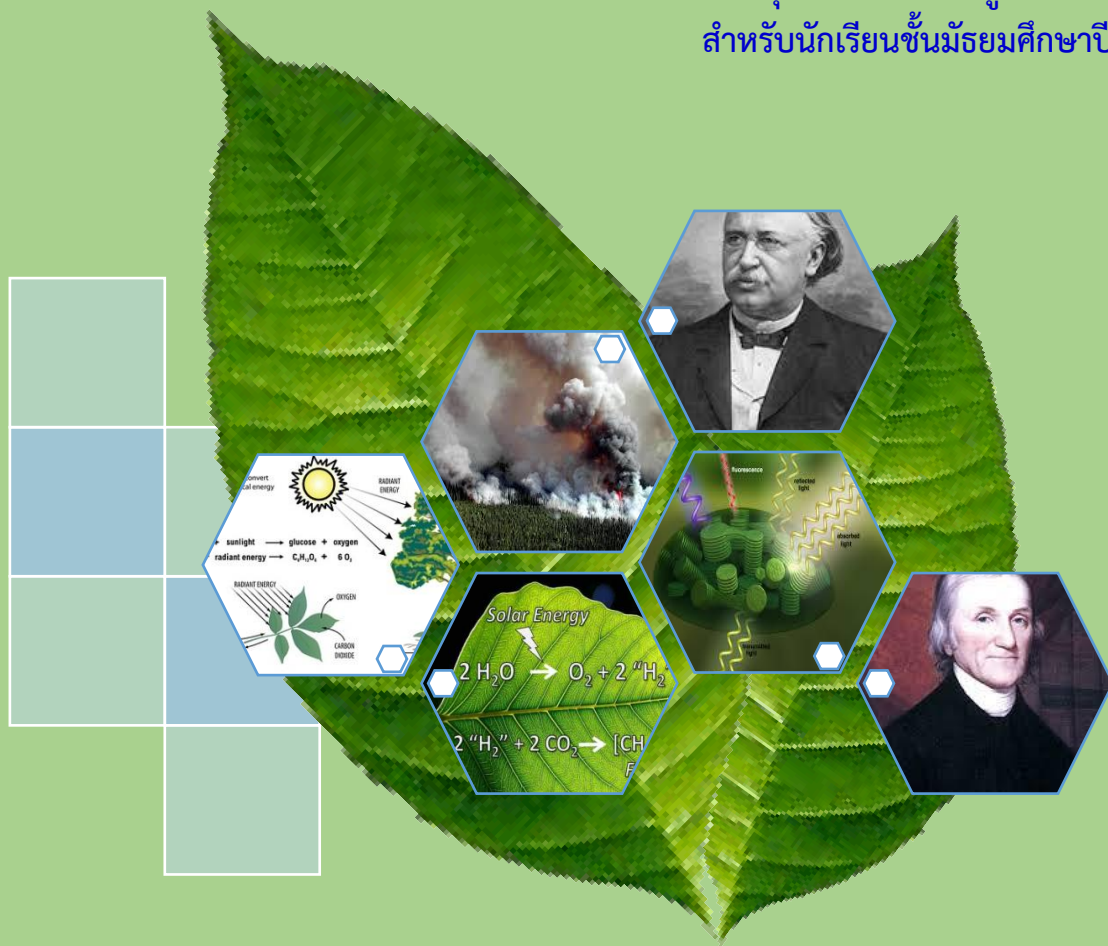


ชุดการเรียนรู้ที่ 1

ประวัติการค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง

ชุดการเรียนรู้ด้วยตนเองแบบสืบเสาะ 7 ชั้น โดยใช้อินเทอร์เน็ตเป็นแหล่งเรียนรู้เพิ่มเติม

รายวิชาเพิ่มเติม วิชาชีววิทยา ว33244 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6



ชื่อ-สกุล..... ชั้น ม. เลขที่.....

นายตระกูล บุญชิต

ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ

โรงเรียนตระกาศประชาสามัคคี อำเภอกันทรลักษ์ จังหวัดศรีสะเกษ

สังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดศรีสะเกษ

กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น กระทรวงมหาดไทย



ชุดการเรียนรู้ที่ 1

ประวัติการค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง

ชุดการเรียนรู้ด้วยตนเองแบบสืบเสาะ 7 ชั้น โดยใช้อินเทอร์เน็ตเป็นแหล่งเรียนรู้เพิ่มเติม
รายวิชาเพิ่มเติม วิชาชีววิทยา ว33244 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6



ชื่อ-สกุล..... ชั้น ม. เลขที่.....

นายตระกูล บุญชิต

ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ

โรงเรียนตระกาศประชาสามัคคี อำเภอกันทรลักษ์ จังหวัดศรีสะเกษ

สังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดศรีสะเกษ

กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น กระทรวงมหาดไทย

คำนำ

ชุดการเรียนรู้ด้วยตนเองแบบสืบเสาะ 7 ชั้น โดยใช้อินเทอร์เน็ตเป็นแหล่งเรียนรู้เพิ่มเติม เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง รายวิชาเพิ่มเติม วิชาชีววิทยา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ชุดที่ 1 ประวัติการค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง นี้ เป็นสื่อประกอบการเรียนการสอน สำหรับให้นักเรียนเรียนด้วยตนเอง ภายในมีส่วนสำคัญ ได้แก่ กิจกรรม แหล่งเรียนรู้ ใบงาน ใบความรู้และแบบทดสอบ โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ แท็บเล็ต สมาร์ทโฟน และอินเทอร์เน็ตเป็นแหล่งเรียนรู้ ให้นักเรียนปฏิบัติตามคำแนะนำอย่างตั้งใจ ซื่อสัตย์ และส่งงานตามกำหนด

ตระกูล บุญชิต



สารบัญ

เรื่อง	หน้า
คำนำ.....	355
สารบัญ	356
คำชี้แจง	357
คำชี้แจงทั่วไป	357
จุดประสงค์	357
บทบาทครู	358
บทบาทของผู้เรียน	359
ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง	360
แผนผังการจัดการเรียนการสอนด้วยชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง	360
แผนผังขั้นตอนการใช้ชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง	361
การเตรียมการวัสดุ อุปกรณ์ ห้องเรียน สื่อแหล่งเรียนรู้	362
การวัดและประเมินผล	362
บทนำ.....	363
มาตรฐานการเรียนรู้	363
ผลการเรียนรู้.....	363
จุดประสงค์การเรียนรู้.....	363
แบบทดสอบก่อนเรียน	364
คำถามก่อนเรียน.....	365
แหล่งเรียนรู้เพิ่มเติมบนอินเทอร์เน็ต	366
ใบงาน	367
คำถามหลังเรียน	382
แบบทดสอบหลังเรียน	384
แผนผังความคิด	385
ใบความรู้	386
แนวคำตอบ	394
แบบทดสอบก่อนเรียน	394
คำถามก่อนเรียน.....	395
ใบงาน	396
คำถามหลังเรียน	405
แบบทดสอบหลังเรียน	407
แผนผังความคิด	408
ผลการประเมินผลการเรียนรู้	409
บรรณานุกรม.....	410

คำชี้แจง

คำชี้แจงทั่วไป

คู่มือครูการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดการเรียนรู้ด้วยตนเองแบบสืบเสาะ 7 ชั้น โดยใช้ อินเทอร์เน็ตเป็นแหล่งเรียนรู้เพิ่มเติม เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง รายวิชาเพิ่มเติม วิชาชีววิทยา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ฉบับนี้ มีข้อเสนอแนะวิธีการ ดำเนินการเพื่อการจัดการเรียนการสอน ดังนี้

จุดประสงค์

คู่มือครูการจัดการเรียนรู้และชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ฉบับนี้ ได้พัฒนาขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. เป็นสื่อประกอบการเรียนการสอน เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง รายวิชาเพิ่มเติม วิชาชีววิทยา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หรือใช้ สำหรับให้นักเรียนเรียนด้วยตนเอง
2. ชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง นี้จะควรใช้ร่วมกับ เครื่องคอมพิวเตอร์ แท็บเล็ต สมาร์ทโฟน และอินเทอร์เน็ตเป็นแหล่งเรียนรู้เพิ่มเติม
3. ใช้สอนซ่อมเสริมหรือทบทวนเนื้อหาในเรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง
4. ใช้ช่วยสอนแทนในกรณีครูผู้สอนไม่อยู่ หรือขาดครูผู้สอนที่มีความถนัดในเนื้อหาวิชานี้ ใช้เป็นโปรแกรมแบบฝึกหัดให้นักเรียนได้วัดและทบทวนความรู้



บทบาทครู

ครูผู้สอนควรเตรียมความพร้อมก่อนที่จะดำเนินการจัดการเรียนการสอน ดังนี้

1. ศึกษารายละเอียดในคู่มือครูให้พร้อมในการจัดการเรียนการสอน
2. ศึกษาและตรวจสอบชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ให้เข้าใจ
3. เตรียมห้องเรียน วัสดุอุปกรณ์สำหรับการจัดการเรียนรู้ให้พร้อมได้แก่ เครื่องคอมพิวเตอร์ แท็บเล็ต หรือสมาร์ทโฟน อินเทอร์เน็ต เอกสารประกอบการเรียน แบบทดสอบ กระดาษคำตอบ อื่น ๆ
4. เตรียมความพร้อมนักเรียนในด้านการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ แท็บเล็ต หรือสมาร์ทโฟน อินเทอร์เน็ต และเว็บเป็นแหล่งเรียนรู้
5. ศึกษาแผนการจัดการเรียนรู้และจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้
6. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนด้วยชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ในการจัดการเรียนการสอน
7. เตรียมชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ไว้ให้พร้อมตามจำนวนนักเรียน
8. แจกจ่ายชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง นี้ ให้กับนักเรียน มีทั้งหมด 6 ชุด ดังนี้
 - ชุดการเรียนรู้ที่ 1 ประวัติการค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง
 - ชุดการเรียนรู้ที่ 2 ปฏิกริยาแสง
 - ชุดการเรียนรู้ที่ 3 ปฏิกริยาดึงคาร์บอนไดออกไซด์
 - ชุดการเรียนรู้ที่ 4 สารสีในปฏิกริยาแสง
 - ชุดการเรียนรู้ที่ 5 โครงสร้างคลอโรพลาสต์
 - ชุดการเรียนรู้ที่ 6 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง
9. ชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ยึดแนวทางตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ.2544 และหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 และแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของกระทรวงศึกษาธิการเป็นหลักการพื้นฐานในการพัฒนา
10. การใช้ชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง นักเรียนสามารถใช้ศึกษาได้ตามความสามารถของนักเรียน และสามารถศึกษาซ้ำเรื่องที่ไม่เข้าใจ และสามารถนำไปศึกษานอกห้องเรียนได้
11. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ในการจัดการเรียนการสอน
12. ครูควรบันทึกคะแนนของนักเรียนไว้เพื่อใช้ศึกษาวิจัยและพัฒนา และช่วยเหลือนักเรียนที่เรียนไม่ผ่าน หรือนำไปใช้ในการตัดสินผลการเรียนต่อไป
13. ครูควรอภิปรายสรุปเนื้อหา แจ้งผลการประเมิน ยกตัวอย่างผลงาน ยกย่องชมเชยชี้แนะ หลังเรียนเสร็จแต่ละชุด เพื่อเพิ่มแรงจูงใจในการทำงาน

บทบาทของผู้เรียน

นักเรียนควรเตรียมความพร้อมก่อนที่จะเรียนรู้ด้วยชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ดังนี้

