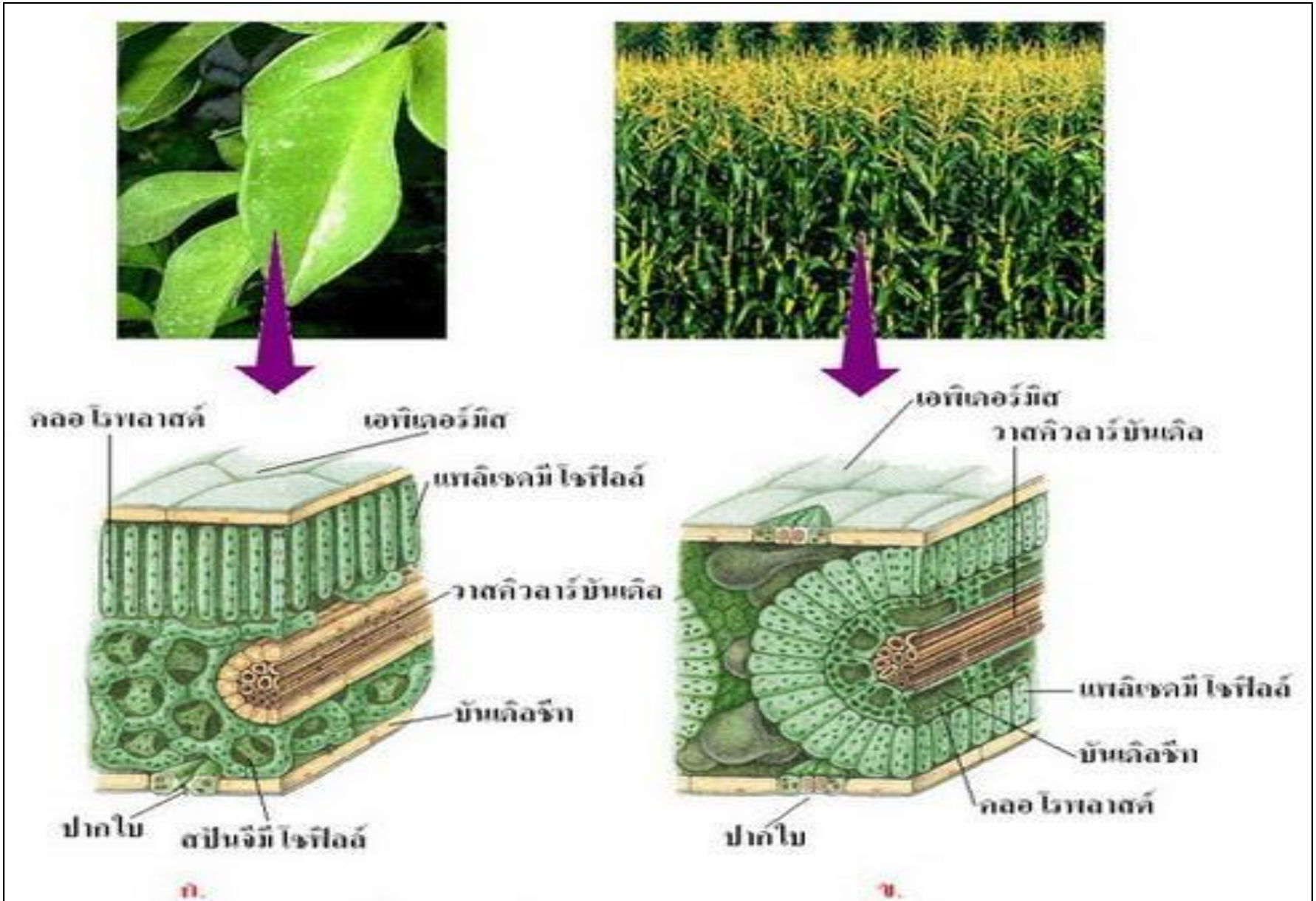
กลไกการเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช C_4 และ CAM

โครงสร้างของใบที่จำเป็นต่อการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์

