

# 전계와 자계가 식물씨앗의 발아와 초기생장에 미치는 영향

## Effects of Electric and Magnetic Fields to Seed Germination and Its Early Growth

文在德<sup>†</sup>·權男烈<sup>\*</sup>  
(Jae-Duk Moon · Nam-Yul Kyon)

**Abstract** - All the plants on earth live under an electric and magnetic field because the earth is a magnet and there is an electric field between the charged cloud and the ground. It has been reported that electromagnetic fields influence both the activation of ions and polarization of dipoles in living cells of seeds and plants, though the mechanism of these actions is still poorly understood. In this paper, the effects of the electric and magnetic fields and exposure times to the germination of several vegetable seeds and its early growth have been investigated experimentally to find out the feasibility of a plant factory for mass production of clean and unpolluted vegetables. The germination rate and the growth rate of some seeds under the fields exposed were analysed and compared with those of unexposed ones. It is found that the germination rate and its early growth rate of exposed seeds under the fields were accelerated about 1.1-1.4 and 1.7-2.2 times in maximum compared with those of unexposed ones. But, however, an inhibitory effect on germination and plant early growth were shown in the case of the higher electric and magnetic fields.

**Key Words** : Electric and Magnetic Field, Seed Germination, Plant Early Growth. Activation and Inhibitory Effect

### 1. 서 론

지구는 영구자석으로서 지표상에 자계를 형성하고[1], 구름과 지표면간에는 전계가 존재하며[2], 전자계는 지구상의 모든 생명체에 영향을 미치고 있다[1-3]. 식물체의 발아와 성장에 미치는 전자계 효과에 대한 연구는 기후 조건이 척박한 북구에서 오래전부터 수행되어 왔다[3,4].

이는 외부 전자계가 식물체내 세포중의 이온과 유극성 분자를 활성화 또는 비활성화작용을 할 수 있는 것을 의미한다[5-8]. 즉, 식물의 외적 성장환경의 전자계적 최적화나 식물체내 세포의 활성화에 의한 성장촉진이 외부 전자계에 영향을 받을 수 있음을 보여주나[9-14], 구체적인 발현기구는 아직 알려져 있지 않다[5,8,15].

본 연구는 전자계가 식물에 미치는 영향을 실험적으로 조사하여 효과적인 청정 무공해 식물공장[12-15]의 설립 가능성을 검토하기 위한 기초연구로서, 0.0~1.3KV/m의 교류전계와 0.3~34G의 펄스자계로 모의한 선로하의 전자계가 벼씨, 무씨, 배추씨, 그리고, 수박씨의 발아 및 초기생장에 미치는 영향을 실험적으로 검토한 결과이다.