1. ตรวจสอบ วัสดุ อุปกรณ์ที่ต้องใช้ เช่น ชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง เครื่องคอมพิวเตอร์ แท็บเล็ต สมาร์ทโฟน ตรวจสอบความเรียบร้อย
2. อ่านคำชี้แจงในเอกสารและฟังจากครูผู้สอนให้เข้าใจ หากสงสัยให้สอบถามให้เข้าใจ
3. ศึกษาชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ตามขั้นตอนด้วยความตั้งใจ
4. ใช้อินเทอร์เน็ตเป็นแหล่งเรียนรู้เพิ่มเติมอย่างสร้างสรรค์ ไม่ใช่นอกเหนืองานที่กำหนด
จัดบันทึกข้อมูลที่ได้ลงในกระดาษหรือบันทึกลงในชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง
5. เริ่มเรียนจากชุดการเรียนรู้ที่ 1 ไปจนถึง ชุดการเรียนรู้ที่ 6 ห้ามข้ามชุดเนื่องจาก
เนื้อหาเรียงจากง่ายไปยากตามลำดับไว้แล้วและเนื้อหาจะมีความต่อเนื่องกันไป
ชุดการเรียนรู้ที่ 1 ประวัติการค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง
ชุดการเรียนรู้ที่ 2 ปฏิกริยาแสง
ชุดการเรียนรู้ที่ 3 ปฏิกริยาตรึงคาร์บอนไดออกไซด์
ชุดการเรียนรู้ที่ 4 สารสีในปฏิกริยาแสง
ชุดการเรียนรู้ที่ 5 โครงสร้างคลอโรพลาสต์
ชุดการเรียนรู้ที่ 6 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง
6. เมื่อทำกิจกรรมเสร็จแต่ละกิจกรรม ให้นักเรียนตรวจสอบคำตอบและผลงานเป็นระยะๆ
โดยมีเกณฑ์การผ่านที่คะแนนร้อยละ 80 ขึ้นไป
7. เมื่อทำครบทุกกิจกรรม ให้นำคะแนนรวมไปประเมินผลอีกครั้ง ต้องได้คะแนนร้อยละ
80 ขึ้นไป หากไม่ผ่านให้กลับไปทบทวนแก้ไขจนผ่านเกณฑ์ จึงจะศึกษาชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง
ชุดต่อไป
8. เมื่อศึกษาครบทั้ง 6 ชุด ครูจะให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
หลังเรียน นักเรียนตรวจสอบพัฒนาการของนักเรียน จากการเอาคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนหลังเรียน - แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน



ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง
โดยใช้อินเทอร์เน็ตเป็นแหล่งเรียนรู้เพิ่มเติม

แผนผังการจัดการเรียนการสอนด้วยชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง



การเตรียมการวัสดุ อุปกรณ์ ห้องเรียน สื่อแหล่งเรียนรู้

1. สื่อการเรียนรู้

1.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 3 ม.4 – 6 สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1.2 ชุดการเรียนรู้ด้วยตนเองแบบสืบเสาะ 7 ชั้น โดยใช้อินเทอร์เน็ตเป็นแหล่งเรียนรู้เพิ่มเติม

1.3 เครื่องคอมพิวเตอร์ แท็บเล็ต หรือสมาร์ทโฟน

2. แหล่งเรียนรู้

1.1 หนังสือเรียนอิเล็กทรอนิกส์

1.2 แหล่งเรียนรู้บนอินเทอร์เน็ต

การวัดและประเมินผล

1. การประเมินผล

1.1 วิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

1.1.1 ตรวจคะแนนแบบทดสอบก่อนเรียน

1.1.2 ตรวจคะแนนแบบทดสอบหลังเรียน

1.1.3 ตรวจประเมินชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง

1.1.4 ตรวจแผนผังความคิด

1.2 เครื่องมือวัดและประเมินผลการเรียนรู้

1.2.1 แบบทดสอบก่อนเรียน

1.2.2 แบบทดสอบหลังเรียน

1.2.3 ชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง

1.2.4 สรุปแผนผังความคิด

2. เกณฑ์ประเมินผลการเรียนรู้

2.1 คะแนนแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน กำหนดเกณฑ์การผ่าน ร้อยละ 80 ขึ้นไป ได้คะแนนเต็ม เกณฑ์ขั้นต่ำ ร้อยละ 50 แล้วแบ่งสัดส่วนคะแนนตาม ร้อยละคะแนนที่ได้

2.2 คะแนนชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง กำหนดเกณฑ์การผ่าน ร้อยละ 80 ขึ้นไป ได้คะแนนเต็ม เกณฑ์ขั้นต่ำ ร้อยละ 50 แล้วแบ่งสัดส่วนคะแนนตาม ร้อยละคะแนนที่ได้

2.3 คะแนนแผนผังความคิด กำหนดเกณฑ์การผ่าน ร้อยละ 80 ขึ้นไป ได้คะแนนเต็ม เกณฑ์ขั้นต่ำ ร้อยละ 50 แล้วแบ่งสัดส่วนคะแนนตาม ร้อยละคะแนนที่ได้

2.4 เกณฑ์การวัดแบบรูบริกส์ ชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง กำหนดเกณฑ์การผ่าน ร้อยละ 80 ขึ้นไป ได้คะแนนเต็ม เกณฑ์ขั้นต่ำ ร้อยละ 50 แล้วแบ่งสัดส่วนคะแนนตาม ร้อยละคะแนนที่ได้

2.5 เกณฑ์การวัดแบบรูบริกส์ แผนผังความคิด กำหนดเกณฑ์การผ่าน ร้อยละ 80 ขึ้นไป ได้คะแนนเต็ม เกณฑ์ขั้นต่ำ ร้อยละ 50 แล้วแบ่งสัดส่วนคะแนนตาม ร้อยละคะแนนที่ได้

บทนำ

กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthesis) และ ประวัติการค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง

สิ่งมีชีวิตแบ่งออกเป็น autotrophs และ heterotrophs ตามวิธีการรับพลังงานของสิ่งมีชีวิต autotrophs เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีความสามารถในการทำให้สารโมเลกุลขนาดเล็กของสารอนินทรีย์ กลายเป็นสารอินทรีย์โดยใช้พลังงานจากแสงแดด พืชเป็นตัวอย่างที่สำคัญของ autotrophs สิ่งมีชีวิต อื่นที่ขาดความสามารถนี้ จะต้องใช้ประโยชน์จากสารอินทรีย์ที่เกิดขึ้นนี้ ในรูปแบบที่เราเรียกว่า อาหาร อาจอยู่ในรูปของไขมันคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน สิ่งมีชีวิตเหล่านี้จึงต้องกิน เราสิ่งมีชีวิตนี้ว่า heterotrophs และเรียกกระบวนการใช้พลังงานจากแสงแดดเพื่อผลิตสารอินทรีย์ดังกล่าว ว่า การสังเคราะห์ด้วยแสง หรือ photosynthesis เป็นกระบวนการทางชีวเคมีที่ทำให้พืช สาหร่ายและแบคทีเรียบางชนิดได้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้ สิ่งมีชีวิตแทบทั้งหมดล้วนอาศัยพลังงานที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อการเจริญเติบโตทั้งทางตรงและทางอ้อม นอกจากนี้ยังมีการผลิตออกซิเจน ซึ่งมีเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของบรรยากาศโลก หรือบางที่เรียกสิ่งมีชีวิตที่สร้างพลังงานจากกระบวนการสังเคราะห์แสงได้ ว่า "phototrophs" โดยใช้โมเลกุลที่มีความสามารถในการดูดกลืนแสงที่มีอยู่ในพืชและสิ่งมีชีวิตเหล่านั้น คือ รงควัตถุ (pigment) เป็นตัวดูดกลืนแสง การสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นการใช้พลังงานแสงในการสังเคราะห์สาร โดยพลังงานแสงที่พืชได้รับ จะถูกสะสมอยู่ในรูปของ ATP และ NADPH กระบวนการนี้เรียกว่าปฏิกิริยาที่ต้องใช้แสง ปฏิกิริยาแสง หรือ light reaction ซึ่งพืชจะนำสารสองตัวที่ได้นี้ไปถ่ายทอดพลังงานเพื่อช่วยตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ ในปฏิกิริยาที่ไม่ต้องใช้แสงหรือ dark reaction หรือ Calvin cycle ให้กลายเป็นน้ำตาลและสารประกอบอื่นๆ ความรู้เหล่านี้ได้จากการทดลองของนักวิทยาศาสตร์หลายๆ คน ค่อยๆ นำมาหาความสัมพันธ์กันจนในปัจจุบันสามารถนำมาเขียนเป็นสมการที่สามารถอธิบาย และนำไปพิสูจน์ทดลองได้ เรียกว่า สมการการสังเคราะห์ด้วยแสง “The equation for photosynthesis”

มาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐาน ว1.1 เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

ผลการเรียนรู้

อธิบายการศึกษาค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับกลไกสังเคราะห์ด้วยแสง สรุปปัจจัยที่ใช้และผลที่ได้จากการสังเคราะห์แสงได้

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกชื่อและผลการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสงได้
2. สรุปปัจจัยที่ใช้และผลที่ได้จากการสังเคราะห์แสงได้
3. เขียนและอธิบายสมการการสังเคราะห์ด้วยแสงได้

① ทดสอบความรู้เดิม (Elicitation)

แบบทดสอบก่อนเรียน

เรื่อง การศึกษาค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง

1. ให้นักเรียนเรียงลำดับการค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยนำอักษรหน้าประโยคด้านขวามือไปเติมในช่องว่างหน้าประโยคด้านซ้ายมือให้ถูกต้อง

- 1. ปี พ.ศ. 2315
 2. ปี พ.ศ. 2325
 3. ปี พ.ศ. 2347
 4. ปี พ.ศ. 2405
 5. ปี พ.ศ. 2438

- ก. แจนอินเกินฮูซ นายแพทย์ชาวดัตช์
 ข. นิโคลาส อีโอดอร์ เดอโซซูร์ นักวิทยาศาสตร์ชาวสวิส
 ค. จูเลียส ซาซ (Julius Sachs)
 ง. เองเกลมัน ชาวเยอรมัน
 จ. แวน นีล (Van Niel) แห่งมหาวิทยาลัย
 สแตนฟอร์ด
 ฉ. โจเซฟ ปริสทลีย์
 ช. ฌอง ซีนีปีเยร์

2. ให้นักเรียนจับคู่ความสัมพันธ์การค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยนำตัวเลขหน้าประโยคด้านขวาไปเติมประโยคด้านซ้ายให้ถูกต้องให้ถูกต้อง

- 1. ฌอง แบบติสต์ แวน เฮลมอนท์
 2. โจเซฟ ปริสทลีย์
 3. แจนอินเกินฮูซ
 4. ฌอง ซีนีปีเยร์
 5. จูเลียส ซาซ

- ก. พืชสามารถเปลี่ยนอากาศเสียให้เป็นอากาศดีได้
 ข. น้ำหนักของต้นหลิวที่เพิ่มขึ้นได้มาจากน้ำ
 ค. การทดลองของปริสทลีย์จะได้ผลก็ต่อเมื่อมีแสง
 ง. แก๊สที่เกิดจากการลุกไหม้และการหายใจ
 ของ สัตว์เป็น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์
 ส่วนแก๊สที่ช่วยในการลุกไหม้และแก๊สที่ใช้
 ในการ หายใจของสัตว์คือ แก๊สออกซิเจน
 จ. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นบางส่วนเป็นน้ำหนัก
 ของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่พืชได้รับ
 ฉ. น้ำหนักของต้นหลิวที่เพิ่มขึ้นได้มาจาก
 น้ำเพียงอย่างเดียว
 ช. สารอินทรีย์ที่พืชสร้าง คือ น้ำตาล

