



문의 : 담당자 연락처 (02-880-4360)
 연구단장/연구책임자 화학부 박충모 교수 (02-880-6640) / 교신저자
 연구단/연구진 이효준, 하준호 연구원 (02-880-4360) / 공동 제1저자

서울대 화학부 박충모 교수팀, 식물의 지구온난화 대응 원리 규명 - 이상고온 하에서 엽록소 합성 안정화 전략 발견 -

- 연구진: 박충모 교수 외 3명
- 지구온난화로 생태계 파괴 및 식량 생산 위기 초래
 - 지구온난화란 19세기 후반기부터 화석연료의 과다 사용과 대규모 산림벌채 등 환경파괴에 따른 온실가스 방출로 인하여 지구 표면 온도가 서서히 증가하는 현상을 말함.
 - 특히, 20세기 들어 세계 인구 및 산업화의 급증으로 인하여 지구온난화는 인간은 물론 지구상의 모든 생명체 생존을 위협하는 범세계적인 문제로 대두되고 있음.
 - 인류의 주요 식량 제공원인 농작물의 경우 최근의 온도 상승으로 인하여 식물 종의 존립 및 분포가 크게 위협받고 있으며, 이미 식물의 개화가 빨라지고, 채소작물의 경우 조기개화로 인한 성장 둔화 및 상품성 감소 발생 등 전 세계적으로 심각한 피해를 내고 있음.
 - 농작물에 있어 이상고온에 특히 민감한 성장 단계는 막 발아를 한 후 뜨거워진 토양층을 통과하여 지표로 나오는 어린 새싹들로, 식물은 이 과정 동안 엽록소가 합성되고 광합성을 함으로써 스스로 생존이 가능한 독립영양생체로 생활을 시작함.
 - 지구온난화는 이 시기에 엽록소 합성에 큰 영향을 끼쳐 식물의 광합성 효율을 교란시키고 생존력을 떨어뜨리는 것으로 알려져 있음.
 - 본 연구에서는 이상고온 환경에서 막 지표면으로 나온 새싹들이 어떻게

고온에 견디면서 엽록소 합성을 시작함으로써 독립영양 생활을 시작하는 지를 분자 수준에서 원리를 규명하였음.

□ **고온 하에서 식물의 엽록소 합성 안정화 전략 발견**

- 대부분의 식물은 겉으로 보기에 정상 온도와 고온 (정상 온도보다 약 5도 정도 높은 온도) 에서 엽록소의 합성이 크게 차이나지 않음.
- 그런데 특정 식물의 경우 정상 온도에서는 아무런 문제가 없지만, 고온 하에서 엽록소 합성을 하지 못해 광합성 능력을 잃어버린다는 사실을 발견.
- 본 연구진의 조사 결과 FCA라는 단백질의 기능이 마비된 식물이 해당 현상을 보인다는 것을 알아냄.
- FCA의 기능이 마비된 식물은 고온에 노출될 경우 엽록소 합성에서 중요한 역할을 하는 효소의 발현이 감소하고 해당 효소의 단백질이 분해된다는 것을 발견.
- 엽록소의 합성이 제대로 이루어지지 않을 경우 과량의 엽록소 전구체가 활성 산소를 만들어내기 때문에 이 식물은 고온 하에서 활성 산소에 의해 큰 피해를 입음.
- 즉, 엽록소 합성 효소는 고온 하에서 안정성이 떨어지기 때문에 식물은 FCA라는 단백질을 이용하여 엽록소 합성 효소의 안정성을 유지시켜 고온 하에서도 광합성이 가능하도록 하는 시스템을 개발했다고 볼 수 있음.

□ **엽록소 합성 안정화를 통해 지구온난화 적응력 증진 작물 개발 가능**

- 교배를 통해 재배되는 작물은 세대가 진행되면서 유전적 변이가 일어날 수 있기 때문에 후속 세대에서 한 두 개의 유전자 발현이 바뀔 수 있음.
- 본 연구는 단 하나의 유전자 기능이 바뀔으로써 정상 온도보다 조금만 온도가 높아져도 식물의 생존이 불가능해진다는 것을 발견하였다는 점에서 큰 의의를 가짐.
- 특정 작물이 유전적 변이를 일으켰더라도 지구온난화가 가속되어 이상 고온 현상이 발생되지 않는 한 문제를 알 수 없음.
- 따라서 본 연구에서 밝힌 내용을 토대로 현존하는 작물이 지구온난화에

적응력이 있는 지 검사할 수 있고, 그렇지 않을 경우 엽록소 합성 안정화 시스템을 도입하여 지구온난화에 대비할 수 있음.

