

Concept 11-3

1. คลอโรพลาสต์ \Rightarrow เป็นออร์แกเนลล์ที่ทำหน้าที่สังเคราะห์ด้วยแสง ประกอบด้วยรงควัตถุที่สามารถรับพลังงานจากแสง และนำไปเปลี่ยนเป็นพลังงานเคมีในขณะที่มีการสังเคราะห์แสงเกิดขึ้น
2. พืชและสาหร่ายส่วนใหญ่จะมีคลอโรพลาสต์ ยกเว้นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและแบคทีเรีย ไม่มีคลอโรพลาสต์ แต่มีสารซึ่งเป็นองค์ประกอบของการสังเคราะห์ด้วยแสงกระจายปนอยู่ในไซโทพลาสซึมเต็มไปหมด และมีส่วนของเยื่อหุ้มเซลล์ยื่นเข้าไปในไซโทพลาสซึมเป็นที่อยู่ของรงควัตถุ ดังนั้น ถึงแม้ว่าจะไม่มีคลอโรพลาสต์ สาหร่ายชนิดนี้และแบคทีเรียบางชนิดก็สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ เพราะเซลล์นั้นทำหน้าที่เสมือนเป็นคลอโรพลาสต์ไปด้วย สารต่าง ๆ ที่จำเป็นในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงอยู่อย่างครบถ้วนในไซโทพลาสซึม

	คลอโรฟิลล์				แคโรทีนอยด์	ไฟโคบิลิน	แบคทีริโอคลอโรฟิลล์			
	a	b	c	d			a	b	c	d
พืชมีดอก	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-
เฟิร์น	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-
สาหร่ายสีเขียว	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-
สาหร่ายสีน้ำตาล	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-
สาหร่ายสีแดง	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-
สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-
bac. ที่สังเคราะห์ด้วยแสงได้	-	-	-	-	+	-	+	-	+	+

1. รงควัตถุที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง
 - 1.1. รงควัตถุชนิดใดพบในพืชชั้นสูงและสาหร่ายสีเขียวเท่านั้น \Rightarrow คลอโรฟิลล์ b
 - 1.2. รงควัตถุชนิดใดพบในสิ่งมีชีวิตทุกชนิดที่สังเคราะห์ด้วยแสงได้ \Rightarrow แคโรทีนอยด์
 - 1.3. สิ่งมีชีวิตชนิดใดที่มีรงควัตถุครบทุกชนิด (คลอโรฟิลล์, แคโรทีนอยด์, ไฟโคบิลิน, แบคทีริโอคลอโรฟิลล์) \Rightarrow สาหร่ายสีแดง (rhodophyta)
 - 1.4. สิ่งมีชีวิตชนิดใดมีไฟโคบิลิน \Rightarrow สาหร่ายสีแดง, สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน
 - 1.5. รงควัตถุชนิดใดไม่พบในสมว.ชนิดใดเลย \Rightarrow แบคทีริโอคลอโรฟิลล์ b
 - 1.6. สมว.ใดไม่มีคลอโรพลาสต์ \Rightarrow monera kingdom (แบคทีเรีย, สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน)
 - 1.7. สมว.ใดไม่มีคลอโรฟิลล์ a แต่มี แบคทีริโอคลอโรฟิลล์ a, c, d \Rightarrow bac.
 - 1.8. สมว.ใดมีแบคทีริโอคลอโรฟิลล์ \Rightarrow bac., สาหร่ายสีแดง
 - 1.9. สมว.ใดมีไฟโคบิลิน

CONCEPT 11-3

1.9.1. สาหร่ายสีแดง \Rightarrow phycoerythrin

1.9.2. สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน \Rightarrow phycocyanin

