

## 사과보관기일을 개선하기 위한 합리적인 레이자자극효과

전광명, 최상진

레이자빛은 높은 시간 및 공간간섭성을 가지고있는것으로 하여 식물세포의 기능을 활성화하고 여러가지 생장지표들에 긍정적인 영향을 미친다. 이미 레이자빛조임에 의한 벼과식물의 기능활성제고물질새가 실험적으로 해명되고 그에 따라 여러가지 류형의 종자 처리장치가 개발되었으며 나무모와 삽수재료에 대한 레이자처리의 효과성도 검증되고있다.[1, 4]

본문에서는 사과세포에 대한 합리적인 레이자빛조임때 나타나는 실질세포와 균세포에서 레이자간섭성역할에 의한 활성상태변화의 정량적인 해석을 진행하고 그것을 실험적으로 검증하였다.

### 1. 세포의 대사조종에서 레이자간섭성역할에 대한 정량적해석

최적조임시간에서 레이자처리는 대조에 비하여 발병률을 2~3배로 낮추지만 백열등에 의한 준단색빛을 리용하는 경우에는 반대로 부패를 2배로 증대시킨다.[5, 6] 이러한 실험결과들로부터 광원의 간섭성에 따르는 선택적인 자극효과에 대하여 예측할수 있다.

사과가 부패되는 과정은 세균을 비롯한 미생물들이 증식되는 과정으로 볼수 있는데 이것은 곧 균세포가 활성화된다는것을 의미한다.[2]

이미 간섭성광원인 레이자빛을 식물에 쏘여줄 때 식물세포의 기능활성을 일으킨다는것을 실험적으로 검증한 상태에서 간섭성이 높은 레이자의 경우에는 실질세포와 균세포의 기능활성을 다같이 증대시키지만 간섭성이 낮은 백열등의 경우에는 균세포의 기능활성만 증대시킨다고 해석할수 있다.

일반적으로 광원의 간섭성은 시간간섭성과 공간간섭성으로 나누어지며 시간간섭성은 간섭성길이( $L_k$ )로, 공간간섭성은 간섭성반경( $r_k$ )으로 특징지어진다.[3] 즉

$$L_k = \frac{\lambda_0^2}{\Delta\lambda}, r_k = \frac{\lambda_0 R}{\Delta l}$$

여기서  $\lambda$ 는 파장,  $R$ 는 광원까지의 거리,  $\Delta l$ 은 광원의 길이이다. 이때 간섭성체적  $V_k$ 는 다음과 같이 표시된다.

$$V_k \approx r_k^2 L_k = \left(\frac{R}{\Delta l}\right)^2 \frac{\lambda_0^4}{\Delta\lambda}$$

사과에서 실질세포의 평균크기는 대략  $40 \sim 50 \mu\text{m}$ , 균세포의 크기는  $3 \sim 8 \mu\text{m}$ 라고 볼때 결국 세포의 크기가 간섭성체적(일반적으로는 간섭성반경)안에 완전히 놓이는가 아니면 놓이지 않는가에 따라 레이자자극의 작용효과가 결정되게 된다.

## 2. 실험결과 및 분석

세포의 크기가 서로 다른 두가지 종류의 과일(사과와 딸기)에 대하여 간섭성반경을 변화시켰을 때 나타나는 레이자자극정도를 결정하였다.

실험에서는 파장이 650nm이고 출력밀도가 0.5W/m<sup>2</sup>이며 스펙트럼선폭이 차이나는 두가지 종류의 반도체레이자를 리용하였다.

최대자극효과가 나타나는 쪼임시간을 결정하기 위하여 먼저 쪼임시간을 5s간격으로 5s부터 50s까지 변화시킨 대상에 대하여 외형적인 분석을 진행해본 결과 선택한 품종들에서 25, 20s정도였다. 이때 최대자극효과가 나타나는 쪼임시간에서 20일에 한번씩 현미경 관찰을 진행하였으며 최종적으로 100일후에 대조와 비교하여보았다.

