

원적외선 처리수가 봄 무의 자엽, 하배축, 뿌리 성장에 미치는 영향

조 봉 희*

수원대학교 자연과학대학 생명과학과
WISE 경기지역센터, 기초과학연구소
(2009. 3. 6. 접수, 2009. 6. 17. 승인)

Effect of the far infrared irradiated water on the growth of the cotyledons, hypocotyls and roots of the spring radishes

Bong-Heuy Cho*

*Department of Life Science, University of Suwon, Suwon 445-743, Korea
Gyeonggi Center of Women into Science and Engineering, Institute for natural Science*

(Received March 6, 2009; Accepted June 17, 2009)

요 약: 원적외선 처리수와 음용수에서 자란 무의 발아율은 상대적으로 100%와 78% 이었다. 원적외선 처리수는 암소와 광에서 자엽의 세포분열을 촉진시켰고, 세포크기도 증가시켰다. 암소와 광조건에서, 원적외선 처리수에서 성장한 자엽의 종축과 횡축의 크기는 음용수에서 성장한 자엽보다 더 컸다. 엽록소의 양과 CO₂ 소모량은 원적외선 처리수에서 자란 자엽에서 상대적으로 더 높았다. 삼투압은 원적외선 처리수에서 성장한 자엽이 음용수에서 성장한 것보다 1.25배 더 높게 측정되었고, 수분퍼텐셜은 원적외선 처리수에서 자란 자엽이 더 음의 값을 보였다. 원적외선 처리수에서 성장한 하배축의 길이는 음용수보다 암소조건에서는 2.18배, 광조건하에서는 1.99배 더 키가 컸고, 무의 크기가 상대적으로 더 컸다.

Abstract: The germination rate of radishes grown with the far infrared irradiated water and drinking water was 100% and 78% respectively. The far infrared irradiated water stimulated the cell division of the cotyledons and enlarged the cell sizes both in the dark and in the light. In the dark and light conditions, the size of the cotyledons of transversal axis and longitudinal axis grown with the far infrared irradiated water was bigger than that grown with the drinking water. The content of chlorophyll and the consumption of CO₂ of the cotyledons grown with the far infrared irradiated water were higher, respectively. Osmotic pressure of the cotyledons grown with the far infrared irradiated water was 1.25 factors higher than that grown with the drinking water. The water potential of the cotyledons grown with the far infrared irradiated water was more negative value. The length of hypocotyls grown with the far infrared irradiated water was 2.18 factors longer in the dark, 1.99 factors longer in the light than that grown with the drinking water and the radish roots grown with the far infrared irradiated water were larger, respectively.

Key words : Far infrared irradiated water, cotyledon, hypocotyl, root, water potential

★ Corresponding author

Phone : +82-(0)31-220-2482 Fax : +82-(0)31-220-2657

E-mail : bhcho@suwon.ac.kr

1. 서 론

태양광에서는 방사선이나 자외선 원적외선 등이 방사되고, 그 에너지는 지구상의 어디에서나 존재하며, 방사 량에 차이는 있지만 모든 생물체는 방사 에너지에 자연적으로 노출되어 있다.¹ 이 중에서 방사선이나 자외선 등은 고도하게 노출되면 치명적인 피해를 입을 수 있고, 전반적으로 식물전체의 피해를 주거나 생리 생화학적, 해부학적 및 형태학적으로 예민성을 초래하기도 한다.² 그러나 적절한 선량 하에서는 생명체에 다양한 생리활성을 촉진시킨다.³⁻⁵ 즉 식물의 발아 및 성장촉진에 의한 생산량 증가,⁵ 병에 대한 저항성, 내한성의 강화,^{6,7} 이차대사 산물의 생합성의 증가⁸ 등 다양한 생리활성에 관여한다. 일부에서는 방사선이나 자외선을 개화촉진, 휴면타파 등 다목적에 이용하고 있고,⁹ 특히 농업분야에서는 식품, 가꾸류 멸균, 살충, 육종 및 생육억제 등에도 이용된다.^{5,10} 방사선이나 자외선은 벼에서는 변이를 선발하는 데에도 이용되고 있다.¹¹

