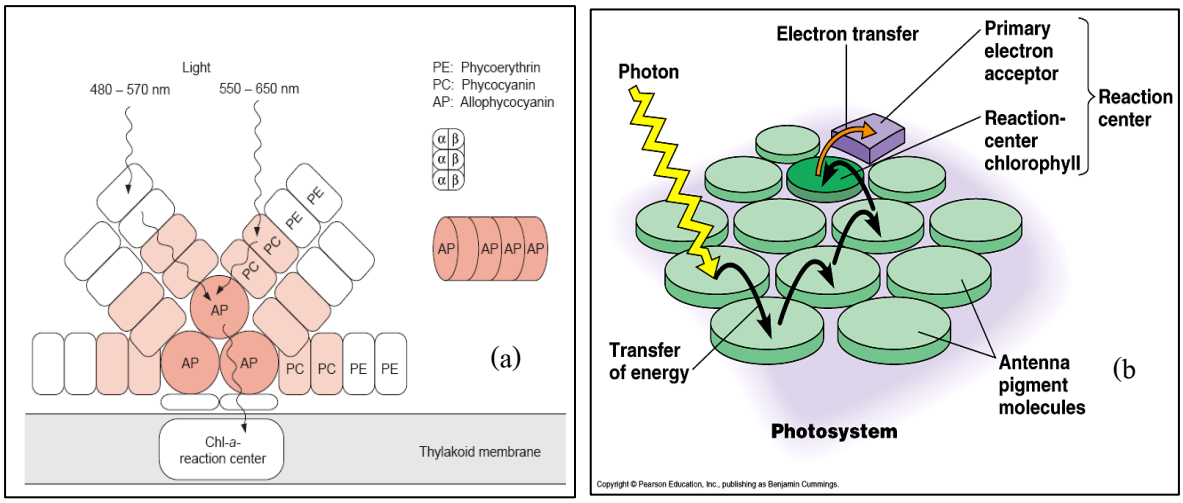
- ระบบแสง I (Photosystem I: PS I; P700) ดูดกลืนแสงในช่วง far red หรือมากกว่า 680 nm. เป็น strong reductant คือ มีความสามารถในการรับอิเลคตรอนสูง (เป็น weak oxidant: มีความสามารถให้อิเลคตรอนต่ำ) และสามารถให้อิเลคตรอนแก่ $NADP^+$ ได้

- ระบบแสง II (Photosystem II: PS II; P680) ดูดกลืนแสงในช่วงสีแดง หรือ น้อยกว่า 680 nm. เป็น strong oxidant คือ มีความสามารถในการให้อิเลคตรอนสูง (เป็น weak reductant กว่า PSI: มีความสามารถรับอิเลคตรอนต่ำกว่า PSI) และสามารถรับอิเลคตรอนจากน้ำได้

รงควัตถุช่วย (antenna pigment) ได้แก่ แคโรทีนอยด์ แซนโธฟิล ไฟโคอีริทริน และไฟโคไซยานิน เป็นต้น ทำหน้าที่ดูดกลืนแสงสีช่วงต่าง ๆ ดังภาพ 3 (a) และ ภาพ 3 (b) เมื่อเกิดการดูดกลืนแสงแล้วจะเกิดการส่งต่ออิเลคตรอนไปยังรงควัตถุช่วยอื่น ๆ ที่มีระดับพลังงานต่อกว่าเพื่อส่งต่อไปยังศูนย์กลางการสังเคราะห์ด้วยแสง นำไปถ่ายทอดอิเลคตรอนและสร้างพลังงานไว้ใช้ในปฏิกิริยาไม่ใช้แสงต่อไป ซึ่งในสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะมีรงควัตถุที่เป็นองค์ประกอบแตกต่างกันไป ดังภาพ 4



ภาพ 2 การดูดกลืนแสงของรงควัตถุสีในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ (Taiz and Zeiger, 2003)



ภาพ 3 การทำงานของรงควัตถุช่วยในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (Taiz and Zeiger, 2003)

Organism	Chlorophylls				Bacteriochlorophylls						Carotenoids	Phycobiliproteins
	a	b	c	d	a	b	c	d	e	g		
Eukaryotes												
Mosses, ferns, seed plants	+	+	–	–							+	–
Green algae	+	+	–	–							+	–
Euglenoids	+	+	–	–							+	–
Diatoms	+	–	+	–							+	–
Dinoflagellates	+	–	+	–							+	–
Brown algae	+	–	+	–							+	–
Red algae	+	–	–	+							+	+
Prokaryotes												
Cyanobacteria	+	–	–	+							+	+
Prochlorophytes	+	+	–	–							+	–
Sulfur purple bacteria					+ or +		–	–	–	–	+	–
Nonsulfur purple bacteria					+ or +		–	–	–	–	+	–
Green bacteria					+	–	+ or +		or +	–	+	–
Heliobacteria					–	–	–	–	–	+	+	–

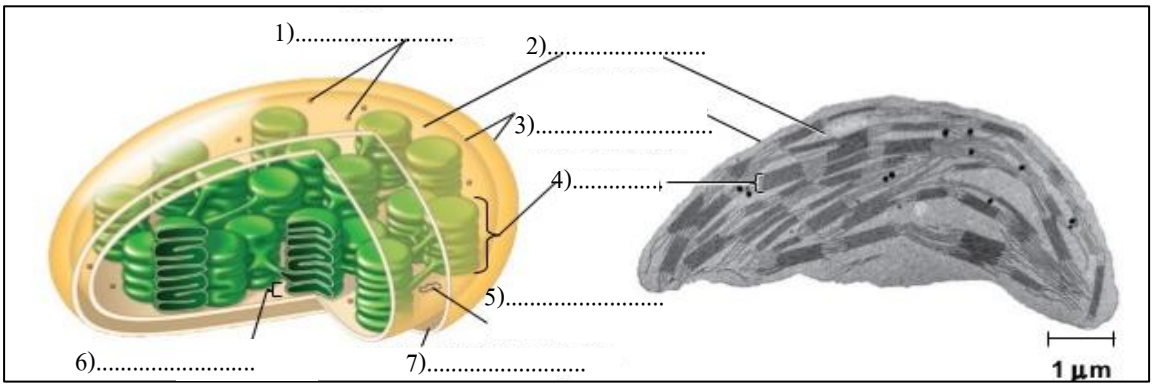
ภาพ 4 รงควัตถุในสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ (Taiz and Zeiger, 2003)

ใบกิจกรรมที่ 2.1
เรื่อง คลอโรพลาสต์และรงควัตถุสี

คำสั่ง จงเติมคำในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. จงเติมองค์ประกอบของออร์แกนเนลล์ที่กำหนดให้

ออร์แกนเนลล์ในภาพคือ……..……



2. จากภาพในข้อ 1 จงตอบคำถามต่อไปนี้

2.1 รงควัตถุที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงอยู่หมายเลข .....

ส่วนที่มีชื่อเรียกว่า .....ซึ่งภายในมีช่องว่าง คือ .....

เกิดปฏิกิริยาใด .....ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

2.2 หมายเลข 2 จะเกิดปฏิกิริยาใด .....ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

2.3 องค์ประกอบหมายเลขใดที่บ่งบอกว่าออร์แกนเนลล์นี้สามารถเพิ่งจำนวนเอง และสามารถสังเคราะห์โปรตีนไว้ใช้ภายในออร์แกนเนลล์เองได้ .....

2.4 องค์ประกอบทางเคมีของหมายเลข 3 เป็นสารประเภทใด .....

องค์ประกอบทางเคมีของหมายเลข 6 เป็นสารประเภทใด .....

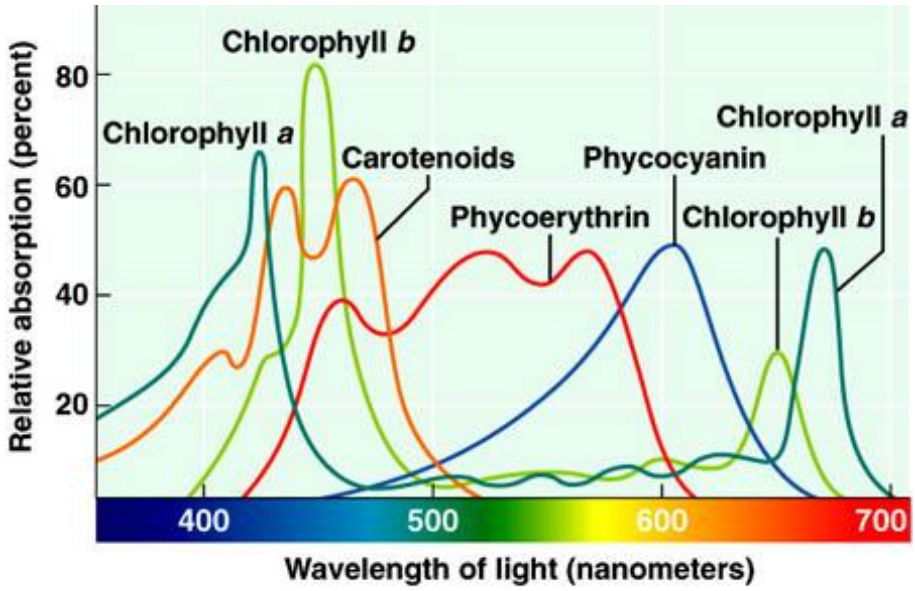
3. รงควัตถุในพืชทำหน้าที่อะไร .....

ศูนย์กลาง (reaction center) ในปฏิกิริยาใช้แสงของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงคือรงควัตถุใด.....ทำหน้าที่.....

รงควัตถุช่วย (antenna pigment) คือรงควัตถุใด.....

ทำหน้าที่.....

4. จากภาพจงตอบคำถามต่อไปนี้



4.1 การดูดกลืนแสงของรงควัตถุแต่ละชนิดดูดกลืนแสงช่วงใดบ้าง

Chlorophyll a ดูดกลืนแสงช่วง .....

Chlorophyll b ดูดกลืนแสงช่วง .....

Carotenoids ดูดกลืนแสงช่วง .....

Phycoerythin ดูดกลืนแสงช่วง .....

Phycocyanin ดูดกลืนแสงช่วง .....

4.2 ถ้าพืชได้รับแสงสีเขียวอย่างเดียวจะสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

4.3 ถ้าพืชชนิดหนึ่งมีใบสีเขียว นักเรียนจะให้แสงสีใดแก่พืชจึงทำให้มีการสังเคราะห์ด้วยแสงดีที่สุด เพราะเหตุใด .....

5. รงควัตถุหลักที่อยู่ในกลุ่มยูคาริโอต คือ .....

6. แสงสีใดจำเป็นต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของโปรคาริโอต.....

7. ถ้าขาดแคโรทีนอยด์จะส่งผลอย่างไรต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช.....

