J. Fd Hyg. Safety 16(2), 139–144 (2001)

감마선 조사된 밀과 보리의 검지를 위한 발아특성 비교

오경남 · 김경은 · 양재승†
한국원자력 연구소 식품검지실

Germination properties of Wheat and Barley Exposed to Gamma Irradiation

Kyeong-Nam Oh, Kyeung-Eun Kim, and Jae-Seung Yang†
Detection Lab. of Irradiated Food, Korea Atomic Energy Research Institute, Taejon 305-353, Korea

Abstract – A 5-day germination test is applicable to detect biological changes in irradiated wheat and barley at low doses. Seeds were irradiated at below 0.5 kGy, husked and placed on distilled water-moistend filter paper in a covered Petri-dish. Water was supplied everyday. To evaluate the growth rate, the length of shoots and roots was measured during germination. In wheat, the shoots of all samples grew well during 5 days, but the shoot length and the daily growth extent decreased with increasing doses. The roots of non-irradiated wheat showed the highest daily growth extent during 5 days and the root length was over 20 mm at 3rd day. In barley, the growth of shoots and roots was retarded at 0.3 kGy or more after 3 days. It was concluded that if the root length was 20mm or longer within 3 days, wheat and barley were identified as non-irradiated. The germination test was proved a promising screening method for the detection of irradiated wheat and barley.

Key words ☐ Wheat, Barley, γ-irradiation, Detection, Germination

방사선 조사 식품의 검지는 식품교역 관리와 조사 품목의 표시화가 필요한 식품을 위해 필요하다. 1980년 중반 이후 식품 방사선 조사의 산업화가 본격적으로 시작되면서 이에 대한 연구가 본격적으로 시작되었고 1993년, FAO/IAEA 그리고 BCR(Community Bureau of Reference)에 의해 방사선 조사 식품에 대한 검지 방법의 연구가 국제적으로 수행되어 지금까지 급속하게 진행되어 왔다[1-3]. 방사선 조사 식품의 안전성은 국제적으로 공인되어 있으며 방사선 조사식품의 상업적인 이용에 관한 기준도 설립되어 있는 실정이지만 지금까지 방사선 조사 유해성분이 보고되고 있고[4] 허용치 이상 조사했을 경우 안전성을 보장할 수 없기 때문에 정확한 정보를 제공해 주는 방사선 조사의 검지가 필요하다. 방사선 조사 식품에 대한 검지방법으로는 지방을 함유한 식품에서 hydrocarbon[5] 또는 2-alkylcyclobutanone과 같은 지방-유도 방사선 물질을 검사하는 GC분석[6,7], 식품의 광물질을 이용하는 thermoluminescence(TL) 방법[8,9], 그리고 뼈가 있는 식품 또는 섬유소가 많은 조사 식품의 electron spin resonance(ESR) 방법[10,11] 등의 물리·화학적 방법과 DNA comet assay[12,13]의 생화학적 방법이 있다. 이러한 방법들은 정교하지만 복잡하고 비교적 비싼 장비가 요구되며 식품에의 적용성에 문제점을 안고 있다. 발아법(germination test)은 식품내의 방사선 조사에 의한 특이적인 변화를 검지하는 생물학적 방법으로 특별한 장비가 요구되지 않으며 저렴한 비용으로 신속하게 방사선 조사 여부를 검지할 수 있다[14]. 방사선 조사에 의한 생물학적 변화는 발아억제, 뿌리 및 줄기의 생장억제, 그리고 씨 활성의 손실과 같은 변화이다. 발아법은 1.0 kGy 이하의 저선량을 검지하는 방법으로 적용되어 왔는데 주로 과일류의 반배아 실험(half-embryo test)을 중심으로 연구되어 왔다[15]. 과일류는 발아 및 기생충 억제를 목적으로 1.0 kGy 이하의 저선량이 조사되기 때문에 다른 물리 화학적 방법으로 미세한 변화가 검지되기 어려워서 발아법에 의해 검지되어 왔다[16]. 반 배아법은 발아기간을 단축시켜 발아법을 개선시킨 방법으로써 감귤류[17,18], 사과 그리고 체리[19]의 방사선 조사 여부 검지 방법으로 적용되어 왔다. 이의 원리는 감마선 조사에 의해 뿌리 및 줄기의 발아가 지연되거나 저해되는 현상을 관찰함으로써 조사 유무를 판정하는 것인데, 과일에서는 0.15 kGy에서도 발아가 억제되어 이의 방법으로 쉽게 판정될 수 있다. 발아법은 과일류의 반배아 실험뿐만 아니라 채소류와 곡류의 실험에서도 screenig test로 유용하게 적용되어 왔다[20].