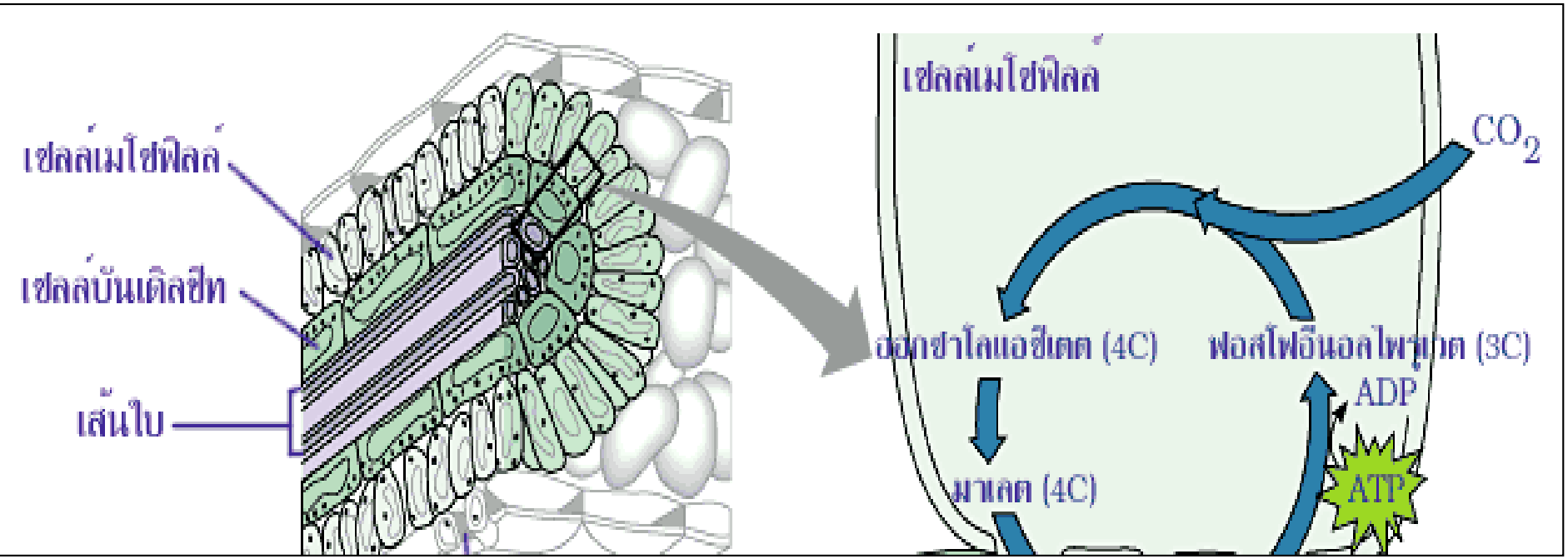


วัฏจักรคาร์บอนของพืช C_4

พืช C_4 มีกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงที่ประกอบด้วย ปฏิกิริยาแสง และการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ โดยปฏิกิริยาแสงในพืช C_3 และ C_4 จะไม่แตกต่างกัน โดยกระบวนการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช C_4 มีการตรึงสารประกอบอินทีย์ของคาร์บอน 2 ครั้ง