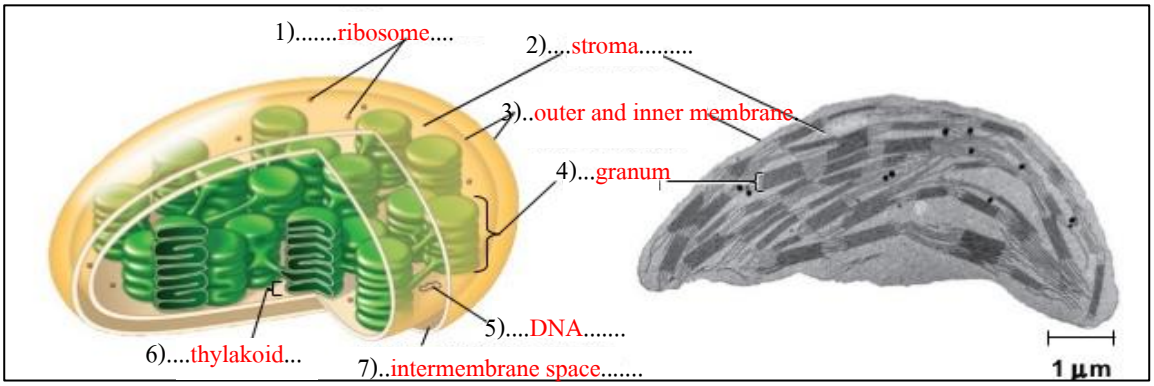
.....

เฉลยใบกิจกรรมที่ 2.1
เรื่อง คลอโรพลาสต์และรงควัตถุสี

จงเติมคำในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. จงเติมองค์ประกอบของออร์แกนเนลล์ที่กำหนดให้

ออร์แกนเนลล์ในภาพ คือ.....คลอโรพลาสต์ (chloroplast).....



2. จากภาพในข้อ 1 จงตอบคำถามต่อไปนี้

2.1 รงควัตถุที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงอยู่หมายเลข.....6 หรือ 4..... ส่วนที่มีชื่อเรียกว่า.....ไทลาคอยด์ (thylakoid).....ซึ่งภายในมีช่องว่าง คือ.....ลูเมน (lumen)... เกิดปฏิกิริยาใด.....ปฏิกิริยาใช้แสง (light reaction).....ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

2.2 หมายเลข 2 จะเกิดปฏิกิริยาใด .....ปฏิกิริยาไม่ใช้แสง (dark reaction).....ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

2.3 องค์ประกอบหมายเลขใดที่บ่งบอกว่าออร์แกนเนลล์นี้สามารถเพิ่งจำนวนเอง และสามารถสังเคราะห์โปรตีนไว้ใช้ภายในออร์แกนเนลล์เองได้.....DNA (ดีเอนเอ) ไรโบโซม (ribosome).....

2.4 องค์ประกอบทางเคมีของหมายเลข 3 เป็นสารประเภทใด.....ไขมัน หรือ ฟอสโฟลิปิด (phospholipid).....

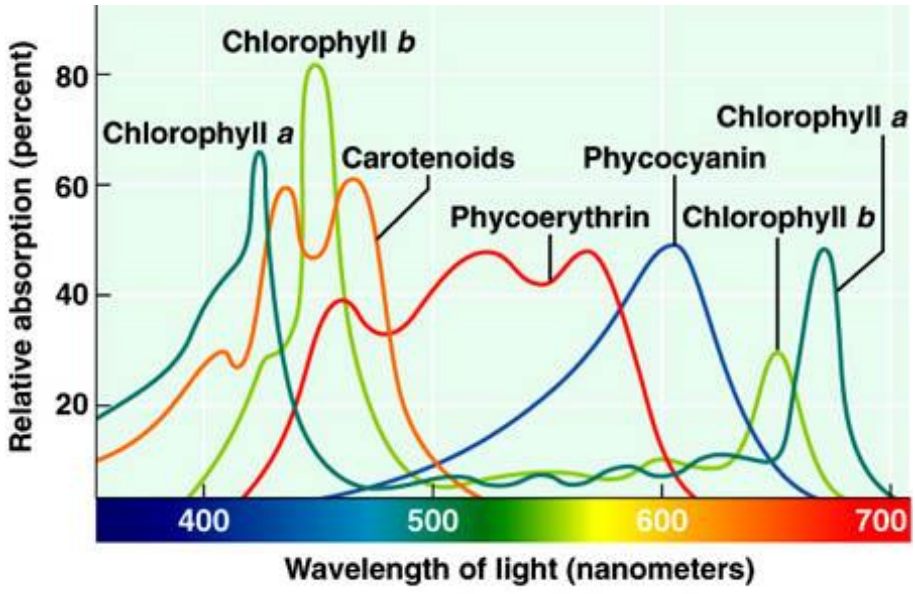
องค์ประกอบทางเคมีของหมายเลข 6 เป็นสารประเภทใด.....ไขมัน หรือ ฟอสโฟลิปิด (phospholipid).....

3. รงควัตถุในพืชทำหน้าที่อะไร.....ดูดกลืนช่วงแสงตามคุณสมบัติและเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานเคมี หรือ ดูดกลืนแสงทำให้เกิดปฏิกิริยาใช้แสง.....

ศูนย์กลาง (reaction center) ในปฏิกิริยาใช้แสงของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงคือรงควัตถุใด.....คลอโรฟิลล์ เอ.....ทำหน้าที่.....ดูดกลืนแสงแล้วให้อิเลคตรอนแก่ตัวรับต่อไป แล้วรับอิเลคตรอนจากรงควัตถุช่วย หรือส่งต่ออิเลคตรอนให้ตัวรับอิเลคตรอนอื่น.....

รงควัตถุช่วย (antenna pigment) คือรงควัตถุใด.....แคโรทีนอยด์ แซนโธฟิล ไฟโคอีริทริน และไฟโคไซยานิน.....ทำหน้าที่.....ทำหน้าที่ดูดกลืนแสงสีช่วงต่าง ๆ แล้วส่งต่ออิเลคตรอนไปยังรงควัตถุช่วยอื่น ๆ ที่มีระดับพลังงานต่อกว่าเพื่อส่งต่อไปยังศูนย์กลางการสังเคราะห์ด้วยแสง.....

4. จากภาพจงตอบคำถามต่อไปนี้



4.1 การดูดกลืนแสงของรงควัตถุแต่ละชนิดดูดกลืนแสงช่วงใดบ้าง

Chlorophyll a ดูดกลืนแสงช่วง.....420-430 nm และ 670- 680 nm .....

Chlorophyll b ดูดกลืนแสงช่วง.....440-460 nm และ 640- 650 nm .....

Carotenoids ดูดกลืนแสงช่วง.....440-480 nm.....

Phycoerythin ดูดกลืนแสงช่วง.....460-580 nm.....

Phycocyanin ดูดกลืนแสงช่วง.....580-620 nm.....

4.2 ถ้าพืชได้รับแสงสีเขียวอย่างเดียวจะสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

....ได้ เพราะมีรงควัตถุอื่น เช่น Phycoerythin และ Phycocyanin ทำหน้าที่ดูดกลืนแสงแทน....

4.3 ถ้าพืชชนิดหนึ่งมีใบสีเขียว นักเรียนจะให้แสงสีใดแก่พืชจึงทำให้มีการสังเคราะห์ด้วยแสงดีที่สุด เพราะเหตุใด.....สีน้ำเงิน เพราะมีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงสูงและเป็นจุดศูนย์กลางการสังเคราะด์ด้วยแสง.....

5. รงควัตถุหลักที่อยู่ในกลุ่มยูคาริโอต คือ.....คลอโรฟิลล์ เอ และ แคโรทีนอยด์.....

6. แสงสีใดจำเป็นต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของโปรคาริโอต.....สีน้ำเงิน และสีแดง.....

7. ถ้าขาดแคโรทีนอยด์จะส่งผลอย่างไรต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช.....ประสิทธิภาพในการดูดกลืนแสงจะลดลง เนื่องจากแคโรทีนอยด์ดูดกลืนแสงในช่วงสีน้ำเงินและสีครามจึงทำให้ใช้แสงขาวไม่เต็มประสิทธิภาพ ส่งผลให้กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง.....

บัตรกิจกรรมที่ 2.2
เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

คำชี้แจง

นักเรียนจะได้ร่วมกับสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงโดยวิธีกลุ่มร่วมมือ Co-op Co-op ดังนี้

วิธีปฏิบัติ

1. นักเรียนแบ่งเป็นกลุ่ม ๆ ละ 4 คน ภายในกลุ่มประกอบด้วย นักเรียนที่เรียนเก่ง นักเรียนปานกลาง และอ่อน
2. บัตรความรู้ มีทั้งหมด 4 บัตรความรู้และใบกิจกรรม ซึ่งจะได้รับ 1 บัตรความรู้ต่อ 1 กลุ่ม บัตรความรู้ มีดังนี้

- บัตรความรู้ที่ 1 เรื่อง ปฏิกิริยาใช้แสงขั้นตอนการถ่ายทอดอิเลคตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักร
- บัตรความรู้ที่ 2 เรื่อง ปฏิกิริยาใช้แสงขั้นตอนการถ่ายทอดอิเลคตรอนแบบปีนวัฏจักร
- บัตรความรู้ที่ 3 เรื่อง ปฏิกิริยาไม่ใช้แสง
- บัตรความรู้ที่ 4 เรื่อง การสังเคราะห์แป้งและน้ำตาลซูโครส

3. ครูชี้แจงให้แต่ละกลุ่มกำหนดสมาชิกแต่ละคนในกลุ่มเป็นเบอร์ 1, 2, 3 และ 4 แบ่งหัวข้อเรื่องย่อยคนละ 1 หัวข้อ ศึกษาอธิบาย อภิปราย แสดงความคิดเห็น ในกลุ่มเพื่อให้ทุกคนได้นำเสนอต่อชั้นเรียน ก่อนนำเสนอให้แนะนำตนเองก่อน
4. นักเรียนทุกกลุ่มนำเสนอผลงานต่อชั้นเรียน โดยสมาชิกทุกคนนำเสนอในหัวข้อย่อยที่ได้มอบหมาย เมื่อแต่ละกลุ่มนำเสนอจบครูเพิ่มเติมให้ในส่วนที่ยังไม่สมบูรณ์
5. ทุกกลุ่มช่วยกันประเมินผลการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มและผลงานกลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ประเมิน กลุ่มที่ 2
กลุ่มที่ 2 ประเมิน กลุ่มที่ 3
กลุ่มที่ 3 ประเมิน กลุ่มที่ 4
กลุ่มที่ 4 ประเมิน กลุ่มที่ 5
กลุ่มที่ 5 ประเมิน กลุ่มที่ 6
กลุ่มที่ 6 ประเมิน กลุ่มที่ 7
กลุ่มที่ 7 ประเมิน กลุ่มที่ 8
กลุ่มที่ 8 ประเมิน กลุ่มที่ 1

บัตรความรู้ที่ 2.2
เรื่อง ปฏิกิริยาใช้แสงขั้นตอนการถ่ายทอดอิเลคตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักร

กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

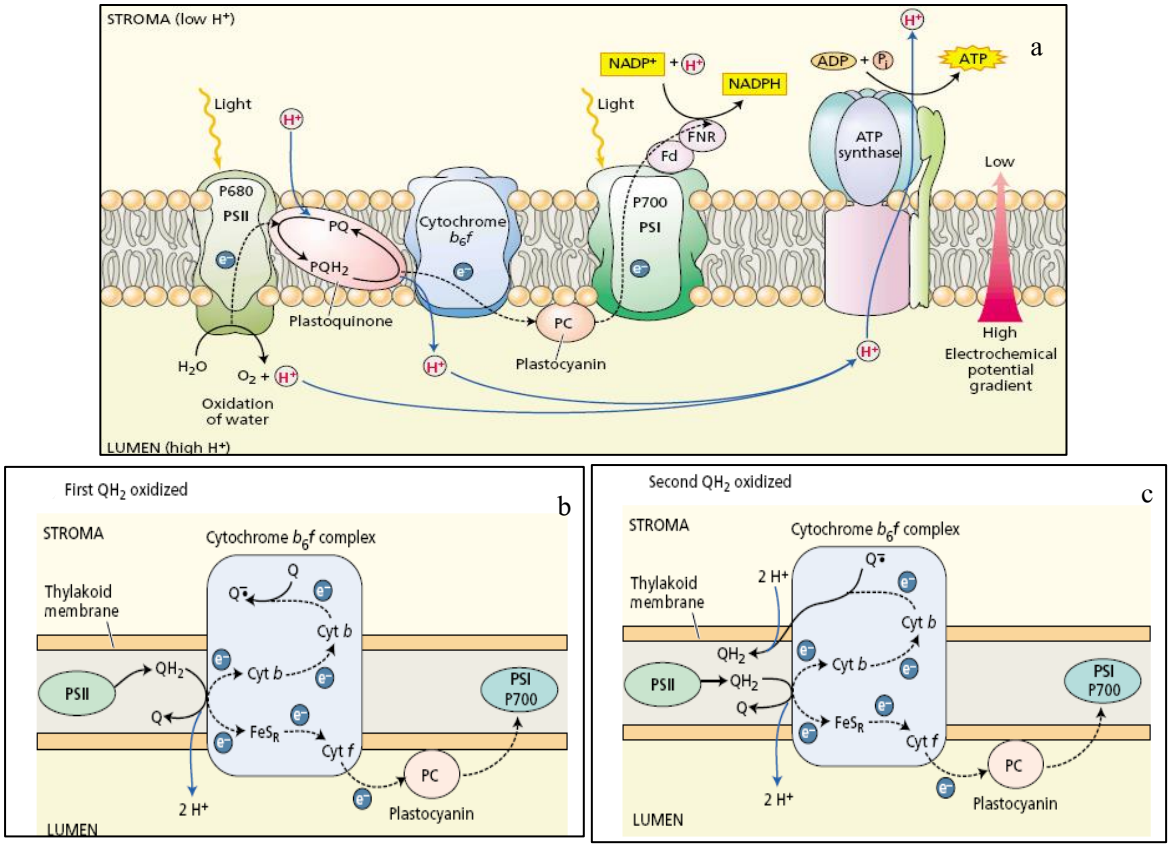
$$6CO_2 + 12H_2O \xrightarrow[\text{คลอโรฟิลล์}]{\text{แสง}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O$$

กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงในพืชนั้นเกิดขึ้นที่คลอโรพลาสต์ โดยแสงที่ส่องมายังพืชนั้นจะถูกนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อสร้างคาร์โบไฮเดรตเพียง 5% บางส่วนถูกสะท้อนและส่องผ่าน 8% อีกส่วนสูญเสียไปกับความร้อน 8% และสูญเสียไปกับกระบวนการเมแทบอลิซึม 19% ซึ่งกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงสามารถแบ่งปฏิกิริยาได้ 2 ปฏิกิริยา คือ

1. ปฏิกิริยาใช้แสง (light reaction หรือ light dependent) เกิดขึ้นบริเวณเยื่อหุ้มของไทลาคอยด์ (thylakoid membrane) มีการถ่ายทอดอิเลคตรอนเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ ได้แก่ น้ำ ออกซิเจน ATP และ $NADPH+H^+$ นำไปใช้ในปฏิกิริยาไม่ใช้แสง โดยการถ่ายทอดอิเลคตรอนสามารถเกิดได้ 2 แบบ ได้แก่

1.1 การถ่ายทอดอิเลคตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักร (non cyclic electron flow) เป็นการถ่ายทอดหลักในปฏิกิริยาใช้แสง ได้ผลิตภัณฑ์คือ ออกซิเจน ATP และ $NADPH+H^+$ (ภาพ 5a) โดยแสงตกกระทบจุดศูนย์กลางของปฏิกิริยา (reaction center) ประกอบด้วย ระบบแสง I (P700) และ ระบบแสง II (P680) ทำให้อิเลคตรอนวงนอก (valance electron) ของ P700 และ P680 จำนวน $2e^-$ โมเลกุลมีพลังงานเพิ่มสูงขึ้นอยู่ในสถานะกระตุ้น (excited state) ไม่สามารถอยู่ในระดับพลังงานเดิมได้ จึงต้องเคลื่อนที่ไปอยู่ในระดับพลังงานที่สูงกว่าคือ ตัวรับอิเลคตรอน (electron acceptor) ของ P700 และ P680 ทำให้จุดศูนย์กลางของปฏิกิริยาของ P700 และ P680 ขาดอิเลคตรอนไม่เสถียร จึงต้องได้รับอิเลคตรอนจากแหล่งต่าง ๆ ในศูนย์กลางของปฏิกิริยา P680 สามารถรับอิเลคตรอนจากรงควัตถุช่วยอื่น เช่น คลอโรฟิลล์ บี แคโรทีน เป็นต้น หรือสามารถรับอิเลคตรอนจากการแตกตัวของน้ำในปฏิกิริยาฮิลล์ (Hill reaction: Photolysis) ซึ่งน้ำ 1 โมเลกุลจะแตกได้ตัวได้ โปรตอน (H^+) 2 โมเลกุล อิเลคตรอน (e^-) 2 โมเลกุล และ ออกซิเจน (O_2) 1/2 โมเลกุล ในศูนย์กลางของปฏิกิริยา P700 ที่ไม่เสถียรสามารถรับอิเลคตรอนจากตัวรับอิเลคตรอน (electron acceptor) ของ P680 โดยจะส่งต่ออิเลคตรอนแก่ควินโนน (quinone: Q) (ภาพ 5b และ 5c) โดยจะแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นแรก $2e^-$ จากตัวรับอิเลคตรอน P680 จะส่งต่อให้ Q และนำโปรตอน (H^+) จากสโตรมาเข้ามาเปลี่ยนเป็น

พลาสโตไฮโดรควินโนน (plastohydroquinone: QH_2) จากนั้น พลาสโตคลินโนนจะส่ง $2H^+$ เข้าสู่ลูเมนของไทลาคอยด์ และ $2e^-$ ให้กับ cytochrome b_6f ซึ่ง cytochrome b_6f ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ Cyt b และ FeS_R ซึ่ง $2e^-$ จะแบ่ง e^- 1 ตัวให้แก่ Cyt b เพื่อส่งต่อให้กับควินโนน (Q) กลายเป็นพลาสโตเซมิควินโนน (Plastosemiquinone: Quinone radical: $Q^{-\bullet}$) และ e^- อีก 1 ตัวจะส่งให้กับ FeS_R แล้วส่งต่อให้ Cyt f เพื่อส่งต่อให้กั พลาสโตไซยานิน (Plastocyanin: PC) ขั้นสอง $2e^-$ จากตัวรับอิเลคตรอน P680 จะส่งต่อให้ Q และนำโปรตอน (H^+) จากสโตรมาเข้ามาเปลี่ยนเป็นพลาสโตไฮโดรควินโนน (plastohydroquinone: QH_2) อีกครั้ง จากนั้นพลาสโตไฮโดรคลินโนนจะส่ง $2H^+$ เข้าสู่ ลูเมนของไทลาคอยด์ และ $2e^-$ ซึ่งจะแบ่ง e^- 1 ตัว ให้แก่ Cyt b เพื่อส่งต่อให้กับ พลาสโตเซมิควินโนน ($Q^{-\bullet}$) จากขั้นตอนแรก ร่วมกับโปรตอน 2 โมเลกุล ($2H^+$) จากสโตรมา กลายเป็น พลาสโตไฮโดรควินโนน (Plastohydroquinone: QH_2) และ e^- อีก 1 ตัวจะส่งให้กับ FeS_R แล้วส่งต่อให้ Cyt f เพื่อส่งต่อให้กับพลาสโตไซยานิน (Plastocyanin: PC) ดังนั้น ในการถ่ายทอดอิเลคตรอนจะใช้ 2 โมเลกุลของ QH_2 และ ได้ QH_2 คืน 1 โมเลกุล และได้โปรตอน $4H^+$ เข้าสู่ลูเมนของไทลาคอยด์ และ ได้ 2e- เข้าสู่ พลาสโตไซยานิน จากนั้นพลาสโตไซยานินจะส่ง $2e^-$ เข้าสู่ศูนย์กลางของปฏิกิริยา P700 ทำให้โมเลกุลของสารเสถียร ส่วนตัวรับอิเลคตรอน (electron acceptor) ของ P700 จะส่ง $2e^-$ ต่อไปยังไฟโลควินโนน (phytoquinone) แล้วส่งต่อไปยัง Fe-S และส่งไปยังเฟอร์รีดอกซินรูปออกซิไดซ์ ($ferredoxin_{ox}$) ให้เปลี่ยนเป็นเฟอร์รีดอกซินรูปรีดิวซ์ ($ferredoxin_{red}$) ซึ่งเฟอร์รีดอกซินรูปรีดิวซ์ ($ferredoxin_{red}$) จะให้ $2e^-$ แก่ $NADP^+$ โดยอาศัยเอนไซม์ Ferredoxin-NADP reductase (FNR) เปลี่ยนเป็น $NADPH+H^+$ และเฟอร์รีดอกซินรูปรีดิวซ์ ($ferredoxin_{red}$) จะกลายเป็น เฟอร์รีดอกซินรูปออกซิไดซ์ ($ferredoxin_{ox}$) เมื่อเกิดการถ่ายทอดอิเลคตรอนดังกล่าวแล้วภายในลูเมนของไทลาคอยด์ (thylakoid lumen) จะเต็มไปด้วยโปรตอน (H^+) เกิดเป็นความแตกต่างของโปรตอนระหว่างภายในลูเมนของไทลาคอยด์ (thylakoid lumen) กับ สโตรมา (stroma) ทำให้โปรตอน (H^+) จาก ลูเมนของไทลาคอยด์ (thylakoid lumen) จะเคลื่อนที่ผ่านเข้ามาใน สโตรมา (stroma) ทางช่องโปรตีนที่สังเคราะห์ ATP (ATP synthase protein complex) โดยใช้เอนไซม์ ATPase ร่วมกับ ADP และ Pi ทำให้เกิดการสร้าง ATP (chemiosmosis; pH gradient different; proton motive force; photophosphorylation)