### 2. 실험장치 및 방법

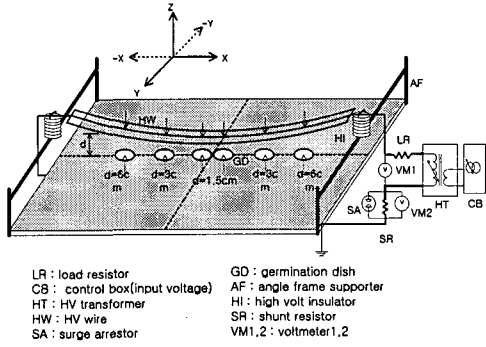
그림 1은 식물 씨앗의 발아와 초기 성장특성을 모의 실험

하기 위한 장치의 개략도와 사진으로서, 고전압 전원과, 모의선로와, 모의지면과, 모의선로의 수직하의 씨앗 시료접시로 구성되어 있다. 인가전압원은 20kV, 0.2mA의 교류전원이고, 부하는 고저항(100MΩ, 20cm long)을 사용하였다. 모의 전계는 각각 1.3, 0.7, 0.3kV/m, 무전계(0.0kV/m)의 4종류로 실험을 수행하였다. 그림 1(c)은 펄스자계장치 개략도로서, 구형과 펄스 전류전원, 모의선로, 모의지면, 모의선로하의 씨앗 시료접시로 구성하였다. 자계발생은 구형과 펄스 전류전원(DRPP-20100, Donga Co)을 사용하여 V=16V, I=40A, f=60pps, R=0.4Ω(증류수중 침전)을 사용하였다. 인가 펄스 자계는 각각 34, 16, 4G, 그리고, 무자계(地磁界 0.3G)의 4종류의 펄스자계로 모의하여 실험하였다. 모의지면은 전담지면의 도전성을 고려하여 절연체판상에 접지된 알루미늄 막을 상설하였다. 모의지면의 크기는 X=360cm, Y=180cm로 하였으며, 모의선로의 지상고, Z는 각 시료 접시상의 씨앗에 전자계를 고려하여 Z=30cm로 하였다. 모의 전압은 전압계(DVM, Fluke 75)와 고전압 프로브(Keithley, 1000:1)와 축적형 오실로스코프(Tektronix, TDS 340A)로 측정하였다. 모의전류는 정밀저항(R=10.00kΩ)단에서 측정하였고, 전자계는 전계측정장치(electrostatic meter, Trek Inc, 344-K)와 자계 측정장치(fluxmeter, Magnet Physik)로 측정하였다. 씨앗은 시판의 씨앗을 사용하였고, 각각의 시료접시(높이 1.5cm, 직경 9cm)속의 시판면재(gaze)상에 놓고, 일정 수분 공급(이온교환수, 25ml)과 유지(10ml/day)를 지속하여 실험하였다. 이 시료접시속에 50개의 씨앗을 그림 1(b)과 같이 적정 전계하에 노출시켜서 발아 및 성장실험을 수행하였다. 4종류의 씨앗은 모두 종묘사(홍농종묘)의 것으로, 1회 실험시에 각 50개씩, 4종류의 총계 200개의 씨

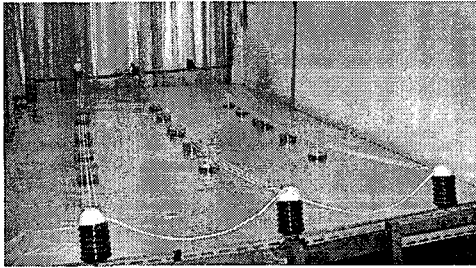
<sup>†</sup> 교신저자, 正會員 : 慶北大 電子電氣工學部 教授 · 工博  
E-mail : jdmoon@knu.ac.kr

<sup>\*</sup> 學生會員 : 慶北大 大學院 電氣工學科 碩士  
接受日字 : 2006年 3月 14日  
最終完了 : 2006年 4月 17日

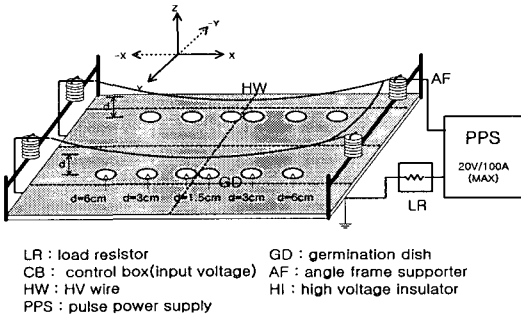
를 적정 전계(또는 자계)하에 노출시켜 발아 및 초기성장 실험을 수행하였으며, 실험의 신뢰도를 위해 동일조건으로 3회 반복 실험하여, 총 600개로 실험하여 평균값을 얻었다 [13]. 씨앗의 발아 판정은 초근길이가 1.0mm가 될 때 발아 된 것으로 간주하였다[13].



(a) 모의 전계 실험장치 개략도



(b) 모의 전계 실험장치 사진



(c) 모의 펄스자계 실험장치 개략도

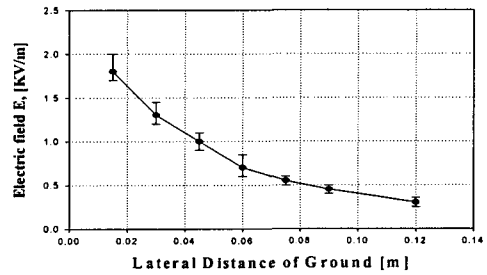
그림 1 발아와 초기성장 실험을 위한 전계 및 자계 실험장치  
Fig. 1 Schematic diagram of experimental setup.

그림 2는 모의 선로하의 지상고 Z를 변수로 실측한 전계와 자계를 나타낸 것이다. 각각 Z값이 3.0, 6.0, 12cm 지점에서 실측된 전계는 각각 1.3, 0.7, 0.3kV/m이고, 실측된 펄스자계는 각각 34, 16, 4G 값이 나타나게 하였다. 따라서 전체 모의선로의 중심 좌표를 ( $X_0, Y_0, Z_0$ )로 정하고, Y를 대칭축으로 하여 각각 Z가 각각 3.0, 6.0, 12cm 위치에 시료 씨앗을 배치하여 실험을 수행하였다. 씨앗의 초기 성장실험은 식물이 성장함에 따라 설정 전계가 변동되므로 매일 동일시간에 Z를 조절하면서 적정 전계가 식물체상에 인가되도록 하였다.