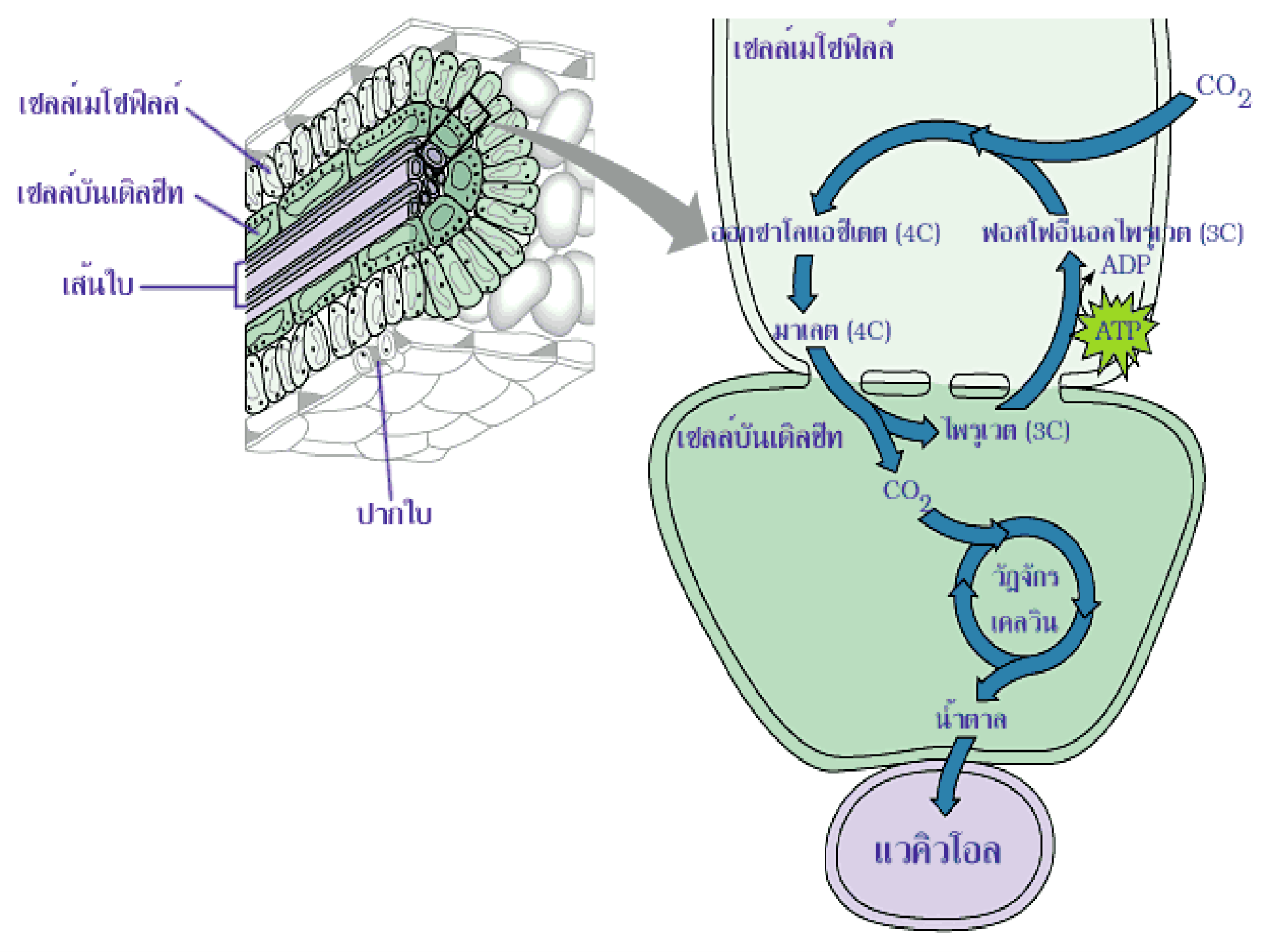
ครั้งที่ 1

- เกิดขึ้นที่มีโซฟิลล์
- เป็นการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ของไฮโรเจนคาร์บอเนตไอออน(HCO^-_3)
- โดยฟอสโฟอีนอลไพรูเวต หรือกรดฟอสโฟอีนอลไพรูวิก (phosphoenolpyruvic acid : PEP) ซึ่งเป็นสารที่มีคาร์บอน 3 อะตอม ตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ได้เป็น ออกซาโลแอซิเตต (oxaloacetate) หรือกรดออกซาโลแอซิติก **(oxaloacetic acid :OAA)** ซึ่งเป็นสารที่มีคาร์บอน 4 อะตอม ซึ่งเป็นสารประกอบคงตัวชนิดแรกที่ได้จากปฏิกิริยาตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ จึงเรียกพืชที่มีกระบวนการเช่นนี้ว่า พืช C_4 จากนั้น OAA จะถูกเปลี่ยนเป็น มาเลต(malate) หรือกรดมาลิก (malic acid) แล้วลำเลียงผ่านพลาสโมเดสมาตาเข้าสู่เซลล์บันเดิลชีท