๓ แหล่งค้นหา (Exploration)

แหล่งเรียนรู้เพิ่มเติมบนอินเทอร์เน็ต

เรื่อง การศึกษาค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง



1. หนังสือเรียนอิเล็กทรอนิกส์

1.1 รายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 3 ม.4 – 6 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556)

<http://www.scimath.org/ebook/sci/sci-sec4/13/eBook/>

2. วิดีโอ

2.1 วิดีโอ นำเข้าสู่บทเรียน เรื่อง Introduction to Plants (Frank Gregorio, 2556)

https://www.youtube.com/watch?v=_F8kYkn49Ec

2.2 วิดีโอ เรื่อง การศึกษาค้นคว้านักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง ตอนที่ 1 (เวลา 3.33 นาที) (สุรัชย์ ผิวเหลือง, 2556)

https://www.youtube.com/watch?v=T6M0_g6aMVo

2.3 วิดีโอ เรื่อง การศึกษาค้นคว้านักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง ตอนที่ 2 (เวลา 4.16 นาที) (สุรัชย์ ผิวเหลือง, 2556)

<https://www.youtube.com/watch?v=KrRVu4776xg>

2.4 วิดีโอ เรื่อง การศึกษาค้นคว้านักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง ตอนที่ 3 (เวลา 2.29 นาที) (สุรัชย์ ผิวเหลือง, 2556)

https://www.youtube.com/watch?v=xOcNYW0dU_U

2.5 วิดีโอ เรื่อง การศึกษาค้นคว้านักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง ตอนที่ 4 (เวลา 2.23 นาที) (สุรัชย์ ผิวเหลือง, 2556)

<https://www.youtube.com/watch?v=gAEG3NZ7iIA>

3. สื่อออนไลน์

3.1 สื่อออนไลน์ เรื่อง การสังเคราะห์แสงของพืช (สถาบันนวัตกรรมการพัฒนากระบวนการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2548)

<http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/science4/plant/extra.htm>



8. ปี พ.ศ.2473 แวน นีล (Van Niel) นักวิทยาศาสตร์ชาวอเมริกันทำการทดลอง อะไร อย่างไร

[illegible]

กิจกรรมที่ 2 ทบทวนการศึกษาค้นคว้านักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง

ให้นักเรียนเขียนชื่อแล้วจับคู่ผลงานของนักวิทยาศาสตร์โดยนำตัวอักษรหน้าผลงานมาเติมใน
กล่องให้ถูกต้อง



(.....) (.....)

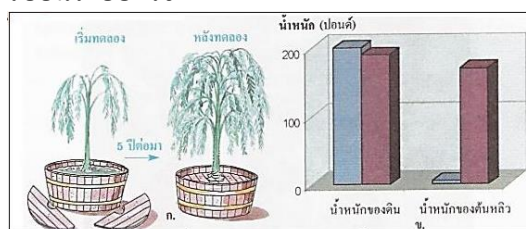
ก. น้ำหนักของพืชบางส่วนมาจากแก๊ส

คาร์บอนไดออกไซด์



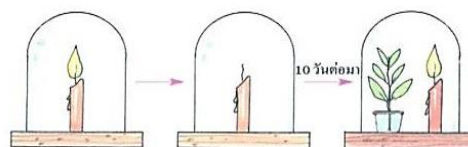
(.....) (.....)

ข.



(.....) (.....)

ค.



(.....) (.....)

ง. พืชเก็บธาตุคาร์บอนไว้ในรูปสารอินทรีย์



(.....) (.....)

จ. แก๊สที่เกิดจากการหายใจและการเผาไหม้ คือ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนแก๊สที่ใช้ในการหายใจและลูก
ไหม้ของเทียน คือ แก๊สออกซิเจน



(.....) (.....)

ฉ. สารอินทรีย์ที่พืชสร้างขึ้น คือ คาร์โบไฮเดรต

ให้นักเรียนเขียนชื่อแล้วจับคู่ผลงานของนักวิทยาศาสตร์โดยนำตัวอักษรหน้าผลงานมาเติมใน
กล่องให้ถูกต้อง



(.....) (.....)



(.....) (.....)



(.....) (.....)



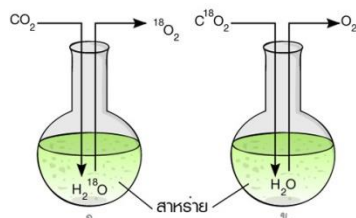
(.....) (.....)



(.....) (.....)



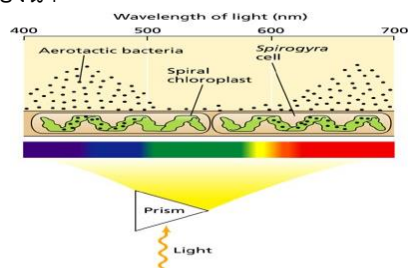
(.....) (.....)



ก.

ข. คลอโรพลาสต์ที่ได้รับแสงจะสามารถสร้าง ATP ได้เพียงอย่างเดียวหรือสร้างทั้ง ATP NADPH+H⁺ และ O₂ ก็ได้ ขึ้นอยู่กับว่าคลอโรพลาสต์นั้นจะได้รับ ADP และ Pi เท่านั้น หรือทั้ง NADP+ ADP และ Pi อาจสรุปได้ว่า พืชจะให้ NADPH+H⁺ และ O₂ เมื่อได้รับ NADP⁺

ค. O₂ ที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงมาจากโมเลกุลของน้ำ



ง.

จ. ในกระบวนการสร้างอาหารของพืชนั้น น่าจะคล้ายกับการสร้างอาหารของแบคทีเรีย ซึ่งแสง (light) มีบทบาทสำคัญคือ ทำให้โมเลกุลของน้ำแตกตัวเป็น H⁺ กับ OH⁻ จากนั้น H⁺ จะเข้าทำปฏิกิริยากับ CO₂ เกิดเป็นคาร์โบไฮเดรต (CH₂O) ขึ้น

ฉ. สารประกอบที่มีคาร์บอน 3 อะตอม คือ กรดฟอสโฟกลีเซอริก(phosphoglyceric acid) เรียกย่อๆ ว่า PGA

กิจกรรมที่ 3 สมการการสังเคราะห์ด้วยแสง

ให้นักเรียนนำสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์แต่ละท่านค้นพบ มาสร้างความสัมพันธ์ในรูป แผนผัง หรือ สมการ ให้เป็นแผนผัง หรือ สมการกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthesis)

กำหนดให้ แทนสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ค้นพบ ด้วยสัญลักษณ์ ต่อไปนี้



= แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์



= แก๊สออกซิเจน



= น้ำ



= คาร์โบไฮเดรต



= แสง (light)

แผนผัง หรือ สมการ แห่ง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง(photosynthesis) ที่ได้จะเป็น ดังนี้

จากสมการดังกล่าวเพียงพอที่จะใช้อธิบาย กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthesis) ของพืช ได้หรือไม่ อย่างไร

๕ ขยายความรู้ (Elaboration)

คำถามหลังเรียน

เรื่อง การศึกษาค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง

1. การทดลองของ แวน เฮลมอนด์ ที่สรุปว่า น้ำหนักของพืชที่เพิ่มขึ้นมาจากน้ำเท่านั้น นักเรียนคิดว่าการทดลองนี้ มีข้อบกพร่องอะไรบ้าง

.....

.....

.....

2. ในการทดลองของโจเซฟ ปริสทีย์ แจน อินเก็นฮูซ และฌอง ซีนีบิเยร์ ได้ข้อสรุปว่า แก๊สออกซิเจน เปลี่ยนแปลงมาจากอะไร และในการเปลี่ยนแปลงนั้นมีปัจจัยใดเข้ามาเกี่ยวข้อง

.....

.....

3. จากการทดลอง นิโคลาส ดีโอดอร์ เดอร์โซซูร์ และจูเลียส ซาซ ที่พบว่าน้ำหนักของพืชที่เพิ่มขึ้นไม่ได้มาจากน้ำเพียงอย่างเดียว และยังพบว่าพืชสามารถสร้างน้ำตาลได้ วัตถุดิบที่พืชนำไปสร้างน้ำตาล คืออะไรบ้าง กระบวนการที่พืชสร้างน้ำตาลนักวิทยาศาสตร์ให้ชื่อกระบวนการนี้ว่า อะไร

.....

.....

.....

4. จากการศึกษาของ เองเกลมัน ได้ข้อสรุปว่า แสงสีใดมีความสำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงบ้าง

.....

.....

.....

5. แวน นีล ตั้งสมมติฐานว่าอย่างไร

.....

.....

.....

6. รูเบน และคาร์เมน ทำการทดลอง และมีผลงานสรุปออกมาว่าอย่างไร

.....

.....

.....

7. การทดลองของ โรบิน ฮิลล์ ที่สรุปว่า แก๊สออกซิเจนเกิดจากการแตกตัวของน้ำนั้น มีปัจจัยหรือสารใดที่เกี่ยวข้องบ้าง

.....

.....

.....

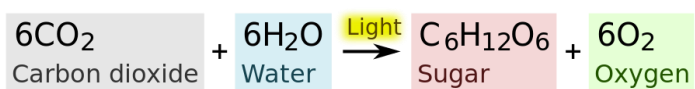
8. การทดลองของ แดเนียล อาร์โนน ได้ข้อสรุปสำคัญของกระบวนการสังเคราะห์แสงอย่างไร

.....

.....

.....

9. แผนผังแสดง กระบวนการสังเคราะห์แสง ต่อไปนี้ ขาดอะไร



.....

.....

.....

10. แผนผังหรือสมการเคมีที่ใช้แสดง กระบวนการสังเคราะห์แสง ที่สมบูรณ์จะเป็นได้อย่างไร

.....

.....

.....