곡류의 방사선 조사 여부 검지에 대한 연구는 일부 수행

†Author to whom correspondence should be addressed.

되어 왔지만 발아법에 관한 연구는 아직 미흡한 상태이고 국내에서는 전무한 상태이다. 따라서 본 연구에서는 벼와 찰벼의 발아법 연구에 뒤이어 국내산 밀과 보리를 대상으로 발아법을 방사선 조사 여부의 검지 방법으로 확립하고자 하였다.

재료 및 방법

시 료

본 실험에 사용된 곡류는 국내산 밀과 보리로써 대전시 유성구 농촌진흥원에서 제공받았고 이들의 종류는 각각 금강밀(2000년 6월 수확)과 올보리(2000년 6월 수확)였다.

방사선 조사

시료의 방사선 조사는 저장 해충 및 기생충 구제를 목적으로 하는 선량을 기준하여 1.0 kGy 이하의 저선량으로 하고 한국원자력연구소의 Co 60 감마선 조사 시설을 이용하여 0.1, 0.2, 03, 0.4, 0.5 kGy의 선량으로 시간당 일정한 선량률로 조사하였다. 예비실험결과 밀과 보리는 0.3 kGy에서도 발아가 상당히 억제되었으므로 최대 조사 선량을 0.5 kGy까지로 하였다. 총 흡수선량은 ceric cerous dosimeter의 변법으로 확인하였다.

발아 시험

각각의 곡류는 증류수로 세척한 다음 배아와 눈에 상처가 나지 않도록 조심스럽게 겉 껍질을 벗기고 petri-dish에 여과지(Whatman Cat. No. 1001 110 mmØ)를 깐 다음 증류수 15 mL를 부어 여과지를 적셨다. 각 선량마다 2개의 petri-dish를 준비하고 각각 10알씩 여과지 위에 놓아 20알을 실험에 사용하여 실온에서 발아시켰다[15]. 매일 5 mL의 증류수를 부어 petri-dish에 물이 마르지 않도록 하였고 5일 동안 각 선량마다 뿌리와 순의 길이를 측정하여 통계처리 하였다. 모든 실험은 3회 반복 실시하였다.

통계처리

반복 실험을 통해 측정된 뿌리와 순의 길이는 PC-SPSS (version 9.0 for windows)를 사용하여 각각 통계분석하였다[21]. 통계분석은 ANOVA 프로그램의 Tukey's Honestly Significant Difference (HSD) test를 이용하여 각 조사 선량에서 일일간의(5일) 길이성장에 대한 유의성과 각 발아일에 대해서 조사선량에 따른 길이성장의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 밀

밀을 방사선 조사 한 후 뿌리와 순의 길이성장을 살펴본 결과, 모두 0.2 kGy 이상부터 성장이 억제되는 경향을 보였다(Fig. 1). 밀의 경우 선행연구였던 벼와 찰벼보다 성장이 양호하여 뿌리와 순의 길이가 길었다. 밀의 순은 발아 2일까지 조사시료들과 비 조사시료의 길이가 비슷하였고 3일부터는 0.4 kGy와 0.5 kGy 조사시료의 성장이 지연되어 길이가 현저히 감소하였다(Fig. 1a). 발아기간 동안의 성장양상을 살펴보면, 모든 선량이 비교적 유의적인 차이로 성장한 것으로 나타났고, 0.3 kGy 이하 시료들은 3일 이상부터도 유의적으로 뚜렷한 성장을 보였다($p<0.05$, Table 1). 각 발아일에 대해 비 조사시료와 조사시료간의 순의 길이 차이를 살펴보면, 3일부터 시료들간의 길이차이를 보이기 시작하면서 선량이 증가할수록 길이가 감소하는 경향을 보였다(Fig. 1). 각 조사선량간의 순의 길이에 대한 유의적인 차이를 살펴보면, 2일부터 비 조사시료와 0.3 kGy 이상 시료들간에 유의적인 차이를 보였다($p<0.05$, Table 1).