ภาพ 5 ปฏิกิริยาใช้แสงขั้นตอนการถ่ายทอดอิเลคตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักร (Taiz and Zeiger, 2003)

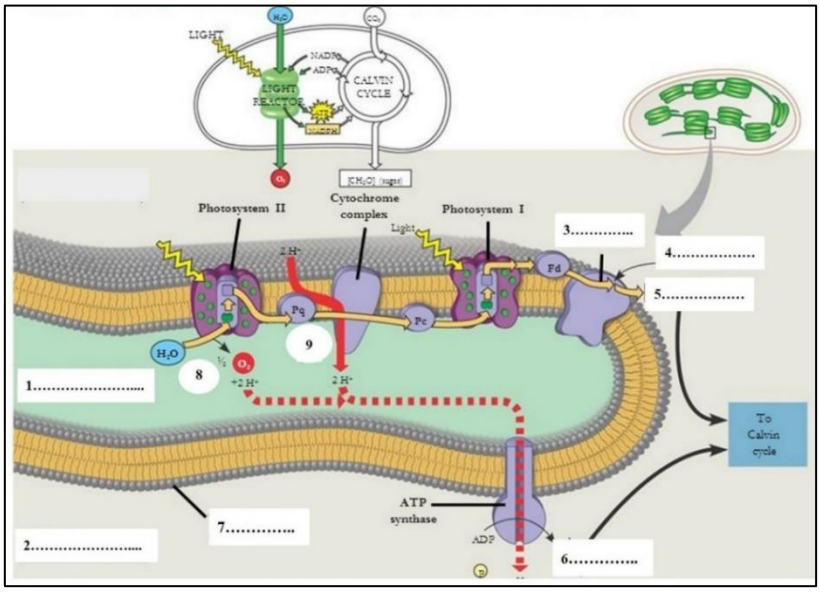
ใบกิจกรรมที่ 2.2
เรื่อง ปฏิกิริยาใช้แสงขั้นตอนการถ่ายทอดอิเลคตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักร

คำสั่ง จงเติมคำในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. ปฏิกิริยาใช้แสงในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเกิดขึ้นที่ออร์แกนเนลล์ ..... และส่วนใดของออร์แกนเนลล์.....

2. สารตั้งต้นของการถ่ายทอดอิเลคตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักรได้แก่ ..... ผลิตภัณฑ์ ได้แก่.....

3. จงเติมคำในช่องว่างและตอบคำถามจากภาพที่กำหนดให้



3.1 จากภาพเกิดปฏิกิริยาใด.....

3.2 ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นบริเวณหมายเลข 3, 4 และ 5 เป็นปฏิกิริยาแบบใด.....
สารใดที่สามารถยับยั้งปฏิกิริยานี้ได้ .....
ถ้าไม่มีสารนี้จะส่งผลต่อกระบวนการใด อย่างไร .....
.....

3.3 ปฏิกิริยาบริเวณหมายเลข 6 เกิดจากอะไร.....
.....

3.4 หมายเลข 8 คือปฏิกิริยาใด .....ได้ผลลัพธ์คือ.....
ถ้าหมายเลข 8 ไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาได้ จะเกิดเหตุการณ์ใด.....
.....

3.5 หมายเลข 9 เกิดเหตุการณ์ใด.....
เหตุการณ์นี้ส่งผลต่อปฏิกิริยาไม่ใช้แสงอย่างไร .....
.....

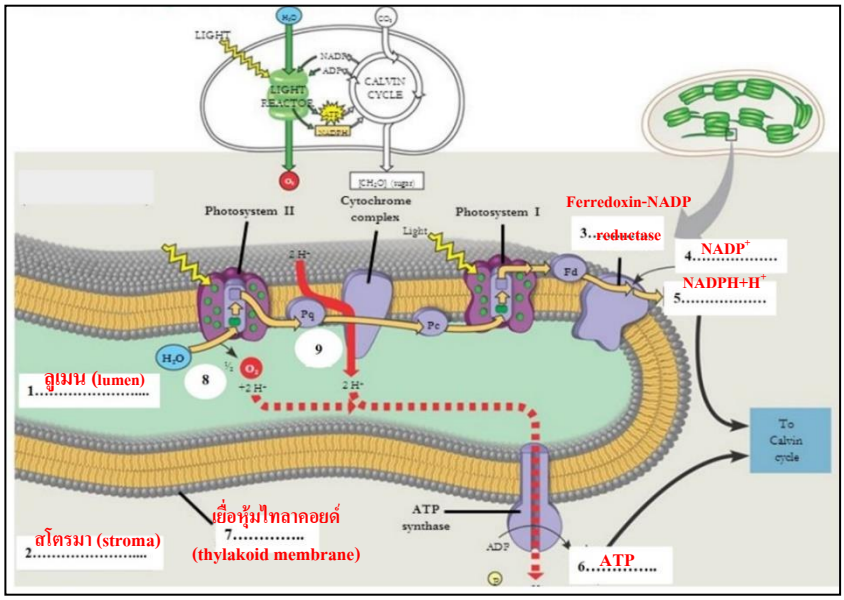
เฉลยใบกิจกรรมที่ 2.2
เรื่อง ปฏิกิริยาใช้แสงขั้นตอนการถ่ายทอดอิเลคตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักร

จงเติมคำในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. ปฏิกิริยาใช้แสงในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเกิดขึ้นที่ออร์แกนเนลล์ .....คลอโรพลาสต์..... และส่วนใดของออร์แกนเนลล์.....เยื่อหุ้มไทลาคอยด์ (thylakoid membrane).....

2. สารตั้งต้นของการถ่ายทอดอิเลคตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักรได้แก่.....น้ำ, $NADP^+$ ADP.....
ผลิตภัณฑ์ ได้แก่.....ออกซิเจน, $NADP+H^+$, ATP.....

3. จงเติมคำในช่องว่างและตอบคำถามจากภาพที่กำหนดให้



3.1 จากภาพเกิดปฏิกิริยาใด.....ปฏิกิริยาใช้แสง.....

3.2 ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นบริเวณหมายเลข 3, 4 และ 5 เป็นปฏิกิริยาแบบใด.....reduction.....
สารใดที่สามารถยับยั้งปฏิกิริยานี้ได้.....พาราควอท (paraquat).....
ถ้าไม่มีสารนี้จะส่งผลต่อกระบวนการใด อย่างไร.....กระบวนการสร้างน้ำตาลในวัฏจักรคัลวินเนื่องจากไม่มีสารตั้งต้นในวัฏจักร.....

3.3 ปฏิกิริยาบริเวณหมายเลข 6 เกิดจากอะไร.....การเคลื่อนที่ของโปรตอนจากลูเมนสู่สโตรมา (proton motive force หรือ pH gradient different) และเกิดการสร้าง ATP.....

3.4 หมายเลข 8 คือปฏิกิริยาใด .....photolysis หรือ hill reaction.....ได้ผลลัพธ์คือ.....H^+, O_2, e^-, H_2O .....
ถ้าหมายเลข 8 ไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาได้ จะเกิดเหตุการณ์ใด.....ทำให้ระบบแสง 2 ขาดอิเลคตรอน จึงไม่สามารถเกิดการถ่ายทอดอิเลคตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักรได้ หรือ ระบบ แสง 2 รับอิเลคตรอนจากรงควัตถุเสริม.....

3.5 หมายเลข 9 เกิดเหตุการณ์ใด.....การถ่ายทอดอิเลคตรอนจากระบบแสง 1 ไปยัง ระบบแสง 2.....
เหตุการณ์นี้ส่งผลต่อปฏิกิริยาไม่ใช้แสงอย่างไร.....ทำให้ระบบแสง 2 ขาดอิเลคตรอนจึงไม่สามารถ เกิดการถ่ายทอดอิเลคตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักรได้ จะเปลี่ยนเป็นการถ่ายทอดอิเลคตรอนแบบเป็นวัฏจักร.....

บัตรความรู้ที่ 2.3
เรื่อง ปฏิกิริยาใช้แสงขั้นตอนการถ่ายทอดอิเลคตรอนแบบเป็นวัฏจักร

กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

$$6CO_2 + 12H_2O \xrightarrow[\text{คลอโรฟิลล์}]{\text{แสง}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O$$

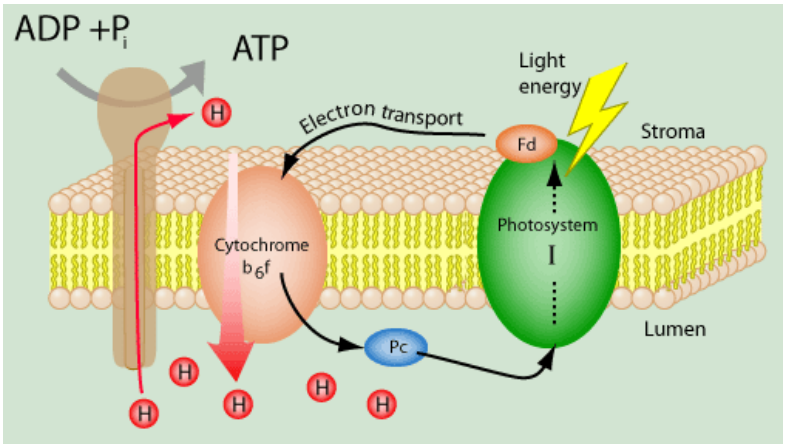
กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงในพืชนั้นเกิดขึ้นที่คลอโรพลาสต์ โดยแสงที่ส่องมายังพืชนั้นจะถูกนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อสร้างคาร์โบไฮเดรตเพียง 5% บางส่วนถูกสะท้อนและส่องผ่าน 8% อีกส่วนสูญเสียไปกับความร้อน 8% และสูญเสียไปกับกระบวนการเมแทบอลิซึม 19% ซึ่งกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงสามารถแบ่งปฏิกิริยาได้ 2 ปฏิกิริยา คือ

1. ปฏิกิริยาใช้แสง (light reaction หรือ light dependent) เกิดขึ้นบริเวณเยื่อหุ้มของไทลาคอยด์ (thylakoid membrane) มีการถ่ายทอดอิเลคตรอนเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ ได้แก่ น้ำ ออกซิเจน ATP และ $NADPH+H^+$ นำไปใช้ในปฏิกิริยาไม่ใช้แสง โดยการถ่ายทอดอิเลคตรอนสามารถเกิดได้ 2 แบบ ได้แก่