마찬가지로 원적외선도 적절한 선량은 생명체에 다양한 영향을 미치게 된다.¹² 그 중에서 원적외선을 방사하는 물질은 농업, 식품과 의료분야 등 폭넓은 응용 분야에 이용되고 있으며,¹² 가정용 난방기구나, 식료품 및 조리기구 등에서도 원적외선 방사를 이용한 새로운 기술들이 도입되고 있다.¹³ 원적외선은 특히 온열효과를 주어 암이나 종양치료에 이용되기도 한다.^{14,15}

전보의 연구에서는 원적외선 방사물질인 혈토, 규사토, 맥반석 등의 혼합물을 이용하여 원적외선 방사물질인 불(불은 600 °C에서 처리한 후 다시 1200 °C에서 6시간 이상 소성시켰다)을 제조하였고, 이 제조된 불은 인체의 유익한 원적외선 영역인 10 μm 파장에서 흑체 방사율 상대비는 0.93으로 높았고, 방사에너지는 3.72×10² W/m² 이어서 인체에 유익한 원적외선 방사 범위인 8~12 μm 파장범위에¹⁶ 속하면서 높은 방사율을 보였다.¹⁷ 이 제조된 불을 이용하여 활성수(원적외선 방사불을 8시간 이상 담가 두었던 음용수)와 원적외선 처리수(활성수를 재차 고온, 고압처리 시킨 물)를 제조하였고, 원적외선 처리수는 UV C의 전 영역과 UV B의 일부 파장을 흡수하였고, UV C와 UV B 영역을 차단한다는 결과를 아울러 보고하였다.¹⁷

그러나 지금까지는 원적외선이 식물체에 어떤 영향을 미치는 지 보고된 바가 거의 없고, 그 연구결과도 미비할 뿐만 아니라 지금까지 보고된 내용은 주로 원적외선 온열기 등에 관련된 제품¹²⁻¹⁵이 주류를 이루고

있는 관계로 본 연구에서는 원적외선 방사물질인 불을 이용하여 제조된 원적외선 처리수가 식물체에 어떠한 영향을 주는지 알기 위하여 봄 무 식물체의 미치는 영향을 연구하고자 하였다.

2. 실험

2.1. 재료 및 시약

분석에 사용한 기기는 growth chamber (GC700, JE 10 Tech, Korea), cold chamber (KMC-12021, Vision Scientific Co. Ltd, Korea), NMR 500 (AMX 500, Bruker, Germany), UV-spectrophotometer 2000 (Hitachi, Japan)를 사용하였다. 본 실험에 사용한 모든 시약은 Sigma-Aldrich (USA)를 사용하였다.

2.2. 실험재료 및 발아조건

실험 재료로 사용한 장춘 봄 무 씨(F1 Spring White)는 서울종묘에서 구입하였다. 종자에 붙어있는 불순물을 제거시키기 위해 무 종자를 2% NaOCl에서 10분간 소독한 후 흐르는 물에서 8시간이상 세척하였다. 소독된 종자는 autoclave된 신문지 위에 vermiculate를 넣은 바구니 또는 흙을 넣은 화분에 파종하였다. 파종한지 5일, 한 달 또는 6주 등 실험목적에 따라서 목적인 식물부위를 채취하였다. 일부 실험은 대조구로는 음용수(본교 주변 마시는 우물물),¹⁷ 실험구로는 원적외선 처리수로 제조된 agar가 들어있는 살레 또는 agar가 들어있는 유리병에 직접 소독된 종자를 파종하였다. 물이 필요한 파종에는 음용수와 원적외선 처리수를 규칙적으로 매일 400 mL를 주었고, 파종된 종자는 growth chamber에서 실험목적에 따라 암소 또는 9000 lux 광도 및 8 hr L/16 hr D cycle을 주어 성장시켰다. 다만 화분은 실내에 별이 잘 드는 장소에서 성장시켰다.