레이자처리를 하지 않은 대조와의 비교에서는 현미경의 시야범위안에서 실질세포의

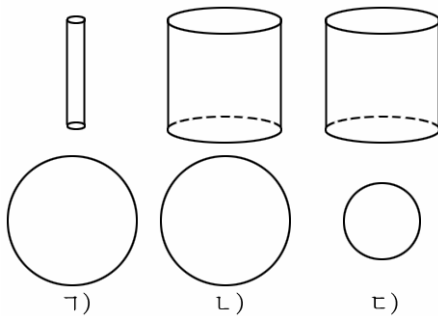


그림. 간섭성반경과 세포크기사이의 관계에 따르는 레이자자극효과 (그림에서 윗부분은 레이자를, 아래부분은 실질세포를 의미)

- ㄱ)  $D_1 = 50\mu\text{m}$ ,  $r_{k_1} = 5\mu\text{m}$ ,  $L_k = 32\mu\text{m}$ ,  $K_{자} = 1.1$ ,  
 ㄴ)  $D_1 = 50\mu\text{m}$ ,  $r_{k_2} = 40\mu\text{m}$ ,  $L_k = 32\mu\text{m}$ ,  $K_{자} = 1.4$ ,  
 ㄷ)  $D_2 = 20\mu\text{m}$ ,  $r_{k_2} = 40\mu\text{m}$ ,  $L_k = 32\mu\text{m}$ ,  $K_{자} = 1.7$

개수와 균세포개수의 비를 결정하고 이러한 과정을 1알에 대하여 10번 진행하여 평균값을 얻었으며 이것을 대조와 비교하여 레이자자극정도 ( $K_{자}$ )를 평가하였다.

간섭성반경과 세포크기사이의 관계에 따르는 레이자자극효과는 그림과 같다. 그림에서는 간섭성반경이  $r_k = 40\mu\text{m}$ 인 반도체레이자를 리용하여 실질세포크기가 보다 작은 딸기를 레이자처리한 경우(그림의 ㄷ))와 간섭성반경이 실질세포의 크기보다 충분히 작은 ( $r_k = 5\mu\text{m}$ ) 반도체레이자를 리용하여 사과를 처리한 경우(그림의 ㄱ))의 레이자자극정도값을 직관적으로 보여주었다.

간섭성반경이 실질세포의 크기와 비슷한 반도체레이자를 리용하여 진행한 사과에 대한 레이자자극정도결정실험결과와는 표와 같다.(그림의 ㄴ))

표. 사과에 대한 레이자자극정도결정실험결과

종류	레이자처리					대 조				
날자/일	20	40	60	80	100	20	40	60	80	100
실질세포수/개	30.5	22.7	21.3	18.7	17.9	28.7	22.5	19.6	18.3	16.4
균세포수/개	3.6	5.2	8.6	9.8	10.3	5.5	7.8	9.8	13.2	13.9
세포개수비	8.5	4.4	2.5	1.9	1.7	5.2	2.9	2.0	1.4	1.2
$K_{자}$	1.4									

그림에서 보는바와 같이 세포가 간섭성반경안에 놓이는 정도에 따라 레이자자극효과는 상대적으로 크다.

결국 간섭성반경이 상대적으로 큰 레이자빔을 쪼여줄 때에는 실질세포와 균세포가 둘 다 간섭성반경에 놓이게 된다. 이때 실질세포의 기능활성이 보다 활발해져 사과의 부패정도가 상대적으로 낮으며 반대로 간섭성반경이 상대적으로 작은 백열등을 쪼여줄 때

에는 크기가 보다 작은 균세포만이 간섭성반경안에 놓이게 되므로 균세포의 기능활성만 높아지게 되며 이것은 곧 사과에의 부패를 가져오게 된다.

실험과정에 레이저빔조임시간에 따라 자극효과가 서로 다르게 나타났는데 출력밀도가 비교적 작은 반도체레이저에 대하여 임의의 조임시간에서도 부의 효과는 나타나지 않았으며 최대효과가 나타나는 조임시간에서 보관기일은 2.5배까지 증가하였다.

## 맺 는 말

식물세포에 반도체레이저빔을 쏘여줄 때 그것의 부패를 막을수 있으며 품종별에 따라 조임시간을 적당히 조절하면 보관기일을 충분히 연장할수 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 62, 5, 60, 주체105(2016).
- [2] 남창연 등; 식물생리학, 김일성종합대학출판사, 354~420, 주체98(2009).
- [3] 안광철; 광학, 김일성종합대학출판사, 343~358, 주체101(2012).
- [4] S. Z. Coj et al.; Pacific Science Review A(Natural Science and Engineering), 36, 11, 2016.
- [5] M. A. Benavides et al.; Agrofaz, 3, 269, 2003.
- [6] A. C. Hernandez et al.; Int. Agrophys., 24, 407, 2010.

주체108(2019)년 3월 5일 원고접수

## On the Stimulus Effect by Laser Irradiation to Extend the Shelf Life of Apple

*Jon Kwang Myong, Choe Sang Jin*

The quantitative analysis about the change of activity state of parenchyma and germ cell by effective laser irradiation was progressed and it was proved experimentally.

Key words: laser irradiation, shelf life