



2020. 11. 18.(수)

연구책임자 : 박충모 교수(02-880-6640) / 교신저자  
연구진 : 한신희 연구원(02-880-4360) / 제1저자

지구온난화로 인한 이상 고온 대응 식물 생존 원리 발견  
-고온 내성 조작으로 농작물 생산성 증진 효과 기대-

□ 이상 기온 대응 식물의 새로운 생존 방어 원리 규명

- 19세기 초반 전후로 시작된 산업혁명 이후 세계적으로 공업화가 급속히 진행됨에 따라 석탄, 석유 등의 화석연료가 과다 사용되고, 그 결과 지구 온도가 점진적으로 상승하는 지구온난화가 진행되고 있으며, 최근 온도 상승 속도가 더욱 빨라짐에 따라 환경 및 식량원예농업 분야의 범지구적 이슈가 되고 있음.
- 지구온난화는 동식물 식생은 물론 인류의 생활 패턴에도 광범위한 영향을 끼치고 있고, 특히, 지구온난화로 인해 수시로 발생하는 이상 고온 현상은 대부분의 식량원예작물들의 생육과 생산성을 크게 위협함으로써 환경 보호와 미래 식량자원 확보대책이 시급한 상황임.
- 본 연구진은 최근 이상 기온에 대응하여 식물은 자체적으로 적극적인 방어 전략을 구축하고 능동적으로 적응함으로써 고온에서도 최적의 생장을 유지하고, 나아가 고온에 의한 세포 피해나 식물 자체가 고사하는 상황을 효율적으로 극복하는 분자적 원리를 세계 최초로 증명하였음.
- 고온 스트레스에 의해 발생하는 대표적인 피해중의 하나는 식물 게놈 DNA가 손상되는 것으로서 이 DNA 손상이 신속하게 수리되지 않으면 세포가 사멸되고 결국에는 식물이 생장을 멈추고 서서히 죽게 됨. 그러나 식물은 고온에 노출되면 DNA 보호 기능을 가지는 RECQ2라는 DNA helicase 효소 활성을 촉진하고, 이 RECQ2 효소가 손상된 DNA 부위에 결합하여 파괴된 부위를 수리함으로써 식물 생존을 확보하고 생산성을 유지한다는 사실을 증명함.

○본 연구를 통해 고온 반응 RECQ2 helicase라는 새로운 DNA 보호 효소를 발견하고, 이 효소가 고효율의 DNA 수리 능력을 가지고 있음을 증명하였으며, 또한 이 효소가 과량 발현되는 식물의 경우 고온에 노출되더라도 게놈 DNA의 손상이 진행되지 않고 생장이 최적으로 유지됨으로써 고온 적응력이 크게 강화되어 있다는 사실을 확인함.

## □ 고온 내성 농작물 개발 기술로 활용 잠재력

○이상 고온에 의해 발생하는 식물의 구조적 생리적 피해 현상들은 어느 정도 보고가 되어 있으나, 게놈 DNA가 파괴되고 이 DNA 파괴가 식물을 고사시킨다는 사실과 이에 대응하여 식물이 효율적인 방어 기작을 보유함으로써 생존을 유지한다는 본 연구 결과는 식물학계 최초의 연구 보고임.

○본 연구를 통해 RECQ2 유전자의 고온 대응 식물 보호 기능이 증명되고, 이 유전자의 상위 조절자인 HOS1 단백질 유전자 또한 농작물의 고온 내성 증진 기술 연구에 바로 활용이 가능할 것으로 예상함.

○지구온난화로 인한 지구온도 상승 결과 채소작물의 조기개화 및 노화 촉진, 잎과 줄기의 불균형 성장, 식량작물의 결실 감소 등이 광범위하게 보고되고 있고, 특히, 최근들어 이상 고온이 자주 발생함으로써 농작물이 말라 죽거나 생산량이 크게 감소하는 피해가 자주 발생하기도 함.

○따라서 RECQ2 유전자나 그 상위 조절자인 HOS1 유전자를 농작물에 형질전환 함으로써 고온 내성을 증진하기 위한 유전자조작 연구가 선별된 주곡작물을 대상으로 진행되고 있음.

○본 연구는 한국연구재단에서 지원하는 중견연구 지원 사업, 농촌진흥청에서 지원하는 차세대바이오그린 연구 지원 사업을 통해 수행되었음.

[붙임] 1. 연구결과 2. 용어설명 3. 그림설명 4. 연구진 이력사항

## 연구 결과

### **HOS1 activates DNA repair systems to enhance plant thermotolerance**

Shin-Hee Han, Young-Joon Park, and Chung-Mo Park

지구온난화는 최근 세계적인 환경 및 농업 분야 이슈가 되고 있고, 특히, 이러한 범지구적 기후변화로 인해 수시로 발생하는 이상 고온 현상은 환경식생과 식량원에 작물들의 생산성과 상품성을 크게 위협하기 때문에 국내외 대학과 연구소들을 중심으로 활발하게 연구되고 있는 주제이다.