2.3. 원적외선 방사물질의 제조와 원적외선 처리수 제조

원적외선 처리수의 제조는 전보에서 제조방법을 이미 설명한 활성수를¹⁷ autoclave가 가능한 1.5 L 병에 1 L를 넣어 뚜껑을 덮고, 또 다른 작은 병에는 0.1% NaCl를 각각 autoclave 속에 넣었다(이미 NaCl이 첨가된 경우에는 제외됨). Autoclave는 145 °C 약 4기압에서 처리하여 식힌 후 다시 동일 온도와 기압에서 목적에 부합되는 원적외선 처리수를 제조하였다. 생성된 원적외선 처리수는 3,000 rpm으로 원심분리하여 상등

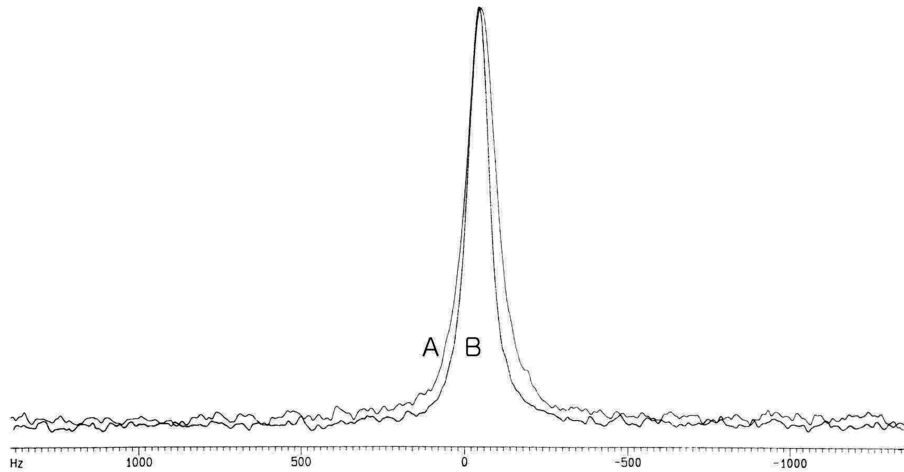


Fig. 1. Comparison with the NMR pick between the drinking water(A) and the far infrared irradiated water(B).

액 만을 취하여 실온에서 보존하였다. 그 외 원적외선 방사되는 모든 시료들과 원적외선 처리수 제조에 관한 자세한 내용은 조(2008)에 준한다.

2.4. 삼투압과 수분퍼텐셜 측정

삼투압은 Chadakov method로 측정하였다.^{18,19} 수분 퍼텐셜은 $\Psi = P + \pi$ 에 일반적인 공식에 의하여 측정된 삼투압으로부터 계산하였다.

2.5. 세포길이, 세포수의 측정

세포의 종축의 측정은 심장형의 자엽을 음쪽 들어간 정 중앙에서 길이를 잰 값이고, 횡축의 측정은 세포의 길이가 가장 긴 부분을 측정한 값이다. 세포수의 측정은 자엽을 hand section하여 광학 현미경에서 세포의 크기를 측정하여 세포크기로부터 세포수를 환산하였다.

2.6. 엽록소의 양과 CO₂ 소모량의 측정

자엽 5 g을 아세톤 5 mL에 넣고 막자사발로 곱게 갈아 2000 rpm에서 5분간 원심분리 시킨다. 상등액을 취한 후 침전물에는 아세톤 5 mL를 다시 넣어 막자사발로 갈고 원심분리 후 상등액을 위의 상등액과 합쳤다.²⁰ 추출한 엽록소를 645 nm와 663 nm에서 흡광도를 측정하여 전체 엽록소의 양(mg/mL)으로 환산하였다.²⁰ 무 자엽의 CO₂ 소모량은 1×10^{-5} M의 NaHCO₃ 10 mL 가 들어 있는 150 mL 삼각플라스크 속에 무가 들어있는 페니실린 병을 용액에서 1.5 cm 공간을 사이에 두고 매 달았다.²⁰ 플라스크 입구를 잘 밀봉한