แบบทดสอบหลังเรียน

เรื่อง การศึกษาค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง

1. ให้นักเรียนเรียงลำดับการค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยนำอักษรหน้าประโยคด้านขวามือไปเติมในช่องว่างหน้าประโยคด้านซ้ายมือให้ถูกต้อง

- | | |
|-----------------------|---|
| 1. ปี พ.ศ. 2315 | ก. แจนอินเกินฮูซ นายแพทย์ชาวดัตช์ |
| 2. ปี พ.ศ. 2325 | ข. นิโคลาส ดีโอดอร์ เดอโซซูร์ นักวิทยาศาสตร์ชาวสวิส |
| 3. ปี พ.ศ. 2347 | ค. จูเลียส ซาซ (Julius Sachs) |
| 4. ปี พ.ศ. 2405 | ง. เองเกลมัน ชาวเยอรมัน |
| 5. ปี พ.ศ. 2438 | จ. แวน นีล (Van Niel) แห่งมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด |
| | ฉ. โจเซฟ ปริสทลีย์ |
| | ช. ฌอง ซีนีปีเยร์ |

2. ให้นักเรียนจับคู่ความสัมพันธ์การค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยนำตัวเลขหน้าประโยคด้านขวาไปเติมประโยคด้านซ้ายให้ถูกต้องให้ถูกต้อง

- | | |
|------------------------------------|---|
| 1. ฌอง แบบติสท์ แวน เฮลมอนท์ | ก. พืชสามารถเปลี่ยนอากาศเสียให้เป็น อากาศดีได้ |
| 2. โจเซฟ ปริสทลีย์ | ข. น้ำหนักของต้นหลิวที่เพิ่มขึ้นได้มาจากน้ำ |
| 3. แจนอินเกินฮูซ | ค. การทดลองของปริสทลีย์จะได้ผลก็ ต่อเมื่อมีแสง |
| 4. ฌอง ซีนีปีเยร์ | ง. แก๊สที่เกิดจากการลุกไหม้และการหายใจของสัตว์เป็น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนแก๊สที่ช่วยในการลุกไหม้และแก๊สที่ใช้ในการ หายใจของสัตว์คือ แก๊สออกซิเจน |
| 5. จูเลียส ซาซ | จ. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นบางส่วนเป็นน้ำหนักของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่พืชได้รับ |
| | ฉ. น้ำหนักของต้นหลิวที่เพิ่มขึ้นได้มาจากน้ำเพียงอย่างเดียว |
| | ช. สารอินทรีย์ที่พืชสร้าง คือ น้ำตาล |



๗. นำความรู้ไปใช้ (Extension)

แผนผังความคิด

(เขียนแผนผังความคิดแสดงประโยชน์ที่ได้จากเรื่องที่เรียน)



ใบความรู้

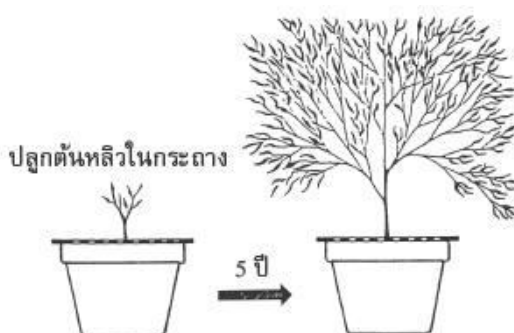
เรื่อง การศึกษาค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง



ภาพที่ 1 ฌอง แบบติสท์ แวน เฮลมอนท์

ที่มา : http://nattinee36.exteen.com/images/Jan_Baptist_van_Helmont_portrait.jpg

ปี พ.ศ. 2191 ฌอง แบบติสท์ แวน เฮลมอนท์ (J.B. Van Helmont) นักวิทยาศาสตร์ชาวเบลเยียม ได้ทดลองปลูกต้นหลิวหนัก 5 ปอนด์ในถังใบใหญ่ที่บรรจุดินซึ่งทำให้แห้งสนิทหนัก 200 ปอนด์ ระหว่างทำการทดลองไดรดน้ำต้นหลิวที่ปลูกไว้ทุกวัน ด้วยน้ำฝนหรือน้ำกลั่นเป็นระยะเวลา 5 ปี ต้นหลิวเจริญขึ้นหนักเป็น 169 ปอนด์ 3 ออนซ์ (ไม่ได้รวมน้ำหนักของใบซึ่งร่วงไปในแต่ละปี) และเมื่อนำดินในถังมาทำให้แห้งแล้วนำไปชั่ง ปรากฏว่ามีน้ำหนักน้อยกว่าดินที่ใช้ก่อนทำการทดลองเพียง 2 ออนซ์เท่านั้น



ข้อสรุปได้ว่า น้ำหนักของต้นหลิวที่เพิ่มขึ้นได้มาจากน้ำเพียงอย่างเดียว ซึ่งข้อสรุปนี้ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางมากในยุคนั้น

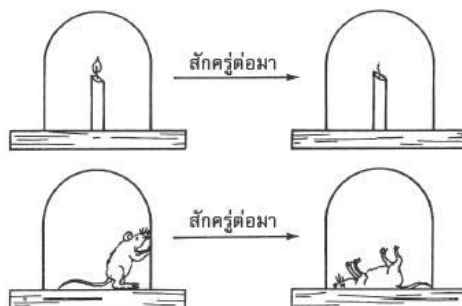


ภาพที่ 2 โจเซฟ พริสทลีย์ (Joseph Priestly)

ที่มา : http://p4.s1sf.com/gu/0/ui/1/5095/48607__11032008031703.jpg

ปี พ.ศ. 2315 โจเซฟ พริสทลีย์ (Joseph Priestley) นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษกล่าวได้ว่า...“การหายใจการเน่าเปื่อยและการตายของสัตว์ ทำให้อากาศเสีย แต่พืชจะทำให้อากาศเสียนั้นบริสุทธิ์ขึ้นและมีประโยชน์ ต่อการดำรงชีวิต” เขาได้ทำการทดลองโดยจุดเทียนไขไว้ในครอบแก้ว ปรากฏว่าไส้ครุ่เทียนไขก็ดับ และเมื่อใส่หนูเข้าไปในครอบแก้วครู่ต่อมาหนูก็ตาย แต่ถ้าเอาพืชสีเขียว

ใส่ในครอบแก้วที่เคยจุดเทียนไขเอาไว้ก่อนแล้ว อีก 10 วันต่อมาเมื่อจุดเทียนไขในครอบแก้วนั้นใหม่
ปรากฏว่าเทียนไขลุกไหม้อยู่ได้ระยะหนึ่งโดยไม่ดับทันที
การทดลองที่ 1



ให้ข้อสรุป ไว้ว่า การลุกไหม้ของเทียนไขและการหายใจของหนูทำให้เกิดอากาศเสีย
ดังนั้นจึงทำให้เทียนไขดับและทำให้หนูตาย
การทดลองที่ 2



ต่อมาโจเซฟ พริสต์ลีย์ ได้ทำการทดลองจุดเทียนไขไว้ในครอบแก้วและนำพืชไว้ด้วย พบว่า
เทียนไขยังคงจุดติดไฟได้ดี และเมื่อทำการทดลองอีกครั้งโดยใส่หนูไว้ในครอบแก้วและนำพืชใส่ไว้ด้วย
พบว่าหนูยังคงมีชีวิตอยู่ได้เป็นเวลานาน

จากการทดลองดังกล่าวโจเซฟ พริสต์ลีย์ได้ให้ข้อสรุปไว้ว่า พืชสามารถเปลี่ยนอากาศเสียให้
เป็นอากาศดีได้



ภาพที่ 3 แจน อินเกิน ฮูซ (Jan Ingenhousz)

ที่มา : https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cf/Jan_Ingenhousz.jpg

ปี พ.ศ. 2322 แจนอินเกินฮูซ นายแพทย์ชาวดัชต์ ได้ทำการทดลองคล้ายกับ พริสต์ลีย์
และพิสูจน์ให้เห็นว่า การทดลองของ พริสต์ลีย์ จะได้ผลก็ต่อเมื่อมีแสง

บทสรุปผลการค้นคว้า การที่พืชจะเปลี่ยนอากาศเสีย เป็นอากาศดีได้นั้น พืชต้องใช้แสง
ด้วย



ภาพที่ 4 มอง ซินีบิเยร์ (Jean Senebier)

ที่มา : http://tarangini.files.wordpress.com/2013/09/wholesigner-jean_senebier.jpg

ปี พ.ศ. 2325 มอง ซินีบิเยร์ (Jean Senebier) ค้นพบว่าแก๊สที่เกิดจากการลุกไหม้ และแก๊สที่เกิดจากการหายใจของสัตว์เป็น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนแก๊สที่ช่วยในการลุกไหม้และแก๊สที่ใช้ในการหายใจของสัตว์คือ แก๊สออกซิเจน

ปี พ.ศ. 2339 แจน อินเกิน ฮูซ นักวิทยาศาสตร์ชาวดัชต์ เสนอว่า พืชเก็บธาตุคาร์บอนซึ่งได้มาจากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ไว้ในรูปของสารอินทรีย์ นักวิทยาศาสตร์ชาวดัชต์ ได้ทำการทดลองคล้ายกับโจเซฟ 프리สต์ลีย์ โดยใส่พืชไว้ในครอบแก้ว แต่แยกเป็นส่วนต่างๆ ของพืช เช่น ลำต้น ใบ เป็นต้น แล้วทิ้งไว้ในที่มีดชั่วระยะเวลาหนึ่ง หลังจากนั้นจึงจุดเทียนไขไว้ในครอบแก้วแต่ละอัน พบว่าเทียนไขในครอบแก้วทุกอันไม่ติดไฟ และเมื่อทำการทดลองอีก ครั้งโดยนำครอบแก้วทุกอันไปไว้ในบริเวณที่มีแสงสว่าง ระยะเวลาหนึ่งหลังจากนั้นจึงจุดเทียนไขในครอบแก้วแต่ละอัน พบว่าในครอบแก้วที่มีส่วนของพืชซึ่งมีสีเขียวสามารถจุดเทียนไขให้ติดไฟได้ จากการทดลอง



ภาพที่ 5 นิโคลาส ธีโอดอ เดอ โซซูร์ (Nicolas-Théodore de Saussure)

ที่มา :

http://www.memoireetactualite.org/images/galerie/cha/saussure_nicolas_theodore_de_900.jpg

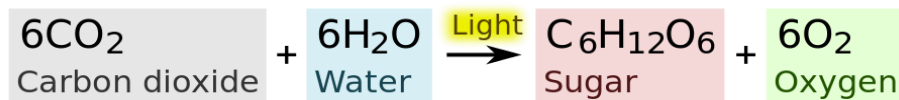
ปี พ.ศ. 2347 นิโคลาส ธีโอดอ เดอ โซซูร์ นักวิทยาศาสตร์ชาวสวิส ได้พิจารณาการค้นพบของ แวน เอลมอนด์ ที่แสดงให้เห็นว่า น้ำหนักของพืชเพิ่มขึ้นมากกว่าน้ำหนักของน้ำที่พืชได้รับ เขาสันนิษฐานว่า น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นบางส่วนเป็นน้ำหนักของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ที่พืชได้รับ และได้ทำการรวบรวมและศึกษาผลงานของนักวิทยาศาสตร์ในอดีตหลายๆ ท่าน โดยอาศัยความรู้พื้นฐานทางด้านเคมีสมัยใหม่ ทำให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชดังต่อไปนี้

- พืชจะคายแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊สออกซิเจนในเวลากลางวัน และจะคายเฉพาะแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในเวลากลางคืน แสดงว่าพืชหายใจตลอดเวลา แต่พืชมีการสังเคราะห์แสงเฉพาะเวลากลางวันหรือเมื่อได้รับแสง

- แร่ธาตุในดินมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช

- น้ำไม่ใช่เพียงละลายแร่ธาตุในดินให้แก่พืชเท่านั้น แต่น้ำยังมีบทบาทสำคัญโดยตรงในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช

- เขาจึงสรุปว่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นบางส่วนเป็นน้ำหนักของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่พืชได้รับ
บทสรุปผลการค้นคว้า กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชเป็นปฏิกิริยาเคมีที่ซับซ้อนสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของปัจจัยสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยสามารถเขียนสมการเคมีแสดงการเกิด กระบวนการได้ดังนี้



ภาพที่ 6 จูเลียส ซาซ (Julius Sachs)

ที่มา :

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/8b/Julius_Sachs.jpg/600px-Julius_Sachs.jpg

ปี พ.ศ. 2347 จูเลียส ซาซ (Julius Sachs) พบว่า สารอินทรีย์ที่พืชสร้าง คือ น้ำตาล ซึ่งเป็นสารคาร์โบไฮเดรต

