

## 한국 당귀, 중국 당귀, 일본 당귀의 생체광자(Biophoton) 방출 비교 연구

박완수<sup>#\*</sup>, 이창훈<sup>1</sup>, 소광섭<sup>1</sup>, 이영중, 이충열, 이태희, 김연섭, 김도훈

경원대학교 한의과대학  
1: 서울대학교 물리학과 생의학물리연구실

### Study on Biophoton Emission from roots of *Angelica gigas* N., *Angelica sinensis* D., and *Angelica acutiloba* K.

Wan-su Park<sup>#\*</sup>, Chang-Hoon Lee<sup>1</sup>, Kwang-Sup Soh<sup>1</sup>, Young-Jong Lee,  
Choong-Yeo Lee<sup>1</sup>, Tae-Hee Lee, Youn-Sub Kim, Do-Hoon Kim

College of Oriental Medicine, Kyungwon University,  
1: Biomedical Physics Laboratory, School of Physics, Seoul National University

#### ABSTRACT

**Objectives** : The purpose of this study is to investigate the delayed luminescence-biophoton emission from roots of *Angelica gigas* N., *Angelica sinensis* D., and *Angelica acutiloba* K. These three species of Genus *Angelica* are now used as 'Danggui' in Traditional Korean Medicine.

**Methods** : Randomly selected samples from roots of *Angelica gigas* N., *Angelica sinensis* D., and *Angelica acutiloba* K. were radiated with 150 W metal halide lamp for 1 minute. After radiation, biophoton emissions of each sample were detected by electron multiplication-charge coupled device camera. The detected biophoton image was calculated with unit of counts per pixel.

**Results** : The average and maximum biophoton emissions of delayed luminescence with electron multiplication ratio of  $\times 150$  and  $\times 250$  were distinguished significantly between *Angelica gigas* N. and the other two species.

**Conclusions** : These results suggest that biophoton imaging of roots of *Angelica gigas* N., *Angelica sinensis* D., and *Angelica acutiloba* K. could become the meaningful method for the study of differentiation between root of *Angelica gigas* N. and the other two species, *Angelica sinensis* D. and *Angelica acutiloba* K.

**Key words** : *Angelica gigas* N., *Angelica sinensis* D., *Angelica acutiloba* K., biophoton, charge coupled device camera, danggui.

## 서론

생체광자<sup>1)</sup>(Biophoton)는 생명체의 세포수준에서 방출되는 ultra-weak photon emission으로 파장영역은 자외선에서 가시광선에 이르는 200~800nm 정도이다. 그 빛의 세기는 single photon counting으로만 측정될 정도로 약하여 약 10-16Wcm<sup>-2</sup>이다<sup>2,3)</sup>. 생체에서 나오는 biophoton은 열적 방출과는 다르며 'coherence theory'에 의하여 자발광(spontaneous photon emission)과 지연발광(delayed luminescence)으로 구분되어 질 수 있다<sup>4,5,6)</sup>. 이 중에서 지연발광은 외부의 단색광 또는 백색광에 노출된 결과로 방출되며 자발광보다 대략 수백 배 정도의 강한 세기를 갖고 수초에서 수 시간에 걸쳐 hyperbolic decay를 보이는 것으로 보고되었다<sup>7)</sup>. Biophoton을 이용한 의학물리학적 연구가 최근에 활발하게 진행되어 암세포의 생체광자 방출현상, 인체피부의 biophoton 방출조사<sup>8)</sup> 등의 연구가 보고 되었다. 또한 환자와 정상인의 경우 biophoton 방출량의 차이가 나타남이 밝혀졌다<sup>9)</sup>.