후 초기 pH 값과 3시간 후에 변화된 pH 값을 측정하여 자엽의 CO₂ 소모량을 결정하였다.²⁰

3. 결과 및 논의

3.1. 음용수와 원적외선 처리수에서 NMR 분석

음용수와 원적외선 방사물질처리로 제조된 원적외선 처리수와 차이가 있는지를 알기 위해서 NMR분석으로 비교하였다(Fig. 1). 원적외선 처리수의 NMR peak의 폭이 음용수 폭보다는 약간 좁게 나왔다. 폭이 좁다는 것은 수소이온 주변의 전자밀도 또는 다양화가 낮다는 것이므로 수소결합이 끊어 졌음을 의미한다.²¹ 다시 말하면 물분자는 다른 물분자 또는 이온들과 수소결합을 하지 않은 자유로운 상태로 존재할 것으로 추정되며, 그때 나온 에너지는 그대로 물속에 저장될 것으로 추정한다. 따라서 원적외선 처리수에서 성장한 식물은 물에 흡수가 용이해 음용수보다는 더 유용하게 물을 이용할 수 있을 것으로 기대한다. 원적외선을 방사시키는 불¹⁷이 원적외선 처리수를 제조할 때 어떻게 물에 작용하는지와 그 작용기작은 현재로는 잘 설명할 수가 없다.

본 연구에서는 비교적 성장기간이 단축되고 처리기간편한 무 식물체를 이용하여 원적외선 처리수를 무 성장실험에 적용하기로 하였다.

3.2. 암소에서 성장하는 식물에 미치는 원적외선 처리수의 영향

암소에서 성장하고 있는 무 식물에 음용수와 원적

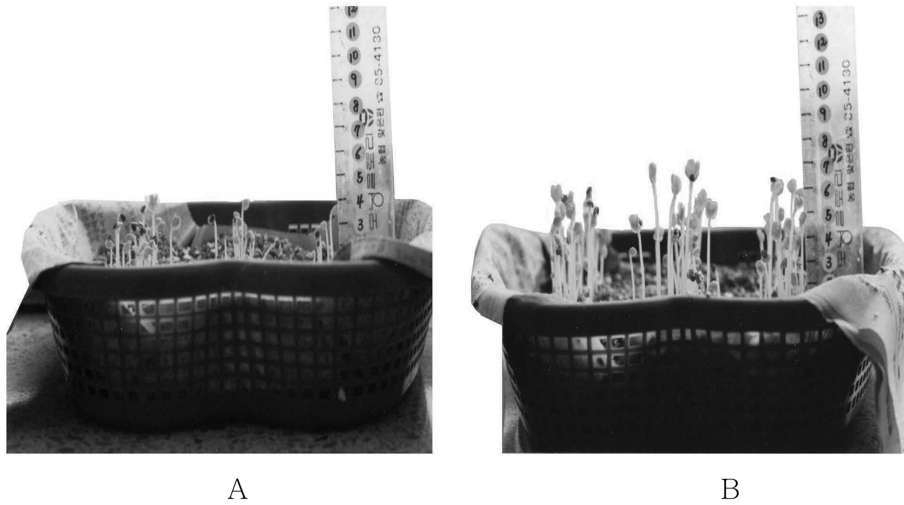


Fig. 2. Comparison of the germination of the radishes cultivated for 5 days in the drinking water(A) and the far infrared water(B) at 25 °C in the dark. Seeds were germinated in vermiculate.



Fig. 3. Comparison of the growth of the radish cotyledons cultivated for 5 days in the drinking water(A) and the far infrared irradiated water(B) at 25 °C in the dark.

외선 처리수를 처리한 결과를 Fig. 2에서 보여주고 있다. 원적외선 처리수에서 성장한 무가 음용수에서 성장한 무보다 발아율과 성장속도가 월등히 증가되었다. 음용수에서는 무의 발아율은 78%이었고, 원적외선 처리수에서는 무의 발아율은 100%를 보였다. 이는 원적외선 처리수가 무의 휴면을 깨어 발아를 촉진시키는 것임을 알 수 있었다. 암소에서는 음용수보다는 원적외선 처리수에서 성장한 무의 하배축의 길이가 훨씬 길고 두꺼웠고, 자엽의 크기도 컸다(Fig. 3).

원적외선 처리수는 세포분열을 촉진시키는 작용을 함을 알 수 있다(Table 1). 원적외선 처리수는 아마도 세포주기의 어느 시기에 영향을 주어 세포분열을 촉진시킬 것으로 추측된다. 세포신장이 증가된 것은 원적외선 처리수에서 성장한 자엽에서 음용수에서 성장한 자엽보다는 수분함량이 많은 것으로 보아 수분 퍼텐셜이 높을 것으로 생각하였다.

