

Effect of Electron Beam Irradiation on Selected Vegetable Seeds and Plant-Pathogenic Microorganisms

Young-Min Bae*

Department of Microbiology, Changwon University, Changwon, Kyungnam 641-773, Korea

Received August 28, 2013 / Revised November 16, 2013 / Accepted November 21, 2013

Electron beam (EB) irradiation was tested to determine the dose required to eradicate plant pathogens, such as *Botrytis cinerea* and *Agrobacterium rhizogenes*, from the infected seeds without affecting the germination rate of the irradiated vegetable seeds, including crown daisy, cucumber, hot pepper, green onion, leaf lettuce, and radish seeds. EB irradiation of 1.5 kGy and 2 kGy was sufficient to kill 100% of hairy root disease bacteria and gray mold conidia, respectively. EB irradiation showed no effect or minimal effect on the germination rate of the crown daisy, cucumber, green onion, and radish seeds. However, the germination rate of the hot pepper and leaf lettuce seeds was significantly reduced by using 2 kGy of EB irradiation. Difference in susceptibility to EB irradiation appears not to be related to the weight of each seed, but to the intrinsic characteristic of each plant. Conclusively, EB irradiation might be a useful way to decontaminate crown daisy, cucumber, green onion, and radish seeds.

Key words : Electron beam, germination rate, gray mold disease, hairy root disease, vegetable seeds

서 론

현재 많은 농작물들이 온실에서 양액재배를 통해 재배되고 있다. 또한 도시의 좁은 공간에서도 신선한 채소를 재배하기 위해 식물공장이 가동되고 있다. 이러한 경우에 재배에 사용될 식물 종자의 살균이 중요한데, 화학물질을 사용할 경우에 이러한 물질이 잔류할 가능성이 높으므로 주의가 필요하다. 전자선, 감마선 및 자외선 같은 빛들은 사용 후에 잔류를 걱정할 필요가 없기 때문에 청정한 살균방법으로 간주되고 있고, 살균 목적으로 식품에 사용하는 것이 법적으로도 허용되고 있다[2]. 이 중에서 자외선은 투과력이 너무 낮아서 살균 목적으로 사용하기에는 적당치 않은 경우가 많다. 반면에 전자선 및 감마선은 식품이나 식물 종자의 살균에 충분한 투과력을 가지고 있다. 또한 전자선이나 감마선을 이용하면 식품이나 식물종자를 포장한 후에 살균을 할 수가 있어서 살균 후에 무균상태에서 포장하는 것보다 포장과정이 훨씬 더 간편하고 관리가 쉬울 수 있다. 감마선은 대단히 강한 투과력을 가지고 있으나 방사성 동위원소를 사용하기 때문에 시설의 설치 및 운용에 많은 제약이 따르므로 최근에는 기피되고 있다. 그에 반해서 전자선은 비록 투과력이 감마선보다 약하기는 하지만 방사성 동위원소를 사용하지 않기 때문에 훨씬 안전한 수단으

로 간주되고 있다. 국제적으로도 10 kGy 이하의 전자선은 식품이나 식물 종자에 사용할 수 있도록 허용되고 있다[10, 11, 13]. 전자선을 식품에 조사할 경우에 식품에서 맛이나 영양에 큰 영향을 미치지 않고 미생물의 세포수를 크게 감소시키거나 또는 미생물을 제거하여서 저장성을 증가시켰다는 것이 보고되었다[2, 6, 7, 10, 11, 16]. 또한 식물 종자의 살균에 전자선이 효과적이었다는 보고도 있다[15]. 따라서 전자선은 부작용이 아주 적은 청정 살균법이므로 현재 전세계적으로 식품이나 식물 종자의 살균에 사용하기 위한 연구가 많이 진행되고 있다. 전자선의 살균효과에 대해서는 측정된 시료나 연구자들에 의해서 약간씩의 차이를 보이고 있으나 대체적으로 2 kGy까지의 전자선으로 충분한 효과를 보았다는 보고가 많다[2, 6, 8, 10, 15].