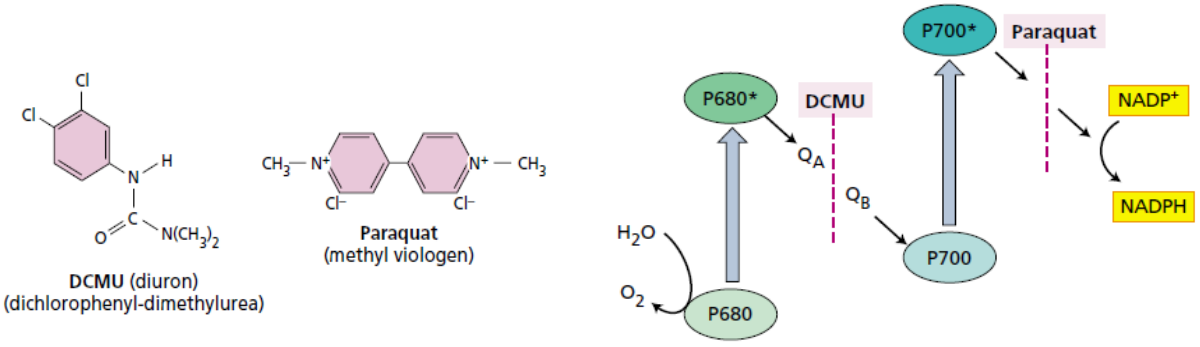
1.2 การถ่ายทอดอิเลคตรอนแบบเป็นวัฏจักร (cyclic electron flow) เป็นการถ่ายทอดเมื่อสภาวะไม่เหมาะสม เช่น อัตราส่วนของ ATP:ADP น้อยเกินไป หรือ ได้รับยาฆ่าหญ้าบางชนิด (paraquat) ที่หยุดการถ่ายทอดอิเลคตรอนระหว่างเฟอรีดอกซิน (ferredoxin) กับ $NADP^+$ ทำให้เอนไซม์ ferredoxin-NADP reductase ไม่สามารถทำงานได้ หรือเป็นแหล่งสร้าง ATP ที่สำคัญในบันเดิลชีทของพืช C4 เป็นต้น ได้ผลิตภัณฑ์คือ ATP โดยแสงตกกระทบจุดศูนย์กลางของปฏิกิริยา (reaction center) ประกอบด้วย ระบบแสง I (P700) ทำให้อิเลคตรอนวงนอก (valance electron) ของ P700 จำนวน $2e^-$ มีพลังงานเพิ่มสูงขึ้นอยู่ในสถานะกระตุ้น (excited state) ไม่สามารถอยู่ในระดับพลังงานเดิมได้ จึงต้องเคลื่อนที่ไปอยู่ในระดับพลังงงานที่สูงกว่าคือ ตัวรับอิเลคตรอน (electron acceptor) ของ P700 จากนั้นจะส่งต่อ $2e^-$ ไปยัง cytochrome b_6f (ไม่สามารถส่ง $2e^-$ ไปยัง ferredoxin ได้ เนื่องจากสภาวะแวดล้อมไม่เหมาะสมดังที่ได้กล่าวไปแล้ว) แล้วจะได้ $2H^+$ ส่งเข้าสู่ ลูเมนของไทลาคอยด์ ส่วน $2e^-$ จะถูกส่งให้กับ FeS_R แล้วส่งต่อให้ Cyt f เพื่อส่งต่อให้กับ พลาสโตไซยานิน (Plastocyanin: PC) และ $2e^-$ จะเคลื่อนที่กลับเข้าสู่ ระบบแสง I (P700) เมื่อเกิดการถ่ายทอดอิเลคตรอนดังกล่าวแล้วภายในลูเมนของ ไทลาคอยด์ (thylakoid lumen) จะเต็มไปด้วยโปรตอน (H^+) เกิดเป็นความแตกต่างของโปรตอนระหว่างภายในลูเมนของไทลาคอยด์ (thylakoid lumen) กับสโตรมา (stroma) ทำให้โปรตอน (H^+) จาก ลูเมนของไทลาคอยด์ (thylakoid lumen) จะเคลื่อนที่ผ่านเข้า

มาในสโตรมา (stroma) ทางช่องโปรตีนที่สังเคราะห์ ATP (ATP synthase protein complex) โดยใช้เอนไซม์ ATPase ร่วมกับ ADP และ Pi ทำให้เกิดการสร้างเฉพาะ ATP ดังภาพ 6

ยาฆ่าหญ้าบางชนิดจะยับยั้งการถ่ายทอดอิเลคตรอนในปฏิกิริยาใช้แสง เช่น DCMU (dichlorophenyldimethylurea) จะยับยั้งการทำงานการถ่ายทอดอิเลคตรอนของพลาสโตควินโนน ส่วน Paraquat จะยับยั้งการถ่ายทอดอิเลคตรอนในส่วนของระบบแสง I ดังภาพ 7



ภาพ 6 ปฏิกิริยาใช้แสงขั้นตอนการถ่ายทอดอิเลคตรอนแบบเป็นวัฏจักร (Taiz and Zeiger, 2003)



ภาพ 7 การยับยั้งการถ่ายทอดอิเลคตรอนในปฏิกิริยาใช้แสง (Taiz and Zeiger, 2003)

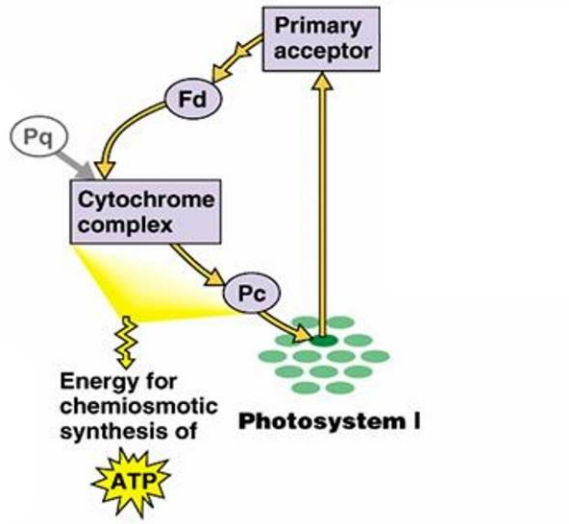
ใบกิจกรรมที่ 2.3
เรื่อง ปฏิกิริยาใช้แสงขั้นตอนการถ่ายทอดอิเลคตรอนแบบเป็นวัฏจักร

คำสั่ง จงเติมคำในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. ปฏิกิริยาใช้แสงในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเกิดขึ้นที่ออร์แกนเนลล์ ..... และส่วนใดของออร์แกนเนลล์.....

2. สารตั้งต้นของการถ่ายทอดอิเลคตรอนแบบเป็นวัฏจักรได้แก่ .....ผลิตภัณฑ์ ได้แก่.....

3. จงตอบคำถามจากภาพที่กำหนดให้



3.1 จากภาพเกิดปฏิกิริยาใด.....

3.2 เพราะเหตุใดจึงเกิดปฏิกิริยานี้ขึ้น.....

.....

3.3 การสร้าง ATP ในภาพนี้เกิดขึ้นจากกระบวนการใด .....
เรียกว่า ..... แตกต่างจากกระบวนการสร้าง ATP ในกระบวนการหายใจระดับเซลล์ หรือ ไม่ อย่างไร .....

3.4 ถ้าเกิดปฏิกิริยานี้เท่านั้นจะมีผลกระทบต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงหรือไม่อย่างไร

.....

3.5 ปฏิกิริยานี้มีประโยชน์อย่างไรต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง .....

.....

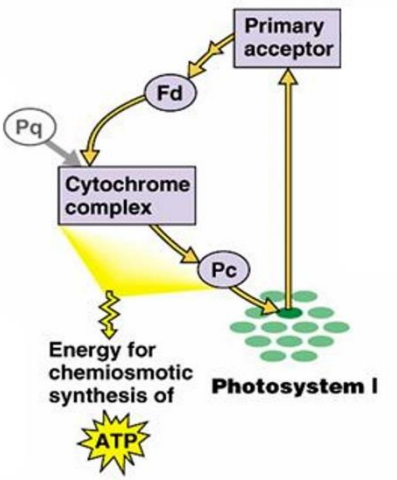
เฉลยใบกิจกรรมที่ 2.3
เรื่อง เรื่อง ปฏิกิริยาใช้แสงขั้นตอนการถ่ายทอดอิเลคตรอนแบบเป็นวัฏจักร

จงเติมคำในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. ปฏิกิริยาใช้แสงในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเกิดขึ้นที่ออร์แกนเนลล์.....คลอโรพลาสต์.....และส่วนใดของออร์แกนเนลล์.....เยื่อหุ้มไทลาคอยด์ (thylakoid membrane).....

2. สารตั้งต้นของการถ่ายทอดอิเลคตรอนแบบเป็นวัฏจักรได้แก่.....ADP.....
ผลิตภัณฑ์ ได้แก่.....ATP.....

3. จงตอบคำถามจากภาพที่กำหนดให้



3.1 จากภาพเกิดปฏิกิริยาใด.....การถ่ายทอดอิเลคตรอนแบบเป็นวัฏจักร.....

3.2 เพราะเหตุใดจึงเกิดปฏิกิริยานี้ขึ้น.....เมื่อสภาวะไม่เหมาะสม เช่น อัตราส่วนของ ATP:ADP น้อยเกินไป หรือ ได้รับยาฆ่าหญ้าบางชนิด (paraquat) หรือเป็นแหล่งสร้าง ATP ที่สำคัญในบันเดิลชีทของพืช C4.....

3.3 การสร้าง ATP ในภาพนี้เกิดขึ้นจากกระบวนการใด.....การเคลื่อนที่ของโปรตอนจากลูเมนสู่สโตรมา.....เรียกว่า.....proton motive force หรือ pH gradient different.....แตกต่างจากกระบวนการสร้าง ATP ในกระบวนการหายใจระดับเซลล์ หรือ ไม่ อย่างไร.....ไม่แตกต่างเพราะใช้การสร้างแบบ proton motive force.....

3.4 ถ้าเกิดปฏิกิริยานี้เท่านั้นจะมีผลกระทบต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงหรือไม่ อย่างไร .....มีผล เพราะจะสร้างเฉพาะ ATP อาจทำให้ไม่มีสารตั้งต้นใช้ในวัฏจักรคัลวิน.....

3.5 ปฏิกิริยานี้มีประโยชน์อย่างไรต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง.....ช่วยให้สร้างเฉพาะ ATP เมื่ออยู่ในสภาวะที่ขาด ATP.....