일반적으로 자외선을 처리한 식물은 광합성의 중요 효소인 ribulose-1,5 bisphosphate carboxylase의 활성을

Table 1. Comparison of the size of the radish cotyledons cultivated for 5 days in the drinking water and the far infrared irradiated water at 25 °C in the light

Drinking water (cell number/cotyledon)			Far infrared irradiated water (cell number/cotyledon)		
Cell size (μm)	Transversal axis	Longitudinal axis	Cell size (μm)	Transversal axis	Longitudinal axis
40 ± 1.15	1,000	1,825	45 ± 1.24	1,667	3,200

Table 2. Comparison of the growth of the radish cotyledons cultivated for 5 days in the drinking water and the far infrared irradiated water at 25 °C in the dark

Length	Drinking water		Far infrared irradiated water	
	Transversal axis	Longitudinal axis	Transversal axis	Longitudinal axis
cm	0.40 ± 0.09	0.73 ± 0.19	0.75 ± 0.15	1.28 ± 0.18

저해하고, 엽록소, flavonoid 농도의 감소와 잎의 구조의 변화를 일으켰다.² 자외선이 광합성효소, 엽록소의 합성과 형태에 부정적인 영향을 주는 것으로 보고되었으나,² 원적외선 처리수는 생리생화학 및 형태적으로 긍정적인 영향을 주는 것으로 나타나 앞으로 이 분야의 연구가 더욱 활성화되는 것이 중요하다.

무작위로 자엽을 수확하여 자엽의 종축과 횡축을 비교 분석한 결과를 Table 2에서 보여준다. 암소조건 하에서 음용수에서 성장한 자엽보다 원적외선 처리수에서 성장한 자엽이 종축과 횡축의 크기가 더 크음을 알 수 있다. 원적외선 처리수에서 성장한 자엽이 음용수에서 성장한 자엽보다 종축 1.88배, 횡축 1.75배 크

을 보여주었다. 이 현상은 역시 세포수와 세포크기의 증가의 결과이다(Table 1). 이처럼 원적외선 처리수는 자엽의 크기의 성장에 영향을 주고 있다.

3.3. 광조건 하에서 성장하는 봄 무에 미치는 원적외선 처리수에 영향

음용수와 원적외선 처리수로 처리된 agar 살레에 파종된 무 종자는 5일 후에 자엽의 크기와 색소에서 큰 차이를 보임을 Fig. 4에서 보여주고 있다. 원적외선 처리수에서 성장한 자엽의 엽록체의 엽록소 색이 진하게 보여 엽록소가 더 합성되었음을 알 수 있었다. 실제로 원적외선 처리수에서 성장한 자엽에서 음용수에서 성장한 자엽보다는 엽록소의 양이 증가되었다 (Table 3). 원적외선은 무의 엽록소 합성에 긍정적인 영향을 주지만, 오이식물에서 자외선이 엽록소와 flavonoid 합성을 방해하여 부정적인 영향을 주는² 것과는 비교되는 결과이다.

암소의 결과와 마찬가지로 Table 4에서는 광조건하에서 자엽의 종축과 횡축의 크기가 음용수에서 성장한 자엽보다는 원적외선 처리수에서 성장한 자엽에서 더 크고 건강하고 견실하게 보였다. 원적외선 처리수

