

光合作用：追蹤能量與碳的去向

認識葉綠體

葉片利用光能、水和二氧化碳合成有機物。在植物細胞中，光合作用發生在葉綠體內。二氧化碳經由氣孔進入葉片；這些小孔也會讓水蒸氣散失。

葉綠體內的類囊體是膜構成的囊狀構造。類囊體膜上的葉綠素吸收光能，但不提供醣類中的碳。基質是類囊體周圍的液體。追蹤反應時，要區分這兩個位置。

接下來的兩頁分別追蹤能量和碳：光能先轉移到 ATP 和 NADPH，再用於合成有機物；碳則從 CO₂ 進入有機物。光合作用釋放的氧氣來自水。

ThetaWave 原創學習講義與經審核的練習。科學參考：OpenStax《Biology 2e》第 8.1–8.3 節。

[OpenStax Biology 2e · 8.1 Overview of Photosynthesis](#)

[OpenStax Biology 2e · 8.2 The Light-Dependent Reactions of Photosynthesis](#)

[OpenStax Biology 2e · 8.3 Using Light Energy to Make Organic Molecules](#)

光合作用：追蹤能量與碳的去向

光反應：從水到能量載體

光依賴反應發生在類囊體膜上。光使光系統中的電子受到激發。水分解釋放的電子補充給光系統 II，同時產生 H^+ 和氧氣 (O_2)。這些氧氣並不是由 CO_2 分解產生的。

電子傳遞有助於讓 H^+ 在類囊體內部累積。 H^+ 經由 ATP 合成酶流向基質，這個過程驅動 ATP 合成。如果 H^+ 梯度消失，這條途徑產生的 ATP 就會減少。

光反應還把 $NADP^+$ 還原為 NADPH。ATP 為卡爾文循環供能，NADPH 提供還原所需的電子。ATP 和 NADPH 都不提供新合成有機物的碳骨架。

ThetaWave 原創學習講義與經審核的練習。科學參考：OpenStax 《Biology 2e》第 8.1–8.3 節。

[OpenStax Biology 2e · 8.1 Overview of Photosynthesis](#)

[OpenStax Biology 2e · 8.2 The Light-Dependent Reactions of Photosynthesis](#)

[OpenStax Biology 2e · 8.3 Using Light Energy to Make Organic Molecules](#)

光合作用：追蹤能量與碳的去向

卡爾文循環：把碳變成 G3P

卡爾文循環發生在基質中。固碳時，Rubisco 酵素使 CO_2 與原有的五碳分子 RuBP 結合。因此，新進入循環的碳來自 CO_2 ，而不是陽光。

在 ATP 和 NADPH 的支持下，固定的碳轉變為三碳分子 G3P。一部分 G3P 作為淨產物離開循環，用於合成醣類；其餘用於再生 RuBP。循環並不是每轉一輪就直接釋放一個完整的葡萄糖分子。

光非依賴的意思是卡爾文循環不直接吸收光子，但它仍依賴光反應提供的 ATP 和 NADPH。這不表示它只能在夜間發生，也不表示沒有這些物質的補充仍能無限持續。

ThetaWave 原創學習講義與經審核的練習。科學參考：OpenStax 《Biology 2e》第 8.1–8.3 節。

[OpenStax Biology 2e · 8.1 Overview of Photosynthesis](#)

[OpenStax Biology 2e · 8.2 The Light-Dependent Reactions of Photosynthesis](#)

[OpenStax Biology 2e · 8.3 Using Light Energy to Make Organic Molecules](#)