잣빛곰팡이는 200여 종 이상의 식물에 감염하여 숙주에 큰 손상을 입히는 식물병원성 균류이다[4, 5]. 일반적으로 식물병원성 균류들은 높은 숙주특이성을 가지는 데에 반해 잣빛곰팡이는 숙주특이성이 아주 낮기 때문에 이와 같이 넓은 범위의 식물에 감염하는 특징을 보이고 있고, 특히 이 균류의 숙주식물에는 경제적 가치가 큰 농작물들이 많이 포함된다. 우리나라의 경우에는 감귤, 매실, 무화과, 블루베리, 딸기, 포도, 참다래, 감, 배나무 등의 과수, 고추, 상추, 들깨, 양파, 부추, 가지, 호박, 오이, 멜론, 토마토, 감자 등의 채소, 장미, 백일홍, 거베라, 나도풍란, 초석잠, 호접란, 바이올렛, 칼란코예, 심비디움, 안개초 등의 화훼류, 인삼, 배초향, 황금, 가시오갈피 등의 약초 및 담배에서 잣빛곰팡이병의 발생 및 피해가 보고되었다[12]. 또한 이 균류는 비닐하우스에서 재배 중인 농작물에서 병을 일으키는 경우가 많기 때문에 최근에 더더욱 관심의 대상이 되고 있다. 많은 식물들이 병원성 미생물로부터 자신을

*Corresponding author

Tel : +82-55-213-3483, Fax : +82-55-213-3480

E-mail : yominbae@changwon.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

방어하기 위하여 phytoalexin을 생성하는데, 포도과 식물들이 생성하는 대표적인 phytoalexin인 *trans-resveratrol*은 많은 식물병원성 균류의 증식을 저해하는 효과가 있음이 입증되었다 [1, 9]. 그러나 잭빛곰팡이는 이러한 *trans-resveratrol*을 분해함으로써 식물의 방어기작을 극복하는 능력이 있는 것으로 또한 밝혀졌다 [1, 9]. 잭빛곰팡이에 의한 감염은 주로 분생포자에 의해서 발생하는데, 식물의 표면에서 발아한 분생포자에서 나온 발아관이 식물의 조직을 침투함으로써 감염이 시작 된다 [4, 5].

*Agrobacterium rhizogenes*는 대부분의 쌍자엽식물 및 일부의 단자엽식물에 기생하는 식물병원성 세균으로서 토양에 서식하다가 식물 뿌리의 상처를 통하여 감염하여 숙주 식물에 'hairy root disease'라는 질병을 일으킨다. 이때에 이 세균이 가지고 있는 Ri plasmid의 일부가 식물 세포의 핵으로 이동한 후, 식물의 DNA에 삽입되어 발현된다. 그러면 식물에게는 전혀 필요하지 않은 opine이라는 물질이 다량으로 합성되게 되고, 합성된 opine은 이 세균의 증식에 사용되게 된다 [3].

본 연구에서는 잭빛곰팡이병의 원인균인 *Botrytis cinerea*의 분생포자 및 hairy root disease의 원인세균인 *A. rhizogenes*의 세포를 사멸시키는데 필요한 전자선의 양을 측정하기 위하여 이들 미생물들의 전자선에 대한 감수성을 조사하였다. 또한 이러한 식물병원성 미생물들을 사멸시킬 수 있는 전자선의 양에 대한 식물 종자들의 감수성도 함께 측정하였다. 본 연구에서는 잭빛곰팡이병에 의한 피해가 많이 보고된 대파(green onion, *Allium fistulosum* L.), 상추(leaf lettuce, *Lactuca sativa* L.), 오이(cucumber, *Cucumis sativa*), 고추(hot pepper, *Capsicum annum* L.)의 종자에 여러 가지 선량의 전자선을 조사하고 발아율을 측정하였다. 또한 잭빛곰팡이병에 의한 피해는 적지만 다른 식물병원성 균류에 의한 피해가 큰 열무(radish, *Raphanus sativus* L.)와 쑥갓(crown daisy, *Chrysanthemum coronarium* L.)도 본 연구에 포함시켰다. 열무의 경우에는 식물병원성 균류에 의한 검은무늬병, 노균병, 무사마귀병, 밑동썩음병, 뿌리마름병, 갈록병에 의한 피해가 크고, 쑥갓의 경우에는 균핵병 및 갈록병에 의한 피해가 많이 발생하는 것으로 보고되어 있다.