본 연구의 기반을 제공한 HOS1 단백질은 크로마틴 결합 단백질로서 결합 부위의 유전자 발현을 촉진하는 기능을 한다. 본 연구팀은 HOS1 유전자가 돌연변이된 식물이 고온에 취약하다는 사실을 관찰하고 본 연구를 시작하였다. 연구 결과 식물이 고온에 노출되면 HOS1 단백질 활성이 급격히 증가하고, 그 결과 RECQ2 유전자 발현이 크게 촉진된다. RECQ2는 일종의 helicase로서 고온에 의해 손상된 게놈 DNA에 결합하여 손상된 부위를 수리한다. 따라서 RECQ2 유전자가 없는 돌연변이 식물은 고온에 매우 취약한 반면, 과량 발현된 형질전환체 식물은 고온에 대한 내성이 크게 증진되어 있음을 관찰하였다.

본 연구는 고온스트레스가 게놈 DNA 손상을 일으킨다는 사실을 실험을 통해 증명하였으며, RECQ2 효소가 이 DNA 손상을 수리하는 기능을 가진다는 발견은 식물 분야 최초이다. 특히, DNA 손상 정도를 탐색 계측하기 위해 Comet assay라는 새로운 기법을 도입하여 연구 효율을 극대화할 수 있었다. 따라서 본 연구 결과는 향후 식물 고온적응성 연구에 크게 기여할 것으로 기대하고 있고, 나아가 해당 유전자들을 이용한 유전자조작을 통해 농작물과 원예작물의 고온 내성 또는 지구온난화 대응력 증진을 위한 응용 연구에 이용될 것으로 예상된다.

\*위 연구성과는 세계적 학술지인 네이처 플랜트 (Nature Plants) 11월호에 게재 (2020.11.16.(월, 16:00, London Time)에 online 게재).

# 용 어 설 명

※ 보도자료에 포함된 전문 용어에 대해 간단한 설명입니다.

## 1. 지구온난화

지구온실가스 과다 축적 등의 이유로 지구 평균온도가 서서히 올라가는 현상으로서, 19세기 산업혁명 이후 완만하게 진행되다가 최근 2-30년 동안 급격히 빨라지고 있다. 그 결과 이상 고온 현상이 수시로 발생하고 있고, 지구환경 식생은 물론 동물 식물 생존 자체를 심각하게 위협하고 있는 바, 세계적으로 지구온난화 대책연구가 활발하게 진행되고 있다.

## 2. 게놈 DNA

한 생명체가 가지는 유전자(DNA) 총합을 게놈(genome)이라고 하며 인간의 경우 약 30억개의 염기, 본 연구의 대상인 애기장대의 경우 약 2.6억 개의 염기로 구성되어 있다.

## 3. HOS1 단백질

게놈 DNA에 결합하는 단백질로서 그 결합 부위에 위치하는 유전자 발현을 촉진한다.