1.10. คลอโรฟิลล์ c พบใน สาหร่ายสีแดง

1.11. คลอโรฟิลล์ d พบใน สาหร่ายสีแดง

คลอโรฟิลล์	<ul style="list-style-type: none">• เป็นรงควัตถุที่พบมากในพืช และนับว่ามีบทบาทต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงมากที่สุด• มี 4 ชนิด คือ a,b,c และ d โดยแต่ละชนิดจะต่างกันใน side chain เท่านั้น• ความแตกต่างกันของโครงสร้างคลอโรฟิลล์จะเป็นสาเหตุทำให้ความสามารถในการดูดแสงในช่วงคลื่นต่าง ๆ (absorption spectrum) ของคลอโรฟิลล์แต่ละชนิดไม่เท่ากัน• คลอโรฟิลล์ a จะดูดแสงสีม่วง (430) ได้มากที่สุด รองลงมาคือแสงสีแดง (670)• คลอโรฟิลล์ b จะดูดแสงสีน้ำเงิน (490) ได้มากที่สุด รองลงมาคือ แสงสีแดง (640)• ทั้งคลอโรฟิลล์ a,b ดูดแสงสีเขียวได้น้อยที่สุด จึงทำให้เรามองเห็นสีของคลอโรฟิลล์เป็นสีเขียว ถ้ามองในแนวที่แสงผ่านทะลุคลอโรฟิลล์มาเข้าตา แต่ถ้ามองสารละลายของคลอโรฟิลล์โดยให้แสงตกลงบนคลอโรฟิลล์แล้วสะท้อนมาเข้าตาจะเห็นสีที่คลอโรฟิลล์ส่งกลับออกมาเป็นสีแดงเข้ม
------------	--

CONCEPT 11-3

<p>แคโรทีนอยด์</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● เป็นสารประกอบจำพวกไขมัน พบในสิ่งมีชีวิตทุกชนิดที่สังเคราะห์ด้วยแสงได้ ● โดยทั่วไปแล้ว แคโรทีนอยด์จะอยู่ร่วมกับคลอโรฟิลล์ภายในคลอโรพลาสต์ แต่บางกรณีอาจพบอยู่ในพลาสต์ชนิดอื่น ๆ เช่น Chromoplast ที่พบในหัวของแครอท ผลมะเขือเทศ และในดอกไม้สีเหลืองของพืชบางชนิด นอกจากนี้ยังอาจมีอยู่ในเซลล์ของสัตว์ได้ เช่น ในเซลล์ที่มีสีชมพูของกิ้ง ● ประกอบด้วยรงควัตถุ 2 ชนิด คือ <ul style="list-style-type: none"> ● Carotene มีสีแดงและส้ม ● Xanthophyll มีสีเหลืองหรือสีน้ำตาล ● แคโรทีนอยด์ดูดแสงสีน้ำเงิน (400-500 nm) ได้มากที่สุด และดูดแสงสี เขียว, เหลือง, ส้ม, แดง ไม่ได้เลย ● เป็นรงควัตถุประกอบ ช่วยการสังเคราะห์ด้วยแสงในทางอ้อม \Rightarrow ช่วยดูดพลังงานของแสงและส่งพลังงานไปยังคลอโรฟิลล์ เอ <ul style="list-style-type: none"> ● การถ่ายทอดพลังงานของแคโรทีนอยด์ไปยังคลอโรฟิลล์ เอ จะมากหรือน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับชนิดของแคโรทีนอยด์ โดยปกติแล้วจะอยู่ระหว่าง 20-70 % ● ถ้าพืชมีแคโรทีนอยด์อย่างเดียว จะไม่สามารถทำให้เกิดกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ เพราะแคโรทีนอยด์ทำหน้าที่เพียงรับพลังงานแสงแล้วถ่ายทอดพลังงานเพื่อส่งต่อไปยังคลอโรฟิลล์ในระบบแสง I และระบบแสง II ทำให้อิเล็กตรอนของคลอโรฟิลล์มีพลังงานสูงขึ้น จนเกิดการถ่ายทอดอิเล็กตรอน เมื่อไม่มีคลอโรฟิลล์ การถ่ายทอดอิเล็กตรอนก็จะไม่เกิดขึ้น และเมื่อไม่มีการถ่ายทอดอิเล็กตรอนก็ไม่มีการสังเคราะห์ด้วยแสง ● ช่วยป้องกันมิให้คลอโรฟิลล์ถูกทำลายไปในสภาพที่มีแสง หรือ Photooxidation <ul style="list-style-type: none"> ● จากการทดลองโดยใช้ข้าวโพดที่ผ่าเหล่า (Corn mutant) ซึ่งไม่สามารถสร้างแคโรทีนอยด์ได้ พบว่าเมื่อให้พืชได้รับแสงเป็นระยะเวลาหนึ่ง จะมีการสร้างคลอโรฟิลล์เกิดขึ้นตามปกติ แต่ถ้าปล่อยให้พืชได้รับแสงเป็นเวลานาน คลอโรฟิลล์ที่มีอยู่ก่อนแล้วจะถูกทำลายไป แสดงให้เห็นว่า พืชสามารถสร้างคลอโรฟิลล์ได้ แต่ไม่สามารถป้องกันการทำลายของแสงได้ถ้าหากพืชนั้นปราศจากแคโรทีนอยด์
<p>Phycobilin</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Phycoerythrin เป็นรงควัตถุสีแดง จะรับแสงสีเขียวที่มีความยาวคลื่นประมาณ 495-565 nm ได้มากที่สุด พบในสาหร่ายสีแดง ● Phycocyanin เป็นรงควัตถุสีน้ำเงิน มีอยู่ในสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน รับแสงที่มีความยาวคลื่น 550-615 nm ได้มากที่สุด ● หน้าที่ \Rightarrow เป็นรงควัตถุประกอบ ทำหน้าที่เช่นเดียวกับแคโรทีนอยด์ในแง่การรับและรวบรวมพลังงานของแสงส่งไปยังคลอโรฟิลล์ เอ ซึ่งสามารถถ่ายทอดพลังงานไปยังคลอโรฟิลล์ เอ ได้ประมาณ 60-100 %
<p>แบคทีริโอคลอโรฟิลล์</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● เป็นรงควัตถุที่พบในแบคทีเรียที่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ ● ดูดแสงได้ดีที่สุดในช่วงคลื่นอัลตราไวโอเล็ต และอินฟราเรด คือ ที่ 358 nm และ 772 nm ● ในแบคทีเรียกำมะถันเขียว (green sulfur bacteria) จะมีคลอโรฟิลล์พวก chlorobium ซึ่งดูดแสงได้มากที่สุดที่ 650 และ 660 nm