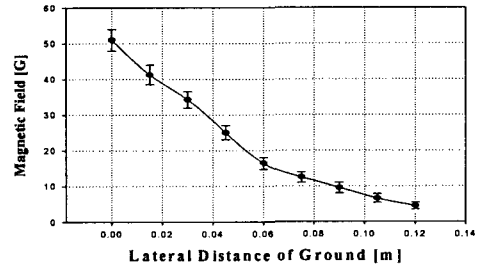
전계와 자계가 식물씨앗의 발아와 초기생장에 미치는 영향

### 3. 실험결과 및 고찰

그림 3은 전계가 4일 동안 인가된 볍씨의 평균발아개수와 평균발아율을 나타낸 것이다. 그림 3(a)는 각각의 전계하의 볍씨의 평균발아개수를 나타낸 사진이고, 그림 3(b)는 동일 전계하의 볍씨의 평균발아율을 나타낸 것이다. 전계 인가중의 볍씨의 평균발아율은 무전계에서 66%, 0.3kV/m에서 72%, 0.7kV/m에서 58%, 1.3kV/m에서 50%로, 무전계를 기준

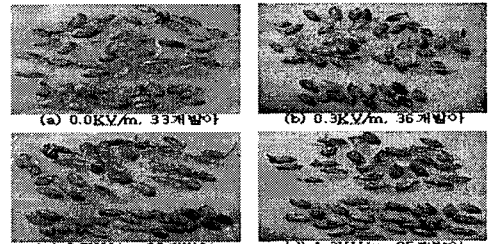


(a) 모의선로하의 실측한 전계분포

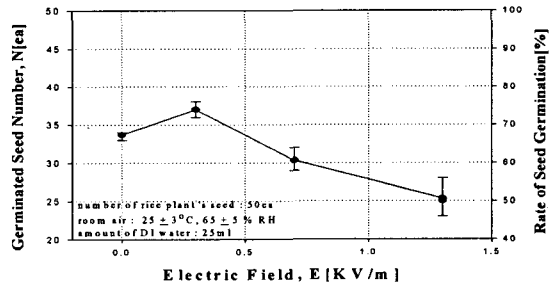


(b) 모의선로하의 계산한 자계분포

그림 2 모의선로하의 전계 및 자계분포  
Fig. 2 Electric and magnetic field distribution.



(a)전계하의 볍씨의 발아사진

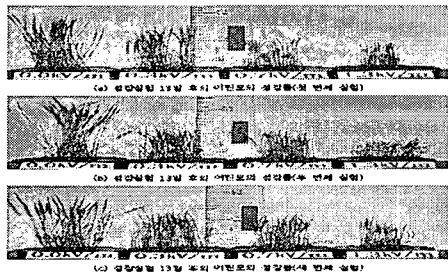


(b)전계하의 볍씨의 발아특성

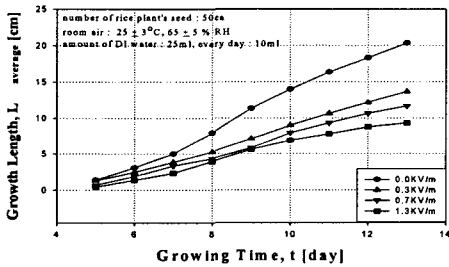
그림 3 전계가 인가된 볍씨의 발아특성  
Fig. 3 Electric field effect on germination of rice seeds.

으로 각각 100, 109%로 미량 증가 후 전계의 증가에 따라 88%, 그리고, 76%로 점차 낮아졌다. 그러나 0.3kV/m에서는 무전계에 비해 약 9%의 증가된 발아율을 보여주었다. 지금까지의 교류 전계의 피폭시킨 연구 결과는 주로 발아 억제 효과가 현저하며, 이는 전계가 높아질수록 발아 억제효과도 현저한 것으로 보고되고 있다[6,16,17]. 그러나 본 실험결과는 벼씨의 발아에 영향을 미치는 효소나 이온들은 어느 특정치의 전계(0.3kV/m)에서는 활성기(free radical)의 신진대사를 포함한 생물학적 발아진행과정에 활성화를 주기도 하고, 또 어느 특정치의 전계(0.7kV/m)이상에서는 생물학적인 진행과정이 억제되기도 하는 것을 보여주며, 발아를 촉진시키는 적정 값의 전계가 있음을 보여준다[14,16].