บัตรความรู้ที่ 2.4
เรื่อง ปฏิกิริยาไม่ใช้แสง

กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

$$6CO_2 + 12H_2O \xrightarrow[\text{คลอโรฟิลล์}]{\text{แสง}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O$$

กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงในพืชนั้นเกิดขึ้นที่คลอโรพลาสต์ โดยแสงที่ส่องมายังพืชนั้นจะถูกนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อสร้างคาร์โบไฮเดรตเพียง 5% บางส่วนถูกสะท้อนและส่องผ่าน 8% อีกส่วนสูญเสียไปกับความร้อน 8% และสูญเสียไปกับกระบวนการเมแทบอลิซึม 19% ซึ่งกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงสามารถแบ่งปฏิกิริยาได้ 2 ปฏิกิริยา คือ

1. ปฏิกิริยาใช้แสง (light reaction หรือ light dependent)

2. ปฏิกิริยาไม่ใช้แสง (dark reaction หรือ light independent หรือ วัฏจักรคัลวิน; calvin cycle) เป็นกระบวนการสร้างสารอินทรีย์ คือ น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ($C_6H_{12}O_6$) โดยผ่านวัฏจักรคัลวิน (calvin cycle) เกิดขึ้นในสโตรมาของคลอโรพลาสต์ (stroma) และใช้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาใช้แสงร่วมกับคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในการเกิดปฏิกิริยาไม่ใช้แสงนั้นแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน (ภาพ 8) คือ

2.1 ขั้น Carboxylation เป็นการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จำนวน 6 โมเลกุล มาทำปฏิกิริยากับ Ribulose-1,5-Bisphosphate (RuBP) เป็นสารที่มีคาร์บอน 5 อะตอม (5C) จำนวน 6 โมเลกุล อัตราส่วน 1:1 โดยอาศัยเอนไซม์ Ribulose-1,5-Bisphosphate Caboxylase Oxygenase (RuBisCO) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่สามารถทำปฏิกิริยาได้ทั้งคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และ ออกซิเจน (O_2) เมื่อทำปฏิกิริยาแล้วจะได้เป็นสารที่มีคาร์บอน 6 อะตอม แต่เป็นสารไม่เสถียร ดังนั้นจึงเปลี่ยนเป็นสารที่เสถียรคือ 3-phosphoglycerate (PGA: 3C-P) จำนวน 12 โมเลกุล

2.2 ขั้น Reduction เป็นการเปลี่ยน 3-phosphoglycerate (3C-P) ให้เป็น Glyceraldehyde-3-phosphate (G-3-P: 3C-P) หรือ 3-phosphoglyceraldehyde (PGAL:3C-P) ซึ่งมีขั้นตอน 2 ขั้นตอน ได้แก่

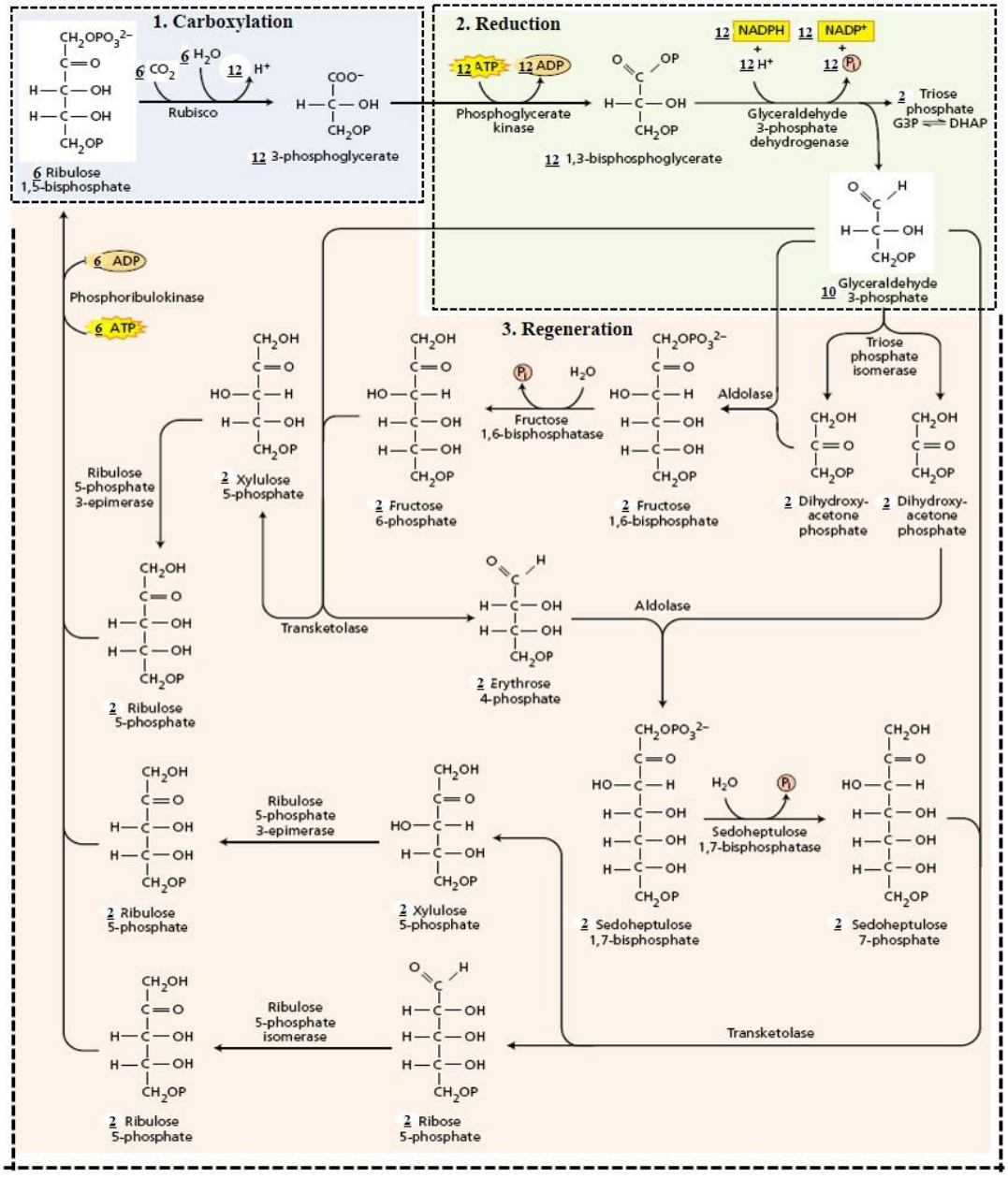
ขั้นตอนที่ 1 Glyceraldehyde-3-phosphate (G-3-P: 3C-P) จำนวน 12 โมเลกุล จะถูกเติมฟอสเฟต (Pi) จำนวน 12 โมเลกุล อัตราส่วน 1:1ให้ภายในโมเลกุล โดยอาศัยเอนไซม์ phosphoglycerate kinase ร่วมกับ ATP จำนวน 12 โมเลกุล ได้เป็น ADP จำนวน 12 โมเลกุลและ 1,3-bisphosphoglycerate (di-PGA: 3C-2P) จำนวน 12 โมเลกุล

ขั้นตอนที่ 2 1,3-bisphosphoglycerate (di-PGA: 3C-2P) จำนวน 12 โมเลกุลจะถูกนำฟอสเฟต (Pi) ออกและเติมไฮโดรเจนเข้าไป โดยอาศัยเอนไซม์ glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase ร่วมกับ $NADPH+H^+$ จำนวน 12 โมเลกุล ได้เป็น $NADP^+$ จำนวน 12 โมเลกุล, Pi จำนวน 12 โมเลกุล และ Glyceraldehyde-3-phosphate (G-3-P: 3C-P) จำนวน 12 โมเลกุล ซึ่งเป็นน้ำตาลตัวแรกที่เกิดขึ้นในวัฏจักรคัลวิน โดย Glyceraldehyde-3-phosphate (G-3-P: 3C-P) จำนวน 2 โมเลกุล จะถูกนำไปสร้างเป็นน้ำตาลคาร์บอน 6 อะตอม (hexose) คือ $C_6H_{12}O_6$ (จะกล่าวภายหลัง) ส่วน Glyceraldehyde-3-phosphate (G-3-P: 3C-P) อีกจำนวน 10 โมเลกุล จะถูกนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

2.3 ขั้น Regeneration เป็นการเปลี่ยน Glyceraldehyde-3-phosphate (G-3-P: 3C-P) จำนวน 10 โมเลกุลให้กลับไปเป็น Ribulose-1,5-Bisphosphate (RuBP) โดย G-3-P (3C-P) จำนวน 10 โมเลกุล จะถูกแบ่งเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 2 โมเลกุล เกิดปฏิกิริยาดังนี้

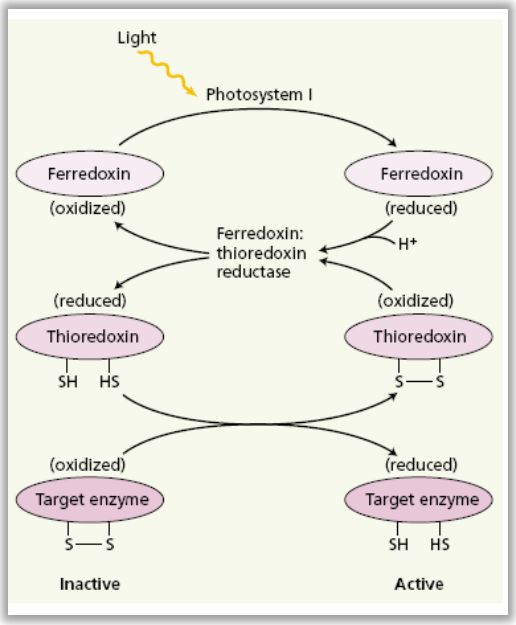
กลุ่มหนึ่ง (2 โมเลกุลของ G-3-P:3C-P) และกลุ่มสอง (2 โมเลกุลของ G-3-P:3C-P) จะรวมตัวกันกลุ่มละ 1 โมเลกุลและแยกตัวกันเพื่อเปลี่ยนโครงสร้างโดยใช้เอนไซม์ Triose phosphate isomerase กลายเป็น Dihydroxyacetone phosphate (DHAP :3C-P) จำนวน 4 โมเลกุล แล้วแบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 2 โมเลกุล ซึ่งกลุ่มแรก (2 โมเลกุลของ DHAP :3C-P) จะไปรวมตัวกับกลุ่มสาม (2 โมเลกุลของ G-3-P:3C-P) อัตราส่วน 1:1 โดยอาศัยเอนไซม์ Aldolase ได้เป็น Fructose-1,6-bisphosphate (6C-2P) จำนวน 2 โมเลกุล ร่วมกับน้ำ (H_2O) จำนวน 2 โมเลกุล อัตราส่วน 1:1 แล้วจะถูกเปลี่ยนเป็น Fructose-6-phosphate (6C-P) จำนวน 2 โมเลกุล และได้ Pi จำนวน 2 โมเลกุล โดยอาศัยเอนไซม์ Fructose-1,6-bisphosphatase ซึ่ง Fructose-6-phosphate (6C-P) จะรวมตัวกับกลุ่มที่สี่ (2 โมเลกุลของ G-3-P:3C-P) อัตราส่วน 1:1 ได้เป็น Xylulose-5-phosphate (5C-P) จำนวน 2 โมเลกุล และ Erythrose-4-phosphate (4C-P) จำนวน 2 โมเลกุล โดยอาศัยเอนไซม์ Transketolase ซึ่ง Erythrose-4-phosphate (4C-P) จะรวมตัวกับ กลุ่มที่สอง (2 โมเลกุลของ DHAP :3C-P) อัตราส่วน 1:1 โดยอาศัยเอนไซม์ Aldolase ได้เป็น Sedoheptulose-1,7-bisphosphate (7C-2P) จำนวน 2 โมเลกุลและ Sedoheptulose-1,7-bisphosphate (7C-2P) จำนวน 2 โมเลกุล จะถูกเปลี่ยนเป็น Sedoheptulose-7-phosphate (7C-P) และได้ Pi จำนวน 2 โมเลกุล และ โดยอาศัยเอนไซม์ Sedoheptulose-1,7-bisphosphatase ร่วมกับน้ำ (H_2O) จำนวน 2 โมเลกุล อัตราส่วน 1:1 จากนั้น Sedoheptulose-7-phosphate (7C-P) จำนวน 2 โมเลกุล จะรวมตัวกับกลุ่มที่ห้า (2 โมเลกุลของ G-3-P:3C-P) อัตราส่วน 1:1 โดยอาศัยเอนไซม์ Transketolase ได้ Xylulose-5-phosphate (5C-P) จำนวน 2 โมเลกุล และ Ribose-5-phosphate (5C-P) จำนวน 2 โมเลกุล จากนั้น Xylulose-5-phosphate (5C-P) จำนวน 4 โมเลกุล และ Ribose-5-phosphate (5C-P) จำนวน 2 โมเลกุล จะถูกเปลี่ยนเป็น Ribulose-5-phosphate (5C-P) จำนวน 6 โมเลกุล โดยใช้เอนไซม์ Ribulose-5-phosphate isomerase และ Ribulose-5-phosphate (5C-P) จำนวน 6 โมเลกุล จะถูกเติม ATP ให้อีกโมเลกุลละ 1 ATP ได้