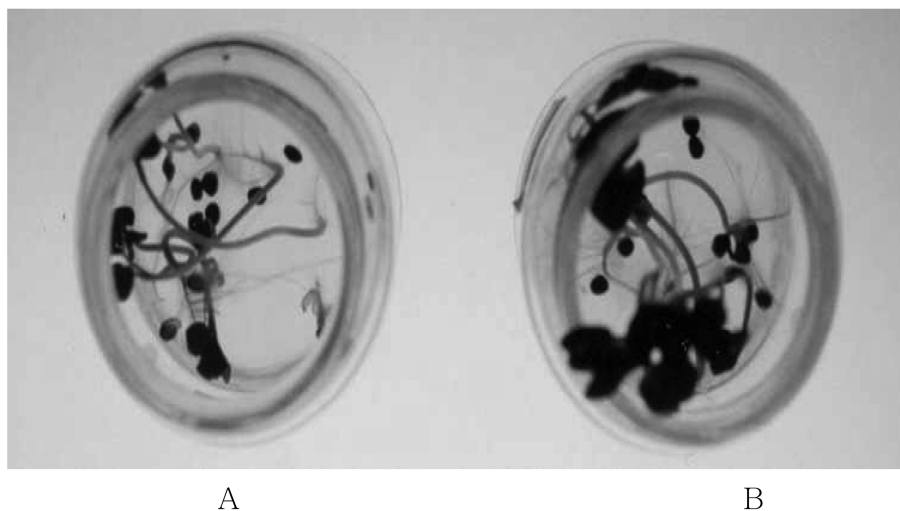


Fig. 4. Comparison of the growth of the radishes cultivated for 5 days in the drinking water(A) and the far infrared irradiated water(B) at 25 °C in the light.

Table 3. Comparison of the chlorophyll contents of the radish cotyledons cultivated for 5 days in the drinking water and the far infrared irradiated water at 25 °C in the light

Drinking water		Far infrared irradiated water	
Chlorophyll (mg/mL)	CO ₂ consumption (μmol)	Chlorophyll (mg/mL)	CO ₂ consumption (μmol)
1.11±0.94	17±1.71	1.99±0.83	26±1.45

Table 4. Comparison of the growth of radish cotyledons cultivated for 5 days in the drinking water and the far infrared irradiated water at 25 °C in the light

Length	Drinking water		Far infrared irradiated water	
	Transversal axis	Longitudinal axis	Transversal axis	Longitudinal axis
cm	0.41±0.07	0.82±0.09	0.84±0.28	1.52±0.23

에서 성장한 자엽은 음용수에서 성장한 자엽의 종축은 2.05배, 횡축은 1.85배가 증가되어 음용수에서보다는 원적외선 처리수에서 성장한 자엽이 더 컸음을 말해준다.

Table 5에서는 음용수와 원적외선 처리수에서의 성장한 자엽의 삼투압과 수분 퍼텐셜을 측정 한 결과를 보여준다. 음용수보다는 원적외선 처리수에서 성장한 자엽에서 삼투압이 높고, 수분 퍼텐셜도 더 음의 값을 보였다. 삼투압이 높다는 것은 광합성을 수행하여 세

Table 5. Comparison of the water potential, osmotic pressure of radish cotyledons cultivated for the drinking water and the far infrared irradiated water at 25 °C in the light

Content	Drinking water	Far infrared irradiated water
Osmotic pressure	-0.47 Mpa	-0.62 Mpa
Water potential	-0.47 Mpa	-0.62 Mpa

Table 6. Comparison of the growth of the radish hypocotyls cultivated for 5 days in the drinking water and the far infrared irradiated waters at 25 °C in the dark and light

Length	Drinking water		Far infrared irradiated water	
	Dark	Light	Dark	Light
cm	4.1±0.45	3.35±0.87	8.97±0.32	6.65±0.30

포질에 녹아있는 용질의 농도가 훨씬 높음을 의미한다. Table 2~4에서 보여주는 바와 같이 원적외선 처리수에서 자엽의 크기도 크고, 엽록소의 색도 진하므로 엽록소의 합성이 더 높음을 알 수 있었다. 당연히 엽록소의 농도가 높으면 광합성률은 증가될 것이다 (Table 3). 꼭 광합성률이 높지 않다고 하더라도 세포질의 용질의 농도가 높다는 의미는 탄수화물, 단백질, 지질 및 핵산 대사 등이 활발하게 진행됨을 의미하므로 음용수보다는 원적외선 처리수에서 자엽의 크기가 더 큰 것도 이해할 수 있다. 따라서 삼투압이 높다는