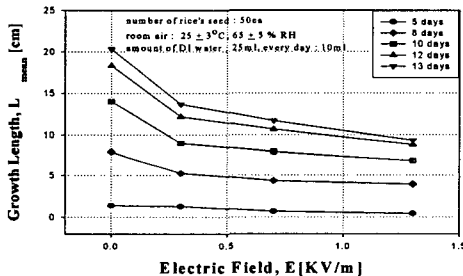
그림 4는 4종류의 벼씨의 초기성장특성을 나타낸 것이다. 그림 4(a)는 4일 동안의 발아된 벼씨를 9일 동안 동일조건으로 성장시킨 사진이고, 그림 4(b), (c)는 인가 전계 변화에 따른 벼의 초기성장을 나타낸 것으로, 벼의 경우는 전계의 증가에 따라 초기성장이 크게 억제되는 것을 보여준다.



(a) 각전계하의 벼줄기 성장 사진(13일후)



(b) 전계하의 벼줄기 초기성장특성



(c) 전계하의 벼줄기의 성장길이 비교

그림 4. 모의 전계가 인가된 벼줄기의 초기성장 특성

Fig 4. Electric field effect on growth of rice plant.

지금까지는 연구는 주로 전계처리에 의한 생유의 촉진 효과를 기대하는 연구가 수행되어 왔다[2]. 즉, 직류 전계하에서 신장과 생체중이 크게 증가되었다[2]. 이는 전계하에서는

수증기의 증발 촉진, 이온전류의 증가, 입면 경계층에서의 이산화 탄산가스의 확산저항의 감소 효과가 있어서 발육이 증가된다고 보고하고 있다[2].

따라서 본 연구 결과는 위의 연구 결과와는 차이를 나타내나, 현재의 벼줄기가 쉽게 풍해를 받아서 넘어지는 것을 고려하면 벼줄기는 더 작아지고 그 성장 에너지를 열매로 돌려서 유효할 수도 있게 된다. 이는 일본에서는 산성수로 벼줄기를 작게 하여 풍해를 적게 받게 하여 수확을 올리는 연구 결과가 있다[15].

그림 5는 전계 모의 전계하의 무씨의 평균발아개수와 평균발아율을 나타낸 것이다. 무씨의 평균발아율은 인가 전계가 높아질수록 감소하며, 무전계에서 88%, 0.3kV/m에서 87%, 0.7kV/m에서 82%, 1.3kV/m에서 80%로, 무인가의 경우를 100% 기준으로 하면 각각의 전계에서 99, 93, 91%로 인가 전계가 높아질수록 발아율은 점점 낮아짐을 보여준다. 이는 무씨의 발아에 전계가 생물학적인 발아진행과정에 영향을 주어 크게 억제하는 것을 의미한다.

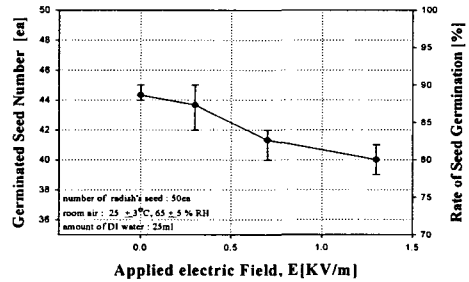
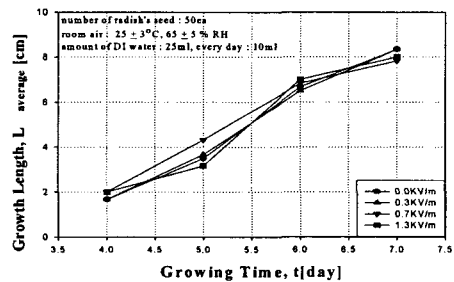
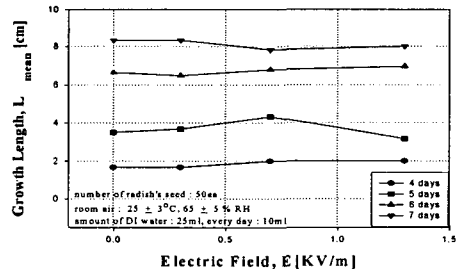


그림 5 전계하의 무씨의 발아특성

Fig 5. Electric field effect on germination of radish seeds.



(a) 전계하의 무줄기의 초기성장 특성



(b) 전계하의 무줄기의 성장길이 비교

그림 6 전계인가 된 무줄기의 초기성장 특성

Fig 6. Electric field effect on growth of radish plant.