เป็น Ribulose-1,5-bisphosphate (5C-2P) โดยอาศัยเอนไซม์ Phosphoribulokinase เพื่อไปเริ่มวัฏจักรใหม่อีกครั้ง



ภาพ 8 วัฏจักรคัลวิน (ดัดแปลง Taiz and Zeiger, 2003)

การกระตุ้นการทำงานของวัฏจักรคัลวินอาศัยการทำงานของระบบ ferredoxin-thioredoxin โดยแสงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเปลี่ยนเอนไซม์ในวัฏจักรคัลวินให้เปลี่ยนจากรูปไม่ทำงาน (inactive form) เป็นทำงานได้ (active form) ซึ่งมีเอนไซม์สำคัญได้แก่ Rubisco, NADP:glyceraldehyde-3 phosphate dehydrogenase, Fructose-1,6-bisphosphatase, Sedoheptulose-1,7-bisphosphatase และ Ribulose-5-phosphate kinase ทั้งนี้มีกลไกการทำงาน (ภาพ 9) คือ แสง จะเปลี่ยนเฟอร์รีดอกซินรูปออกซิไดซ์ ($ferredoxin_{ox}$) เปลี่ยนเป็นเฟอร์รีดอกซินรูปรีดิวซ์ ($ferredoxin_{red}$) จากนั้นเฟอร์รีดอกซินรูปรีดิวซ์ ($ferredoxin_{red}$) จะส่งต่ออิเลคตรอนให้ไธโอรีดอกซินรูปออกซิไดซ์ ($ferredoxin_{ox}$) จะถูกเอนไซม์ Ferredoxin: thioredoxin reductase ร่วมกับ H^+ เปลี่ยนเป็นไธโอรีดอกซินรูปรีดิวซ์ ($ferredoxin_{red}$) และ ไธโอรีดอกซินรูปรีดิวซ์ ($ferredoxin_{red}$) จะส่งอิเลคตรอนต่อให้กับเอนไซม์รูปออกซิไดซ์รูปไม่ทำงาน (inactive form) ให้เปลี่ยนเป็นเอนไซม์รูปรีดิวซ์รูปทำงานได้ (active form)



ภาพ 9 กลไกการการทำงานของวัฏจักรคัลวินอาศัย การทำงานของระบบ ferredoxin-thioredoxin (Taiz and Zeiger, 2003)

ใบกิจกรรมที่ 2.4
เรื่อง ปฏิกิริยาไม่ใช้แสง

คำสั่ง จงเติมคำในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. ปฏิกิริยาไม่ใช้แสง เกิดขึ้นที่ออร์แกนเนลล์ใด.....
   ส่วนใดของออร์แกนเนลล์.....

2. สารตั้งต้นในวัฏจักรคัลวิน ได้แก่ .....
   ผลิตภัณฑ์ของวัฏจักรคัลวิน คือ .....

3. RuBisCO เป็นเอนไซม์ที่มีสารตั้งต้น คือ .....
   เกิดปฏิกิริยาใด..... ผลิตภัณฑ์ คือ .....

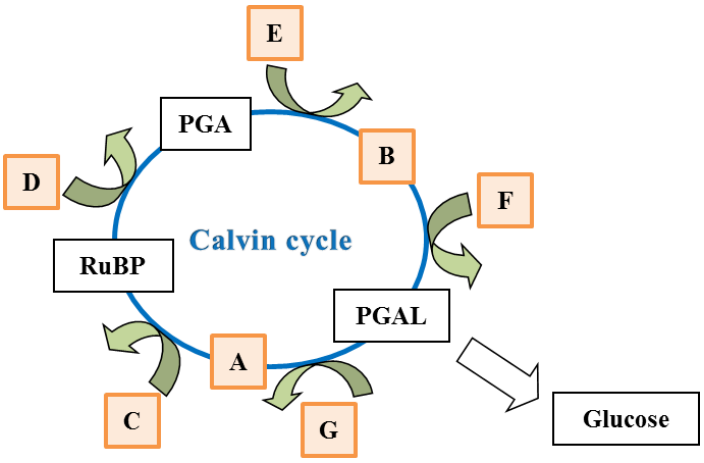
4. ขั้นปฏิกิริยา reduction เป็นการเปลี่ยนสารใด .....เป็น.....
   โดยมีการเปลี่ยนหมู่ฟังก์ชันจาก .....เป็น.....

5. น้ำตาลตัวแรกของวัฏจักรคัลวิน คือ ..... ซึ่งจะสามารถผลิตเป็น.....
   ในส่วนของออร์แกนเนลล์ คือ ..... หรือ จะเก็บสะสมไว้ในรูปของ.....
   และเกิดปฏิกิริยาที่ออร์แกนเนลล์ .....

6. ในขั้นตอน regeneration เป็นการเปลี่ยนสารใด .....เป็น.....

7. ปฏิกิริยาไม่ใช้แสง จำเป็นต้องใช้แสงหรือไม่ เพราะเหตุใด .....
.....
.....

8. จงเขียนวัฏจักรคัลวิน พร้อมตอบคำถาม เมื่อมีสารตั้งต้นให้ดังนี้ O_2 จำนวน 30 โมเลกุล $NADPH+H^+$ จำนวน 62 โมเลกุล, ATP จำนวน 100 โมเลกุล $NADPH^+$ จำนวน 20 โมเลกุล CO_2 จำนวน 36 โมเลกุล



8.1 น้ำตาลกลูโคสเกิดได้มากที่สุด.....โมเลกุล ใช้ O_2 จำนวน.....โมเลกุล ใช้ $NADPH+H^+$ จำนวน.....โมเลกุล ใช้ ATP จำนวน.....โมเลกุล ใช้ $NADPH^+$ จำนวน..... โมเลกุล CO_2 จำนวน.....โมเลกุล

8.2 อักษร E คือ.....ใช้จำนวน .....โมเลกุล แล้วจะเกิดสาร A คือ ..... จำนวน.....โมเลกุล

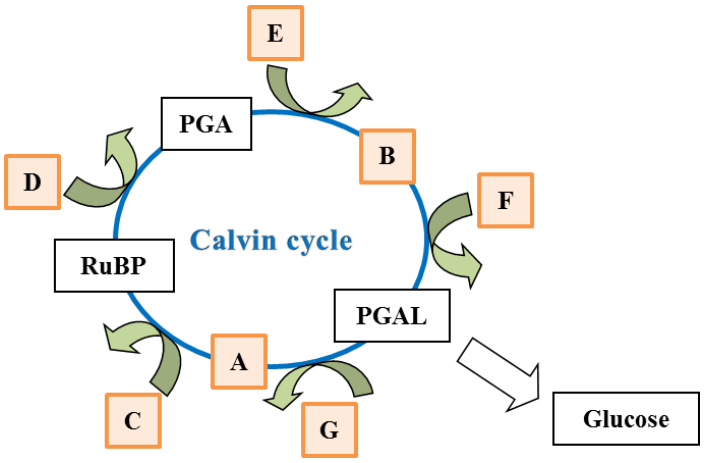
8.3 อักษร C คือ..... เกิดขึ้นในขั้นตอน.....
อักษร G คือ..... เช่น.....
ทำงานได้โดย.....

เฉลยใบกิจกรรมที่ 2.4
เรื่อง ปฏิกิริยาไม่ใช้แสง

จงเติมคำในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. ปฏิกิริยาไม่ใช้แสง เกิดขึ้นที่ออร์แกนเนลล์ใด.....คลอโรพลาสต์ (chloroplast).....
ส่วนใดของออร์แกนเนลล์.....สโตรมา (stroma).....
2. สารตั้งต้นในวัฏจักรคัลวิน ได้แก่.....NADPH+H^+, ATP, CO_2.....
ผลิตภัณฑ์ของวัฏจักรคัลวิน คือ.....glucose, $NADPH^+$, ADP , Pi.....
3. RuBisCO เป็นเอนไซม์ที่มีสารตั้งต้น คือ.....CO_2 .....หรือ.....O_2 .....
เกิดปฏิกิริยาใด.....การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ หรือ carboxylation.....ผลิตภัณฑ์ คือ.....
.....3-phosphoglycerate (PGA) หรือ 3-phosphoglycerate และ 2 –phosphoglycolate.....
4. ขั้นปฏิกิริยา reduction เป็นการเปลี่ยนสารใด.....3-phosphoglycerate (PGA).....เป็น.....
3-phosphoglyceraldyhyde (PGAL).....โดยมีการเปลี่ยนหมู่ฟังก์ชันจาก.....ketone.....เป็น....
aldehyde.....
5. น้ำตาลตัวแรกของวัฏจักรคัลวิน คือ.....3-phosphoglyceraldyhyde (PGAL)..... ซึ่งจะสามารถผลิตเป็น....แป้ง.....ในส่วนของออร์แกนเนลล์ คือ.....คลอโรพลาสต์.....หรือ จะเก็บสะสมไว้ในรูปของ.....น้ำตาล.....และเกิดปฏิกิริยาที่ออร์แกนเนลล์.....ไซโตพลาสซึม.....
6. ในขั้นตอน regeneration เป็นการเปลี่ยนสารใด.....3-phosphoglyceraldyhyde (PGAL)...เป็น....RuBP...
7. ปฏิกิริยาไม่ใช้แสง จำเป็นต้องใช้แสงหรือไม่ เพราะเหตุใด.....จำเป็น เพราะต้องใช้แสงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนเอนไซม์ในรูปทำงานไม่ได้เป็นรูปทำงานได้ เช่น RuBisCO, Ribulose-5-phosphate kinase เป็นต้น.....

