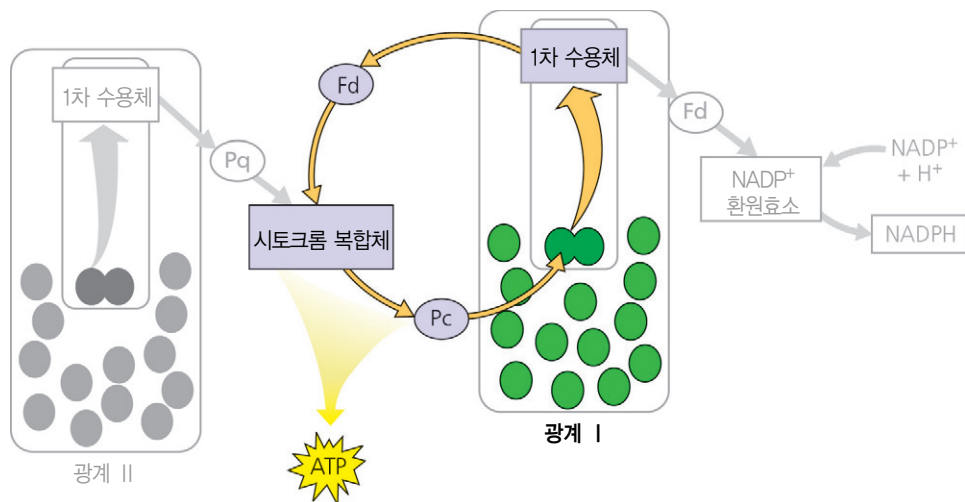


▶ **그림 10.15 순환적 전자흐름.** 광계 I로부터 유래된, 빛에 의해 흥분된 전자는 간혹, 페레독신(Fd)으로부터 시토크롬 복합체와 플라스토시아닌(Pc)을 거쳐 엽록소로 되돌아간다. 이러한 전자의 방향 변경은 화학삼투를 통한 ATP의 공급은 보충해 주지만 NADPH는 만들지 않는다. 그림에서 비순환적 전자흐름을 순환적 흐름과 비교하기 위해 화색으로 표시하였다. 이 그림에서 제시된, 두 개의 페레독신 분자는 실은 한 개이며, 동일한 것이다. 페레독신 분자는 광계 I 전달전달계의 최종 전자운반체이다.



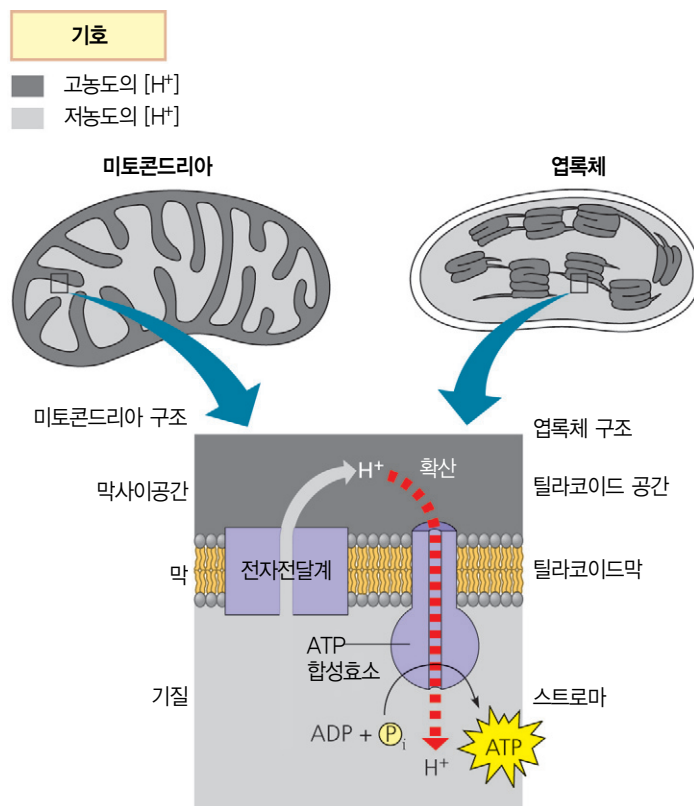
부터 세포를 보호해 주는 광보호작용을 한다는 생각을 뒷받침하는 증거이다. 이후에, 광합성의 부분적인 적응과 관련하여, 순환적 전자흐름에 관해 보다 많은 것을 배우게 될 것이다(C4 식물, 개념 10.4를 참조).

ATP가 비순환적 혹은 순환적 전자흐름의 어떤 경로로 만들어지건 간에 ATP의 합성기작은 동일하다. 캘빈회로에 관해 생각하기 전에, 산화환원 반응을 ATP 생산과 연결시키는 데 세포막을 이용하는 화학삼투를 재검토하려 한다.

엽록체와 미토콘드리아에서의 화학삼투 비교

엽록체와 미토콘드리아는 화학삼투(chemiosmosis)라고 하는 동일한 기본 기작을 이용하여 ATP를 만든다. 막에 형성되어 있는 전자전달계는 전자가 점차 더 강한 전기음성도를 띠는 일련의 운반체를 통해 이동할 때, 막을 가로질러 양성자를 펌프질한다. 이런 방법으로 전자전달계는 산화환원 에너지를, 막을 경계로 형성된 수소이온 농도 기울기 형태의 위치에너지인 양성자구동력으로 전환한다. 동일한 막에 농도구배에 따른 수소이온의 확산을 ADP의 인산화와 결합시키는 ATP 합성복합체가 위치하고 있다. 철을 갖고 있는 시토크롬 단백질과 같은 몇몇 전자운반체는 엽록체와 미토콘드리아에서 대단히 유사하다. 두 세포소기관의 ATP 합성 복합체 역시 거의 동일하다. 하지만 미토콘드리아에서의 산화적 인산화와 엽록체에서의 광인산화 사이에는 현저한 차이가 있다. 엽록체에서는 전자 공급원이 물이지만 미토콘드리아에서는 전자전달계 바닥으로 떨어지게 되는 고에너지 전자는 유기물의 산화로부터 유래한다. 엽록체의 경우, ATP를 만들 때 영양분 분자가 필요하지 않다. 즉, 광계가 빛에너지를 획득하고, 이 에너지를 사용하여 전자를 전달계의 맨 위로 올린다. 달리 표현하면, 엽록체는 빛에너지를 ATP의 화학에너지로 전환하지만, 미토콘드리아는 화학삼투를 이용하여 음식물 분자로부터 화학에너지를 ATP로 전달한다.

엽록체와 미토콘드리아의 화학삼투의 공간적 구성 사이에 약간의 차이는 있지만, 이 둘 간의 유사성을 쉽게 볼 수 있다(그림 10.16). 미토콘드리아의 내막은 양성자를 미토콘드리아 기질로부터 막사이공간으로 펌프질해서 이 공간이 ATP 합성에 동력을 제



▲ **그림 10.16 미토콘드리아와 엽록체에서의 화학삼투 비교.** 두 세포소기관 모두에서 전자전달계는 양성자(H^+)를 농도가 낮은 지역(밝은 회색 부분)으로부터 높은 지역(짙은 회색 부분)으로 막을 가로질러 펌프질한다. 양성자는 ATP를 합성하는 ATP 합성효소를 통해 막을 가로질러 확산되어 온다.