เซลล์เมโซฟิลล์
เซลล์บันเดิลชีท
เส้นใบ
เซลล์เมโซฟิลล์
CO_2
ออกซาโลแอซีเตต (4C)
ฟอสโฟอีนอลไพรูเวต (3C)
ADP
ATP
มาเลต (4C)

ครั้งที่2

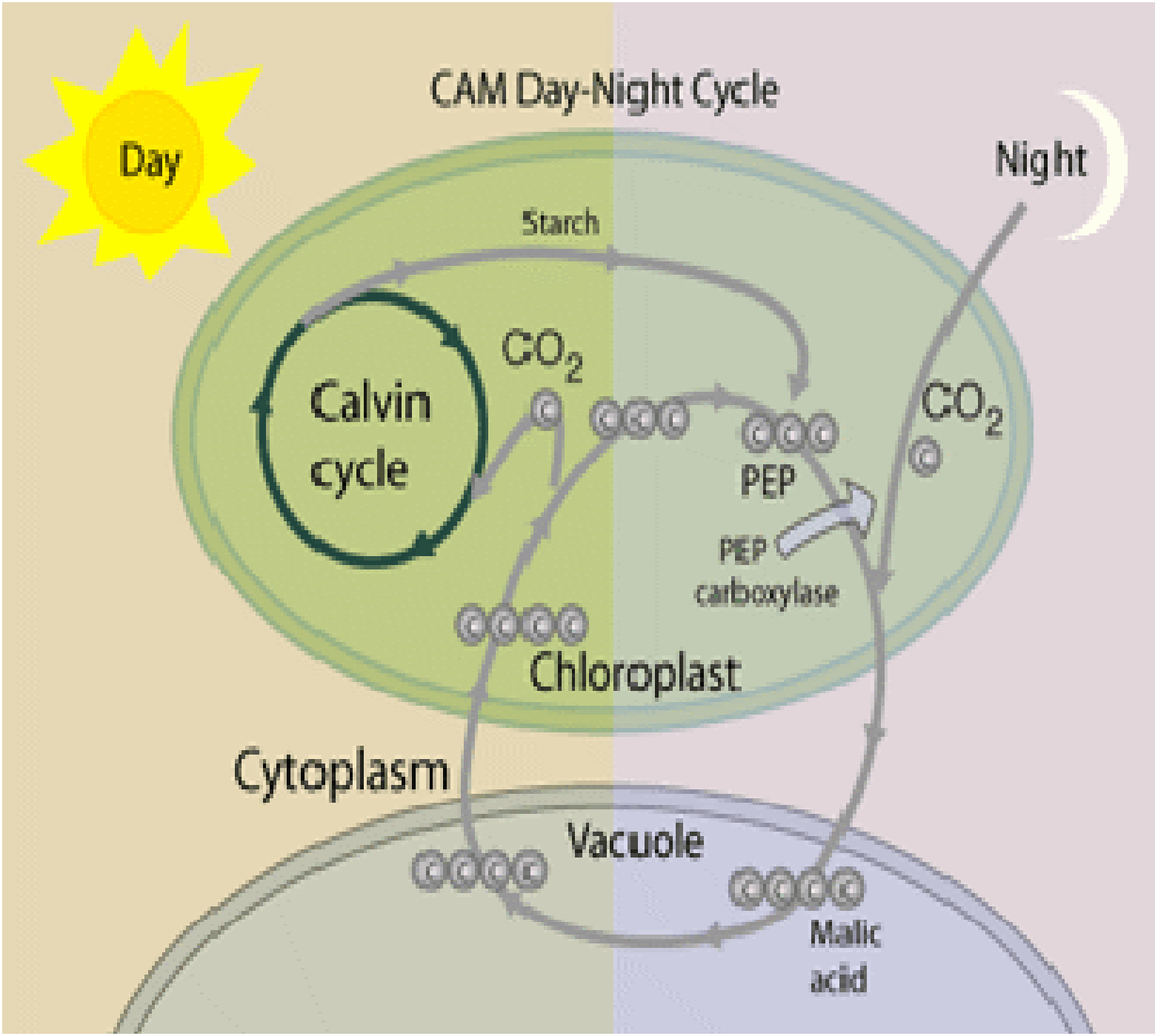
- เกิดขึ้นในบันเดิลชีท โดยมาเลตที่ถูกลำเลียงจากเซลล์มีโซฟิลล์เข้ามาสู่เซลล์บันเดิลชีทจะถูกสลายได้เป็น ไพรูเวตและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จะเข้าสู่วัฏจักรคัลวินใน คลอโรพลาสต์ของเซลล์บันเดิลชีทนี้ ส่วนไพรูเวตจะถูกส่งผ่านพลาสโมเดสมาตาไปยังเซลล์มีโซฟิลล์ตามเดิมเพื่อเปลี่ยนเป็น PEP โดยใช้พลังงานจาก ATP


