

## 감마선 조사를 통해 유도된 감귤 돌연변이 후보군의 특성조사

김인중<sup>1,2\*</sup>, 송승엽<sup>2</sup>, 이효연<sup>1</sup>

<sup>1</sup>제주대학교 생명자원과학대학 생명공학부

<sup>2</sup>제주대학교 아열대농업생명과학연구소

### Putative Citrus Mutant Induced by Gamma Ray Irradiation

In-Jung Kim<sup>1,2\*</sup>, Seung-Yeob Song<sup>2</sup>, Hyo-Yeon Lee<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Biotechnology, College of Applied Life Sciences, Jeju National University,  
Jeju 690-756, Korea;

<sup>2</sup>Research Institute for Subtropical Agriculture and Biotechnology, Jeju National University,  
Jeju 690-756, Korea

#### ABSTRACT

We have constructed the breeding citrus field having putative mutant line induced by gamma rays. As a result of first selection, we found the several interesting mutant lines showing the changes of color and shape of fruits on the branch, and density of leaves. Out of fruits of mutant branch, several showed more sweetness and less acidity, on the next year. We will check the stability of characteristics next year. The results suggest that the artificial mutation breeding may a successful method for development of new cultivar of citrus.

#### 서 론

1927년 Müller와 1928년 Stadler에 의해 최초의 인위적인 돌연변이가 입증된 이후로, 다양한 동식물, 미생물을 대상으로 육종이 이루어지고 있다.

이러한 인위적 돌연변이 육종기법은 오랜 시간의 연구를 통해 그 안전성이 일반적으로 받아들여지고 있다. 따라서 돌연변이 유발을 통한 육종이 성공된다면 개발된 품종에 대한 등록과 안전성 관련 문제가 발생하지 않을 것이다. 특히 화훼를 중심으로 많은 돌연변이 품종들이 만들어져서 시장에서 고품질, 고부가가치 품종으로서 판매되고 있어 육종의 기법으로서 인위적인 돌연변이 유발은 그 가능성이 매우 크다.

자연계에서 일어나는 돌연변이의 빈도는  $10^5 \sim 10^6$ 으로 매우 낮고 더욱이 목적하는 형질을 나타내는 돌연변이 개체를 자연에서 선별하는 것은 매우 어렵다. 이에 따라 현재 인위적으로 돌연변이를 유발하기 위해 물리·화학적 돌연변이원의 사용을 통해 돌연변이 육종이 수행되고 있다. 물리적 돌연변이원으로서 사용되는 것은 X선, γ선, β선, 이온빔 등이 있고, 화학변이원로서는 NMU(nitroso methyl urea), EMS(ethyl methane sulfonate) 등의 알킬화 화합물이 주로 사용되어 왔다(Yasuo와 Hiroshi, 1996).

감귤산업은 제주도의 생명산업으로 불리우는 중

\* Corresponding author : Tel. 064-754-3357 Fax. 064-756-3351 ijkim@jejunu.ac.kr

추산업으로서 한미 FTA의 국회비준을 앞두고 있고, UPOV 가입 등에 의해 외국 수입감귤 품종에 대해 경쟁력을 갖춘 자체 감귤품종의 육성이 시급이 요구되고 있다. 이에 따라 감귤시험장을 중심으로 하여 교배육종, 주심배실생, 원형질체융합 등을 통해 다양한 육종이 시도되고 있으며, 하례조생 등의 품종이 등록되는 등의 성과가 보고되고 있기도 하다(Personal communications). 이와 같은 다양한 접근방법이 시도되고 있으나, 감귤을 비롯한 과수 작물의 경우에 인위적 돌연변이 유발을 통한 육종은 시도조차 이루어지지 않았다.