그림 6은 경과시간과 전계가 무줄기의 초기 성장특성에 영향을 나타낸 것이다. 3일 동안의 발아실험을 마친 발아된 무씨를 7일 동안 성장실험을 수행한 결과, 각각 0.0, 0.3, 0.7, 1.3kV/m의 전계에서 무줄기의 초기성장률은 약간의 편차는 있으나, 전계가 무의 초기성장에는 영향이 없음을 보여준다.

이는 전계하에서는 수증기의 증발 촉진, 이온전류의 증가, 입면 경계층에서의 탄산가스의 확산저항의 감소효과 등이 있음[2, 16]에도 불구하고 발육이 증가되지 않음을 보여준다.

그림 7은 배추씨에 전계를 인가하여 3회 반복 실험된 평균발아개수와 평균발아율을 나타낸 것이다. 배추씨의 평균 발아율은 무전계에서 51%, 0.3kV/m에서 55%, 0.7kV/m에서 62%, 1.3kV/m에서 72%로, 무전계를 100% 기준으로 하면, 0.3kV/m에서 108%, 0.7kV/m에서 122%, 1.3kV/m에서 141%로 인가 전계의 증가에 따라 매우 높아지는 것을 보여준다. 배추씨는 2일 정도의 발아시간을 갖는 식물임에도 불구하고, 전계의 인가가 발아율을 활성화하여 발아 촉진효과가 있음 [2,4,7]을 보여준다.

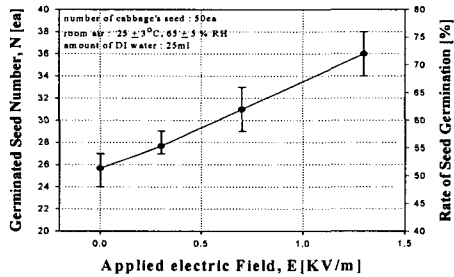
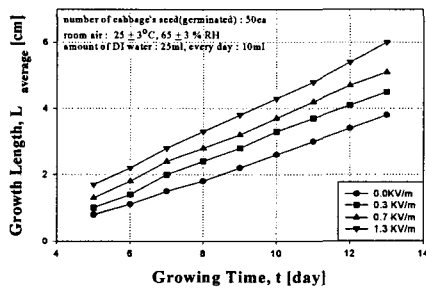
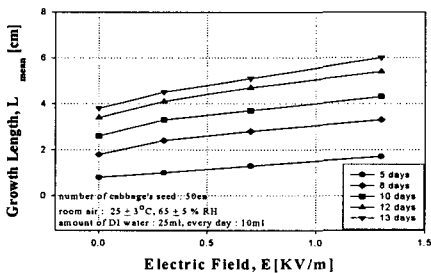


그림 7. 전계하의 배추씨의 발아특성  
Fig 7. Electric field effect on germination of cabbage seeds.



(a) 전계하의 배추줄기의 초기성장특성



(b) 전계하의 배추줄기의 성장길이 비교

그림 8 전계가 인가된 배추줄기의 초기 성장특성  
Fig 8. Electric field effect on growth of cabbage plant.

그림 8은 전계에 따른 배추줄기의 4일간의 발아실험 후에 9일간 성장시킨 결과이다. 전계가 증가할수록 초기성장률이 각각 2.1mm/day와 16.2%/kV/m의 비율로 증가되며, 무의 초기성장이 인가 전계에 영향을 적게 받는 것에 비해 배추의 초기성장은 크게 영향을 받아 외부전계 처리로 생육촉진 효과를 가져올 수 있는 식물임을 보여주었다[11].

그림 9는 수박씨의 평균발아에 미치는 인가 전계가 영향을 나타낸 것으로, 평균 발아율이 무전계에서 64%, 0.3kV/m에서 65%, 0.7kV/m에서 60%, 1.3kV/m에서 58%로, 무전계를 100%로 기준할 때 각각 102, 94, 91%로 인가 전계가 높아질수록 발아율은 낮아진다. 지금까지의 교류 전계의 피폭시킨 연구 결과는 주로 발아 억제효과가 현저하며, 이는 전계가 높아질수록 발아 억제효과도 현저한 것으로 보고[2,14]되고 있다. 수박씨도 발아를 억제하는 방향으로 전계가 크게 작용하는 것을 보여준다.