밀의 뿌리는 순보다 방사선 조사에 더 민감하게 반응하여 0.2 kGy 이상부터 성장이 억제되어 완만한 성장곡선을 보였지만(Fig 1) 모든 선량의 뿌리는 일일간 성장양상에서 유의적인 차이를 보였다($p<0.05$, Table 2). 각 발아일에서 조사선량간의 유의적인 차이를 살펴보면, 1일째 비 조사시료와 0.3 kGy 이상 시료들간에 차이를 보였고 3일부터는 전반적

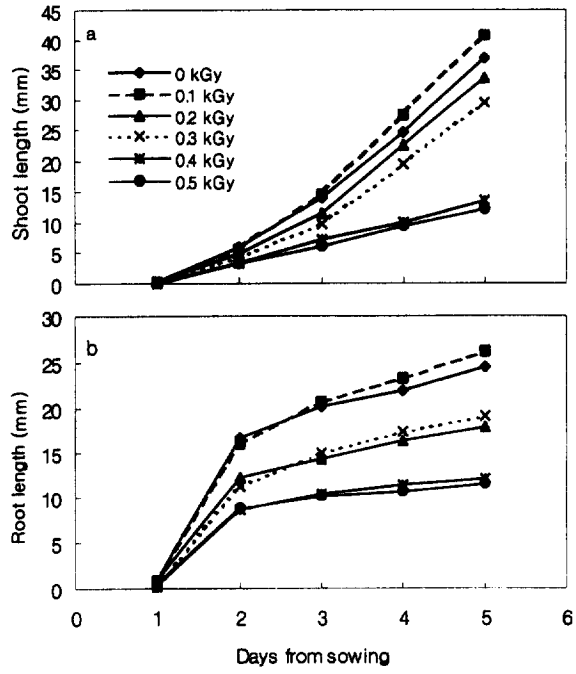

Fig. 1. Effect of gamma irradiation on growth curve of wheats without husks.
a : shoot, b : root

Table 1. Shoot length* of wheat gamma irradiated at various doses

(unit : mm)

Irradiation dose (kGy)	Germination period (day)				
	1	2	3	4	5
0	^{AB}0.250 ± 0.056a	^{A}5.983 ± 0.400a	^{A}13.967 ± 0.980b	^{AB}24.617 ± 1.853c	^{A}36.746 ± 2.936d
0.1	^{AB}0.267 ± 0.058a	^{AB}5.717 ± 0.410ab	^{A}14.667 ± 1.160b	^{A}27.350 ± 2.166c	^{A}40.733 ± 3.051d
0.2	^{B}0.367 ± 0.095a	^{ABC}4.867 ± 0.486ab	^{AB}11.500 ± 1.237b	^{B}22.567 ± 2.445c	^{B}33.367 ± 3.660d
0.3	^{A}0.083 ± 0.036a	^{BC}4.350 ± 0.292ab	^{BC}9.783 ± 0.807b	^{B}19.450 ± 1.840c	^{B}29.450 ± 2.697d
0.4	^{A}0.117 ± 0.042a	^{C}3.417 ± 0.331a	^{C}7.033 ± 0.769b	^{C}9.867 ± 1.028b	^{B}13.600 ± 1.529c
0.5	^{A}0.117 ± 0.059a	^{C}3.350 ± 0.327b	^{C}6.200 ± 0.740b	^{C}9.450 ± 0.947c	^{B}12.400 ± 1.268c

*Mean value and standard error of shoot length.
$^{a-d}$Means with different superscripts in the same row differ significantly ($p<0.05$).
$^{A-C}$Means with different superscripts in the same column differ significantly ($p<0.05$).