돌연변이원 중 방사선을 이용한 돌연변이 기술을 통해 벼, 보리, 밀, 옥수수, 콩, 토마토, 국화, 장미, 카네이션 등의 많은 품종이 개발되어 고부가가치 품종으로서 시장에서 경쟁력을 나타내고 있다. 그럼에도 불구하고 과수를 대상으로 하는 돌연변이 육종연구는 국제적으로도 채소류에 비해 미흡한 실정이다. 미국과 일본, 중국 등을 중심으로 감귤의 돌연변이 육종연구가 시도되고 있으며(Henz, 1977; Froneman 등, 1996), 무종자 오렌지, Murcot 등의 개발된 성과가 보고되고 있다(Hearn, 1984). 최근에는 질병저항성, 저산도 품종 등의 고품질을 나타내는 품종을 개발하기 위한 시도도 이루어지고 있다.

국내의 경우 최근 감귤클러스터사업의 일환으로 감귤돌연변이 육종 연구가 2005년부터 제주대학교를 중심으로 수행되어 돌연변이육종 포장의 조성, 협력체계 구축, 후보 돌연변이 감귤개체의 확보 등의 성과가 이루어졌고, 일부 선발 중에 있다.

본 논문에서는 현재 수행 중인 감귤돌연변이육종 연구를 진행상황을 점검하고, 고품질의 형질을 나타내는 돌연변이가치를 중심으로 조사된 연구 결과를 보고하고자 한다.

## 재료 및 방법

### (1) 감귤품종

공시 감귤재료는 궁천조생으로서 제주대학교 방사선응용과학연구소의 방사선 조사시설( $^{60}\text{Co}$ )을 이용하여 돌연변이를 유도한 후, 이를 고접, 절접

등을 통해 접목을 수행하여 이로부터 얻어진 돌연변이가치에 대한 형질조사를 수행하였다. 과실을 맺힌 2차가지별로 특성을 조사하였다.

### (2) 돌연변이 육종포장 현황

효율적인 관리를 위해 2007년까지 외부기관에 산재해 있던 돌연변이개체들을 2개의 포장에 모으기 위해 이식을 2008년에 수행하였다.

### (3) 크기, 무게 측정

돌연변이 2차가지로부터 맺힌 과실을 수확한 후, 저울과 Vernier caliper를 이용하여 무게와 횡경, 종경을 측정하였다.

### (4) 당산도 측정

수확한 과실의 즙을 채취한 후, refractometer PAL-1을 이용하여 당도를 측정하였고, 산도계(citrus acidity meter, GMK-835)를 이용하여 산도를 측정하였다.

### (5) 착색도 측정

착색계(Chroma meter CR-400)를 이용하여 과실 당 4군데의 값을 측정한 후, 평균값을 조사하였다.

## 결 과

### (1) 감귤 돌연변이 육종 포장 현황

표 1과 같이 C포장을 제외하고 다양한 기관에 산재하여 접목해 놓았던 감귤개체를 A포장과 B포장에 이식하였다. 생존율을 높이기 위해 뿌리를 상하지 않도록 주의하였다.

<표 1> 육종포장 요약

육종포장	접목회수	대목(본)	접목측아수(개)
A포장	4회	1,752	최소 3,600
B포장	2회	약 1,200	최소 7,200
C포장	1회	53	최소 1,200
계	총 4년간	약 3,000	최소 12,000

**(2) 방사선조사를 통해 유도된 돌연변이 개체 모습**

**A. 돌연변이가지의 모습**

접목 후 2~3년된 일부 가지에서 결실된 모습을 관찰할 수 있었다. 다양한 모습으로 과실이 맺혀져 있었고, 잎의 모양과 밀도가 다른 것의 존재도 확인하였다. 감귤이 가지고 있는 해거리 현상에 의해 일부 가지는 과실이 맺히지 않아 차년도에 결실된 후의 조사가 요구되었다. 과실 및 잎의 형태, 밀생 등의 대조구와의 차이를 통해 방사선에 의해 돌연변이가 유발되었음을 알 수 있었다.