○ 본 연구는 한국연구재단 GRL 및 농촌진흥청 차세대바이오그린 21 연구 지원 사업들의 지원을 받아 수행되었음.

□ 위에서 기술한 이상 고온 하에서 식물의 엽록소 합성 안정화 시스템에 대한 연구결과는 세계적인 학술지인 *Developmental Cell* 4월호에 게재될 예정임.

연구결과

Thermo-Induced Maintenance of Photooxidoreductases Underlies Plant Autotrophic Development

Jun-Ho Ha, Hyo-Jun Lee, Jae-Hoon Jung, and Chung-Mo Park

(Developmental Cell, *in press*)

식물은 광합성을 통해 자생력을 확보하고 스스로 에너지를 만들어낸다. 엽록소는 광합성에 필수적인 물질로써, 엽록소 합성 효소에 의해 만들어진다. 본 연구진은 FCA 단백질의 기능이 마비된 식물의 경우 고온 하에서 엽록소 합성 효소가 분해되어 엽록소가 만들어지지 않는다는 것을 발견하였다.

엽록소 합성이 일어나지 않을 경우 엽록소 전구체가 쌓여 활성 산소를 만들어내기 때문에 식물 생존에 치명적이다. 즉, 식물은 FCA를 통해 고온 하에서 불안정한 엽록소 합성 단백질을 안정화시킴으로써 광합성 능력을 유지한다고 볼 수 있다.

용 어 설 명

1. 광합성

- 빛 에너지를 이용 공기중의 이산화탄소를 고정하여 포도당을 합성하는 과정. 광합성을 통해 얻어진 포도당은 바로 에너지원으로 이용되거나 녹말의 형태로 저장된다.

2. 엽록소

- 식물 세포 내에 존재하는 녹색 색소의 한 종류로, 광합성 과정에서 빛 에너지를 흡수하는 역할을 수행한다. 엽록소는 전구체의 형태로 존재하다가 빛을 받으면 엽록소 합성 효소의 도움을 받아 엽록소로 전환된다.