Table 2. Root length* of wheat gamma irradiated at various doses

(unit : mm)

Irradiation dose (kGy)	Germination period (day)				
	1	2	3	4	5
0	^{A}0.833 ± 0.143a	^{A}16.683 ± 0.104b	^{A}20.217 ± 1.296bc	^{A}B21.883 ± 1.456c	^{A}24.483 ± 1.598c
0.1	^{A}0.783 ± 0.145a	^{A}16.100 ± 1.071b	^{A}20.700 ± 1.410bc	^{A}23.317 ± 1.444cd	^{A}26.167 ± 1.523d
0.2	^{A}0.817 ± 0.159a	^{B}12.167 ± 1.123b	^{BC}14.300 ± 1.264bc	^{C}16.400 ± 1.433bc	B18.017 ± 1.437c
0.3	^{B}0.250 ± 0.066a	^{B}11.283 ± 0.760b	^{B}15.033 ± 1.010bc	^{BC}17.350 ± 1.191cd	^{B}19.067 ± 1.340d
0.4	^{B}0.267 ± 0.089a	^{B}8.683 ± 0.718b	^{C}10.333 ± 0.819bc	^{D}11.350 ± 0.971bc	^{C}12.067 ± 1.068c
0.5	^{B}0.217 ± 0.068a	^{B}8.750 ± 0.724b	^{C}10.100 ± 0.775bc	^{D}10.767 ± 0.807bc	^{C}11.583 ± 0.858c

*Mean value and standard error of root length.
$^{a-d}$Means with different superscripts in the same row differ significantly ($p<0.05$).
$^{A-D}$Means with different superscripts in the same column differ significantly ($p<0.05$).

으로 조사선량의 증가에 따른 성장이 억제되어 뿌리 길이의 유의적인 감소 경향을 보였으나($p<0.05$) 비 조사시료와 0.1 kGy, 0.2 kGy와 0.3 kGy, 그리고 0.4 kGy와 0.5 kGy 조사시료간에는 유의적인 차이가 없었다. Kume 등[20]은 밀의 경우, 0.33 kGy 이상 조사시료에서는 발아법으로 방사선 조사 유무를 비교적 정확하고 간단하게 확인할 수 있다고 하였으며 순과 뿌리의 발아 및 길이 성장억제 정도로 방사선 조사선량을 대략적으로 유추할 수 있다고 제안하였다. 본 연구에서 순과 뿌리의 일일간 성장정도를 조사해 본 결과, 순은 2일부터 조사선량에 따른 차이를 보이기 시작하여 0.1 kGy 조사시료를 제외하고는 조사선량이 증가할수록 성장정도가 서서히 감소하는 경향을 보여 비 조사시료와 조사시료, 그리고 조사시료들간의 구분이 가능하였다(Fig. 2). 밀의 뿌리는 순보다 방사선 조사에 더 민감하게 반응하여 2일부터 비 조사시료와 조사사료들간에 성장정도에 있어서 더 큰 차이를 보였으며 조사선량이 증가할수록 성장정도가 적은 것으로 나타나 비 조사시료와 조사시료 그리고 조사선량간의 차이를 구분할 수 있었다(Fig. 2). 한편, Kawamura 등[16]은 뿌리의 길이가 4일내 20 mm 이상 자라면 비 조사시료이고 20 mm 이내로 자라면 조사시료로 판단하였다고 하였는데, 본 연구에는 국내산 밀로 비교적 성장이 양호하여 3일째 비 조사시료와 0.1 kGy 조사시료의 뿌리만 20 mm 이상 자라서 0.2 kGy 이상 조사 시료와 구분이 가능하였다(Table 2).

2. 보리

국내산 보리를 방사선 조사하여 뿌리와 순의 길이성장을 살펴본 결과, 밀에서와 마찬가지로 선행 연구였던 벼와 찰벼에 비해 성장이 매우 양호하여 길이에 있어 시료들간에 큰 차이를 보이지 않았지만 0.2 kGy 이하 시료들과 0.3 kGy 이상 시료들간에는 큰 차이를 보였다(Fig. 3). 보리의 순은 5일 동안 비 조사시료, 0.1 kGy, 그리고 0.2 kGy 조사시료에서 비슷한 경향으로 매우 급속한 성장추세를 보인 반면, 0.3 kGy 이상 조사시료에서는 5일 동안 비교적 완만한 성장을 나타냈다(Fig. 3). 각 조사선량에서 5일 동안의 길이 성장은 모든 선량에서 유의적인 차이로 지속적인 성장을 한 것으로 나타났다($p<0.05$, Table 3). 각 발아일에서 조사선량간