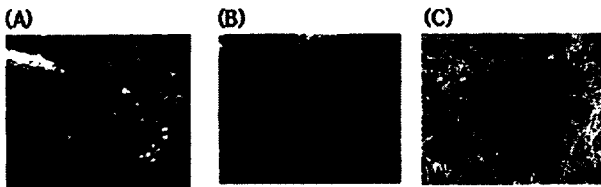


그림 1. (A) 2차 돌연변이 가지에 과실이 많이 맺힌 모습. (B) 과실이 2차가지에 전체적으로 분포하도록 결실되어 있는 개체. (C) 잎에 밀생한 돌연변이 2차가지의 모습

**B. 과실의 색깔이 다른 돌연변이가지**

과실의 색깔이 통계적 유의성이 있는지에 대한 조사는 향후 1~2년의 연구결과가 나왔을 때 확신할 수 있으나, 일부의 개체는 눈으로 확인할 정도로 달라진 것도 발견할 수 있었다. 그림 2의 B에서 보여주는 것처럼 노란색이 강하게 발현된 경우도 있었다. 이에 대한 지속적인 조사를 수행할 계획을 가지고 있다.

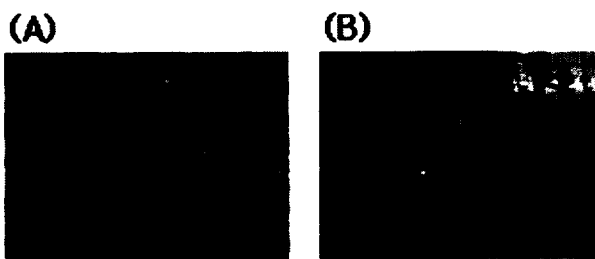


그림 2. (A) 대조구 감귤. (B) 돌연변이 가지에 맺힌 감귤과실

**C. 과실의 형태 변화된 모습**

일부 돌연변이 2차가지에 맺힌 과실의 모습이 대조구와는 다른 경우를 관찰할 수 있었다. 그림 3

에서 보는 것처럼 하트모양이나 열과되는 경우가 있었고, 2차가지에 잎이 거의 없이 과실만 밀생하여 맺힌 가지를 관찰할 수 있었다. 특히 열과된 과실의 경우에는 당도의 향상이 조사되었다.

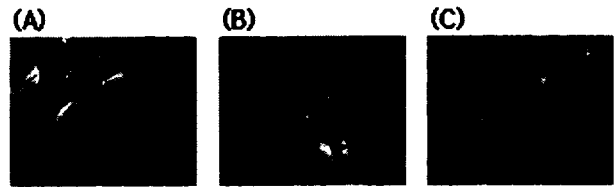


그림 3. (A) 과실의 모양이 하트모양을 닮은 경우. (B) 과실이 밀생한 모습. (C) 과육의 비대가 진행되고, 껍질이 얇아 열과된 모습

**D. 잎의 색깔 변화**

잎의 노화가 진행된 2차가지도 관찰할 수 있었다. 그림 4에서 보는 바와 같이 가지의 기저부위에 붙어있는 잎이 노랗게 변한 경우(그림 4A)도 있었으나 정반대의 경우(그림 4B)도 관찰할 수 있었다. 이러한 잎의 노화진행은 과실의 당도나 착색시기의 변화를 일으킬 가능성이 존재하여 지속적인 관찰이 필요하다.

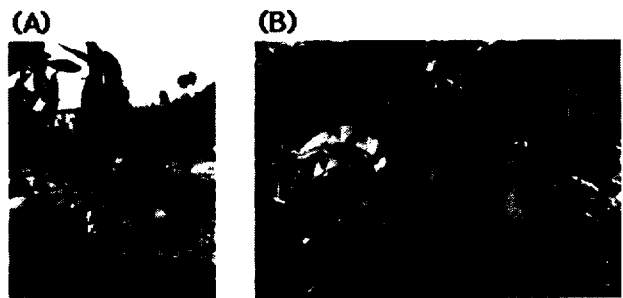


그림 4. (A) 2차가지의 아래쪽 부위 잎이 노란색을 띠. (B) 위쪽 부위 잎이 노란색을 띠는 2차가지

**E. 당산비 우수 2차가지의 예**

당산도를 측정된 결과 1차년도이지만 일부 2차가지에서 채취한 과실의 당산도가 대조구에 비해 매우 우수한 가지를 선발할 수 있었다. 당산비가 13도 이상을 나타내는 경우가 여러 가지에서 관찰되었고, 심지어 산도가 0.7%로서 거의 신맛을 느끼지 못하는 정도의 값을 나타낸 경우도 존재하였다.