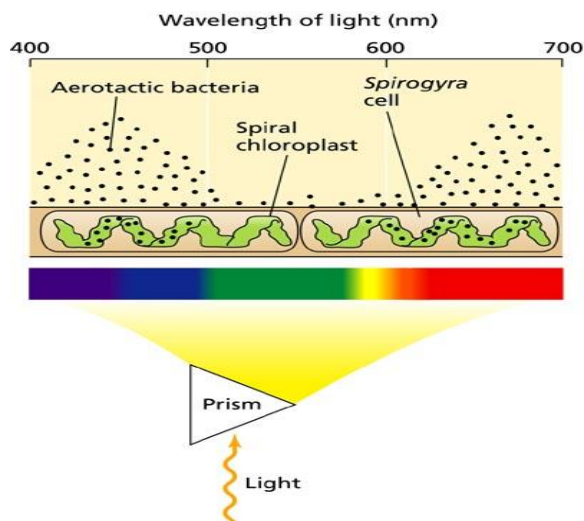


ภาพที่ 7 ที ดับบลิว เองเกลมันน์ (Theodor Wilhelm Engelmann)

ที่มา :

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cd/Prof._Th._W._Engelmann.jpg

ปี พ.ศ. 2438 เองเกลมันน์ ชาวเยอรมัน ทำการทดลอง ใช้ Aerobic bacteria และใช้สาหร่าย spirogyra ที่มีรงควัตถุเหมือนพืช เพื่อยืนยันว่าความยาวคลื่น ณ แสงสีแดง และแสงสีม่วงทำให้เกิดการสังเคราะห์มากที่สุด คือมีการปล่อย ออกซิเจนออกมาากสุดนั่นเอง



จากการทดลองพบว่า แบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจนมารวมกลุ่มกันที่บริเวณสาหร่ายได้รับแสงสีแดงและสีน้ำเงิน เพราะทั้งสองบริเวณนี้สาหร่ายจะให้แก๊สออกซิเจน



ภาพที่ 8 แวน นีล (Van Niel)

ที่มา : <http://nattinee36.exteen.com/images/vanniel.jpg>

ปี พ.ศ. 2473 แวน นีล (Van Niel) แห่งมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด พบว่า แบคทีเรียบางชนิด (Green sulfur bacteria และ Purple sulfur bacteria) สามารถสังเคราะห์แสงได้โดยไม่ใช้ H_2O แต่ใช้ H_2S (ไฮโดรเจนซัลไฟด์) แทน จึงเกิดซัลเฟอร์ (S) ออกมา แทนที่จะเกิด O_2

- การสังเคราะห์ด้วยแสงของแบคทีเรีย ก็เป็นหลักฐานอีกอย่างหนึ่งที่สนับสนุนว่า O_2 ที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชมาจาก H_2O (เนื่องจากแบคทีเรีย ไม่ใช่ H_2O ในการสังเคราะห์ด้วยแสง จึงไม่เกิด O_2 แต่เกิดซัลเฟอร์ (S) ออกมา)

- แวน นีล (Van Niel) ได้เสนอสมมติฐานว่า...ในกระบวนการสร้างอาหารของพืชนั้น น่าจะคล้ายกับการสร้างอาหารของแบคทีเรีย ซึ่งแสง (light) มีบทบาทสำคัญคือ ทำให้โมเลกุลของน้ำแตกตัวเป็น H^+ กับ OH^- จากนั้น H^+ จะเข้าทำปฏิกิริยากับ CO_2 เกิดเป็นคาร์โบไฮเดรต (CH_2O) ขึ้น



ภาพที่ 9 โรบิน ฮิลล์ (Robin Hill)

ที่มา :

<https://1732e2fcf50f5ffe5e291759e128519ba97bb6d6.googleusercontent.com/host/0BwwsjayJ5mnQRXkxVHE3ZThCdJg/4444444.jpg>

ปี พ.ศ. 2475 โรบิน ฮิลล์ (Robin Hill) ได้ทำการทดลองผ่านแสงเข้าไปในของผสมซึ่งมีคลอโรพลาสต์ที่สกัดออกมาจากใบพืชพวกผักโขม และมีเกลียวเฟอร์ริกอยู่ด้วยปรากฏว่าเกลียวเฟอร์ริกเปลี่ยนเป็นเกลียวเฟอร์รัส และมี O_2 เกิดขึ้นแต่ถ้าผ่านแสงเข้าไปในคลอโรพลาสต์ที่ไม่มีเกลียวเฟอร์ริกอยู่ด้วยจะไม่มีออกซิเจนเกิดขึ้น ดังนั้นการที่เกลียวเฟอร์ริกจะเปลี่ยนเป็นเกลียวเฟอร์รัสได้ก็ต่อเมื่อได้รับไฮโดรเจน จากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในการทดลองนี้แสดงว่าเกลียวเฟอร์ริกต้องได้รับไฮโดรเจน ขณะเดียวกันมี O_2 ในปฏิกิริยาดังกล่าว เกลียวเฟอร์ริกจึงทำหน้าที่เป็นตัวรับไฮโดรเจน ซึ่งการค้นคว้าต่อมาพบว่ามีสารที่ทำหน้าที่เป็นตัวรับไฮโดรเจนอีกหลายชนิด เช่น เฟอร์ริกไซยาไนด์และเมธิลีนบลู เป็นต้น ซึ่งสามารถสรุปผลการทดลองนี้ได้ว่าไฮโดรเจนที่เกลียวเฟอร์ริกได้รับและ O_2 ที่เกิดขึ้นมาจาก H_2O

- สารประกอบที่ทำหน้าที่เป็นตัวรับไฮโดรเจน (H - acceptor) ในพืชคือ $NADP^+$ (nicotinamide adenine dinucleotide phosphate)



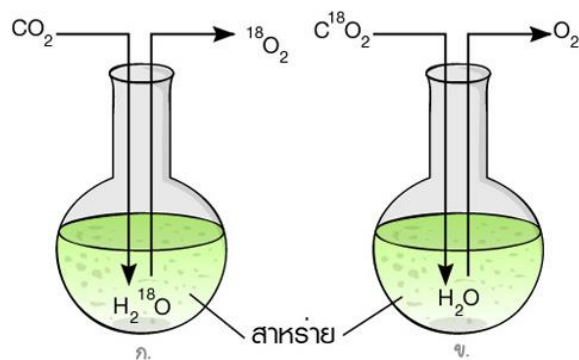
ภาพที่ 10 แซม รูเบน และ มาร์ติน คาเมน (Sam Ruben Sam Ruben and Martin Kamen)

ที่มา : http://nattinee36.exteen.com/images/97602538_lowres-horz.jpg

ปี พ.ศ. 2484 แซม รูเบน และ มาร์ติน คาเมน (Sam Ruben และ Martin Kamen) มีวิธีการทดลองเพื่อพิสูจน์ให้เห็นว่า O_2 ที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงมาจากน้ำ ได้นำสาหร่ายสีเขียวในปริมาณที่เท่าๆกัน ใส่ลงในขวดแก้ว 2 ใบคือ ก. และ ข. แล้วใส่น้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ลงไป ในขวด ทั้ง 2 ดังนี้

ขวด ก. ใส่ H_2O ซึ่งประกอบด้วยออกซิเจนซึ่งเป็นสารกัมมันตภาพรังสี คือ ^{18}O แต่ CO_2 ซึ่งมี O_2 ธรรมดา

ขวด ข. ใส่ CO_2 ที่ประกอบด้วย ^{18}O แต่ใส่ H_2O ที่มี O_2 ธรรมดา ตั้งขวดทั้ง 2 ใบให้ได้รับแสง สำหรับจะสังเคราะห์ด้วยแสง เกิด O_2 ขึ้น นำ O_2 ที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงแล้วมาทดสอบพบว่า



ขวด ก. O_2 ที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงเป็น ^{18}O

ขวด ข. O_2 ที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงเป็น O_2 ธรรมดา

สรุปผลการทดลองได้ว่า O_2 ที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงมาจากโมเลกุลของน้ำ



ภาพที่ 11 เมลวิน คัลวิน (Melvin Calvin) แอนดรู เอ เบนสัน (Andrew A. Benson)

ที่มา : http://s.glbimg.com/og/rs/f/original/2011/08/06/andrew-benson_291_218.jpg

ปี พ.ศ. 2493 เมลวิน คัลวิน (Melvin Calvin) แอนดรู เอ เบนสัน (Andrew A. Benson) และคณะนักวิจัยแห่งมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนียที่เบิร์กลีย์ ได้ทำการทดลองนำคลอเรลลาซึ่งเป็นสาหร่ายสีเขียวเซลล์เดียว ใส่ลงในขวดแก้วชนิดพิเศษ ให้แสงอย่างเพียงพอ และเมื่อมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงที่คงที่แล้วจึงเติมคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็น ^{14}C ซึ่งอยู่ในรูปของไฮโดรเจนคาร์บอเนตไอออนเข้าไปในสารละลาย เมื่อให้การสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นเวลา 1 นาที จะตรวจพบ ^{14}C ในสารประกอบมากมายหลายชนิด แต่เมื่อให้การสังเคราะห์ด้วยแสงในระยะเวลาสั้นลงปรากฏว่าหลังจากเกิดการสังเคราะห์ด้วยแสงแล้ว ประมาณ 2 วินาทีตรวจพบ ^{14}C อยู่ในสารประกอบที่มีคาร์บอน 3 อะตอม คือ กรดฟอสโฟกลีเซอริก (phosphoglyceric acid) เรียกย่อๆ ว่า PGA



ภาพที่ 12 แดเนียล อาร์นอน (Daniel Arnon)

ที่มา : <http://nattinee36.exteen.com/images/darnon.jpg>

ปี พ.ศ. 2494 แดเนียล อาร์นอน (Daniel Arnon) และคณะแห่งมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนียที่เบิร์กลีย์ ได้ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับการทดลองของฮิลล์ อาร์นอนคิดว่าถ้าให้สารบางอย่าง เช่น ADP หมู่ฟอสเฟต (Pi) NADP^+ และ CO_2 ลงไปในคลอโรพลาสต์ที่สกัดมาได้แล้วให้แสง จะมีปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสงจนได้น้ำตาลเกิดขึ้น ต่อมา อาร์นอนได้ทำการทดลองเพื่อติดตามขั้นตอนของการเกิดปฏิกิริยา โดยควบคุมปัจจัยบางอย่าง แล้วสังเกตผลการทดลองที่เกิดขึ้น อาร์นอนพบว่าถ้าให้สารต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้วยกเว้นคาร์บอนไดออกไซด์ ปรากฏว่าเกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้นได้ สารบางอย่างแต่ไม่มีการสร้างคาร์โบไฮเดรต อาร์นอนได้

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

จากการทดลองนี้แสดงว่าคลอโรพลาสต์ที่ได้รับแสงจะสามารถสร้าง ATP ได้เพียงอย่างเดียวหรือสร้างทั้ง ATP $\text{NADPH} + \text{H}^+$ และ O_2 ก็ได้ ขึ้นอยู่กับว่าคลอโรพลาสต์นั้นจะได้รับ ADP และ Pi เท่านั้น หรือทั้ง NADP^+ ADP และ Pi อาจสรุปได้ว่า พืชจะให้ $\text{NADPH} + \text{H}^+$ และ O_2 เมื่อได้รับ NADP^+

ต่อมาอาร์นอนได้ทำการทดลองใหม่ โดยเติมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ATP และ $\text{NADPH} + \text{H}^+$ ลงไปในสารละลายของคลอโรพลาสต์ที่สกัดออกมาจากเซลล์แต่ ไม่ให้แสงสว่าง ผลปรากฏว่ามีน้ำตาลเกิดขึ้น แสดงว่าปัจจัยในการสังเคราะห์ คือ ATP และ $\text{NADPH} + \text{H}^+$ ไม่ใช่แสง



แนวคำตอบ

แบบทดสอบก่อนเรียน

เรื่อง การศึกษาค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง

1. ให้นักเรียนเรียงลำดับการค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยนำอักษรหน้าประโยคด้านขวาไปเติมประโยคด้านซ้ายให้ถูกต้อง