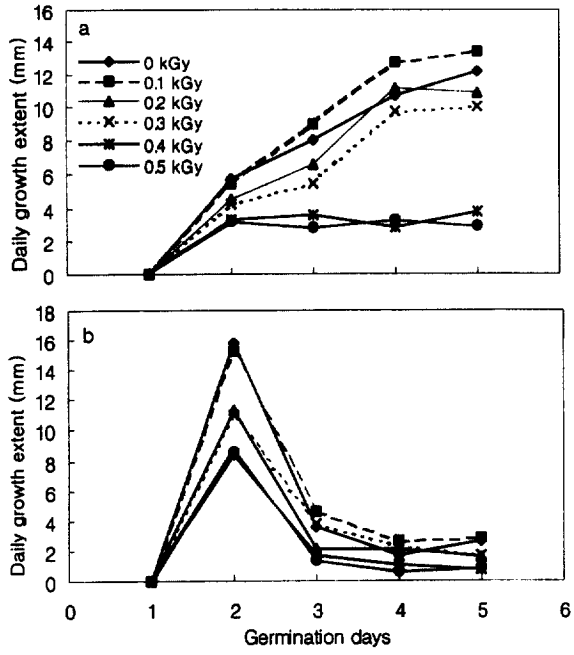

Fig. 2. Comparison of the daily growth extent of wheats depending on irradiation dose.
a : shoot, b : root.

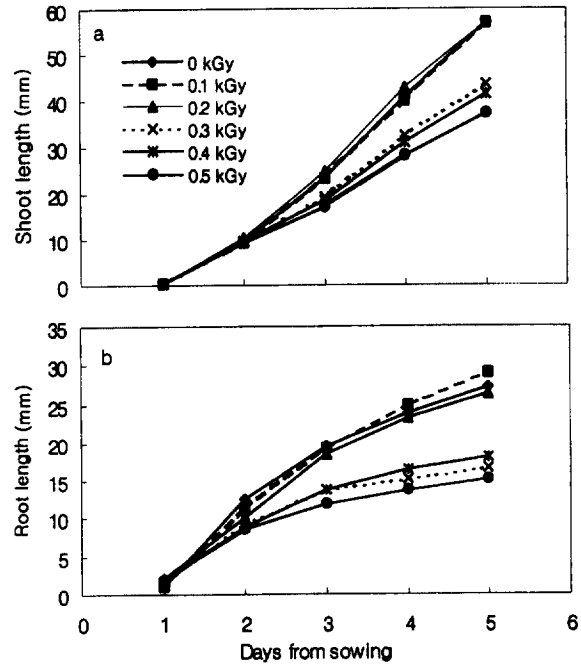

Fig. 3. Effect of gamma irradiation on growth curve of barleys without husks.
a : shoot, b : root

의 순의 길이차이를 살펴보면, 3일부터 선량간에 차이를 보이면서 5일째 비 조사시료와 0.3 kGy 이상 조사시료들과 뚜렷한 차이를 나타냈다(Fig. 3). 한편, 2일까지 조사선량간에 유의적인 차이가 없었지만 3일부터 조사선량에 따른 차이를 보이기 시작하여 5일째에는 0.3 kGy 이상 조사구와 0.2 kGy 이하 조사구간에 통계적으로 유의적인 순의 길이 차이를 보였다($p<0.05$, Table 3).

보리의 뿌리는 0.2 kGy까지 5일 동안 유의적인 차이로 꾸준한 성장을 보인 반면, 0.3 kGy 이상 조사시료에서는 성장이 지연되는 경향을 보였으며 2일부터는 0.2 kGy 이하의 시료들과 현저한 차이를 보이면서 0.3 kGy 이상 시료간에는 유의적인 차이가 없이 매우 저조한 길이 성장을 보였다(Fig. 3, Table 4). 각 발아일에서 조사선량간의 뿌리길이의 차이를 살펴보면, 2일부터 선량간에 차이를 보이기 시작하면서 5일째 비 조사시료와 0.3 kGy 이상 시료들과 뚜렷한 차이를 보였다(Fig. 3). 또한, 2일부터 조사선량이 증가할수록 순의 길이가 점차 감소하는 경향을 보여 비 조사시료와 0.3 kGy 이상 조사시료간에 유의적인 차이가 있었다($p<0.05$). 그러나, 0.3 kGy 이상 조사시료들간에는 길이가 점차 감소하는 경향이었지만 유의적인 차이를 나타내지 않아서 조사선량간의 차

