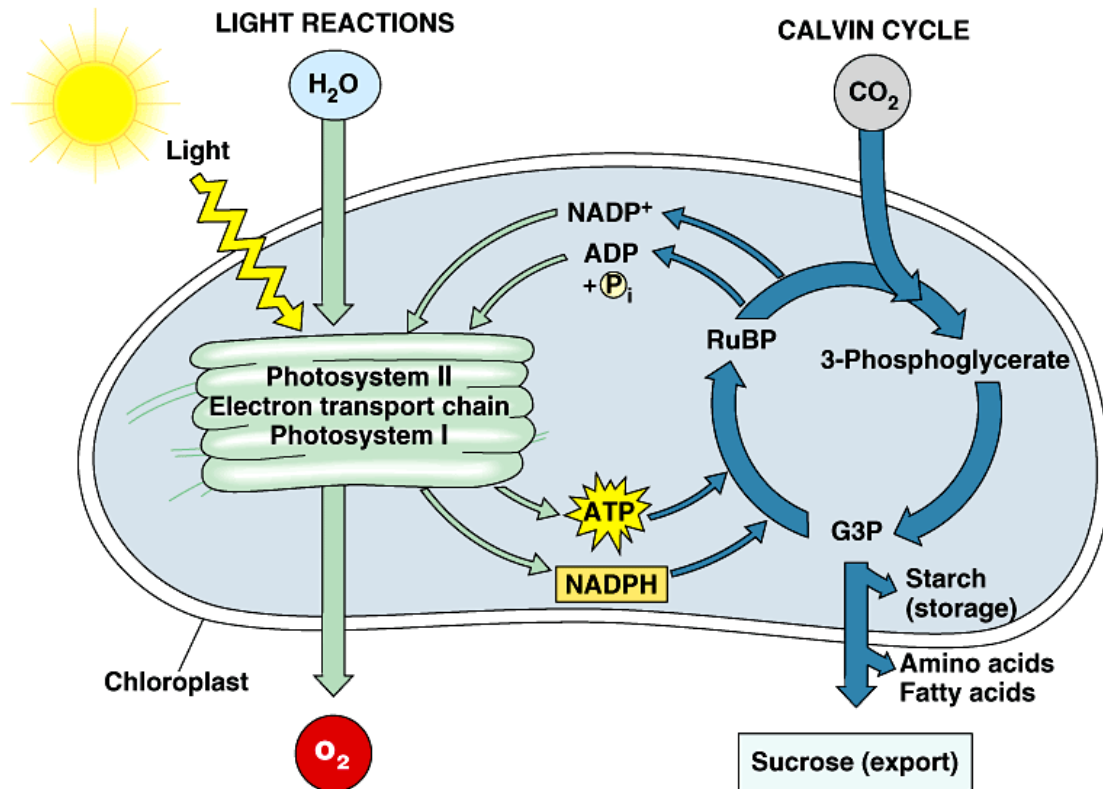
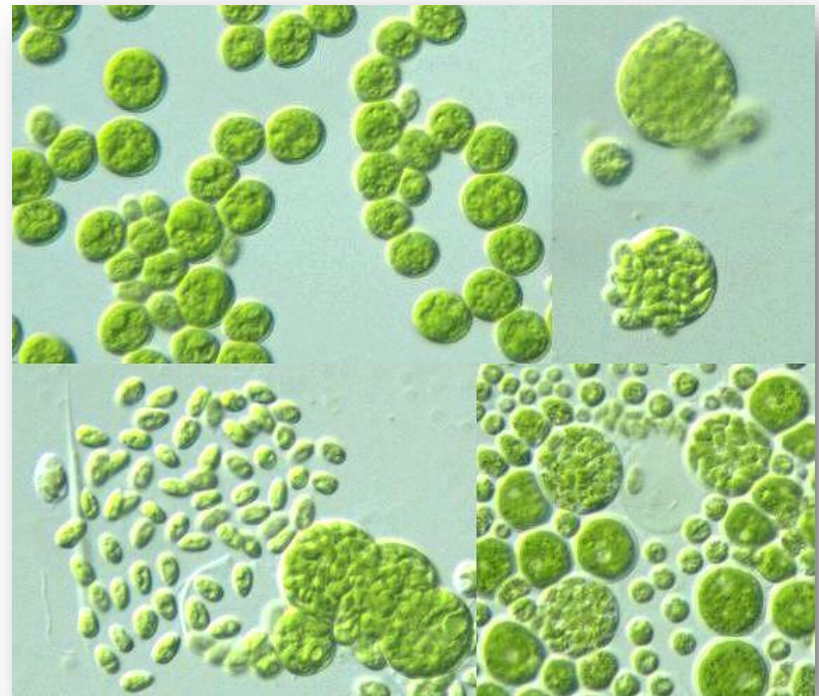


การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์



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

- ได้ทดลองนำคลอโรเลลาซึ่งเป็นสาหร่ายสีเขียวเซลล์เดี่ยวใส่ลงในขวดแก้วชนิดพิเศษที่มีสารละลายไฮเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต(NaHCO_3) และให้แสงอย่างเพียงพอ เมื่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงคงที่แล้ว จึงเติมไฮโดรเจนคาร์บอเนตที่มีคาร์บอนเป็นสารกัมมันตรังสี (^{14}C) เข้าไปในสารละลายเมื่อให้มีการสังเคราะห์ด้วยแสงต่อไปเป็นเวลา **1** นาที





จะตรวจพบ¹⁴C ปรากฏในสารประกอบหลายชนิด แต่เมื่อให้เกิด
การสังเคราะห์ด้วยแสงในเวลาสั้นๆเพียง 7 วินาที จะตรวจพบ ¹⁴C
อยู่ในสารประกอบที่มีคาร์บอน 3 อะตอม คือ ฟอสโฟกลีเซอเรต
(phosphoglycerate) กรดฟอสโฟกลีเซอริก
(phosphoglyceric acid) หรือใช้สัญลักษณ์ย่อว่า PGA

- จากการทดลองของคัลวินและคณะสันนิษฐานว่า น่าจะมีสารประกอบคาร์บอน 2 อะตอม ซึ่งเมื่อรวมตัวกับคาร์บอนไดออกไซด์ จะได้ **PGA** แต่หลังจากการค้นหาไม่ค้นพบสารประกอบที่มีคาร์บอน 2 อะตอมอยู่เลย เขาจึงตรวจหาสารประกอบใหม่ที่จะมีมารวมกับ **CO₂** เป็น **PGA** จากการตรวจสอบพบสารประกอบจำพวกน้ำตาลที่มีคาร์บอน 5 อะตอม คือ **ไรบูลิสิสฟอสเฟต** เรียกย่อๆ ว่า **RuBP** เมื่อรวมตัวกับคาร์บอนไดออกไซด์เกิดเป็นสารประกอบตัวใหม่ที่มีคาร์บอน 6 อะตอม แต่สารนี้ไม่อยู่ตัว จะสลายกลายเป็นสารประกอบที่มีคาร์บอน 3 อะตอม คือ **PGA** จำนวน 2 โมเลกุล

การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์นี้เป็นกระบวนการที่พืชนำพลังงานเคมีที่ได้จากปฏิกิริยาแสงในรูป **ATP** และ **ADPH** มาใช้ในการสร้างสารอินทรีย์ คาร์บอนไดออกไซด์จะถูกรีดิวส์เป็นน้ำตาลไตรโอสฟอสเฟตในวัฏจักรคัลวิน วัฏจักรคัลวินเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในสโตรมาของคลอโรพลาสต์ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนใหญ่ คือ