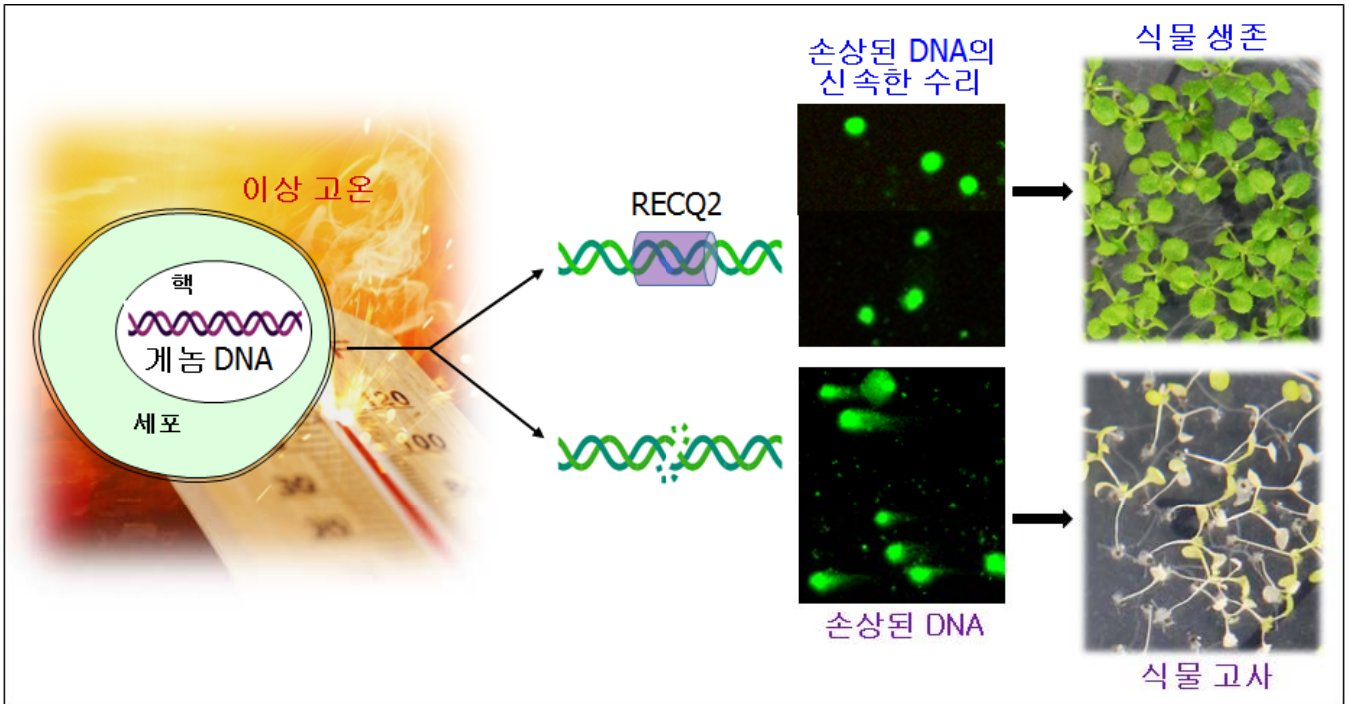
## 4. RECQ2 helicase

손상된 게놈 DNA 부위에 결합하여 신속하게 수리를 촉진하는 효소이며, 이 효소는 특히 고온에서 발현량이 크게 증가하는 특징이 있고, 본 연구의 핵심 주제이다.

## 5. Comet assay

게놈 DNA가 파괴되면 전기영동 분석에서 혜성 꼬리처럼 길게 끌리는 모습을 보인다. 그러나 손상되지 않은 게놈 DNA나 손상된 부위가 수리되면 꼬리 부분이 줄어든다. 이 실험기법을 통해 방사선, 자외선, 환경스트레스 등에 의한 동식물 게놈 DNA의 손상 정도를 효율적으로 탐색 정량화할 수 있다.

# 그림 설명



**그림 해설:** 이상 고온에 의한 게놈 DNA 손상과 RECQ2에 의한 수리. 지구온난화 및 이상 고온에 노출되면 식물의 게놈 DNA가 손상되는데 RECQ2 helicase라는 DNA 보호 효소가 손상 부위를 수리한다(상단 식물). 그러나 RECQ2가 없으면 피해를 회복하지 못하고 식물이 죽게 된다(하단 식물).

**Comet assay:** 방사선, 자외선, 고온스트레스 등에 의한 동식물 게놈 DNA의 파괴 또는 손상 정도를 탐색 측정하는 분석 기법이다. 게놈 DNA가 손상되면 전기영동 분석에서 혜성 꼬리처럼 길게 끌리는 모습을 보인다(하단 녹색 형광 이미지). 그러나 손상 부위가 수리되면 꼬리 부분이 사라진다(상단 녹색 형광 이미지).

(첨부 powerpoint 파일 참고 요망)

## 연구자 이력사항

### 1. 인적사항

- 성 명 : 박충모 (朴忠模)
- 소 속 : 서울대학교 자연과학대학 화학부 교수
- 전 화 : 02-880-6640 (연구실)
- E-mail : cmpark@snu.ac.kr



### 2. 학력

- 1976-1983 서울대학교 학사 석사
- 1989-1994 미국 뉴욕주립대학교 박사

### 3. 경력사항

- 1994-1996 Hauptman-Woodward Medical Research Institute 박사후연구원
- 1996-2002 금호생명과학연구소 책임연구원
- 2002-현재 서울대학교 화학부 교수
- 2008-2010 서울대 분자과학연구소 소장
- 2011-2011 Max Planck Institute for Chemical Ecology 방문교수
- 2012-2014 서울대 자연과학대학 연구부학장
- 2014-2014 한국유전학회 회장
- 2014-2018 Planta 저널 편집위원
- 2016-2018 Journal of Integrated Plant Biology 저널 편집위원
- 2015-2017 서울대학교 기초과학공동기기원 원장
- 2017-현재 Molecular Plant 저널 편집위원

### 4. 기타

- 이달의 과학기술자상: 교육과학기술부, 2001년.
- 한국생명과학자상: 교육과학기술부, 2002년.
- 한국식물학회 최고학술상: 한국식물학회, 2011년.
- Distinguished Alumni Award: 뉴욕주립대학교 생명과학과, 2013년.
- 한국유전학회 생명과학상, 2015년.
- 서울대학교 학술연구상, 2015년.
- 톰슨로이터가 선정한 “세계 상위 1% 과학자” 선정, 2016년.

## 연구자 이력사항

### 1. 인적사항

- 성 명 : 한 신 희
- 소 속 : 서울대학교 자연과학대학 화학부
- 전 화 : 02-880-4360
- E-mail : han10346@snu.ac.kr



### 2. 학력

- 2008-2015    아주대학교    학사
- 2016-2020    서울대학교    석박사 과정