한의학(韓醫學)에서 보혈약(補血藥)으로 분류되어 중요하게 쓰이고 있는 당귀(當歸)는 미나리과(Umbelliferae)에 속한 다년생 초본인 참당귀(Angelica gigas NAKAI)의 뿌리를 건조시킨 것으로 Angelica e Gigantis Radix로 불리운다. 늦가을부터 이듬해 봄 새싹이 돋기 전에 뿌리를 캐내어 줄기와 잎을 제거하고 진흙을 제거한 뒤, 통풍이 잘 되는 그늘에서 수일동안 건조하여 사용한다. 당귀의 외형적 모양은 굵고 짧은 주된 뿌리로부터 줄기 및 잎의 흔적이 남아 있는 모습이 보이며 주근의 길이는 약 3-7cm, 직경은 2-5cm이고 지근의 길이는 15-20cm 정도이다. 바깥 면의 색깔은 옅은 황갈색 혹은 흑갈색이며 주근과 지근에는 세로 주름이 많으나 간혹 주근에는 가로 주름이 있는 것도 있다. 절단면은 평탄하고 나무부위와 껍질부위의 구별이 뚜렷하며 목부와 형성층 부근의 피부는 어두운 황색이지만 나머지 부분은 주로 백색을 띠고 있다. 중국에서는 Angelica sinensis (Oliv.) DIELS, 일본에서는 Angelica acutiloba KITAGAWA를 당귀(當歸)로 사용하고 있다<sup>10)</sup>.

최근 국내 참당귀의 생산량이 줄어들고 있는 까닭에 중국 당귀와 일본 당귀의 수입이 증가하고 있다. 그러므로 한국 내로 수입되어 사용되고 있는 중국 당귀·일본 당귀에 대한 품질평가와 한국에서 생산되고 있는 참당귀와의 감별에 대한 연구 필요성이

대두되고 있다. 한약재의 종별 감별을 위한 유전자 검사법 등의 평가법에 대해서는 많은 연구가 되어 있으나 생체광자(biophoton) 방출(emission)에 의한 품종 감별에 관한 연구는 아직까지 많이 이루어지지 않고 있다. 그러므로 본 연구에서는 한국에서 당귀(當歸)로 사용되고 있는 한국 당귀(Angelic gigas N.)와 주로 중국으로부터 수입되고 있는 중국 당귀(Angelica sinensis D.), 일본에서 주로 사용하고 있는 일본 당귀(Angelica acutiloba K.)의 생체광자 방출에 관한 조사·비교를 통하여 한약재 품종감별을 위한 biophoton측정의 활용가능성을 검토하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 재료

실험에 사용한 한국 당귀(root of A. gigas N.), 중국 당귀(root of A. sinensis D.), 일본 당귀(root of A. acutiloba K.)는 한국 서울 소재의 경동시장에서 구입하여 기원의 진위(眞僞)와 품질의 상태를 검정한 후 사용하였으며 생체광자 측정을 위하여 두께와 무게가 비슷한 절편들을 선정한 후 실험하였다.

### 2. Photodetection System

생체광자를 측정하기 위하여 준비된 측정시스템은 약한 빛을 검출하기 위한 Charge Coupled Device(CCD) camera와 이를 구동하기 위한 장치들, 주변의 빛을 차단하기 위한 암실과 암상자, 샘플에 빛을 비추는 Delayed Luminescence(DL: 지연발광) 측정을 하기 위한 램프와 광케이블, 셔터 등으로 구성되었다.

#### 1) CCD Camera

보다 효율적인 low light imaging을 구현하기 위하여 광전자(photoelectron)를 readout 하기 전에 증폭하는 기능을 가진 electron multiplication 방식의 CCD camera(Andor Technology, South Windsor, CT)를 사용하였다. 이 CCD는 UV Enhanced Sensor를 사용하여 250~800nm 파장대의 빛에 반응하며 650nm에서 50%의 최대양자효율을 갖는 것으로 본 실험에 적용된 증폭율은 150배와 250배이다.

#### 2) 암실(Dark Room)과 암상(Dark Box)

지자기의 1/10 수준인 0.05 gauss의 magnetic

shielding을 제공하는 dark room을 마련하고 그 내부에 CCD camera와 시료가 위치될 dark box를 놓아 외부에서 들어오는 빛을 차단할 수 있도록 하였고 그 밖의 모든 장비들은 dark room 밖에 위치하도록 설계하였다. 내부 온도는 외부 공기에 의해서 항상 20°C로 유지되도록 하였다.