- คาร์บอกซิเลชัน
- รีดักชัน
- รีเจนอเรชัน

ปฏิกิริยาขั้นที่ 1 คาร์บอกซิเลส

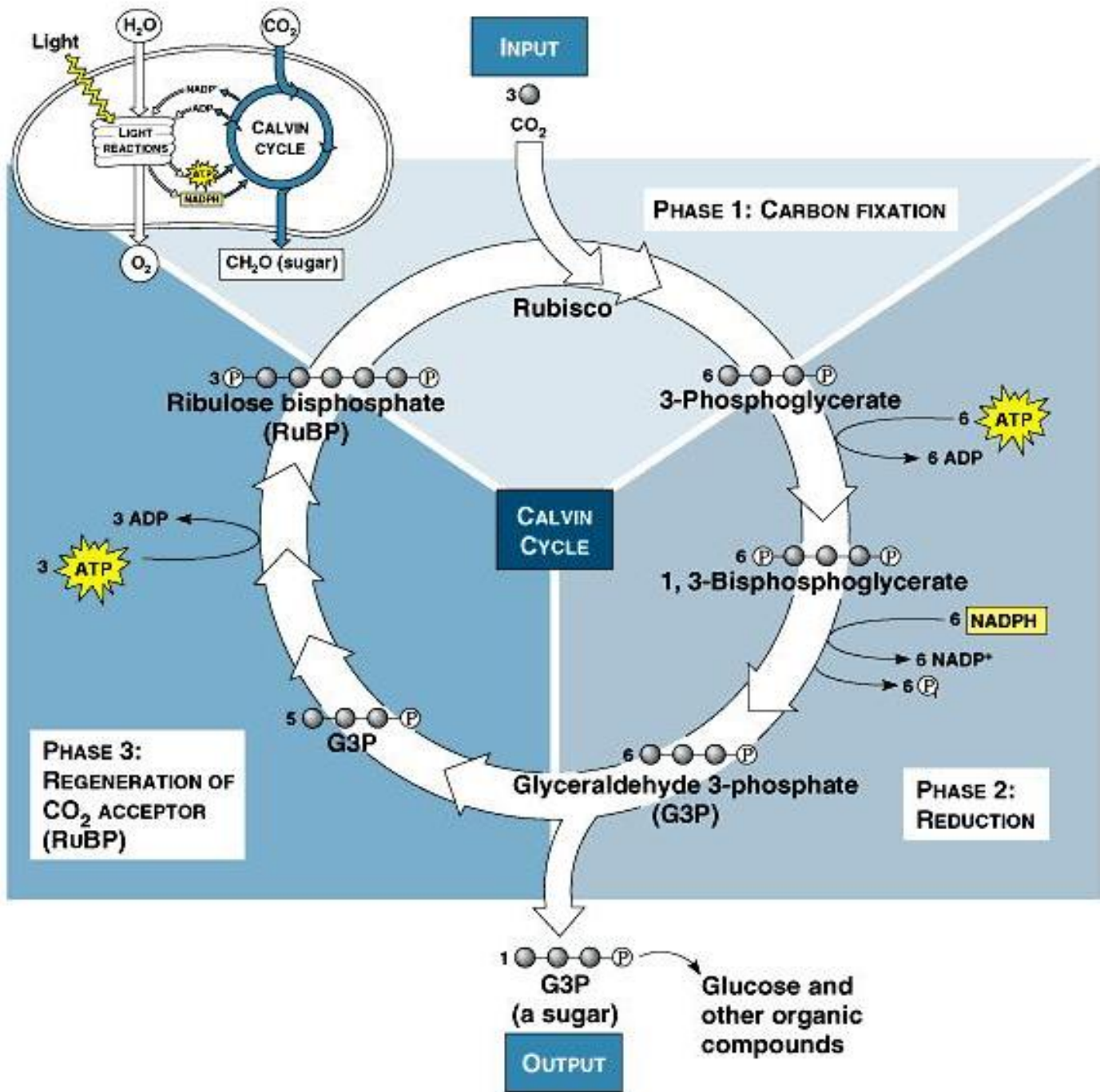
เป็นปฏิกิริยาตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์จะเข้าสู่วัฏจักรคัลวินโดยการทำปฏิกิริยากับ **RuBP** มีเอนไซม์ไรบูโลส บิสฟอสเฟต คาร์บอกซิเลส ออกจีเจเนส เรียกย่อๆว่า รูบิสโก เป็นคะตะลิสต์ เมื่อ **RuBP** ซึ่งเป็นสารที่มีคาร์บอน 5 อะตอม เข้ารวมกับ คาร์บอนไดออกไซด์ได้สารประกอบใหม่ที่มีคาร์บอน 6 อะตอมเป็นสารที่ไม่คงตัวและจะเปลี่ยนเป็นสารประกอบฟอสโฟกลีเซอเรต มีคาร์บอน 3 อะตอมจำนวน 2 โมเลกุลซึ่งถือได้ว่าเป็นสารประกอบที่มีคาร์บอนตัวแรกที่คงตัวในวัฏจักรคัลวิน