...ด... 1. ปี พ.ศ. 2315	ก. เจนอินเกินฮูซ นายแพทย์ชาวดัชท์
...ช... 2. ปี พ.ศ. 2325	ข. นิโคลาส อีโอดอร์ เดอไซซัวร์ นักวิทยาศาสตร์ชาวสวิส
...บ... 3. ปี พ.ศ. 2347	ค. จูเลียส ซาซ (Julius Sachs)
...ค... 4. ปี พ.ศ. 2405	ง. เองเกลมัน ชาวเยอรมัน
...ง... 5. ปี พ.ศ. 2438	จ. แวน นีล (Van Niel) แห่งมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด ฉ. โจเซฟ ปริสท์ลีย์ ช. ฌอง ซีเนปีเยร์
2. ให้นักเรียนจับคู่ความสัมพันธ์การค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยนำตัวเลขหน้าประโยคด้านขวาไปเติมประโยคด้านซ้ายให้ถูกต้องให้ถูกต้อง

...ข... 1. ฌอง แบบติสท์ แวน เฮลมอนท์	ก. พืชสามารถเปลี่ยนอากาศเสียให้เป็นอากาศดีได้
...ก... 2. โจเซฟ ปริสท์ลีย์	ข. น้ำหนักของต้นหลิวที่เพิ่มขึ้นได้มาจากน้ำ
...ค... 3. เจนอินเกินฮูซ	ค. การทดลองของปริสท์ลีย์จะได้ผลก็ต่อเมื่อมีแสง
...จ... 4. ฌอง ซีเนปีเยร์	ง. แก๊สที่เกิดจากการลุกไหม้และการหายใจของสัตว์เป็น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนแก๊สที่ช่วยในการลุกไหม้และแก๊สที่ใช้ในการหายใจของสัตว์คือ แก๊สออกซิเจน
...ช... 5. จูเลียส ซาซ	จ. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นบางส่วนเป็นน้ำหนักของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่พืชได้รับ ฉ. น้ำหนักของต้นหลิวที่เพิ่มขึ้นได้มาจากน้ำเพียงอย่างเดียว ช. สารอินทรีย์ที่พืชสร้าง คือ น้ำตาล

คำถามก่อนเรียน

เรื่อง การศึกษาค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง

1. ทำไมพืชจึงสามารถดำรงชีวิตได้โดยไม่ต้องกินอาหารสามารถสร้างอาหารเองได้.....?
2. ทำไมสัตว์จึงไม่สามารถดำรงชีวิตได้หากขาดการกินอาหาร.....ขาดสารอาหาร..... ?
3. สิ่งมีชีวิตพวกใดสามารถสร้างอาหารเองได้.....พืช..... ?
4. สิ่งมีชีวิตพวกใดไม่สามารถสร้างอาหารเองได้ ต้องอาศัยการกินสิ่งอื่นๆ เป็นอาหาร...สัตว์..... ?
5. สิ่งมีชีวิตพวก Heterotrophic หมายถึง...ไม่สามารถสร้างอาหารเองได้ ได้รับสารอาหารจากการกิน.. ?
6. สิ่งมีชีวิตพวก Autotrophic หมายถึง...สามารถสร้างอาหารเองได้ โดยใช้พลังงานจากดวงอาทิตย์..... ?
7. ทำไมอากาศ น้ำและแสงแดดจึงมีความจำเป็นต่อการอยู่รอดของพืช.....เป็นวัตถุดิบในการสร้างอาหารของพืช..... ?
8. ทำไมแสงแดดจึงมีความจำเป็นต่อการอยู่รอดของสัตว์น้อยกว่าพืช.....สัตว์ไม่สามารถรับพลังงานจากแสงแดดได้โดยตรง..... ?
9. การสังเคราะห์ด้วยแสง ถูกค้นพบโดยใคร.....นักวิทยาศาสตร์หลายคน..... ?
10. สิ่งที่ถูกค้นพบว่ามีข้องเกี่ยวกับการสร้างอาหารของพืช เรียกว่าอะไร มีขั้นตอนอะไรบ้าง.....กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง หรือ photosynthesis.....มีหลายขั้นตอน.....?



ใบงาน

เรื่อง การศึกษาค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง

กิจกรรมที่ 1 การศึกษาค้นคว่านักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง

ให้นักเรียนสืบค้น ข้อมูล จากอินเทอร์เน็ตตามเว็บไซต์ที่แนะนำไว้ หรือแหล่งเรียนรู้อื่นๆ ตามความเหมาะสม เกี่ยวกับผลงานของนักวิทยาศาสตร์ ดังต่อไปนี้



1. ปี พ.ศ. 2191 ฌอง แบบติสท์ แวน เฮลมอนท์ (Jan Baptist van Helmont) ทำการทดลอง เกี่ยวกับอะไร อย่างไร

.....ได้ทดลองปลูกต้นหลิวหนัก 5 ปอนด์ในถังใบใหญ่ที่บรรจุดินซึ่งทำให้แห้งสนิทหนัก 200 ปอนด์ ระหว่างทำการทดลองได้นำน้ำต้นหลิวที่ปลูกไว้ทุกวัน ด้วยน้ำฝนหรือน้ำกลั่นเป็นระยะเวลา 5 ปี ต้นหลิวเจริญขึ้นหนักเป็น 169 ปอนด์ 3 ออนซ์ (ไม่ได้รวมน้ำหนักของใบซึ่งร่วงไปในแต่ละปี) และเมื่อนำดินในถังมาทำให้แห้งแล้วนำไปชั่ง ปรากฏว่ามีน้ำหนักน้อยกว่าดินที่ใช้ก่อนทำการทดลองเพียง 2 ออนซ์เท่านั้น.....



2. ปี พ.ศ. 2315 โจเซฟ พริสต์ลีย์ (Joseph Priestley) ทำการทดลอง เกี่ยวกับอะไร อย่างไร

.....นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษกล่าวได้ว่า....“การหายใจการเผาเปื้อยและการตายของสัตว์ ทำให้อากาศเสีย แต่พืชจะทำให้อากาศเสียนั้นบริสุทธิ์ขึ้นและมีประโยชน์ ต่อการดำรงชีวิต” เขาได้ทำการทดลองโดยจุดเทียนไขไว้ในครอบแก้ว ปรากฏว่าสักครู่เทียนไขก็ดับ และเมื่อใส่หนูเข้าไปในครอบแก้ว หนูก็ตาย แต่ถ้าเอาพืชสีเขียวใส่ในครอบแก้วที่เคยจุดเทียนไขเอาไว้ก่อนแล้ว อีก 10 วันต่อมา เมื่อจุดเทียนไขในครอบแก้วนั้นใหม่ ปรากฏว่าเทียนไขลุกไหม้อยู่ได้ระยะหนึ่งโดยไม่ดับทันที



3. ปี พ.ศ.2322 แจน อินเกิน ฮูซ (Jan Ingenhousz) นายแพทย์ชาวดัตช์ทำการทดลองเกี่ยวกับอะไร อย่างไร

.....ได้ทำการทดลองคล้ายกับ พริสต์ลีย์ และพิสูจน์ให้เห็นว่า การทดลองของ พริสต์ลีย์ จะได้ผลก็ต่อเมื่อมีแสง ผลการค้นคว้า การที่พืชจะเปลี่ยนอากาศเสีย เป็นอากาศดีได้นั้น พืชต้องใช้แสง ด้วย.....



4. ปี พ.ศ.2325 ฌอง ซีนีบิเยร์ (Jean Senebier) ทดลองเกี่ยวกับอะไรค้นพบสิ่งใด

.....ค้นพบว่าแก๊สที่เกิดจากการลุกไหม้ และแก๊สที่เกิดจากการหายใจของสัตว์เป็น แก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนแก๊สที่ช่วยในการลุกไหม้และแก๊สที่ใช้ในการหายใจของสัตว์คือ แก๊ส ออกซิเจน



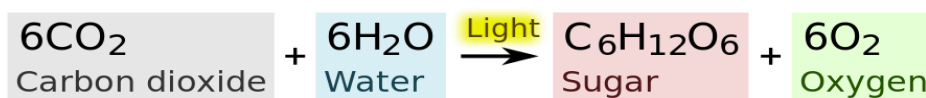
5. ปี พ.ศ.2347 นิโคลาส ธีโอดอ เดอ โซซูร์ (Nicolas-Théodore de Saussure) นักวิทยาศาสตร์ชาวสวิส ศึกษาการทดลองต่อจากใคร เกี่ยวกับอะไร

..... - พืชจะคายแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊สออกซิเจนในเวลากลางวัน และจะคายเฉพาะแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในเวลากลางคืน แสดงว่าพืชหายใจตลอดเวลา แต่พืชมีการสังเคราะห์แสงเฉพาะเวลากลางวันหรือเมื่อได้รับแสง

- แร่ธาตุในดินมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช
- น้ำไม่ใช่เพียงละลายแร่ธาตุในดินให้แก่พืชเท่านั้น แต่น้ำยังมีบทบาทสำคัญโดยตรงในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช

-เขาจึงสรุปว่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นบางส่วนเป็นน้ำหนักของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่พืชได้รับ

บทสรุปผลการค้นคว้า กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชเป็นปฏิกิริยาเคมีที่ซับซ้อน สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของปัจจัยสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยสามารถเขียนสมการเคมีแสดงการเกิด.....



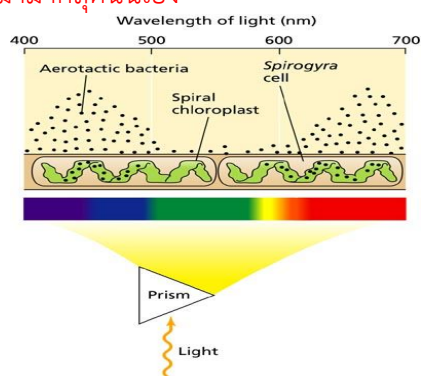
6. ปี พ.ศ.2405 จูเลียส ซาซ (Julius Sachs) ทดลองเกี่ยวกับอะไร ค้นพบสิ่งใด

.....พบว่า สารอินทรีย์ที่พืชสร้าง คือ น้ำตาล ซึ่งเป็นสารคาร์โบไฮเดรต.....



7. ปี พ.ศ.2438 ที่ ดับบลิว เองเกลมันน์ (Theodor Wilhelm Engelmann) ทำการทดลอง อะไร อย่างไร

.....ทำการทดลอง ใช้ Aerobic bacteria และใช้สาหร่าย spirogyra ที่มีรงควัตถุเหมือนพืช เพื่อยืนยันว่าความยาวคลื่น ณ แสงสีแดง และแสงสีม่วง ทำให้เกิดการสังเคราะห์มากที่สุด คือมีการปล่อย ออกซิเจนออกมามากที่สุดนั่นเอง



จากการทดลองพบว่า แบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจนมารวมกลุ่มกันที่บริเวณสาหร่ายได้รับแสงสีแดงและสีน้ำเงิน เพราะทั้งสองบริเวณนี้สาหร่ายจะให้แก้ออกซิเจน.....