<표 2> 당산도 측정을 통해 우수하다고 보여지는 일부 2차가지의 예

돌연변이 2차가지	당도 (Brix)	산도 (%)	대조구 (당도/산도)
A	10.6	0.8	9.1/0.72
B	10.7	0.84	9.1/0.72
C	9.9	0.72	9.1/0.72
D	9.9	0.74	9.1/0.72
E	13.7	0.83	7.7/1.1
F	11.4	0.95	7.7/1.1
G	10.4	0.83	8.5/0.8

## 고찰

4년간의 접목을 통해 일부 가지에서 과실을 얻을 수 있었고, 이를 대상으로 다양한 형질에 대한 조사를 수행하였다. 2008년 1차선발을 통해 과실의 형태, 색깔, 당산비 등의 변화가 있는 일부 가지들을 선발할 수 있었고, 지속적인 집중조사를 통해 이들 가지의 우수형질의 안정성을 조사할 계획이다. 이와 같은 형질의 변화는 우수 품종으로서의 개발가능성을 제시해주고 있으며, 방사선을 이용한 돌연변이 유도가 성공적으로 이루어졌음을 뒷받침해준다.

일부 가지의 경우에 당산비가 13이상의 값을 나타내어 만약 이러한 형질을 향후 2내지 3년간 유지된다면, 추가적인 연구를 통해 당산비가 우수한 품종을 개발할 수 있을 가능성을 제시해준다.

## 적요

방사선에 의해 인위적 돌연변이가 유발된 논의 접목과 발아, 결실의 과정을 거쳐 돌연변이 후보 집단을 구축하였다. 1차 선발한 결과 잎의 모양과 색깔의 변화, 과실모양과 색깔의 변화, 잎의 밀생 등이 관찰되는 2차가지 존재를 확인하였고, 당도와 산도를 분석한 결과 당도는 증가하고 산도는 감소한 가지들을 선발할 수 있었다. 이와같이 우

수형질을 보이는 가지를 중심으로 형질발현의 안정성과 고품질의 특성을 조사하여 품종으로서의 가능성을 확인할 것이다.

## 사사

본 연구는 농림부에서 지원하는 지역농업클러스터 사업 중 감귤클러스터사업의 일환으로 진행된 돌연변이 육종사업과 2007년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구(KRF-2007-412-J05501)임. 또한 아열대농업생명과학 연구소의 시설과 지원을 받아 연구가 수행됨

## 참고문헌

1. Froneman, I. J., H. J. Breed, P. J. J. Koekemoer and P. J. J. Van Rensburg (1996). Producing seedless citrus cultivars with gamma irradiation. International Citrus Congress (8th : 1996 : Sun City, South Africa), Sun City, South Africa, International Society of Citriculture. 1: 159-163.
2. Hearn CJ.. 1984. Development of seedless orange. *Citrus sinensis*, cultivar Pincapple and grapefruit, *Citrus paradisi*, cultivars through seed irradiation. J. Am. Soc. Hort. Sci., 109. 270-273.
3. Hensz, R. A. (1977) Mutation breeding and the development of the 'Star Ruby' grapefruit. Proceedings of the International Society of Citriculture 2, 582-585
4. Kim, I.J., O.R. Kim, H.W. Kim, S.H. Lee, K.M. Kim and H.Y. Lee. 2008. Status of citrus mutation breeding with gamma ray irradiation. Journal of Subtropical Agriculture and Biotechnology 24(1): 37-42.
5. Stadler, L.J. 1928. Mutation on barley induced by  $\gamma$ -ray and radium
6. Yasuo, U. and Hiroshi, F. (1996) 식물개량의 원리(康榮喜, 金翰集 共譯), 아카데미서적