재료 및 방법

식물병원성 미생물

잭빛곰팡이(*Botrytis cinerea*)는 potato dextrose agar (PDA)에 접종하고 어두운 곳에서 25°C로 유지시켜 배양하였다. 10일쯤 지나서 충분한 양의 분생포자가 형성된 것이 관찰되면 10 ml의 증류수에 분생포자를 분산시켜서 수거하였다. 수거된 분생포자는 table top 원심분리기로 원심분리하고, 상등액 중에서 7 ml를 제거함으로써 농축을 시켰다. 이렇게 처리된 분생포자를 Neubauer hemocytometer에 주입하고, Nikon Eclipse

E400 위상차현미경으로 관찰하여 증류수 1 ml 당 분생포자 개수를 측정하였다. 증류수에 분산된 분생포자를 polystyrene으로 만들어진 petri dish에 담고 여러 가지 선량의 전자선을 조사하였다. 전자선이 조사된 분생포자 현탁액 0.1 ml를 PDA에 도말하고, 균사체의 증식을 관찰하였다. 본 연구에 사용된 *A. rhizogenes* ATCC 15834 균주는 nutrient broth에 접종한 후에 29°C에서 225 rpm으로 교반하며 배양을 하였다. 배양액을 다시 nutrient broth로 희석하여 polystyrene으로 만들어진 petri dish에 담고 여러 가지 선량의 전자선을 조사하였다. 전자선을 조사한 후에 세균 현탁액을 여러 가지 배율로 희석하고, 희석된 현탁액 0.1 ml를 nutrient agar에 도말하여서 생균수를 측정하였다. 전자선을 조사하기 전 및 후에는 세균의 현탁액을 4°C에 보관하여서 세균의 증식을 억제하였다.

채소종자

고추, 대파, 상추, 쑥갓, 열무 및 오이의 종자는 (주)동부팜한농으로부터 구입하였다. 식물 종자는 한 겹의 가정용 랩으로 포장하여서 여러 가지 선량의 전자선을 조사하였다. 전자선을 조사한 식물 종자는 0.2% Phytigel 및 0.4% agar로 고형화된 1/10 Murashige-Skoog medium에 올린 후, 25°C의 어두운 곳에서 발아 시켰다 [14].

전자선 조사

대전광역시 소재 (주)이비테크에서 시료에 전자선을 조사하였다. 시료가 올려진 tray의 속도는 21 m/min로 맞추고 2.5 MeV × 1 mA의 가속기에서 필요한 선량에 도달할 때까지 조사를 반복하였다.

채소종자의 발아

채소 종자들의 발아에 필요한 시간들이 서로 다르므로 열무와 오이는 48시간, 대파, 쑥갓, 상추는 72시간, 그리고 고추는 96시간 후에 발아율을 측정하였다.

채소종자의 평균 무게

채소종자 100-200개의 무게를 mg 단위까지 측정하고, 종자의 개수로 나누어서 평균 무게를 산정하였다.

결과 및 고찰

전자선의 살균 효과

잭빛곰팡이의 분생포자를 증류수에 현탁하고, 부분적으로 농축한 후에 현미경으로 그 농도를 측정하였다. 그 결과 분생포자의 농도가 1.4×10^5 conidia/ml로 측정되었다. 이렇게 준비된 잭빛곰팡이의 분생포자 현탁액에 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 및 2.5 kGy의 전자선을 조사하고 현탁액 0.1 ml를 PDA에 도말하여서 생존한 분생포자의 존재를 확인하였다. 그 결과 평균적으

Table 1. Survival of *Botrytis cinerea* conidia after electron beam irradiation

Dose (kGy)	Growth
0	+
0.5	+
1.0	+
1.5	+
2.0	-
2.5	-

Table 2. Survival of *Agrobacterium rhizogenes* cells after electron beam irradiation

Dose (kGy)	Viable cells (cells/ml)
0	1.4×10^9
0.5	8.9×10^5
1.0	8.9×10^2
1.5	0
2.0	0
2.5	0

로 1.4×10^4 개의 분생포자들이 각 PDA plate에 도달되었는데, Table 1에서 나타났듯이 1.5 kGy 및 그 이하의 전자선을 조사한 시료에서는 균사체의 형성이 관찰 되었다. 그러나 2.0 kGy 및 2.5 kGy의 전자선을 조사한 경우에는 균사체가 전혀 관찰 되지 않았다. 따라서 잭빛곰팡이의 분생포자를 완전히 사멸시키기 위하여 필요한 최소의 전자선량은 2.0 kGy 근처임을 알 수 있다.