8. ปี พ.ศ.2473 แวน นีล (Van Niel) นักวิทยาศาสตร์ชาวอเมริกันทำการทดลอง อะไร อย่างไรการสังเคราะห์ด้วยแสงของแบคทีเรีย ก็เป็นหลักฐานอีกอย่างหนึ่งที่สนับสนุนว่า O_2 ที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชมาจาก H_2O (เนื่องจากแบคทีเรีย ไม่ใช่ H_2O ในการสังเคราะห์ด้วยแสง จึงไม่เกิด O_2 แต่เกิดซัลเฟอร์ (S) ออกมา)

แวน นีล (Van Niel) ได้เสนอสมมติฐานว่า...ในกระบวนการสร้างอาหารของพืชนั้น น่าจะคล้ายกับการสร้างอาหารของแบคทีเรีย ซึ่งแสง (light) มีบทบาทสำคัญคือ ทำให้โมเลกุลของน้ำแตกตัวเป็น H^+ กับ OH^- จากนั้น H^+ จะเข้าทำปฏิกิริยากับ CO_2 เกิดเป็นคาร์โบไฮเดรต (CH_2O) ขึ้น

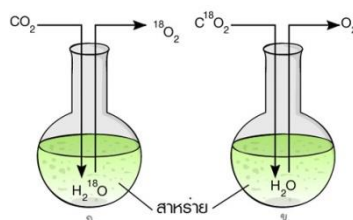


9. ปี พ.ศ.2484 แซม รูเบน และมาร์ติน คาเมน (Sam Ruben Sam Ruben and Martin Kamen) ทำการทดลอง อะไร อย่างไร

.....ทดลองเพื่อพิสูจน์ให้เห็นว่า O_2 ที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงมาจากน้ำ ได้นำสาหร่ายสีเขียวในปริมาณที่เท่าๆกัน ใส่ลงไปในขวดแก้ว 2 ใบคือ ก. และ ข. แล้วใส่น้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ลงไปในขวด ทั้ง 2 ดังนี้

ขวด ก. ใส่ H_2O ซึ่งประกอบด้วยออกซิเจนซึ่งเป็นสารกัมมันตภาพรังสี คือ ^{18}O แต่ CO_2 ซึ่งมี O_2 ธรรมดา

ขวด ข. ใส่ CO_2 ที่ประกอบด้วย ^{18}O แต่ใส่ H_2O ที่มี O_2 ธรรมดา ตั้งขวดทั้ง 2 ใบให้ได้รับแสง สาหร่ายจะสังเคราะห์ด้วยแสง เกิด O_2 ขึ้น นำ O_2 ที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงแล้วมาทดสอบพบว่า



ขวด ก. O_2 ที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงเป็น ^{18}O

ขวด ข. O_2 ที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงเป็น O_2 ธรรมดา

สรุปผลการทดลองได้ว่า O_2 ที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงมาจากโมเลกุลของน้ำ



10. ปี พ.ศ. 2475 โรบิน ฮิลล์ (Robin Hill) อะไร อย่างไร

.....ได้ทำการทดลองผ่านแสงเข้าไปในของผสมซึ่งมี คลอโรพลาสต์ที่สกัดออกมาจากใบพืชพวกผักโขม และมีเกลียวเฟอร์ริกอยู่ด้วยปรากฏว่าเกลียวเฟอร์ริกเปลี่ยนเป็นเกลียวเฟอร์รัส และมี O_2 เกิดขึ้น แต่ถ้าผ่านแสงเข้าไปในคลอโรพลาสต์ที่ไม่มีเกลียวเฟอร์ริกอยู่ด้วยจะไม่มีออกซิเจนเกิดขึ้น ดังนั้นการที่เกลียวเฟอร์ริกจะเปลี่ยนเป็นเกลียวเฟอร์รัสได้ก็ต่อเมื่อได้รับไฮโดรเจน จากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในการทดลองนี้แสดงว่าเกลียวเฟอร์ริกต้องได้รับไฮโดรเจน ขณะเดียวกันมี O_2 ในปฏิกิริยาด้วย เกลียวเฟอร์ริกจึงทำหน้าที่.....



11. ปี พ.ศ. 2493 เมลวิน คัลวิน (Melvin Calvin) แอนดรู เอ เบนสัน (Andrew A. Benson)

.....ทำการทดลองนำคลอเรลลาซึ่งเป็นสาหร่ายสีเขียวเซลล์เดียว ใส่ลงในขวดแก้วชนิดพิเศษให้แสงอย่างเพียงพอ และมีอัตราสารสังเคราะห์ด้วยแสงที่คงที่แล้วจึงเติมคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็น ^{14}C ซึ่งอยู่ในรูปของไฮโดรเจนคาร์บอเนตไอออนเข้าไปในสารละลาย เมื่อให้การสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นเวลา 1 นาที จะตรวจพบ ^{14}C ในสารประกอบมากมายหลายชนิด แต่เมื่อให้การสังเคราะห์ด้วยแสงในระยะเวลาสั้นลงปรากฏว่าหลังจากเกิดการสังเคราะห์ด้วยแสงแล้ว ประมาณ 2 วินาทีที่ตรวจพบ ^{14}C อยู่ในสารประกอบที่มีคาร์บอน 3 อะตอม คือ กรดฟอสโฟกลีเซอริก (phosphoglyceric acid) เรียกย่อๆ ว่า PGA.....





12. ปี พ.ศ.2494 แดเนียล อาร์นอน (Daniel Arnon) ทำการทดลอง อะไร อย่างไร

.....ได้ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับการทดลองของฮิลล์ อาร์นอนคิดว่าถ้าให้สาร บางอย่าง เช่น ADP หมู่ฟอสเฟต (Pi) NADP^+ และ CO_2 ลงไปในคลอโรพลาสต์ที่สกัดมาได้แล้วให้แสงจะมี ปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสงจนได้น้ำตาลเกิดขึ้น ต่อมา อาร์นอนได้ทำการทดลองเพื่อติดตาม ขั้นตอนของการเกิดปฏิกิริยา โดยควบคุมปัจจัยบางอย่าง แล้วสังเกตผลการทดลองที่เกิดขึ้น อาร์นอน พบว่าถ้าให้สารต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้วยกเว้นคาร์บอนไดออกไซด์ ปรากฏว่าเกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้นได้ สารบางอย่างแต่ไม่มีการสร้างคาร์โบไฮเดรต อาร์นอนได้

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

จากการทดลองนี้แสดงว่าคลอโรพลาสต์ที่ได้รับแสงจะสามารถสร้าง ATP ได้เพียงอย่าง เดียวหรือสร้างทั้ง ATP $\text{NADPH}+\text{H}^+$ และ O_2 ก็ได้ ขึ้นอยู่กับว่าคลอโรพลาสต์นั้นจะได้รับ ADP และ Pi เท่านั้น หรือทั้ง NADP^+ ADP และ Pi อาจสรุปได้ว่า พืชจะให้ $\text{NADPH}+\text{H}^+$ และ O_2 เมื่อได้รับ NADP^+

ต่อมาอาร์นอนได้ทำการทดลองใหม่ โดยเติมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ATP และ $\text{NADPH}+\text{H}^+$ ลงไปในสารละลายของคลอโรพลาสต์ที่สกัดออกมาจากเซลล์แต่ ไม่ให้แสงสว่าง ผล ปรากฏว่ามีน้ำตาลเกิดขึ้น แสดงว่าปัจจัยในการสังเคราะห์ คือ ATP และ $\text{NADPH}+\text{H}^+$ ไม่ใช่แสง

.....

.....



กิจกรรมที่ 2 ทบทวนการศึกษาค้นคว้านักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง

ให้นักเรียนเขียนชื่อแล้วจับคู่ผลงานของนักวิทยาศาสตร์โดยนำตัวอักษรหน้าผลงานมาเติมใน
กล่องให้ถูกต้อง



นิโคลาส ธีโอดอ เดอ โซซูร์
(Nicolas-Théodore de Saussure)(..ก..)



(ฌอง ซินีบิเยร์ (Jean Senebier)(..จ..)



ฌอง แบบติสท์ แวน เฮลม
องท์ (Jan Baptist van Helmont)(..ข..)



แจน อินเกิน ฮูซ (Jan
Ingenhousz)(..ง..)

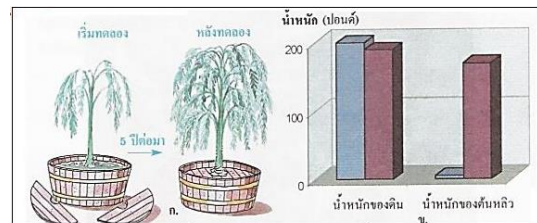


โจเซฟ พริสตรีย์ (Joseph Priestley)(..ค..)

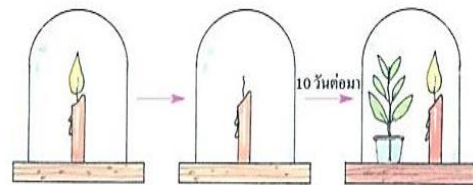


จูเลียส ซาซ (Julius Sachs) (..ฉ..)

ก. น้ำหนักของพืชบางส่วนมาจากแก๊ส
คาร์บอนไดออกไซด์



ข.



ค.

ง. พืชเก็บธาตุคาร์บอนไว้ในรูปสารอินทรีย์

จ. แก๊สที่เกิดจากการหายใจและการเผาไหม้ คือ แก๊ส
คาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนแก๊สที่ใช้ในการหายใจและลูก
ไหม้ของเทียน คือ แก๊สออกซิเจน

ฉ. สารอินทรีย์ที่พืชสร้างขึ้น คือ คาร์โบไฮเดรต

ให้นักเรียนเขียนชื่อแล้วจับคู่ผลงานของนักวิทยาศาสตร์โดยนำตัวอักษรหน้าผลงานมาเติมใน
กล่องให้ถูกต้อง



แดเนียล อาร์นอน (Daniel Arnon) (..ข..)



(แอนดรู เอ เบนสัน (Andrew A. Benson) (..ก..)



เมลวิน คัลวิน (Melvin Calvin) (..ค..)



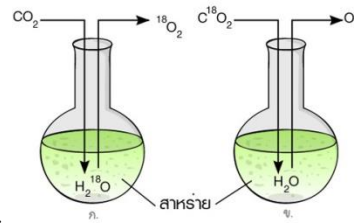
แวน นีล (Van Niel) (..จ..)



ที ดับบลิว เองเกลมัน (Theodor Wilhelm Engelmann)(..ง..)



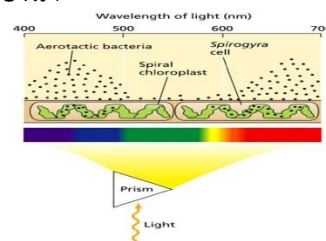
เมลวิน คัลวิน (Melvin Calvin) แอนดรู เอ เบนสัน (Andrew A. Benson) (..ฉ..)



ก.

ข. คลอโรพลาสต์ที่ได้รับแสงจะสามารถสร้าง ATP ได้เพียงอย่างเดียวหรือสร้างทั้ง ATP NADPH+H⁺ และ O₂ ก็ได้ ขึ้นอยู่กับว่าคลอโรพลาสต์นั้นจะได้รับ ADP และ Pi เท่านั้น หรือทั้ง NADP+ ADP และ Pi อาจสรุปได้ว่า พืชจะให้ NADPH+H⁺ และ O₂ เมื่อได้รับ NADP⁺

ค. O₂ ที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงมาจากโมเลกุลของน้ำ



ง.