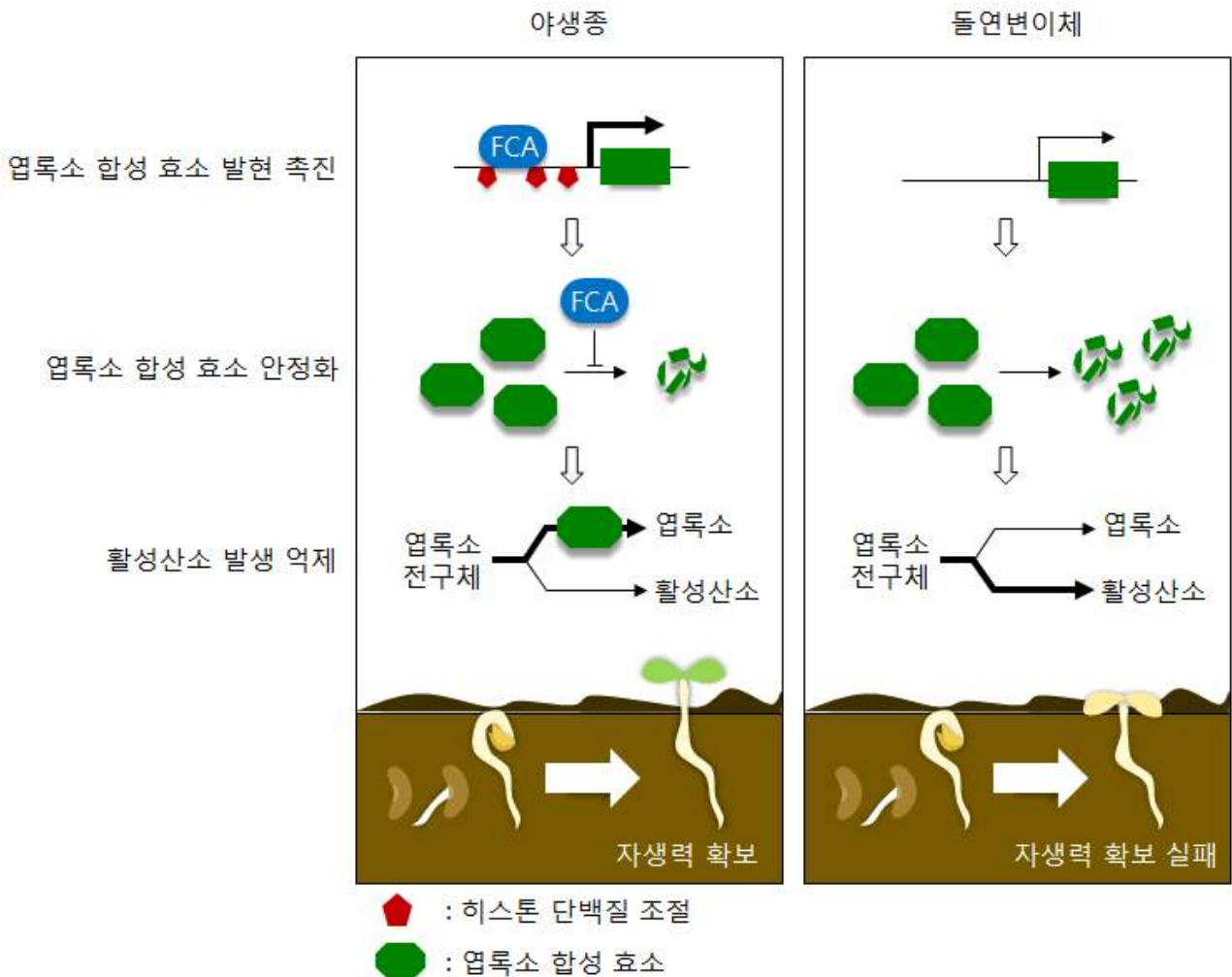
3. 활성산소

- 화학적으로 반응성이 있는 산소원자를 포함한 분자로, 산소이온, 과산화수소 등을 포함하고 있으며 짝지어지지 않은 전자에 의해 반응성이 매우 높다. 높은 반응성 때문에 세포 내에 많은 양의 활성산소가 존재하게 되면 세포내부에서 화학반응이 일어나 세포에 피해를 입힌다.

그림 설명

식물의 고온 적응 메커니즘

이상 고온 (28°C)



적정 온도에서는 엽록소 합성 효소의 양이 부족하지 않지만, 이상 고온이 발생하게 되면 엽록소 합성 효소 단백질의 분해가 가속화된다. 이 때 효소의 양을 유지시켜 주기 위하여 FCA 단백질이 엽록소 합성 효소의 유전자 발현을 증가시키며 단백질을 안정화시킨다. 그 결과 이상 고온 환경에서도 안정적으로 엽록소를 합성할 수 있고 활성 산소 발생을 억제하여 식물이 생존 가능하도록 한다.

연구자 이력사항

1. 인적사항

- 소속 : 서울대학교 화학부 교수
- 전화 : 02-880-4360
- E-mail : cmpark@snu.ac.kr



2. 학력

- 1976 - 1983 서울대학교 생물교육학과 학사
- 1989 - 1993 미국 뉴욕주립대학교 생명과학과 박사

3. 경력사항

- 1993 - 1995 미국 뉴욕주립대학교 생명과학과 박사후연구원
- 1995 - 1996 버팔로 Hauptman-Woodward 암연구소 연구원
- 1996 - 2002 금호생명환경과학연구소 책임연구원
- 2002 - 현재 서울대학교 화학부 교수

4. 기타 정보

- 2001년 12월 올해의 생명과학자상, 과학기술부
- 2002년 3월 이달의 과학자상, 한국과학재단(과학기술부)
- 2011년 11월 최우수 학술상, 한국식물학회
- 2012년 연구상, 서울대학교 연구상
- 2013년 9월 2013 년, 뉴욕주립대학교 우수졸업자상.
- 2015년 11월 서울대학교 학술연구상, 서울대학교
- 2015년 12월 2015 한국유전학회 학술상(한국유전학회 생명과학상)
- 2016년 1월 “툼슨로이터“ 세계 상위 1% 연구자 선정