전자선을 조사하지 않은 *A. rhizogenes* 현탁액에 존재하는 생균수는 Table 2에 나타난 바와 같이 1.4×10^9 cells/ml로 측정 되었다. 그러나 0.5 kGy의 전자선을 조사한 결과 생균수가 대략 6.4×10^4 의 비율로 감소하여 8.9×10^5 cells/ml로 나타났고, 1.0 kGy의 전자선을 조사한 결과 생균수가 6.4×10^7 의 비율로 감소하여 8.9×10^2 cells/ml로 나타났다. 그리고 1.5 kGy 이상의 전자선량에서는 생균이 확인되지 않았다. Jang 등은 육상 양식장 배출수에 존재하는 여러 가지 세균들을 완전히 사멸시키는데 필요한 전자선의 양이 2 kGy라고 보고하였다[8]. Hairy root disease의 원인 세균인 *A. rhizogenes*를 사멸시키기 위해 필요한 전자선의 양이 1.5 kGy 또는 그 이상이라는 본 연구의 결과는 Jang 등의 결과와 잘 일치하고 있음을 알 수 있다.

본 연구에서는 식물병원성 균류의 분생포자의 전자선에 대한 감수성을 최초로 조사하였다. 현재까지 균류 분생포자의 전자선에 대한 감수성이 보고된 적이 없으므로 본 연구에서 얻어진 결과는 아직까지 비교할 대상은 없다. 본 연구에서는 전자선에 대한 저항성에 있어서 균류 분생포자가 세균 영양세포 보다는 근소하게 더 강한 것으로 나타났다. 그러나 2.0 kGy의 전자선량이 잭빛곰팡이 분생포자 및 *A. rhizogenes* 세포 모

두를 사멸시키기에 충분한 것으로 판단된다.

채소종자의 발아

전자선을 조사한 채소 종자를 25°C 어두운 곳에서 배양한 후에 발아율을 측정하고, 그 결과를 Fig. 1 및 Fig. 2에 나타내었다. 관찰된 결과를 살펴보면 식물 종자들의 반응은 크게 세 가지로 나뉘는 것을 알 수 있다. 우선 오이와 열무의 종자는 5 kGy 이내의 전자선 조사에서는 발아율이 전혀 영향을 받지 않았다(data not shown). 대파와 쪽갓의 종자는 조사된 전자선의 양이 증가됨에 따라서 미세하게 발아율이 감소하는 것을 알 수 있다(Fig. 1). 그러나 고추와 상추의 경우에는 1 kGy의 낮은 전자선 양에서도 발아율이 현저하게 감소하고, 3 kGy 이상의 전자선 조사에서는 종자의 발아 능력이 완전히 상실되는 것을 알 수 있다(Fig. 2).

전자선 조사에 대한 식물 종자들의 반응이 확연하게 다르기 때문에 전자선에 대한 반응이 각 식물종자들의 무게와 관련이 있을 가능성이 있으므로 각 식물 종자들의 평균 무게를 측정 하여서 비교해 보았다(Table 3). 그 결과 전자선에 대한 저항성이 가장 강한 열무와 오이의 종자가 가장 무거운 것으로 나타났고, 전자선에 대한 저항성이 가장 약한 상추 종자가 가장 가벼운 것으로 나타났다. 그러나 고추 종자의 경우에는 대파

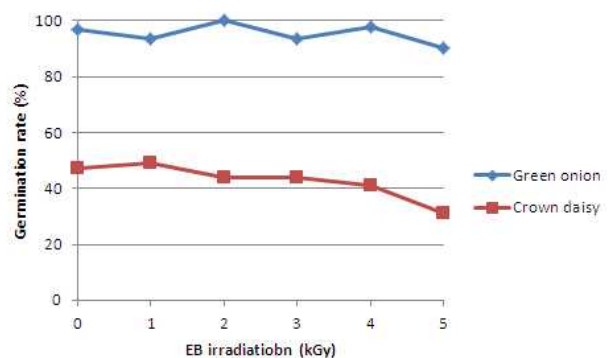


Fig. 1. Change of germination rate after electron beam irradiation of green onion and crown daisy seeds.