จ. ในกระบวนการสร้างอาหารของพืชนั้น น่าจะคล้ายกับการสร้างอาหารของแบคทีเรีย ซึ่งแสง (light) มีบทบาทสำคัญคือ ทำให้โมเลกุลของน้ำแตกตัวเป็น H⁺ กับ OH⁻ จากนั้น H⁺ จะเข้าทำปฏิกิริยากับ CO₂ เกิดเป็นคาร์โบไฮเดรต (CH₂O) ขึ้น

ฉ. สารอินทรีย์ที่พืชสร้าง คือ น้ำตาล ซึ่งเป็นสารคาร์โบไฮเดรต

กิจกรรมที่ 3 สมการการสังเคราะห์ด้วยแสง

ให้นักเรียนนำสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์แต่ละท่านค้นพบ มาสร้างความสัมพันธ์ในรูป แผนผัง หรือ สมการ ให้เป็นแผนผัง หรือ สมการกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthesis)

กำหนดให้ แทนสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ค้นพบ ด้วยสัญลักษณ์ ต่อไปนี้



= แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์



= แก๊สออกซิเจน



= น้ำ

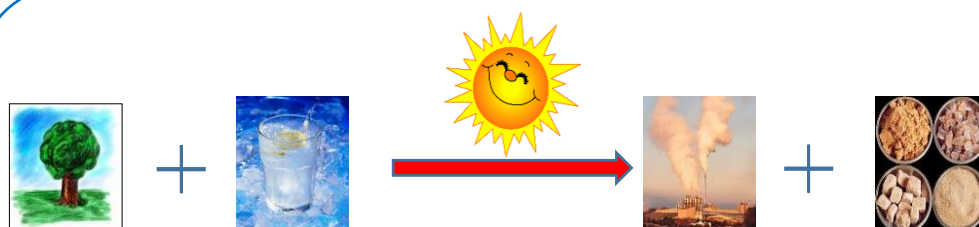


= คาร์โบไฮเดรต



= แสง (light)

แผนผัง หรือ สมการ แห่ง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง(photosynthesis) ที่ได้จะเป็น ดังนี้



แก๊สออกซิเจน + น้ำ -----> แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ + คาร์โบไฮเดรต
แสง

จากสมการดังกล่าวเพียงพอที่จะใช้อธิบาย กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthesis) ของพืช ได้หรือไม่ ..ไม่..... ยังขาด.....คลอโรฟิลล์.....

คำถามหลังเรียน

เรื่อง การศึกษาค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง

1. การทดลองของ แวน เฮลมอนด์ ที่สรุปว่า น้ำหนักของพืชที่เพิ่มขึ้นมาจากน้ำเท่านั้น นักเรียนคิดว่าการทดลองนี้ มีข้อบกพร่องอะไรบ้าง

.....ไม่ได้ควบคุมตัวแปรในการทดลอง.....

2. ในการทดลองของโจเซฟ ปริสทีย์ แจน อินเก็นฮูซ และฌอง ซีนิบิเยร์ ได้ข้อสรุปว่า แก๊สออกซิเจน เปลี่ยนแปลงมาจากอะไร และในการเปลี่ยนแปลงนั้นมีปัจจัยใดเข้ามาเกี่ยวข้อง

.....แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์, แสง และพืชสีเขียว.....

3. จากการทดลอง นิโคลาส ดีโอดอร์ เดอร์โซซูร์ และจูเลียส ซาซ ที่พบว่าน้ำหนักของพืชที่เพิ่มขึ้นไม่ได้มาจากน้ำเพียงอย่างเดียว และยังพบว่าพืชสามารถสร้างน้ำตาลได้ วัตถุดิบที่พืชนำไปสร้างน้ำตาล คืออะไรบ้าง กระบวนการที่พืชสร้างน้ำตาลนักวิทยาศาสตร์ให้ชื่อกระบวนการนี้ว่า อะไร

.....น้ำและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์.....

4. จากการศึกษาของ เองเกลมัน ได้ข้อสรุปว่า แสงสีใดมีความสำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงบ้าง

.....แสงสีแดง และแสงสีน้ำเงิน.....

5. แวน นีล ตั้งสมมติฐานว่าอย่างไร

.....แก๊สออกซิเจนไม่ได้มาจากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แต่เกิดจากการแตกตัวของน้ำ.....

6. รูเบน และคาร์เมน ทำการทดลอง และมีผลงานสรุปออกมาว่าอย่างไร

.....แก๊สออกซิเจนเกิดจากการแตกตัวของน้ำตามที่ แวน นีล ตั้งสมมติฐานไว้.....

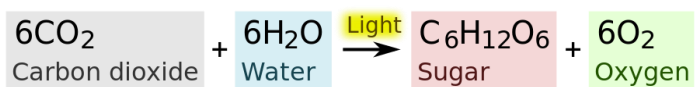
7. การทดลองของ โรบิน ฮิลล์ ที่สรุปว่า แก๊สออกซิเจนเกิดจากการแตกตัวของน้ำนั้น มีปัจจัยหรือสารใดที่เกี่ยวข้องบ้าง

.....น้ำคลอโรพลาสต์ แสง และตัวรับอิเล็กตรอน.....

8. การทดลองของ แดเนียล อาร์นอน ได้ข้อสรุปสำคัญของกระบวนการสังเคราะห์แสงอย่างไร

.....การสังเคราะห์ด้วยแสง มี 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนปฏิกิริยาแสงและขั้นตอนที่ไม่ใช้แสง.....

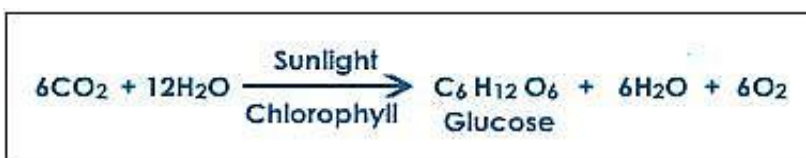
9. แผนผังแสดง กระบวนการสังเคราะห์แสง ต่อไปนี้ ขาดอะไร



.....ขาด chlorophyll , 6H₂O ด้านผลิตภัณฑ์.....

10. แผนผังหรือสมการเคมีที่ใช้แสดง กระบวนการสังเคราะห์แสง ที่สมบูรณ์จะเป็นได้อย่างไร

.....สมการที่สมบูรณ์ ดังนี้.....



แบบทดสอบหลังเรียน

เรื่อง การศึกษาค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง

1. ให้นักเรียนเรียงลำดับการค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยนำอักษรหน้าประโยคด้านขวาไปเติมประโยคด้านซ้ายให้ถูกต้อง

- | | | |
|---------|-----------------|---|
| ...ฉ... | 1. ปี พ.ศ. 2315 | ก. แจนอินเกินฮูซ นายแพทย์ชาวดัตช์ |
| ...ช... | 2. ปี พ.ศ. 2325 | ข. นิโคลาส อีโอดอร์ เดอโซซูร์ นักวิทยาศาสตร์ชาวสวิส |
| ...ข... | 3. ปี พ.ศ. 2347 | ค. จูเลียส ซาซ (Julius Sachs) |
| ...ค... | 4. ปี พ.ศ. 2405 | ง. เองเกลมัน ชาวเยอรมัน |
| ...ง... | 5. ปี พ.ศ. 2438 | จ. แวน นีล (Van Niel) แห่งมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด |
| | | ฉ. โจเซฟ ปริสท์ลีย์ |
| | | ช. ฌอง ซีเนบิเยร์ |

2. ให้นักเรียนจับคู่ความสัมพันธ์การค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยนำตัวเลขหน้าประโยคด้านขวาไปเติมประโยคด้านซ้ายให้ถูกต้องให้ถูกต้อง

- | | | |
|---------|------------------------------|--|
| ...ข... | 1. ฌอง แบบติสต์ แวน เฮลมอนท์ | ก. พืชสามารถเปลี่ยนอากาศเสียให้เป็นอากาศได้ |
| ...ก... | 2. โจเซฟ ปริสท์ลีย์ | ข. น้ำหนักของต้นหลิวที่เพิ่มขึ้นได้มาจากน้ำ |
| ...ค... | 3. แจนอินเกินฮูซ | ค. การทดลองของปริสท์ลีย์จะได้ผลก็ต่อเมื่อมีแสง |
| ...จ... | 4. ฌอง ซีเนบิเยร์ | ง. แก๊สที่เกิดจากการลุกไหม้และการหายใจของสัตว์เป็น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนแก๊สที่ช่วยในการลุกไหม้และแก๊สที่ใช้ในการหายใจของสัตว์คือ แก๊สออกซิเจน |
| ...ช... | 5. จูเลียส ซาซ | จ. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นบางส่วนเป็นน้ำหนักของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่พืชได้รับ |
| | | ฉ. น้ำหนักของต้นหลิวที่เพิ่มขึ้นได้มาจากน้ำเพียงอย่างเดียว |
| | | ช. สารอินทรีย์ที่พืชสร้าง คือ น้ำตาล |

แผนผังความคิด

(เขียนแผนผังความคิดแสดงประโยชน์ที่ได้จากเรื่องที่เรียน)



.....(อยู่ในดุลยพินิจของครูผู้สอน).....

ผลการประเมินผลการเรียนรู้

1. ผลการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1.1 ผลการตรวจคะแนนแบบทดสอบก่อนเรียน (testing scoring) คะแนนเต็ม.....

- ผ่านเกณฑ์คน คิดเป็นร้อยละ..... ของนักเรียนทั้งหมด.....คน
- ยังไม่ผ่านเกณฑ์คน คิดเป็นร้อยละ..... ของนักเรียนทั้งหมด.....คน

1.2 ผลการตรวจคะแนนแบบทดสอบหลังเรียน (testing scoring) คะแนนเต็ม.....

- ผ่านเกณฑ์คน คิดเป็นร้อยละ..... ของนักเรียนทั้งหมด.....คน
- ยังไม่ผ่านเกณฑ์คน คิดเป็นร้อยละ..... ของนักเรียนทั้งหมด.....คน

1.3 ผลการตรวจชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง (rubrics scoring) คะแนนเต็ม.....

- ผ่านเกณฑ์คน คิดเป็นร้อยละ..... ของนักเรียนทั้งหมด.....คน
- ยังไม่ผ่านเกณฑ์คน คิดเป็นร้อยละ..... ของนักเรียนทั้งหมด.....คน

1.4 ผลการตรวจแผนผังความคิด (rubrics scoring) คะแนนเต็ม

- ผ่านเกณฑ์คน คิดเป็นร้อยละ..... ของนักเรียนทั้งหมด.....คน
- ยังไม่ผ่านเกณฑ์คน คิดเป็นร้อยละ..... ของนักเรียนทั้งหมด.....คน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นายตระกูล บุญชิต)

...../...../.....

บรรณานุกรม

- สถาบันนวัตกรรมและพัฒนากระบวนการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยมหิดล. (2548). **โครงสร้างของคลอโรพลาสต์**. [ออนไลน์]. เข้าถึงเมื่อ 28 สิงหาคม, 2556, จาก www.il.mahidol.ac.th/e-media/science4/plant/extra.htm
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). **หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมชีววิทยา เล่ม 3 ม.4 – 6**. [ออนไลน์]. เข้าถึงจาก <http://www.scimath.org/ebook/sci/sci-sec4/13/eBook/>
- สุรัชย์ ผิวเหลือง (Producer). (2556, 25 กรกฎาคม 2556). **การศึกษาค้นคว้านักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง**. [วิดีโอ] เข้าถึงจาก https://www.youtube.com/watch?v=T6M0_g6aMVo, <https://www.youtube.com/watch?v=KrRVu4776xg>, https://www.youtube.com/watch?v=xOcNYW0dU_U, <https://www.youtube.com/watch?v=gAEG3NZ7iIA>, https://www.youtube.com/watch?v=T6M0_g6aMVo
- Frank Gregorio (ผู้ผลิต). (2556, 28 สิงหาคม 2556). **Introduction to Plants**. [วิดีโอ]. เข้าถึงจาก https://www.youtube.com/watch?v=_F8kYkn49Ec