CONCEPT 11-3

1. กราฟการดูดแสงของคลอโรฟิลล์ เอ, บี และ แคโรทีนอยด์
 - 1.1. คลอโรฟิลล์เอ ดูดแสงสีม่วงได้มากที่สุด รองลงมาคือแสงสีแดง
 - 1.2. คลอโรฟิลล์บี ดูดแสงสีน้ำเงินได้มากที่สุด รองลงมาคือสีแดง
 - 1.3. ทั้งคลอโรฟิลล์ a, b ดูดแสงสีเขียวได้น้อยที่สุด
 - 1.4. แคโรทีนอยด์ดูดแสงสีน้ำเงินได้มากที่สุด และดูดแสงสีเขียว, เหลือง, ส้ม, แดง ไม่ได้เลย
 - 1.5. ยอดกราฟคลอโรฟิลล์ b อยู่สูงที่สุด
2. กราฟอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ
 - 2.1. แสงที่พืชดูดเอาไว้มาก พืชจะนำไปใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงมาก
 - 2.2. พืชมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงมาก เพื่อพืชได้รับแสงสี ม่วง > แดง > น้ำเงิน > ส้ม
 - 2.3. แสงสีเขียวให้ประสิทธิภาพต่ำสุดต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง
3. คลอโรพลาสต์ซึ่งเป็นหน่วยโครงสร้างที่ทำหน้าที่สังเคราะห์ด้วยแสงของพืชชั้นสูงนั้น จะอยู่ในเนื้อเยื่อชนิดที่ชื่อว่า parenchyma ที่บริเวณลำต้นอ่อน ใบ ผลอ่อน ๆ แต่แหล่งใหญ่ของการสังเคราะห์ด้วยแสงอยู่ที่ใบ
4. ใบ \Rightarrow แหล่งที่เกิดการสังเคราะห์ด้วยแสง
 - 4.1. ใบที่มีความเหมาะสมกับหน้าที่ในการสร้างอาหารควรมีลักษณะของใบที่แบนบาง มีพื้นที่ผิวมาก เพราะสามารถรับแสงได้เป็นปริมาณมาก
 - 4.2. การจัดเรียงตัวของใบ เพื่อที่จะให้ได้รับแสงมากที่สุด ควรเป็นไปในลักษณะที่ชูใบนั้น และใบกางแผ่ออก ไม่เรียงซ้อนกัน
5. องค์ประกอบของใบ