### 3) Lens System

Electron multiplication(EM) 방식의 CCD camera에 최적화되도록 CVI Laser(Albuquerque, NM)에서 제작된 4개의 상용 Lens(PLCX-15.0-12.9-UV, PLCX-10.0-10.3-UV, BICC-19.1-20.9-UV, BICX-15.0-19.7-UV)로 구성하였으며 재질은 모두 UV가 투과되는 fused silica이다. 모든 Lens를 antireflective coating하여 250nm~600nm의 영역에서 대략 0.5% 미만의 반사율을 가지도록 조정하였다. 초점거리는 100mm이고 배율은 1/6이다.

### 4) Light Source, Optical Cable, and Shutter System

light source로 150 W metal halide lamp(OSRAM, Munich, Germany)를 사용하였다. 샘플에 빛을 쬐일 때 특정한 부분에만 빛이 많이 조사되지 않는 uniform illumination을 위한 방법으로 수십 가닥의 optical cable을 사용하였으며, 각각 8개의 optical cable로 구성된 4개의 bundle이 다양한 방향에서 sample에 빛을 비추게 하였다. Shutter는 총 3개가 설치되었으며 CCD sensor를 보호하는 CCD camera에 자체 내장된 shutter 1, 샘플과 CCD camera 사이의 shutter 2, 그리고 램프 빛의 공급을 조절하는 shutter 3로 구성되었다. Shutter 1과 shutter 2는 서로 연계되어 있으며 샘플에 빛을 비추는 시간 동안에는 shutter 3만 열고 램프 빛을 차단하기 위하여 shutter 3을 닫는 순간 shutter 2가 자동으로 열리게 되고 그때부터 측정이 시작된다. 이 때 shutter 2는 샘플에 빛이 조사되는 동안 위쪽 광학계가 빛을 받지 않도록 막는 기능을 한다. Shutter 3은 컴퓨터의 프로그램에 의해 통제되며 측정을 하는 시간 동안에만 열린다.

### 3. 생체광자 측정

우선 준비된 시료들을 stage에 놓고 0.1초 동안 빛을 쬐이는 상태에서 reflectance image(reference image)를 촬영했다. 그리고 30분간의 암적응 시간을

갖은 후 DL image를 얻기 위한 과정은 다음과 같이 실시했다. 우선 Shutter 3을 열어 1분 동안 sample에 빛을 비추며 이 때 shutter 2는 닫혀 있어서 위쪽 광학계가 빛에 노출되는 것을 막는다. 1분 후 shutter 3이 닫히면 자동으로 shutter 2가 열리게 되며 곧 shutter 1이 열리면서 측정이 시작된다. 측정 노출시간은 1초로 하였으며 3회 연속 측정하였다. 측정 시 CCD sensor의 온도는 -70°C이었으며 EM ratio는  $\times 150$ ,  $\times 250$  두 가지로 설정하였다. 각 시료마다 동일한 면적으로부터의 biophoton 방출 평균량(mean value)과 최대량(maximum value)을 구하여 시료가 놓이지 않은 부분인 background 측정치와 비교하였다.

### 4. 통계분석

결과에 대한 통계적 분석은 통계프로그램인 SPS S 11.0 for window를 이용하였다. 실험 결과는 평균  $\pm$  표준오차(Mean  $\pm$  Standard Error)로 나타내었으며, Student's t-test와 one way ANOVA 분석방법으로 통계검정하여 p-value < 0.05일 때 유의한 차이가 있는 것으로 판정하였다.

## 결 과

### 1. 한국 당귀, 중국 당귀, 일본 당귀 절편 단면의 reflectance image

한국 당귀, 중국 당귀, 일본 당귀 절편들(각각 n=5)을 Figure 1과 같은 방식으로 stage에 놓은 후 0.1초 동안 빛을 쬐이는 상태에서 reflectance image를 촬영하여 reference image로 설정하였다.