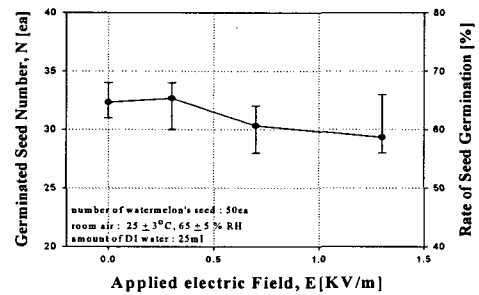
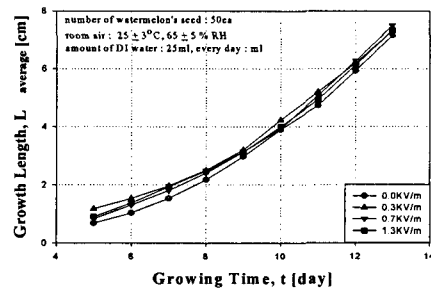
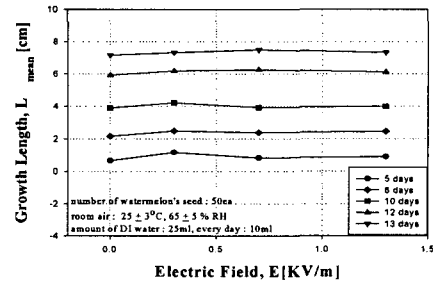


그림 9. 전계하의 수박씨의 발아특성  
Fig 9. Electric field effect on germination of watermelon seeds.



(a) 전계하의 수박줄기의 초기성장특성



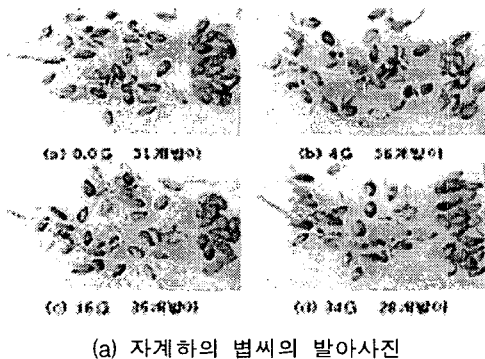
(b) 전계하의 수박줄기의 성장길이 비교

그림 10 전계하의 수박줄기의 초기성장특성  
Fig 10. Electric field effect on growth of watermelon plant.

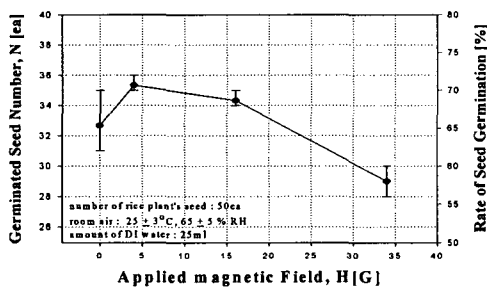
그림 10은 경과시간과 전계에 따른 수박줄기의 초기성장 특성을 나타낸 것이다. 수박씨를 4일 동안의 발아실험 후에 바로 초기성장 실험에 들어가 9일 동안 성장시킨 결과이다. 이는 전계하에서는 수증기의 증발 촉진, 이온전류의 증가, 입면 경계층에서의 이산화 탄산가스의 확산저항의 감소 효과가 있어서 발육 증가효과가 있음[6]에도 불구하고, 수박의 초기성장은 전계에 가장 작게 영향을 받는 것을 보여준다.

그림 11은 무인가(0.3), 4, 16, 34G의 펄스자계하의 벼씨의 평균발아특성을 나타낸 것이다. 벼씨의 평균발아율은 인가 펄스자계가 높아질수록 무인가에서 65%, 4G에서 71%, 16G에서 68%, 34G에서 58%로 나타났다. 이는 무인가를 100% 기준으로 할 때 각각 109, 105, 89%로 16G까지는 증가하다가 더 큰 자계하에서는 급격히 낮아짐을 보여준다. 그러나 무인가의 0.3G이상의 펄스자계에서 평균발아율이 높아져서 4G에서 최대값을 가지며, 이 이상 즉, 16G, 34G 펄스자계에서 낮아졌다. 벼씨는 자계가 16G이하에서는 발아율이 증가되었고, 이 이상의 자계에서는 발아진행과정이 억제되어 발아율이 급격히 낮아짐을 보여준다.

자계하에서의 씨앗의 발아 연구는 해석이 난해하여 주로 실험 논문으로 보고되고 있고[2,5,18-20]. 씨앗이 발아시의 세포내의 수분흡수증가나 이온전류의 촉진에 영향을 줄 수 있는 것으로 알려져 있다[19,20].



(a) 자계하의 벼씨의 발아사진



(b) 자계하의 벼씨의 발아특성

그림 11 펄스자계하의 벼씨의 발아특성

Fig. 11. Photos and magnetic field effect on germination of rice seeds.