ปฏิกิริยาขั้นที่ 2 รีดักชัน

ในขั้นตอนนี้แต่ละโมเลกุลของ **PGA** จะรับหมู่ฟอสเฟต จาก **ATP** กลายเป็น 1,3 บิสฟอสโฟกลีเซอเรต ซึ่งรับอิเล็กตรอน จาก **NADPH** และถูกเปลี่ยนเป็น กลีเซอรัลดีไฮด์ 3-ฟอสเฟต เรียกย่อๆว่า **G3P** หรือ **PGAL** เป็นน้ำตาลคาร์บอน 3 อะตอม

ปฏิกิริยาขั้นที่ 3 รีเจเนอเรชัน

เป็นขั้นตอนที่จะสร้าง **RuBP** ขึ้นมาใหม่เพื่อกลับไปรับคาร์บอนไดออกไซด์อีกครั้งหนึ่งในการสร้าง **RuBP** ขึ้นมาใหม่ เพื่อกลับไปรับคาร์บอนไดออกไซด์อีกครั้งหนึ่ง ในการสร้าง **RuBP** ซึ่งมีคาร์บอน 5 อะตอมซึ่งต้องอาศัย **G3P** ซึ่งเป็นสารที่มีคาร์บอน 3 อะตอม จึงเปลี่ยนไปเป็น **RuBP** และขั้นตอนนี้ ต้องอาศัยพลังงานจาก **ATP** จากปฏิกิริยาแสง ส่วน **G3P** บางโมเลกุลถูกนำไปสร้างกลูโคส และสารประกอบอินทรีย์อื่นๆ



- พืชที่สังเคราะห์ด้วยแสงมีสารประกอบค้ำชูชนิดแรกที่ได้จากปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์เป็นสารที่มีคาร์บอน 3 อะตอม เรียกว่าพืช C3 น้ำตาลที่ได้จากวัฏจักรคัลวินถูกนำไปสร้างเป็นน้ำตาล ไคแซ็กคาไรด์ เช่น ซูโครส เพื่อลำเลียงไปสู่ส่วนต่างๆที่พืชต้องการจะใช้ต่อไป หรืออาจจะถูกเก็บสะสมไว้ในรูปของเม็ดแป้งใน คลอโรพลาสต์หรือนำไปใช้ในกระบวนการอื่นๆภายในเซลล์ เช่น กระบวนการสลายอาหาร การสร้างสารอินทรีย์อื่นๆ เช่น กรดไขมัน กรดอะมิโน

ปฏิกิริยาตรึงคาร์บอนไดออกไซด์เป็นปฏิกิริยาที่ไม่จำเป็นต้องใช้แสงจริงหรือไม่ในอดีตเรียกว่า ปฏิกิริยาที่ไม่ใช้แสง เราคิดว่าไม่ต้องใช้แสง แต่ปัจจุบันพบว่าแสงมีบทบาทที่สำคัญ ซึ่งการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ จะเริ่มต้นหลังจากพืชได้รับแสงช่วงหนึ่ง อัตราการสังเคราะห์แสงจะเร่งตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากแสงกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์หลายชนิดที่ใช้ในวัฏจักรคัลวิน เช่น เอนไซม์รูบิสโก นอกจากนี้แสงยังมีอิทธิพลต่อการลำเลียงสารประกอบคาร์บอน 3 อะตอม ออกจากคลอโรพลาสต์ และมีอิทธิพลต่อการเคลื่อนที่ของไอออนต่างๆ