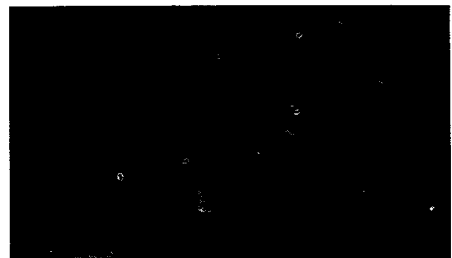


Figure 1. Reflectance image of roots of *Angelica gigas* N.

**2. EM ratio ×150에서의 한국 당귀, 중국 당귀, 일본 당귀 절편 단면 생체광자 평균 방출량 비교**

EM ratio(광전자증배 비율)를 150배로 하여 한국 당귀, 중국 당귀, 일본 당귀 절편 단면(n=5)의 biophoton 평균 방출량을 counts per pixel 단위로 측정된 뒤 background 측정치와 비교한 결과 각각 126.63 ± 3.89%, 105.31 ± 1.76%, 106.16 ± 1.72%로 중국 당귀와 일본 당귀 모두 한국 당귀와 유의한 차이(p<0.05)를 나타내었다(Figure 2).

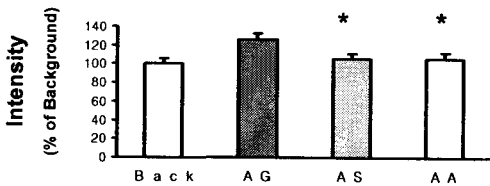


Figure 2. Results of biophoton analyses for average delayed luminescence from roots of *Angelica gigas* N., *Angelica sinensis* D., and *Angelica acutiloba* K. with electron multiplication ratio of ×150. Back: Background, AG: roots of *Angelica gigas* N., AS: *Angelica sinensis* D. AA: roots of *Angelica acutiloba* K. Results are presented as the mean ± S.E. \*, p<0.05 compared with AG.

**3. EM ratio ×150에서의 한국 당귀, 중국 당귀, 일본 당귀 절편 단면 생체광자 최대 방출량 비교**

EM ratio(광전자증배 비율)를 150배로 하여 한국 당귀, 중국 당귀, 일본 당귀 절편 단면(n=5)의 biophoton 최대 방출량을 counts per pixel 단위로 측정된 뒤 background 측정치와 비교한 결과 각각 158.67 ± 7.90%, 116.31 ± 2.84%, 118.43 ± 3.26%로 중국 당귀와 일본 당귀 모두 한국 당귀와 유의한 차이(p<0.05)를 나타내었다(Figure 3).

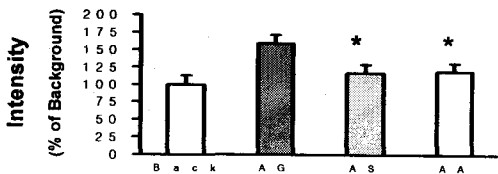


Figure 3. Results of biophoton analyses for maximum delayed

luminescence from roots of *Angelica gigas* N., *Angelica sinensis* D., and *Angelica acutiloba* K. with electron multiplication ratio of ×150. Back: Background, AG: roots of *Angelica gigas* N., AS: *Angelica sinensis* D. AA: roots of *Angelica acutiloba* K. Results are presented as the mean ± S.E. \*, p<0.05 compared with AG.

**4. EM ratio ×250에서의 한국 당귀, 중국 당귀, 일본 당귀 절편 단면 생체광자 평균 방출량 비교**

EM ratio(광전자증배 비율)를 250배로 하여 한국 당귀, 중국 당귀, 일본 당귀 절편 단면(n=5)의 biophoton 평균 방출량을 counts per pixel 단위로 측정된 뒤 background 측정치와 비교한 결과 각각 142.50 ± 3.06%, 109.39 ± 2.57%, 107.88 ± 1.47%로 중국 당귀와 일본 당귀 모두 한국 당귀와 유의한 차이(p<0.05)를 나타내었다(Figure 4).