Table 3. Shoot length* of barley gamma irradiated at various doses

(unit : mm)

Irradiation dose (kGy)	Germination period (day)				
	1	2	3	4	5
0	$^{A}0.300 \pm 0.069a$	$^{A}9.550 \pm 0.686b$	$^{AB}23.467 \pm 1.663c$	$^{AB}40.850 \pm 2.759d$	$^{A}56.950 \pm 3.786e$
0.1	$^{A}0.217 \pm 0.068a$	$^{A}9.467 \pm 0.776b$	$^{AB}23.467 \pm 1.774c$	$^{A}40.117 \pm 3.049d$	$^{A}56.767 \pm 3.826e$
0.2	$^{A}0.500 \pm 0.102a$	$^{A}10.233 \pm 0.732b$	$^{A}24.750 \pm 1.496c$	$^{A}42.783 \pm 2.491d$	$^{A}56.883 \pm 3.169e$
0.3	$^{A}0.300 \pm 0.068a$	$^{A}9.433 \pm 0.629b$	$^{ABC}19.283 \pm 1.296c$	$^{BC}32.467 \pm 2.307d$	$^{B}43.450 \pm 3.105e$
0.4	$^{A}0.400 \pm 0.076a$	$^{A}9.533 \pm 0.488b$	$^{BC}18.750 \pm 1.149c$	$^{C}30.867 \pm 2.084d$	$^{B}41.217 \pm 3.095e$
0.5	$^{A}0.300 \pm 0.072a$	$^{A}9.383 \pm 0.522b$	$^{C}17.267 \pm 0.823c$	$^{C}28.133 \pm 1.640d$	$^{B}37.300 \pm 2.408e$

*Mean value and standard error of shoot length.
$^{a-d}$Means with different superscripts in the same row differ significantly ($p<0.05$).
$^{A-C}$Means with different superscripts in the same column differ significantly ($p<0.05$).

Table 4. Root length* of barley gamma irradiated at various doses

(unit : mm)

Irradiation dose (kGy)	Germination period (day)				
	1	2	3	4	5
0	^{A}0.967 ± 0.190a	^{A}12.650 ± 1.096b	^{A}19.583 ± 1.688c	^{A}23.783 ± 1.856cd	^{A}27.117 ± 1.948d
0.1	^{A}1.083 ± 0.178a	^{AB}11.383 ± 8.277b	^{A}19.317 ± 1.703c	^{A}24.833 ± 1.945cd	^{A}28.967 ± 2.081d
0.2	^{B}2.067 ± 0.234a	^{AB}10.150 ± 1.123b	^{AB}18.617 ± 1.391c	^{B}23.250 ± 1.433cd	^{A}26.417 ± 1.914d
0.3	^{AB}1.617 ± 0.234a	^{B}8.967 ± 0.654b	^{BC}13.833 ± 1.049c	^{B}15.167 ± 1.202c	^{B}16.600 ± 1.296c
0.4	^{AB}1.650 ± 0.206a	^{B}8.833 ± 0.632b	^{BC}13.850 ± 1.164c	^{B}16.483 ± 1.455c	^{B}18.183 ± 1.557c
0.5	^{AB}1.800 ± 0.236a	^{B}8.700 ± 5.133b	^{C}11.867 ± 0.754c	^{B}13.700 ± 0.969cd	B15.217 ± 1.071d

*Mean value and standard error of root length.

$^{a-d}$Means with different superscripts in the same row differ significantly ($p<0.05$).

$^{A-C}$Means with different superscripts in the same column differ significantly ($p<0.05$).