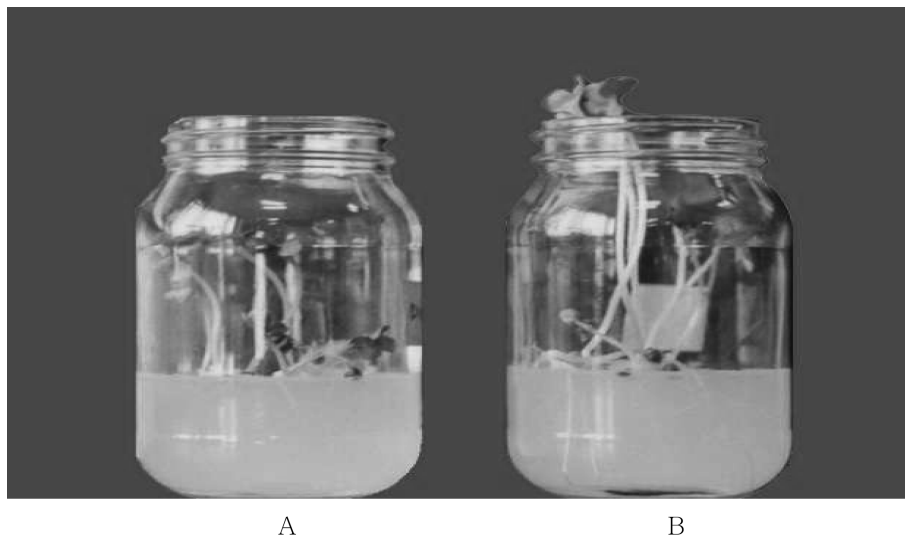


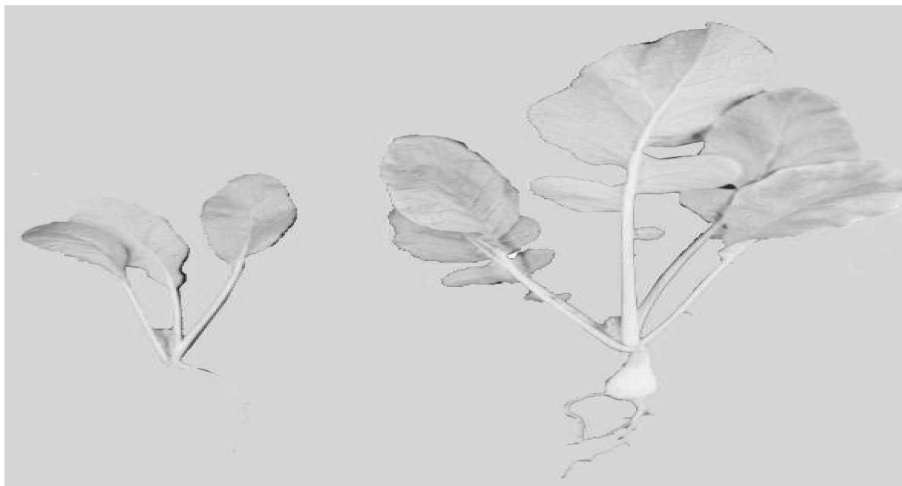
Fig. 5. Comparison of the growth of the radishes cultivated for 5 days in the drinking water (A) and the far infrared irradiated water(B) at 25 °C in the light.



A

B

Fig. 6. Comparison of the growth of the radishes cultivated for one month in the drinking water(A) and the far infrared irradiated water(B) at 25 °C in the light.



A

B

Fig. 7. Comparison of the size of radishes cultivated in the drinking water(A) and far infrared irradiated water(B) at 25 °C in the light.

것은 수분 퍼텐셜도 더 음의 값이므로 원적외선 처리수에서 수분함량이 더 높음을 증명해 주고 있다.

3.4. 하배축과 뿌리에 미치는 원적외선 처리수에 영향

Fig. 6에서는 하배축의 성장이 음용수와 원적외선 처리수에서 차이를 보여주고 있다. 원적외선 처리수에서 성장한 하배축의 길이가 음용수에서 성장한 하배축보다 더 길게 자랐음을 보여준다.

암조조건하에서 원적외선 처리수에서 성장한 하배

축의 길이성장은 음용수에서 자란 하배축보다 2.18배 더 길었고, 광조건 하에서 하배축의 길이성장은 원적외선 처리수에서 성장한 하배축에서 1.99배 더 성장하였다. 광조건하에서는 당연히 암조건보다는 하배축의 길이성장도 짧고, 튼튼하였지만 원적외선 처리수에서 성장한 하배축은 암수에서 성장한 하배축보다는 더욱 더 키가 크고 하배축의 지름도 커지고 견실하였다.