8. จงเขียนวัฏจักรคัลวิน พร้อมตอบคำถาม เมื่อมีสารตั้งต้นให้ดังนี้ O_2 จำนวน 30 โมเลกุล NADPH+H^+ จำนวน 62 โมเลกุล, ATP จำนวน 100 โมเลกุล $NADPH^+$ จำนวน 20 โมเลกุล CO_2 จำนวน 36 โมเลกุล



8.1 น้ำตาลกลูโคสเกิดได้มากที่สุด.....5.....โมเลกุล ใช้ O_2 จำนวน.....0.....โมเลกุล ใช้ NADPH+H^+ จำนวน.....60.....โมเลกุล ใช้ ATP จำนวน.....90.....โมเลกุล ใช้ $NADPH^+$ จำนวน.....0.....โมเลกุล CO_2 จำนวน.....30.....โมเลกุล

8.2 อักษร E คือ.....NADPH+H^+.....ใช้จำนวน.....60.....โมเลกุล แล้วจะเกิดสาร A คือ ribulose-5-phosphate จำนวน.....30.....โมเลกุล

8.3 อักษร C คือ.....ATP..... เกิดขึ้นในขั้นตอน.....regeneration..... อักษร G คือ.....เอนไซม์.....เช่น.....fructose-1,6-bisphosphatase, sedoheptulose-1,7-bisphosphatase.....ทำงานได้โดย ต้องใช้แสงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนเอนไซม์ในรูปทำงานไม่ได้เป็นรูปทำงานได้.....

บัตรความรู้ที่ 2.5
เรื่อง การสังเคราะห์แป้งและน้ำตาลซูโครส

กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

$$6CO_2 + 12H_2O \xrightarrow[\text{คลอโรฟิลล์}]{\text{แสง}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O$$

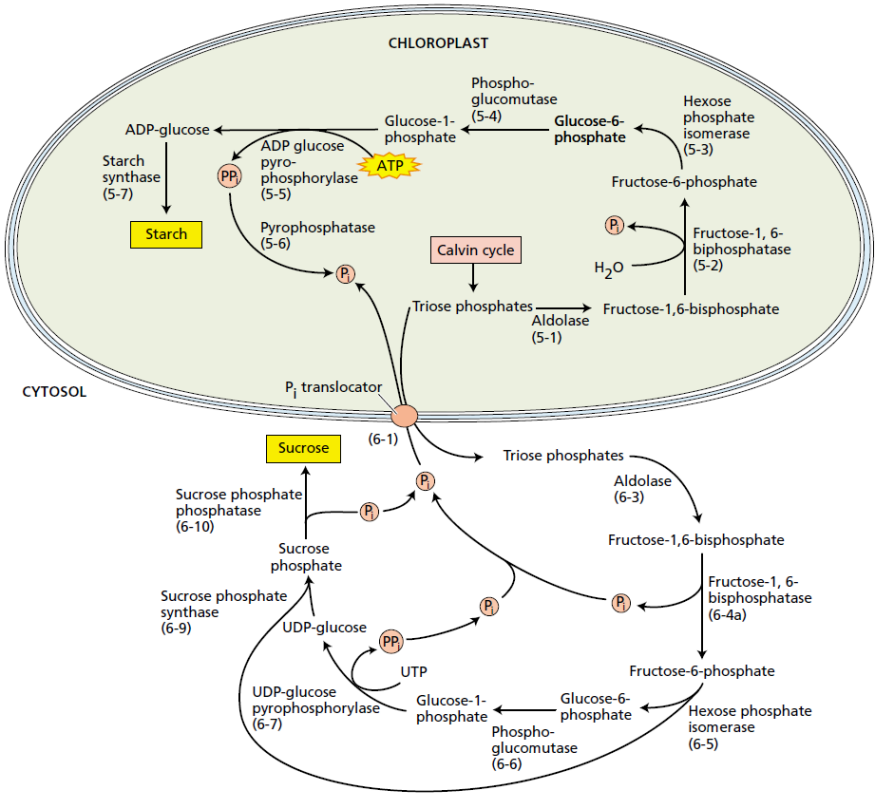
การสังเคราะห์แป้งและน้ำตาลซูโครส

การสังเคราะห์น้ำตาลและการสังเคราะห์แป้ง (ดังรูป 10) จาก Glyceraldehyde-3-phosphate (G-3-P: 3C-P) จำนวน 2 โมเลกุล

ในการสร้างแป้ง จะเกิดขึ้นภายในสโตรมาของคลอโรพลาสต์ โดย Glyceraldehyde-3-phosphate (G-3-P: 3C-P) จำนวน 2 โมเลกุล จะรวมตัวกันเป็น fructose-1,6-bisphosphate (6C-2P) ซึ่งใช้เอนไซม์ aldolase จากนั้น จะถูกเปลี่ยนเป็น Fructose-6-phosphate (6C-P) ใช้เอนไซม์ fructose-1,6-bisphosphatase ร่วมกับน้ำ และได้ Phosphate (Pi) ออกมาอีก 1 โมเลกุล จากนั้น Fructose-6-phosphate (6C-P) จะเปลี่ยนโครงสร้างแต่มีสูตรโมเลกุลเท่าเดิมเป็น Glucose-6-phosphate (6C-P) อาศัยเอนไซม์ Hexose phosphate isomerase และ Glucose-6-phosphate (6C-P) จะถูกสลับหมู่ฟังชัน กลายเป็น Glucose-1-phosphate (6C-P) โดยอาศัยเอนไซม์ Phosphoglucomutase จากนั้น Glucose-1-phosphate (6C-P) จะถูกเปลี่ยนเป็น ADP-Glucose และ Pyrophosphate (PPi) โดยอาศัยเอนไซม์ ADP glucose pyrophosphorylase ร่วมกับ ATP จากนั้น ADP-Glucose จะถูกนำไปต่อในโมเลกุลของแป้ง โดยใช้เอนไซม์ Starch synthase

ในการสร้างน้ำตาล จะเกิดขึ้นภายในไซโตพลาสซึมของเซลล์ โดย Glyceraldehyde-3-phosphate (G-3-P: 3C-P) จำนวน 2 โมเลกุล จะถูกส่งออกจากคลอโรพลาสต์ไปยังไซโตพลาสซึม และรวมตัวกันเป็น fructose-1,6-bisphosphate (6C-2P) ซึ่งใช้เอนไซม์ aldolase จากนั้น จะถูกเปลี่ยนเป็น Fructose-6-phosphate (6C-P) ใช้เอนไซม์ fructose-1,6-bisphosphatase และได้ Phosphate (Pi) ออกมาอีก 1 โมเลกุล ซึ่ง Fructose-6-phosphate (6C-P) จะต้องรออีก 1 โมเลกุลของ Fructose-6-phosphate (6C-P) ตัวแรกจะถูกเปลี่ยนเป็น Glucose-6-phosphate (6C-P) อาศัยเอนไซม์ Hexose phosphate isomerase และ Glucose-6-phosphate (6C-P) จะถูกสลับหมู่ฟังชัน กลายเป็น Glucose-1-phosphate (6C-P) โดยอาศัยเอนไซม์ Phosphoglucomutase จากนั้น Glucose-1-phosphate (6C-P) จะถูกเปลี่ยนเป็น ADP-Glucose และ Pyrophosphate (PPi) โดยอาศัยเอนไซม์ ADP glucose pyrophosphorylase ร่วมกับ ATP และ ADP-Glucose จะรวมตัวกับ Fructose-6-phosphate (6C-P)

ได้เป็น sucrose phosphate โดยอาศัยเอนไซม์ sucrose phosphate synthase จากนั้น sucrose phosphate จะถูกกำจัด phosphate ออก ซึ่งใช้เอนไซม์ sucrose phosphate phosphatase ได้เป็น sucrose



ภาพ 10 การสังเคราะห์น้ำตาลซูโครส และ การสังเคราะห์แป้ง (Taiz and Zeiger, 2003)

ใบกิจกรรมที่ 2.5
เรื่อง การสังเคราะห์แป้งและน้ำตาลซูโครส

คำสั่ง จงเติมคำในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. การสร้างน้ำตาล เกิดขึ้นที่ ออร์แกนเนลล์ใด .....

2. การสร้างแป้งเกิดขึ้นที่ ออร์แกเนลล์ใด…….....

3. ถ้านักเรียนอยากให้พืชชนิดหนึ่งสร้างผลผลิตแป้งปริมาณมาก จะมีวิธีการอย่างไร

……

……

……

……

……

เฉลยใบกิจกรรมที่ 2.5
เรื่อง การสังเคราะห์แป้งและน้ำตาลซูโครส

จงเติมคำในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. การสร้างน้ำตาล เกิดขึ้นที่ ออร์แกนเนลล์ใด.....ไซโตพลาสซึม.....

2. การสร้างแป้งเกิดขึ้นที่ ออร์แกเนลล์ใด……..คลอโรพลาสต์.....

3. ถ้านักเรียนอยากให้พืชชนิดหนึ่งสร้างผลผลิตแป้งปริมาณมาก จะมีวิธีการอย่างไร.....

- ให้ได้รับช่วงแสงมากขึ้น หรือ ให้แสงสีเฉพาะแก่พืชนั้น ๆ เช่น สีแดง หรือ น้ำเงิน เพื่อให้เหมาะแก่รงควัตถุนั้น และผลิตสารตั้งต้นในปฏิกิริยาไม่ใช้แสงเพิ่มมากขึ้น และจะสร้างแป้งเพิ่มขึ้นด้วย
- เพิ่มปริมาณ คาร์บอนไดออกไซด์มากขึ้น เพราะเป็นสารตั้งต้นในการทำปฏิกิริยา ทำให้สร้างแป้งเพิ่มขึ้นด้วย
- อุณหภูมิ ความร้อน ความชื้น ปริมาณน้ำ……..

เอกสารอ้างอิง

สมาน แก้วไวยุทธ. (2541). **ชีววิทยา เล่ม 5**. กรุงเทพฯ : บริษัทไฮเอ็ดพับลิชชิ่ง จำกัด.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2554). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยาเพิ่มเติม เล่ม 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6. สกสค. ลาดพร้าว.

Cambell, N.A. and Reece, J.B. (2005). **Biology 7th ed**. New York : Pearson.

Taiz, L. and Zeiger, E. (2003). **Plant Physiology 3rd ed**. Sinauer Associates**.**