ก้านใบ (petiole)	เป็นส่วนของใบที่เชื่อมต่อระหว่างลำต้นกับใบ <ul style="list-style-type: none"> ● ก้านใบของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวมักมีลักษณะแผ่แบนเป็นกาบหุ้มลำต้น ● ก้าน ใบของพืชใบเลี้ยงคู่มักจะเป็นทรงกระบอกค่อนข้างกลม
ตัวใบ (lamina, blade)	มักจะเป็นแผ่นแบนบาง <ul style="list-style-type: none"> ● ตรงกลางใบจะมีเส้นกลางใบ (midrib) เป็นสันนูนตลอดแนวยาวของใบ ทำให้แบ่งตัวใบออกเป็น 2 ซีก ● ตลอดแนวของเส้นกลางใบจะมีเส้นใบ (vein) แตกแขนงออกไปมากมายจนถึงขอบใบ ช่วยเป็นโครงร่างให้ตัวใบแผ่เป็นแผ่นกางอยู่ได้ ● ใบพืชบางชนิดไม่มีก้านใบทำให้ตัวใบติดกับลำต้นโดยตรง ● พืชบางชนิดไม่มีตัวใบ แต่มีก้านใบเปลี่ยนรูปเป็นแผ่นแบนคล้ายตัวใบ เช่น กระจับปี่เป็นต้น
หูใบ (stipule)	เป็นส่วนของใบที่ยื่นออกมาตรงโคนของก้านใบตรงที่ติดกับลำต้น มีสีเขียวเช่นเดียวกับตัวใบจึงช่วยในการสร้างอาหารได้

1. ตามปกติ ใบไม้จะแผ่กางออกเพื่อให้ได้รับแสงสว่างเต็มที่ เมื่อดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ก้านใบก็จะบิดตัวเพื่อให้ตัวใบได้รับแสงตลอดเวลา บริเวณส่วนบนของใบซึ่งได้รับแสงนี้ เรียกว่า หลังใบ (dorsal side of leaf) ซึ่งจะมีสีเขียวเข้ม ล้วนด้านล่างของใบซึ่งไม่ได้รับ แสง เรียกว่า ท้องใบ (ventral side of leaf) มักจะมีสีเขียว