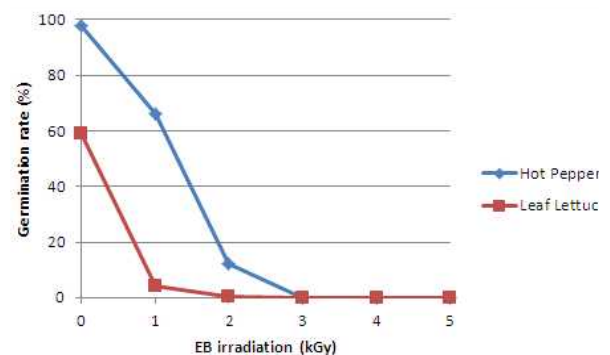


Fig. 2. Change of germination rate after electron beam irradiation of hot pepper and leaf lettuce seeds.

Table 3. Average weight of the vegetable seeds in miligram

Name of vegetable seeds	Weight (mg)
Leaf Lettuce	0.84
Crown daisy	1.62
Green onion	2.13
Hot Pepper	5.83
Radish	12.09
Cucumber	28.85

나 썩갠 종자보다 훨씬 더 무거움에도 불구하고 전자선에 대해서 대단히 약한 것으로 관찰되었다. 썩갠 종자는 전자선을 조사하지 않은 경우에 비해서 5 kGy의 전자선량에서 발아율이 대략 34% 정도의 감소에 그치고 있다. 그러나 무게가 썩갠 종자의 절반 정도인 상추 종자는 2.5 kGy의 전자선량에서도 발아율이 0%로 나타났다(data not shown). 따라서 특정 식물 종자의 무게는 전자선에 대한 저항성과 상관관계가 없는 것으로 판단된다. Zhang 등은 *Saccharomyces cerevisiae* 세포에 여러 가지 선량의 전자선을 조사하고 그 반응을 조사하였다 [17]. 그들의 자료에 의하면 *S. cerevisiae* 세포들은 1.2 kGy 이상의 전자선 조사에서 완전히 사멸하였다. 본 연구에서는 잿빛 곰팡이의 분생포자를 사멸시키기 위해서 필요한 전자선량은 2.0 kGy로 밝혀졌는데, 이는 효모를 사멸시키는데 필요한 전자선량 보다 근소하게 높은 수치이다. Zhang 등은 효모에 전자선을 조사하면 효모 세포막의 손상을 나타내는 단백질의 세포 외부로의 유출, chromosome aberration, apoptosis, caspase-3 activity 등이 조사된 전자선량과 정비례 관계로 증가하다가 1.2 kGy에서 정점을 이루는 것으로 보고하였다. 또한 효모의 경우에는 조사된 전자선의 양이 증가함에 따라 photo-reactivation도 증가하다가 조사된 전자선의 양이 0.6 kGy 또는 그 이상이 되면 photoreactivation이 관찰되지 않았다 [17]. 따라서 식물 종자의 경우에도 전자선을 조사하면 비슷한 반응이 나타날 것으로 예상할 수 있다. 진핵생물들은 방어기작의 일환으로서 programmed cell death (PCD) 기능을 가지고 있는데, 동물세포에서는 apoptosis, 식물세포에서는 hypersensitive response (HR)가 대표적이다. 동물세포의 경우 chromosome aberration이 apoptosis의 trigger 역할을 하므로 식물세포에서도 역시 HR의 trigger 역할을 할 것으로 추정할 수 있다. 또한 효모세포에서 관찰되었듯이 caspases 활성화의 증가가 apoptosis의 진행을 나타내므로 식물세포에서도 같은 반응이 일어날 가능성이 크다고 본다. 그러므로 HR의 개시 여부 및 이와 관련된 여러가지 차이들이 각 식물 종자들의 전자선 조사에 대한 서로 다른 반응으로 나타날 가능성이 있다. 또한 조사된 전자선의 양이 증가하면 거기에 비례해서 DNA의 손상이 증가될 것이므로 효율적인 repair system을 가지고 있지 못한 식물의 종자는 발아율이 크게 낮아질 수밖에 없을 것이다. 따라서 서로 다른 식물 종자들이 조사된 전자선에 서로 다르게 반응하는 이유를 설명하기 위해서는 추가적

인 연구가 필요할 것이다.