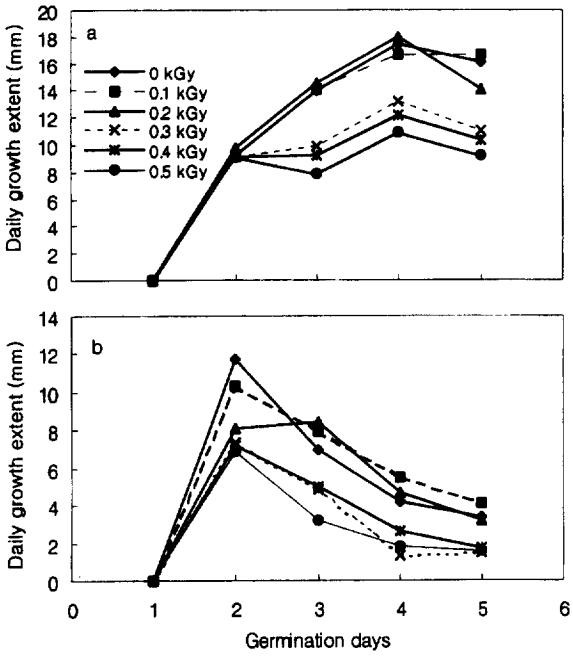

Fig. 4. Comparison of the daily growth extent of barley depending on irradiation dose.
a : shoot, b : root.

이를 정확하게 유추하기 어려웠다(Table 4). Kawamura 등[16]은 3일째 뿌리의 길이가 20 mm 정도 성장하면 비 조사시료로 판정하였다고 하였는데 본 연구에서는 3일째 비 조사시료와 0.1 kGy 조사시료의 뿌리만 20 mm에 가깝게 성장하여 0.2 kGy 이상 조사 시료들과 구분이 가능하였고 발아 2일부터 비조사 시료와 조사시료들간에 성장정도의 차이를 보이면서(Fig. 4) 5일째 비조사 시료의 성장정도가 가장 큰 것으로 나타나 본 연구에서 비조사 시료의 판정 여부는 3일째 뿌리의 길이가 20 mm에 가장 가깝게 자란 것과 5일째 성장정도가 가장 큰 것을 기준하여 판정하였다.

감사의 글

본 연구는 2000년도 과학기술부의 원자력 중장기 연구비 지원으로 수행된 연구결과의 일부로서 이에 감사드립니다.

국문요약

밀과 보리의 방사선 조사 여부를 검지하기 위해 생물학적 방법인 발아법을 이용하였다. 곡류의 순과 뿌리 성장은 0.3 kGy에서도 상당히 억제되므로 0.5 kGy 이하의 저선량으로 감마선 조사하였고 순과 뿌리 길이를 측정하여 성장정도를 확인하였다. 밀의 순은 모든 선량에서 5일 동안 지속적인 성장을 하였지만 0.1 kGy 조사시료를 제외하고 조사선량이 증가할수록 길이가 짧아지거나 성장정도가 감소하는 경향을 보여 비조사 시료와 조사 시료의 구분이 가능하였다. 밀의 뿌리는 비조사 시료의 길이 성장정도가 조사 시료들보다 컸으며 3일째 뿌리의 길이가 20 mm에 가장 가깝게 성장하였으므로 이를 기준하여 조사여부를 판정하였다. 보리의 경우 순과 뿌리 모두 조사선량이 증가할수록 성장이 지연되었다. 순은 0.3 kGy 이상 조사 시료에서 조사선량이 증가할수록 5일간의 성장정도가 점차 감소하여

비조사 시료와 조사시료의 구분이 가능하였고 보리의 뿌리는 3일부터 조사 시료들과 비조사 시료들간에 차이를 보이면서 5일째에는 0.3 kGy 이상 조사 시료들과 비조사 시료들간에 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 보리의 방사선 조사 여부의 판별은 뿌리가 3일 째 20 mm에 가장 가깝게 성장한 것과 5일 동안 성장정도가 가장 큰 것을 기준하여 비조사 시료와 조사 시료를 판별할 수 있었다.