CONCEPT 11-3

เข้มน้อยกว่าด้านบน และเห็นเส้นใบนูนออกมาชัดเจน

2. โครงสร้างของใบ

Epidermis	<p>ประกอบด้วยเซลล์ที่เรียงตัวกันเป็นแถวเพียงชั้นเดียวหรือหลายชั้นก็ได้ เซลล์มีรูปร่างแบน มี cytoplasm น้อย แวกไวโอลใหญ่ และผนังด้านนอกมักจะหนากว่าผนังด้านใน โดยมากจะมี cutin ซึ่งมีลักษณะเป็นผลสีขาวคล้ายแป้งเคลือบอยู่ เรียกว่า cuticle แบ่งเป็น 2 บริเวณ คือ</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Upper epidermis ⇒ ด้านบน, ด้านหลังใบ <ul style="list-style-type: none"> ● เซลล์ของเนื้อเยื่อมีการเรียงตัวหลายชั้นกว่าด้านท้องใบ ● มีคลอโรพลาสต์น้อยมาก หรือ ไม่มีเลยที่ผิวเซลล์ด้านนอกสุด ● มีสารคิวตินปกคลุมค่อนข้างหนา ช่วยป้องกันการเสียน้ำ ● Lower epidermis ⇒ ด้านล่าง, ด้านท้องใบ <ul style="list-style-type: none"> ● กลุ่มเซลล์มีลักษณะคล้ายด้านบน แต่มี cuticle น้อย ● จะมีเซลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปเพื่อทำหน้าที่ควบคุมการแลกเปลี่ยนก๊าซและการคายน้ำของใบ เรียกเซลล์คุม (Guard cell) (โดยทั่วไปพบปากใบด้านท้องใบมากกว่าหลังใบ) ● ภายในเซลล์คุม มีคลอโรพลาสต์ ● เซลล์คุมจะประกบกันเป็นคู่ ๆ ทำให้เกิดปากใบ (Stomata) ในเวลากลางวัน ปากใบเป็นตำแหน่งที่พืชจะปล่อย O_2 และคายน้ำ พร้อมกับดูด CO_2 เข้าไปใช้ในการสังเคราะห์แสง
Mesophyll	<p>(ชั้นเนื้อใบ) เป็นเนื้อเยื่อที่อยู่ระหว่าง epidermis ด้านบนและด้านล่าง ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ parenchyma ที่เปลี่ยนแปลงรูปร่างแตกต่างกัน 2 ลักษณะ คือ</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Palisade mesophyll <ul style="list-style-type: none"> ● อยู่ถัดจาก epidermis ด้านบนลงมา ● เซลล์รูปร่างยาวทรงสูงแคบ ๆ เรียงตัวกันอย่างหนาแน่นอยู่เพียงหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งชั้น ● ภายในแต่ละเซลล์บรรจุคลอโรพลาสต์อยู่เต็มและหนาแน่นมาก จึงเกิดการสังเคราะห์ด้วยแสงได้มาก และดีที่สุด ● การที่ Palisade mesophyll มีคลอโรพลาสต์อยู่หนาแน่นจึงทำให้ด้านบนของใบมีสีเขียว เข้มกว่าด้านล่างของใบ ● Spongy mesophyll <ul style="list-style-type: none"> ● อยู่ถัดจาก Palisade mesophyll ลงมา ● รูปร่างของเซลล์ไม่แน่นอน และเซลล์จะติดกันอยู่อย่างหลวม ๆ จึงมีช่องว่างระหว่างเซลล์มาก ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างใบกับสิ่งแวดล้อมภายนอกใบได้ดี ● ภายในแต่ละเซลล์มีคลอโรพลาสต์บรรจุอยู่น้อย ดังนั้นด้านท้องใบหรือหน้าใบ (Ventral) จึงมีสีเขียวอ่อนกว่าด้านหลังใบที่รับแสง (dorsal) และการสังเคราะห์ด้วยแสงจะเกิดในอัตราต่ำกว่าใน Palisade mesophyll

CONCEPT 11-3

เส้นใบ หรือ กลุ่มท่อลำเลียง (vein , vascular bundle)	<ul style="list-style-type: none">● เป็นโครงสร้างที่ประกอบด้วยท่อลำเลียงน้ำ (xylem) อยู่ด้านบนก่อนมาทางหลังใบ และท่อลำเลียงอาหาร (Phloem) อยู่ด้านล่าง● มักปรากฏอยู่ในชั้น Spongy mesophyll● เส้นกลางใบถือเป็นเส้นใบและท่อลำเลียงที่ใหญ่ที่สุดของใบ● เป็นโครงสร้างที่ทำให้ใบคงรูปอยู่ได้ เปรียบเสมือนโครงเหล็กในอาคารก่อสร้างที่ช่วยให้อาคารตั้งอยู่ได้
---	--

1. ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง

CONCEPT 11-3

ความเข้มของแสง และ
ชนิดของแสงสี

- กิจกรรมที่ 11.3
 - โคมไฟที่อยู่ห่างจากสาขาหยาบทางกระบอกออกไป ความเข้มแสงที่สาขาหยาบทางกระบอกได้รับก็ยิ่งลดลง
 - ในการทดลองนี้ มีการนำขวดที่ใส่สาขาหยาบทางกระบอกไปแช่น้ำในกล่องพลาสติก เพื่อรักษาอุณหภูมิที่อยู่รอบ ๆ ต้นสาขาหยาบให้คงที่ตลอดเวลา เนื่องจากความร้อนจากโคมไฟจะทำให้อุณหภูมิในขวดรูปชมพู่เปลี่ยนแปลงได้
 - อัตราการเคลื่อนที่ของน้ำสี คือ เป็นอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง
 - กราฟ ระยะที่น้ำสีเคลื่อนที่ (แกนตั้ง) กับ ระยะโคมไฟ (แกนนอน) เป็นกราฟ hyper ฉากใน Q_1
 - สรุปผลการทดลอง \Rightarrow เมื่อความเข้มของแสงมากขึ้น อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงก็เพิ่มขึ้นด้วย
- การเพิ่มความเข้มแสงให้มากขึ้น จะส่งผลให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงขึ้นจนถึงจุดหนึ่งเรียกว่า จุดอิ่มแสง (light saturation)
 - พืชแต่ละชนิดจะมีจุดอิ่มแสงแตกต่างกัน โดยทั่วไป พืช C_3 จะมีจุดอิ่มแสงต่ำกว่าพืช C_4
 - การเพิ่มความเข้มแสงมากเกินไป จะทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง ทั้งนี้เพราะแสงที่เข้มเกินไปจะเป็นสาเหตุทำให้ปากใบปิด แรงอัตราการหายใจ หรือทำลายรงควัตถุสังเคราะห์ด้วยแสง
- อิทธิพลของความเข้มแสงที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช 3 ชนิด

A เป็นพืช C_4 ที่ขึ้นอยู่ในบริเวณแห้งแล้ง ภูมิอากาศร้อนและแดดจัด

B เป็นพืช C_3 ขึ้นบริเวณตามชายฝั่งทะเล

C เป็นพืช C_3 เจริญได้ร่มเงาในป่าชื้น

- ที่ความเข้มแสงน้อย ๆ ($0-0.2 \text{ cal/cm}^2/\text{min}$) พืช C_3 มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงกว่าพืช C_4
- ความเข้มแสงที่พืช C_3 (B) เริ่มอิ่มแสง คือ $0.35 \text{ cal/cm}^2/\text{min}$
- ที่ความเข้มแสงน้อยมาก ($0-0.02$) พืช C_3 พวกที่เจริญได้ร่มเงาในป่าชื้น จะมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงกว่าพืช C_3 ขึ้นบริเวณชายฝั่งทะเล และพืช C_4 และเมื่อเพิ่มความเข้มแสง อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช C_3 ชนิดนี้ จะไม่เพิ่มอีกแล้ว
- แสงที่พืชดูดไว้จากดวงอาทิตย์ มีค่าประมาณ 80 % ที่เหลือ 10-15 % สะท้อนออกไป 5 % ทะลุลงใต้ใบ
 - แสงที่พืชดูดไว้ 80 % นั้น ส่วนใหญ่จะสูญเสียไปในรูปของความร้อนที่ทำให้อุณหภูมิของใบสูงขึ้นทำให้พืชต้องมีการคายน้ำเพื่อลดอันตรายจากอุณหภูมิ
 - ปริมาณแสงเพียง 0.5-0.5% เท่านั้นที่พืชนำไปใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง
- ถ้าว่าพืชที่เจริญได้ดีในที่ร่มไปปลูกไว้กลางแจ้ง อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะเพิ่มขึ้นไปถึงจุด