전자선 조사를 여러 가지 분야에 이용하려는 시도가 현재 전세계적으로 활발히 진행되고 있다. 우선 국내에서는 Moon 등은 담배가루이, 복숭아혹진딧물, 배추좀나방, 점박이용애와 같은 주요 농업해충에 전자선을 조사하고 그 영향을 조사하였다 [13]. 그 결과, 0.1 kGy의 낮은 선량에서도 이러한 해충들의 산란과 알의 부화에 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. Jang 등은 육상 양식장 배출수에 여러 가지 다른 선량의 전자선을 조사하고 생존하는 세균수를 측정하였다 [8]. 그 결과 1 kGy에서도 세균수가 크게 감소하였고, 2 kGy에서는 생존하는 세균이 관찰되지 않았다. Park 등은 무순과 적양배추의 종자에 전자선 및 감마선을 조사하고, 그 결과를 비교하였다 [15]. 결과적으로 전자선과 감마선의 조사가 살균력 및 식물 종자에 미치는 영향에서 큰 차이를 보이지 않았다. 따라서 방사성동위원소를 사용해야 하는 감마선 조사보다는 그렇지 않은 전자선 조사가 더 유리할 수 있다. 외국에서는 전자선을 조사하여 grapefruit, 망고, 밤, 돼지고기의 품질변화를 최소화하며 저장성을 크게 향상시켰다는 보고가 있다 [2, 6, 7, 16].

본 연구의 결과를 종합하면 고추와 상추 종자의 경우에는 전자선 조사를 이용한 살균방법이 적합하지 않은 것으로 밝혀졌으나, 대파, 썩갠, 열무, 오이의 종자는 전자선을 이용한 종자의 살균이 가능할 것으로 판단된다. 또한 전자선 조사를 식물 종자의 살균에 이용할 경우에는 각각의 식물 종자에 실제로 다양한 선량의 전자선을 조사하고 발아율을 확인한 후에 사용해야 할 것으로 생각된다.

감사의 글

본 논문은 원자력연구기반 확충사업의 대형연구시설 공동 이용 활성화 지원분야(과제번호 NRF-2012M2B2A4029440)의 지원으로 수행되었음.

References

- Adrian, M. and Jeandet, P. 2012. Effects of resveratrol on the ultrastructure of *Botrytis cinerea* conidia and biological significance in plant/pathogen interactions. *Fitoterapia* **83**, 1345-1350.
- Carocho, M., Barros, L., Antonio, A. L., Barreira, J. C., Bento, A., Kaluska, I. and Ferreira, I. C. 2013. Analysis of organic acids in electron beam irradiated chestnuts (*Castanea sativa* Mill.): Effects of radiation dose and storage time. *Food Chem Toxicol* **55**, 348-352.
- Chandra, S. 2012. Natural plant genetic engineer *Agrobacterium rhizogenes*: role of T-DNA in plant secondary metabolism. *Biotechnol Lett* **34**, 407-415.
- Choquer, M., Fournier, E., Kunz, C., Levis, C., Pradier, J., Simon, A. and Viaud, M. 2007. *Botrytis cinerea* virulence factors: new insights into a necrotrophic and polyphageous