참고문헌

1. Loaharanu, P.: Food irradiation : *current status and future prospects*. Blackie Academic & Professional, Glasgow, 90-111 (1995) [in New methods of food preservation. Gould. G.W.]
2. WHO. Wholesomeness of Irradiated Food. Report of a Joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee, Technical Report Series, Geneva, Switzerland (1981)
3. 양재승: 방사선 조사식품의 검출기법. 한국식품위생안정성학회지, **12**, 160-174 (1997)
4. Shafiur, M.R.: Handbook of preservation: Irradiation preservation of foods. 397-419 (1996).
5. Schreiber, G.A., Helle, N., and Bögl, K.W.: Detection of irradiated food method of routine applications. *Int. J. Radiat. Biol.*, **63**, 105-107 (1993)
6. Boyd, D.R., Crone, A.V.J., Hamilton, J.T.G., Hand, M.V., Stevenson, M.H., and Stevenson, P.J.: Synthesis, characterization, and potential use of 2-dodecylcuclobutanone as a marker for irradiated chicken. *J. Agric. Food Chem.*, **39**, 789-793 (1991)
7. Crone, A.V.J., Hamilton, J.T.G., and Stevenson, M.H.: Effect of storage and cooking on the dose response of 2-dodecylcyclobutanone, a potential marker for irradiated chicken. *J. Sci. Food Agric.*, **58**, 249-257 (1992).
8. Schreiber, G.A., Ziegelmann, B., Quitzsch, G., Helle, N., and Bögl, K.W.: Luminescence techniques to identify the treatment of foods by ionizing radiation. *Food Structure* **12**, 385-396 (1993).
9. Schreiber, G.A., Helle, N., and Bögl, K.W.: An interlaboratory trial on the identification of irradiated spices, herbs and spice-herb mixtures by thermoleuminescence analysis. *J. AOAC Int.*, **78**, 88-93 (1995).
10. Raffi, J.J. and Benzaria, S.M.: Identification of irradiated foods by electron spin resonance techniques. *J. Radiation sterilization*, **1**, 282-304 (1993).
11. 남혜선, 이선영, 양재승: 게류의 방사선 조사 검지를 위한 ESR spectrometry의 이용. 한국식품위생안전성학회지, **15**, 1-4 (2000).
12. Cerda, H., Delincèe, H., Haine, H., and Rupp, H.: The DNA ?Comet Assay? as a rapid screening technique to control irradiated food. Mutation Res., **375**, 167-181 (1997).
13. 오경남, 김경은, 양재승: DNA Comet Assay를 이용한 콩류의 방사선 조사 확인. 한국식 품영양과학회지, **29**, 843-848 (2000).
14. Raffi, J., Delincèe, H., Marchioni, E., Hasselmann, C., Sjöberg, A.M., Leonardi, M., Kent, M., Bögl, K.W., Schreiber, G., Stevenson, H., and Meier, W.: Concerted action of the Community Bureau of Reference on methods of identification of irradiated food. Final Report, EUR-15261, European Commission, Luxembourg, 1-119 (1994).
15. Delincèe, H., Marchioni, E., and Hasselmann, C.: Changes in DNA for the detection of irradiated food. EUR-15012, Commission of the European Communities, Luxembourg, 1-24 (1993).
16. Kawamura Y., Murayama, M., Uchiyama, S., and Saito, Y.: Development of Half-Embryo Test and Germination Test for Detection of Irradiated Fruits and Grains. Detection Method for Irradiated Foods - Current Status, 383-391 (1996).
17. Kawamura, Y., Uchiyama, S., and Saito Y.: A Half-Embryo Test for Identification of Gamma-Irradiated Grape fruit. *J. Food Sci.*, **54**, 379-382 (1989).
18. Kawamura, Y., Uchiyama, S., and Saito Y.: Improvement of the Half-embryo Test for Detection of Gamma-irradiated Grapefruit and Its Application to Irradiated Oranges and Lemons. *J. Food Sci.*, **54**, 1501-1504 (1989).
19. Kawamura, Y., Uchiyama, S., and Saito Y.: A half-embryo test for identification of irradiated citrus fruit: collaborative study. *Radiat. Phys. Chem.*, 48, 665-668 (1996).
20. Zhu, S., Kume, T., and Ishigaki, I.: Detection of irradiated wheat by germination. *Radiat. Phys. Chem.*, **42**, 421-424 (1993).
21. 강병서, 김계수: 한글 SPSS 사회과학통계분석. SPSS 아카데미, 고려정보산업 (1998).