그림 12는 펄스자계하의 무씨의 평균발아율은 0.3, 4, 16, 34G에서 각각 74, 90, 80, 68%로, 무인가의 경우를 100%로 기준할 때 각각 122, 108, 92로 나타났다. 즉, 무씨도 벼씨와 같이 16G까지의 펄스자계에서는 발아가 크게 활성화되나, 25G이상의 펄스자계에서는 급격히 억제됨을 보여준다.

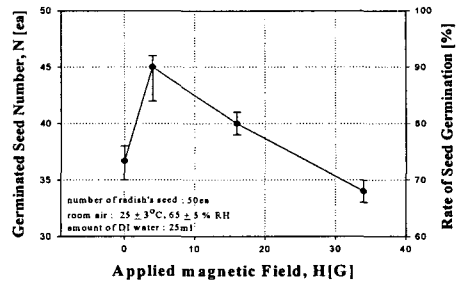


그림 12 펄스자계하의 무씨의 발아특성

Fig. 12. Magnetic field effect on germination of radish seeds.

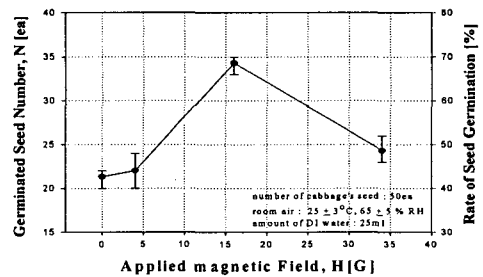


그림 13 펄스자계하의 배추씨의 발아 특성

Fig. 13. Magnetic field effect on germination of cabbage seeds.

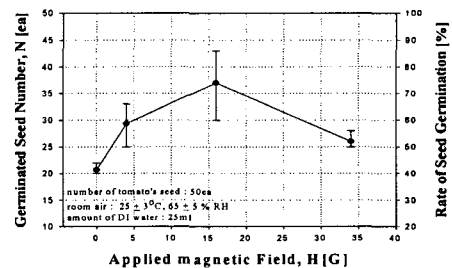


그림 14. 펄스자계하의 수박씨의 발아특성

Fig. 14. Magnetic field effect on germination of watermelon seeds.

그림 13은 배추씨에 펄스자계 인가할 경우, 평균발아율은 0.3G에서 40%, 4G에서 48%, 16G에서 66%, 34G에서 52%로, 무인가의 경우를 100%로 기준할 때 각각 120, 165, 130%로, 펄스자계가 증가할수록 점점 발아율은 높아지는 것을 보여준다. 이는 배추씨는 발아시간이 2일로 빨리 발아하는 식물이지만, 펄스자계에 의해 발아율을 16G에서는 1.65배로 크게 활성화되며, 25G이상의 높은 자계하에서도 발아가 매우 활성화됨을 알 수 있다. 이는 자계하에서의 씨앗 발아시의 세포내의 신진대사나 이온전류의 촉진에 큰 영향을 받아 발아가 증대되는 것으로 보고되고 있다[2,19,20].

그림 14는 펄스자계하에서 수박씨의 평균발아율은 0.3G에서 40%, 4G에서 66%, 16G에서 86%, 34G에서 56%로, 즉, 무인가를 100% 기준으로 각각 165, 215, 140%로 가장 높은 발아율의 증가를 보여준다. 또, 이는 펄스자계가 16G일 경우는 무인가의 경우의 2.15배로 가장 높은 것을 보여주어, 수박의 경우 외부 자계인가에 의해 발아율을 크게 증가시킬

수 있는 식물로서, 외부 자계가 씨앗 발아시의 세포내의 신진대사나 이온이동 등 발아촉진에 큰 영향을 주어 식물 논장에의 대량재배도 가능한 것을 보여준다[2,7,15,20].

#### 4. 결 론

본 연구는 청정 식물공장의 설립 검토를 위한 기초연구로서, 교류전계와 펄스자계가 씨앗 발아 및 초기생장에 미치는 영향을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 0.0~1.3kV/m의 교류 전계하에서 벼씨, 무씨, 수박씨의 발아율은 억제됨을 보여주었다. 벼줄기는 인가전계가 높을수록 초기성장률이 억제되며, 무 줄기와 수박의 초기성장에서는 인가전계가 영향을 미치지 않았다. 한편, 배추씨의 발아율이 무전계에 비해 0.7kV/m에서 122%, 1.3kV/m에서 141%로 크게 증가됨을 보여주었다. 배추의 초기성장에서도 인가전계가 높아지면 2.1mm/day, 16.2%/kV/m의 비율로 성장률도 크게 증가하는 식물임을 보여주었다.