เซลล์เมโซฟิลล์
เซลล์บันเดิลชีท
เส้นใบ
ปากใบ
เซลล์เมโซฟิลล์
CO_2
ออกซาโลแอซีเตต (4C)
ฟอสโฟอีนอลไพรูเวต (3C)
ADP
ATP
มาเลต (4C)
เซลล์บันเดิลชีท
ไพรูเวต (3C)
CO_2
วัฏจักร
เคลวิน
น้ำตาล
แวคิวโอล

วัฏจักรคาร์บอนของพืช CAM

- พืชบางชนิดเจริญได้ในที่แห้งแล้งซึ่งในเวลากลางวันสภาพแวดล้อมจะมีความชื้นต่ำและอุณหภูมิสูงทำให้พืชสูญเสียน้ำทางปากใบมาก พืชที่เจริญในพื้นที่แห้งแล้งแล้วจึงมีวิวัฒนาการที่จะลดการสูญเสียน้ำ โดยการลดรูปของใบให้มีขนาดเล็กลง และปากใบปิดในเวลากลางวัน หรือมีลำต้นอวบน้ำเพื่อจะสงวนรักษาน้ำไว้ใช้ในกระบวนต่าง ๆ

- ในเวลากลางคืนอากาศมีอุณหภูมิต่ำและความชื้นสูงปากใบพืชดังกล่าวข้างต้นจึงเปิด แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จะเข้าทางปากใบไปยังเซลล์มีโซฟิลล์ สารประกอบ PEP จะตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ไว้แล้วเปลี่ยนเป็นสาร OAA ซึ่ง OAA นี้จะเปลี่ยนเป็นสารที่มีคาร์บอน 4 อะตอม ชื่อ **กรดมาลิก(malic acid)** แล้วเคลื่อนย้ายมาสะสมไว้ในแวคิวโอล ในเวลากลางวันเมื่อเริ่มมีแสงปากใบจะปิดเพื่อลดการสูญเสียน้ำ กรดมาลิกจะถูกลำเลียงจากแวคิวโอลเข้าสู่คลอโรพลาสต์ พืชจะมีกระบวนการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากกรดมาลิกที่สะสมไว้ และคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกตรึงเข้าสู่วัฏจักรคัลวินตามปกติ


CAM Day-Night Cycle
Day
Night
Starch
Calvin cycle
CO_2
PEP
PEP carboxylase
CO_2
Chloroplast
Cytoplasm
Vacuole
Malic acid

- กระบวนการที่พบได้ในครั้งแรกใน**พืชตระกูลครัสซูลาซี**

(Crussulaceae) เช่นกระบองเพชร จึงเรียกว่าพืชซีเอเอ็ม แต่ในปัจจุบันพบว่าสามารถพบได้ในพืชวงศ์อื่นอีก เช่น กล้วยไม้ สับปะรด ว่านหางจระเข้ และศรนารายณ์ เป็นต้น

โดยทั่วไปพืชซีเอเอ็มจะสูญเสียน้ำ 50 – 100 กรัม ต่อการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์หนึ่งกรัม ในขณะที่พืช C4 และ C3 จะต้องเสียน้ำมากถึง 250 – 300 กรัม และ 400 – 500 กรัม ตามลำดับ ดังนั้นพืชซีเอเอ็มจึงสามารถมีชีวิตรอดอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีน้ำน้อยหรือขาดแคลนน้ำได้ดีกว่าพืช C4 หรือพืช C3