무우를 화분에 심어서 무우가 형성되는 시기까지 4주간을 관찰한 결과를 Fig. 6에서 보여주고 있다. 역시 원적외선 처리수에서 성장한 식물체의 잎과 줄기

가 더 발달된 것을 볼 수 있다. Fig. 7은 무의 형성을 비교한 것이다. 원적외선 처리수에서는 무가 잘 성장하였고, 그 후 6주후에 음용수에서 성장한 무보다는 원적외선 처리수에서 성장한 무가 더 컸다.

4. 결 론

원적외선 처리수는 식물체의 세포분열의 촉진과 세포신장을 증진시켰다. 그 결과 자엽, 하배축 뿌리의 크기가 증가되었다. 원적외선 처리수는 식물체의 삼투압을 높게 만들었고, 수분 퍼텐셜도 증가시켰다. 원적외선 처리수는 무의 성장을 촉진시켜서 무의 수분함량을 높게 해 주었고, 엽록소의 함량과 광합성의 증가, 성장률도 향상시켰다. 원적외선 처리수는 앞으로 농업에도 이용할 수가 있다고 판단한다.

감사의 글

실험을 수행할 수 있도록 원적외선을 방출시키는 재료를 제공해 주신 덕원선생에게 감사드립니다.

참고문헌

1. J. A. Bunce, D. T. Patterson, M. M. Pect and R. S. Albert, *Plant Physiol.* **60**, 255-258(1970).
2. R. M. Mirecki and A. H. Teramura, *Plant Physiol.* **74**, 475-480(1984).
3. C. F. Atkinson, *Sci.* **7**, 7-12 (1989).
4. S. C. Sheppard and W. G. Evenden, *Ca. J. Plant Sci.* **66**, 431-435(1986).
5. E. K. Lee, J. S. Kim, Y. K. Lee, and Y. B. Lee, *J. Kor. Soc. Horticultural Sci.* **39**, 670-675(1998).
6. J. S. Kim, E. K. Lee, J. Y. Song, H. G. Kim and Y. B. Lee, *Kor. J. Environ. Biol.* **16**, 47-51(2000).
7. J. S. Kim, E. K. Lee, M. H. Back, D. H. Kim and Y. B. Lee, *Kor. J. Environ. Biol.* **19**, 58-61(2000).
8. J. H. An, J. S. Kim, J. H. Jeong, S. M. Oh and S. T. Kwon, *Kor. J. Plant Biotech.* **30**, 201-206(2003).
9. H. Y. Kim, I. J. Lee, D. H. Shin and K. U. Kim, *Kor. J. Life Sci.* **8**, 272-278(1998).
10. S. Stan, A. C. Croitoru, *Stim Newl.* **1**, 23-25(1970).
11. I. S. Lee, D. S. Kim, S. J. Lee, H. S. Song, Y. P. Lim and Y. I. Lee, *Kor. J. Plant Biotech.* **30**, 19-25(2003).
12. 정구영, 백우현, 윤천기, *한국환경과학회지*, **9**, 423-429(2000).
13. 진갑덕, 이신웅, 이수근, *자원문제연구소*, **5**, 55-68(1986).
14. 정구영, 백우현, *대한온열종양학회*, **3**, 51-58(1998).
15. 백우현, *대한온열종양학회*, **1**, 61-67(1996).
16. 박종욱, 최태섭, 조명, *전기설비학회지*, **135**, 32-40(1999).
17. 조봉희, *한국분석과학회지*, **21**, 279-283(2008).
18. E. S. Knipling, *Ecology*, **48**, 1038-1041(1967).
19. R. O. Slater, *Annu. Rev. Plant Physiol.* **13**, 351-378(1962).
20. C. W. Ross, *Plant Physiology Laboratory Manual*, Wadsworth, Pub. Comp. Inc. Belmont, California, 96-98(1974).
21. P. Lampman, K. Vyvyan, *Introduction to spectroscopy*, Brooks/Cole, Cengage Learning, 49(2009).