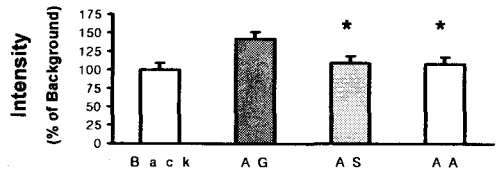


Figure 4. Results of biophoton analyses for average delayed luminescence from roots of *Angelica gigas* N., *Angelica sinensis* D., and *Angelica acutiloba* K. with electron multiplication ratio of ×250. Back: Background, AG: roots of *Angelica gigas* N., AS: roots of *Angelica sinensis* D. AA: roots of *Angelica acutiloba* K. Results are presented as the mean ± S.E. \*, p<0.05 compared with AG.

**5. EM ratio ×250에서의 한국 당귀, 중국 당귀, 일본 당귀 절편 단면 생체광자 최대 방출량 비교**

EM ratio(광전자증배 비율)를 250배로 하여 한국 당귀, 중국 당귀, 일본 당귀 절편 단면(n=5)의 biophoton 최대 방출량을 counts per pixel 단위로 측정된 뒤 background 측정치와 비교한 결과 각각 236.82 ± 9.67%, 134.66 ± 7.34%, 148.99 ± 17.83%로 중국 당귀와 일본 당귀 모두 한국 당귀와 유의한 차이(p<0.05)를 나타내었다(Figure 5).

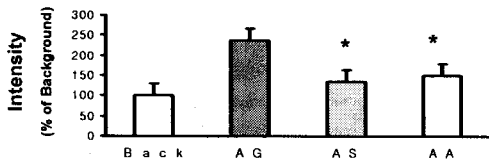


Figure 5. Results of biophoton analyses for maximum delayed luminescence from roots of *Angelica gigas* N., *Angelica sinensis* D., and *Angelica acutiloba* K. with electron multiplication ratio of  $\times 250$ . Back: Background, AG: roots of *Angelica gigas* N., AS: roots of *Angelica sinensis* D. AA: roots of *Angelica acutiloba* K. Results are presented as the mean  $\pm$  S.E. \*,  $p < 0.05$  compared with AG.

### 고찰

당귀(當歸)의 性味는 甘辛하며 毒性이 없고<sup>11)</sup>, 歸經은 心肝脾經으로 補血和血하며 調經止痛 및 潤燥滑腸하는 효능이 있어 血虛로 인한 頭痛, 眩暈, 痠痺, 赤痢後重과 月經不順, 無月經으로 인한 腹痛, 子宮出血, 癥瘕結聚 및 腸燥便難, 癰疽瘡瘍, 타박상 등의 증상을 치료한다. 당귀의 치료 대상 병증의 주된病因은 血虛인데 그 주요 증상은 蒼白 혹은 萎黃色의 얼굴색이 나타남과, 脣甲蒼白, 眩暈, 耳鳴, 目昏, 心悸, 失眠, 健忘 등이다. 이러한 血虛 증세를 개선 또는 제거하는 약물을 補血藥이라 하며, 當歸, 熟地黃, 白芍藥 등이 주요한 補血藥으로 분류된다<sup>12)</sup>. 참당귀의 성분 중 decursin은 PKC를 활성화하는 작용으로 항암활성이 있는 것으로 보고되었고<sup>13)</sup> *A. sinensis*에는 주로 정유와 수용성 성분을 함유하는데 정유 중의 주요 성분은 ligustilide가 45%로 가장 높고, *N*-butylidene phthalide가 그 다음으로 11.3%의 비율로 함유되어 있다. 정유 중에는  $\beta$ -pinene, camphene, *p*-cymene,  $\beta$ -phillandrene, mycene,  $\beta$ -ocimene-X, allo-ocimene, 6-*n*-butyl-cycloheptadiene-1, 4,2-methyl-dodecane-5-one, acetophenone,  $\beta$ -bisabolene, isoacoraene, acoradiene, chamigrene, *n*-butyl-tetrahydrophthalide, *n*-butyl-phthalide, *n*-butylidene-phthalide, 4-dihydrophthalic anhydride, dodecanol, berpaptin 등이 함유되어 있다<sup>14)</sup>.