- pathogen. *FEMS Microbiol Lett* **277**, 1-10.
5. Doehlemann, G., Berndt, P. and Hahn, M. 2006. Different signalling pathways involving a Gα protein, cAMP and a MAP kinase control germination of *Botrytis cinerea* conidia. *Mol Microbiol* **59**, 821-835.
 6. García-Márquez, I., Cambero, M. I., Ordóñez, J. A. and Cabeza, M. C. 2012. Shelf-life extension and sanitation of fresh pork loin by E-beam treatment. *J Food Prot* **75**, 2179-2189.
 7. Girenavar, B., Jayaprakasha, G. K., Mcllin, S. E., Maxim, J., Yoo, K. S. and Patil, B. S. 2008. Influence of electron-beam irradiation on bioactive compounds in grapefruits (*Citrus paradisi* Macf.). *J Agric Food Chem* **56**, 10941-10946.
 8. Jang, E., Lim, S. J. and Kim, T. H. 2011. Distribution of antibiotic resistant microbes in aquaculture effluent and disinfection by electron beam irradiation. *J KSEE* **33**, 492-500.
 9. Jeandet, P., Delaunois, B., Conreux, A., Donnez, D., Nuzzo, V., Cordelier, S., Clément, C. and Courot, E. 2010. Biosynthesis, metabolism, molecular engineering, and biological functions of stilbene phytoalexins in plants. *Biofactors* **36**, 331-341.
 10. Jin, Y. Y., Shin, H. and Song, K. B. 2006. Microbial decontamination of *Angelica gigas* Nakai using electron beam irradiation. *J Food Sci Nutr* **11**, 344-347.
 11. Kang, J. H., Park, J., Oh, D. H. and Song, K. B. 2012. Effects of combined treatment of aqueous chlorine dioxide and UV-C or electron beam irradiation on microbial growth and quality in chicon during storage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **41**, 1632-1638.
 12. Lim, J. 1999. *Vegetable pests*, pp. 30-240. Rural Development Administration: Suwon, Kyeongkido, Korea.
 13. Moon, S. R., Son, B. K., Yang, J. O., Woo, J. S., Yoon, C. and Kim, G. H. 2010. Effect of electron-beam irradiation on development and reproduction of *Bemisia tabaci*, *Myzus persicae*, *Plutella xylostella* and *Tetranychus urticae*. *Korean J Appl Entomol* **49**, 129-137.
 14. Murashige, T. and Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol Plant* **15**, 473-497.
 15. Park, J. H., Kim, G. R. and Kwon, J. H. 2009. Microbiological and physiological qualities of electron-beam and gamma-ray irradiated sprout seeds (radish, red cabbage) during germination. *Korean J Food Preserv* **16**, 186-191.
 16. Reyes, L. F. and Cisneros-Zevallos, L. 2007. Electron-beam ionizing radiation stress effects on mango fruit (*Mangifera indica* L.) antioxidant constituents before and during post-harvest storage. *J Agric Food Chem* **55**, 6132-6139.
 17. Zhang, M., Zhu, R., Zhang, M., Gao, B., Sun, D. and Wang, S. 2013. High-energy pulse-electron-beam-induced molecular and cellular damage in *Saccharomyces cerevisiae*. *Res Microbiol* **164**, 100-109.

초록 : 전자선 조사의 채소 종자 및 식물병원성 미생물에 대한 영향

배영민*

(창원대학교 미생물학과)

본 연구에서는 식물병원성 미생물들인 잭빛곰팡이와 *Agrobacterium rhizogenes*의 전자선에 대한 감수성을 조사하였다. 그 결과, 2 kGy의 전자선량이 잭빛곰팡이의 분생포자 및 *Agrobacterium rhizogenes*의 세포를 사멸시키는 데에 충분한 것으로 나타났다. 식물 종자의 전자선에 대한 저항성을 조사해 본 결과, 대파, 열무와 오이 종자는 2 kGy의 전자선 조사에서도 발아율이 전혀 영향을 받지 않았고, 쪽갓 종자의 경우에는 발아율에 있어서 근소한 감소를 보였다. 그러나 고추와 상추의 경우에는 전자선 조사에 대해서 대단히 약한 것으로 나타났다. 결과적으로 열무, 오이, 대파 및 쪽갓 종자의 경우에는 식물병원성 미생물의 살균에 필요한 2 kGy의 전자선량을 조사함으로써 발아율에 큰 영향을 미치지 않고 충분한 살균효과를 거둘 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 고추와 상추의 경우에는 전자선을 이용한 살균 방법은 사용하기 어려운 것으로 나타났다.