CONCEPT 11-3

อุณหภูมิ	<ul style="list-style-type: none"> ● โดยปกติอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชส่วนใหญ่จะเพิ่มมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นในช่วงอุณหภูมิ 0-35°, 40° แต่อุณหภูมิที่พอเหมาะสมควรจะอยู่ระหว่าง 30-35° ● ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไป จะทำให้เอนไซม์ถูกทำลายสูญเสียสภาพไปจนไม่สามารถคะตะลิสต์ปฏิกิริยาได้ <ul style="list-style-type: none"> ● ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 35 °C อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะลดลงอย่างมาก ● ถ้าอุณหภูมิต่ำเกินไปจะทำให้การทำงานของเอนไซม์ไม่ดีเท่าที่ควร และจะทำให้อัตราการแพร่ของ CO₂ เข้าไปในใบเกิดขึ้นช้า <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> </div>
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	<ul style="list-style-type: none"> ● เราไม่สามารถเพิ่มปริมาณ CO₂ ให้เกิน 0.04 % ที่มีอยู่ในอากาศได้ นอกเสียจากเราจะเพิ่มปริมาณของแบคทีเรียและเชื้อราในดิน กับเพิ่มจำนวนสัตว์ให้มากขึ้น ● เมื่อความเข้มแสงคงที่ถ้าเพิ่มความเข้มข้นของ CO₂ อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะเพิ่มขึ้น ● ความเข้มข้นของ CO₂ จะมีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง ก็ต่อเมื่อ ค่าความเข้มข้นของ CO₂ ไม่เกิน 0.1 % ● จุดอิ่ม CO₂ ⇒ 0.1 % <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> </div> <ul style="list-style-type: none"> ● ที่ความเข้มข้น CO₂ ร้อยละ 0-0.02 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง จะเท่ากันทุกความเข้มแสง ● จากการศึกษพบว่ากระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชสีเขียวจะต้องใช้ CO₂ เป็นจำนวนมาก <ul style="list-style-type: none"> ● การปลูกข้าวโพดประมาณ 1,000 ต้นต่อพื้นที่ 1 เฮกเตอร์ (2.5 ไร่) ใช้เวลา 100 วัน พบว่าข้าวโพดจะสะสมคาร์บอนได้ประมาณ 5,585 ปอนด์ ถ้าคาร์บอนเหล่านี้ได้มาจาก CO₂ ที่มีอยู่ในบรรยากาศจะต้องใช้ถึง 20,480 ปอนด์ จึงจะผลิต C ได้ 5,585 ปอนด์ ทั้ง ๆ ที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีอยู่ในบรรยากาศเพียงร้อยละ 0.03 ซึ่งไม่เพียงพอต่อการผลิต C จำนวนดังกล่าว ● นั่นแสดงว่า แหล่งที่ให้ CO₂ ต้องมาจากหลาย ๆ แหล่ง และมีการหมุนเวียนในบรรยากาศซึ่งพืชสีเขียวจะนำไปสังเคราะห์ด้วยแสงต่อไป และทำให้มีปริมาณ CO₂ ในบรรยากาศคงที่ ● ถ้าไม่มีพืชนำเอา CO₂ ไปใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง ปริมาณก๊าซ CO₂ จะเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดภาวะเรือนกระจก อุณหภูมิของบรรยากาศจะสูงขึ้น น้ำทะเลจะมีระดับสูงขึ้น เพราะน้ำแข็งแถบขั้วโลกจะละลาย ปริมาณก๊าซออกซิเจนจะลดลง ในขณะที่เดียวกันสิ่งมีชีวิตจะเริ่มทยอยกันตาย

CONCEPT 11-3

น้ำ	<ul style="list-style-type: none">• เป็นสารเคมีตัวสุดท้าย ที่ให้อิเล็กตรอน ซึ่งใช้ในปฏิกิริยาการถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักร• น้ำมีผลต่อการเปิดปิดของปากใบ ดังนั้นจึงมีผลต่อการแพร่ของ CO_2 เข้าไปในใบโดยทางอ้อม ในสภาพที่พืชขาดน้ำ พืชมักจะปิดปากใบของตัวเองเพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำ และการปิดปากใบดังกล่าวจะยับยั้งการแพร่ของ CO_2 เข้าไป ทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง
-----	--