當歸가 들어간 처방으로는 四物湯, 當歸補血湯, 歸附丸, 當歸丸, 當歸苦麥丸, 當歸頭散, 當歸芍藥散, 當歸建中湯 등이 있다. 당귀의 기원식물에 관하여 한국에서는 *Angelica gigas* NAKAI(참당귀)를, 중국에서는 *Angelica sinensis* DIELS(중국 당귀)를 기원으로 하고 있으며 일본에서는 *Angelica acutiloba*

KITAGAWA(일본 당귀)를 당귀(當歸)로 사용하고 있다. 현재 한국의 참당귀 재배량이 부족하여 중국 당귀와 일본 당귀가 많이 수입되어 사용되고 있다. 이와 같이 '당귀'라는 같은 이름으로 사용되고 있는 한국 당귀와 중국 당귀, 그리고 일본 당귀의 감별을 위해 함유하고 있는 성분 분류에 관한 많은 연구가 이루어져 왔으며 최근에는 기원식물에 대한 특정 유전자 분석을 통하여 종의 구분을 시도하는 연구도 활성화 되고 있다. 이러한 한약재 감별법 이외에도 시간적으로, 경제적으로 더욱 효율적인 감별방법이 개발된다면 한약재 관리를 위한 보다 효과적인 대책을 강구할 수 있을 것이다.

물리학과 생물학의 학제간 연구 주제 중 Biophoton을 이용한 생물학적 연구가 현재까지 다양한 분야에서 활발히 진행되고 있으며 최근에는 암세포의 감별이나 경락의 유주, 인간의 의식활동, 식물체의 성장, 녹용 절단면에 대한 바이오포톤 방출 특성<sup>15)</sup> 등의 주제에 대한 다학제적 연구도 계속 발표되고 있다.

본 연구는 본초학 연구, 특히 한약재의 감별과 동정에 biophoton assay를 접목을 시도하는 연구로서 한국에서 당귀(當歸)로 사용되고 있는 참당귀(*Angelica gigas* N.)와 중국 당귀(*Angelica sinensis* D.), 일본 당귀(*Angelica acutiloba* K.)의 절단면을 대상으로 하여 지연 발광(delayed luminescence)되는 생체광자를 측정하고 background(시료없는 상태의) 측정치와 비교하여 통계학적으로 분석한 결과 Electron multiplication ratio(광전자증배 비율) 150배의 생체광자 평균·최대 방출량 및 Electron multiplication ratio 250배의 biophoton 평균·최대 방출량 비교에서 중국 당귀와 일본 당귀 · 모두 한국 당귀와 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과를 근거로 향후 한국 당귀와 중국 · 일본 당귀의 품종 구분을 위한 보다 효율적인 방법 개발을 위하여 한약재의 생체광자 측정 분석 연구가 유용할 수 있음을 알 수 있었다.

### 결론

한국에서 당귀(當歸)로 사용되고 있는 참당귀(*Angelica gigas* N.)와 중국 당귀(*Angelica sinensis* D.), 일본 당귀(*Angelica acutiloba* K.)의 절단면을 대상으로 하여 지연 발광(delayed luminescence)되는 생체광자를 측정하고 background(시료 없는 상태의) 측정치와 비교하여 통계학적으로 분석한 결과

다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. Electron multiplication ratio(광전자증배 비율) 150배의 생체광자 평균 방출량 비교에서는 한국 당귀, 중국 당귀, 일본당귀가 각각  $126.63 \pm 3.89\%$ ,  $105.31 \pm 1.76\%$ ,  $106.16 \pm 1.72\%$ 로 중국 당귀와 일본 당귀 모두 한국 당귀와 유의한 차이( $p < 0.05$ )를 나타내었다.

2. Electron multiplication ratio(광전자증배 비율) 150배의 생체광자 최대 방출량 비교에서는 한국 당귀, 중국 당귀, 일본당귀가 각각  $158.67 \pm 7.90\%$ ,  $116.31 \pm 2.84\%$ ,  $118.43 \pm 3.26\%$ 로 중국 당귀와 일본 당귀 모두 한국 당귀와 유의한 차이( $p < 0.05$ )를 나타내었다.