(2) 0.3~34G의 펄스 자계하의 벼씨와 무씨의 발아율은 무인가(0.3G)에 비해 4, 16G의 경우 촉진되나, 펄스 자계(34G)가 높아지면 억제됨을 보여주었다. 배추씨와 수박씨의 발아율은 무인가(0.3G)에 비해 펄스자계가 증가할수록 크게 높아지며, 16G에서는 215%로 매우 높아졌다.

(3) 본 실험 결과는 외부 전자계가 씨앗 발아와 생장에 큰 영향을 주며, 씨앗의 종류에 따라 식물논장에서 재배 촉진 및 대량재배도 가능한 것을 보여 준다.

#### 감사의 글

이 논문은 산업자원부에서 시행한 전력산업 인프라 구축지원사업으로 수행된 논문입니다.

#### 참 고 문 헌

[1] 前田恒 : 生物は磁氣を感じるか, 講談社, 1988.  
 [2] 大森農明 : "バイオ電氣工學とその應用", 1992.  
 [3] 高橋不二雄 : "電氣と生物" 學會出版センター- 1986.  
 [4] S. O. Nelson and E. R Walker : Agricultural Engineering, 42, 688 (1961).  
 [5] Frank S. Barnes,, Mechanism of Interaction of Magnetic Fields with Biological Systems, IEEE trans. Mag-24, No. 4, pp. 2101-2104. (1988)  
 [6] L. E. Murr : Plant Growth Response in Electrostatic Field, vol.207, pp. 1177-1178 (1965)  
 [7] David O. etal, Biological Effects of Electric and Magnetic Fields, Acadmic Press. (1994)  
 [8] Shoogo Ueno, Biological Effects of Magnetic and Electromagnetic Fields, Plenum Press. (1996)  
 [9] Y. Jia-ming, "Effects of high-voltage electrostatic field on growth in plants", Proc. Int. Conf. Modern Electrostatics, Beijing, China (1988) 140-143.  
 [10] Shoogo Ueno, "Biological Effects of Magnetic and Electromagnetic Fields", Plenum Press. (1996)

[11] 渡邊好郎, 山下俊正: "種子の創造", 日本工業新聞社, 1987.  
 [12] James C. Lin, Advances in Electromagnetic Fields in Living Systems, Plenum Press. 1994.  
 [13] J-D Moon, H-S Chung, Acceleration of Germination of Tomato Seed by Applying AC Electric and Magnetic Fields. J of Electrostatics, 48, 103-114 (2000)  
 [14] B. Xiyao, etal, "Physiological and biochemical experiments in electrostatic treated seeds", Proc. Int. Conf. Modern Electrostatics, Beijing (1988) 161-165.  
 [15] 機能水の科學と利用技術, ウォーターサイエンス研究會, 255-257 (1999)  
 [16] J-H, Hou, et al, Effects of electric field treatment on seed germination and enzyme activities under drought stress in oil sunflower seeds, Chinese J of Oil Crop Science, 25, 1 (2003) 40-44  
 [17] Y. Cao, Effect of different electric fields on germination of soybean seed, Chinese J of Applied and Env. Biology, 10, 6 (2004) 691-694  
 [18] Reina, etal, Influence of a stationary magnetic field on water relations in lettuce seeds. Part II: Experimental results, Bioelectromagnetics, 22, 8 (2001) 596-602  
 [19] Harchand, K. S. et al, Effect of Magnetic Field on Germination, Vigour and Seed Yield of Wheat, Seed Research, 30, 2 (2002) 289-293  
 [20] Kobayashi, etal, Effects of combined DC and AC magnetic fields on germination of hornwort seeds, Bioelectromagnetics, 25, 7 (2004) 552-559

#### 저 자 소 개



#### 문재덕(文在德)

1946년 7월 25일생. 1970년 경북대 사대 과학교육과(물리전공) 졸업. 1975년 동 대학원 전자공학과 졸업(공석). 1982년 일본 동경대학 대학원 전기공학과(공박). 현재 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 교수.

Tel : 053-950-5601

Fax : 053-950-5508

E-mail : jdmoon@knu.ac.kr



#### 권남열(權男烈)

1974년 8월 01일생. 2002년 경일대학교 전기공학과 졸업, 2004년 경북대학교 대학원 전기공학과 졸업. 현재 LG전자 디지털 사업부 근무.

Tel : 054-460-7073

E-mail : medium74@hanmail.net