3. Electron multiplication ratio(광전자증배 비율) 250배의 생체광자 평균 방출량 비교에서는 한국 당귀, 중국 당귀, 일본당귀가 각각  $142.50 \pm 3.06\%$ ,  $109.39 \pm 2.57\%$ ,  $107.88 \pm 1.47\%$ 로 중국 당귀와 일본 당귀 모두 한국 당귀와 유의한 차이( $p < 0.05$ )를 나타내었다.

4. Electron multiplication ratio(광전자증배 비율) 250배의 생체광자 최대 방출량 비교에서는 한국 당귀, 중국 당귀, 일본당귀가 각각  $236.82 \pm 9.67\%$ ,  $134.66 \pm 7.34\%$ ,  $148.99 \pm 17.83\%$ 로 중국 당귀와 일본 당귀 모두 한국 당귀와 유의한 차이( $p < 0.05$ )를 나타내었다.

이상과 같이 한국 당귀와 중국 당귀, 일본 당귀의 절단면에 대한 생체광자 측정 결과 중국 당귀와 일본 당귀 모두 한국 당귀와 유의성 있는 차이를 가지고 있는 것으로 나타났다. 이러한 생체광자 발현의 차이는 한약재의 품종 구분을 위한 효율적인 방법으로 개발될 수 있을 것이다. 앞으로 효과적이면서도 비용이 적게 드는 동명이종(同名異種) 한약재 품종 감별법 개발을 위하여 한약재의 biophoton 측정 분석에 대한 더욱 많은 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

## 참고문헌

1. Dicke RH. Coherence in spontaneous

radiation processes. *Phys. Rev.* 1954 ; 93 : 99-110.

2. Bajpai RP. Coherent Nature of the Radiation Emitted in Delayed Luminescence of Leaves. *J. Theor. Biol.* 1997 ; 198 : 287-299.

3. Marriott G., Clegg RM, Arndt-Jovin DJ, Jovin TM. Time resolved imaging microscopy: Phosphorescence and delayed fluorescence imaging. *Biophysical Journal.* 1991 ; 60 : 1374-1387.

4. Popp FA, Yan Y. Delayed luminescence of biological systems in terms of coherent states. *Physics Letters A.* 2002 ; 293 : 93-97.

5. Gu Q, Popp FA. Nonlinear response of biophoton emission to external perturbations, *Experientia.* 1992 ; 48 : 1069-1082.

6. Popp FA, Li KH, Gu Q.(eds). Recent advances in biophoton research and its applications. Singapore. World Scientific. 1992.

7. Popp FA, Li KH, Mei WP, Galle M, Neurohr R. Physical aspects of biophotons. *Experientia.* 1998 ; 44 : 576-585.

8. 양준모, 정현희, 우원명, 이승호, 양종수, 소광섭. 생물광자의 좌우 및 손바닥과 손등의 상관성 조사. *한국광학회지.* 2004 ; 15 : 355-360.

9. Jung HH, Woo WM, Yang JM, Choi C, Lee JH, Yoon G, Yang JS, Lee SM, Soh K S. Left-right asymmetry of biophoton emission from hemiparesis patients. *Indian Journal of Experimental Biology.* 2003 ; 41 : 452-456.

10. 전국한의과대학 공동교재편찬위원회. 본초학. 서울 : 영림사. 1991 : 578-580.

11. 작자미상. 神農本草經. 北京 : 中醫古籍出版社. 1991 : 169-172.

12. 國家中醫藥管理局. 中華本草. 上海 : 上海科學技術出版社. 1999 : 893-904.

13. Ahn KS, Sim WS, Kim IH. Decursin A cytotoxic agent and protein kinase C activator from the Root of *Angelica gigas*. *Planta Med.* 1997 ; 63(4) : 360-361.

14. 김호철. 한약약리학. 서울 : 집문당. 2001 : 464-467.

15. 박완수, 이창훈, 소광섭, 김호철, 최호영, 박성규. 녹용(鹿茸)의 Biophoton(생체광자) 방출 특성 연구. *대한본초학회지.* 2006 ; 21(2) : 175-180.