

전 인\*, 임광목, 최용호, 금동권, 김병호

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

\*ijun@kaeri.re.kr

## 1. 서론

원자력을 이용하는 가장 중요한 목적은 인간이 필요한 에너지 생산 및 인간의 생활에 도움을 주는 각종 기술의 이용이지만, 최근 들어 수명이 다한 원자력 시설의 안전한 해체 및 사고 후 환경에 미치는 부정적인 영향을 최소화 하고 원래의 자연 상태로 되돌리려는 기술도 확보하려는 방향으로 급격히 부상하고 있다. 이는 과거 수십 년 동안 방사선방호 분야의 주된 중심은 인간방호였으나 리오에서 개최된 유엔환경개발회의에서 “지속 가능한 개발”에 대한 국제적 원칙이 수립된 이후 방사선방호 분야의 전리방사선에 의한 환경방호 (Environmental Protection)가 주요 이슈로 부각되고 있는 것으로 확인할 수 있다[1].

이런 이슈이후 원자력 사고 대응 기술 중 방사능에 오염된 환경의 완화 기술은 주민의 경제활동을 촉진하고 장기간 방사선에 오염된 환경에 노출되는 방사능 위험으로부터 주민의 건강을 지키기 위해 확보해야하는 중요한 기술이라고 볼 수 있다.

이런 오염된 환경을 완화하는 방법 중 동물을 이용한 환경정화 방법[2] 및 식물을 이용한 환경오염 완화기술[3]이 외에도 다양한 방법이 시도되었으나 이는 장기간이 요구되고, 오염 수준이 낮은 환경에서 가장 효율적이고 환경 친화적이며 경제적인 방법이다. 하지만 현재 기술 수준에서 적용의 가장 큰 장애 요인은 식물의 핵종 흡수량과 속도이다. 이는 핵종 흡수량이 환경복구기간과 직결되기 때문이다. 따라서 특정식물이 특정 핵종을 잘 흡수할 수 있도록 하는 다양한 보조 방법이 개발되고 있다. 본 논문에서는 구황작물인 메밀을 이용하여 방사성동위원소에 오염된 토양에서의 동위원소 흡수 및 변화를 실험하고 그 결과를 기술하고자 한다.


## 2. 본론

### 2.1 토양 제조 및 식물

실험 작물로는 성장 속도가 빠르고 1년에 다모작

을 할 수 있는 메밀[Table 1]을 선택하였고 동위원소 흡수 실험을 위해 방사성동위원소 <sup>137</sup>Cs을 사용하였다. 재배 용기의 크기는 가로, 세로 높이가 각각 90 cm, 60 cm, 40 cm 크기의 플라스틱 용기를 사용하였고 용기 하부 30 cm는 오염되지 않은 토양을 넣은 다음 상부 10 cm는 오염된 토양을 넣어 사고 후 방사성 물질이 자연 낙하하여 토양에 오염된 현상을 모사하였으며, 실험포트의 토양 오염 농도는 각각 15, 30, 45(Bq/g-dry)로 하여 오염도에 따른 식물의 흡수경향을 실험하였다.

Table 1. Fagopyrum esculentum[4]

학명	Fagopyrum esculentum	
계	식물	
문	속씨식물	
강	쌍떡잎식물	
목	마디풀목	
분포	동부, 중앙아시아	
크기	60~90 cm	

### 2.2 재배

실제로 실험 작물은 생육기간이 짧아 기상재해 때는 대파 작물로 이용되었는데 특히 강원도 산간 같은 지역에 많이 재배되어왔다. 본 실험을 위해서는 앞서 언급한 포트에 오염토양을 채우고 식물을 식재하여 온실에서 재배하였다. 파종은 8월 27일 하였고 약 1 cm 깊이의 고랑에 메밀 씨앗을 5 cm 간격으로 2~3두 파종하였다. 메밀은 발아율이 높아 대부분 발아 하였으며 성장기간 동안 물은 주 1 ~ 2회 흠이 고루 물에 적실 수 있도록 주었고 오염 방지를 위하여 사방이 유리로 막혀있는 온실에서 재배하였다.

### 2.3 실험 작물 수확 및 분석

실험 작물은 파종 후 2 개월이 지난 10월 28일에 수확하였고 수확할 때 오염 토양이 작물에 남아 있지 않도록 토양으로부터 2 cm 정도 상부를 절단하였으며 열매와 기타부분으로 구분하여 수확하였다.

수확 후 작물을 자연 상태에서 일정시간 자연 건조한 후 완전건조를 위해 건조기에 넣고 80°C에서 24시간 이상 건조하였다. 작물은 채취한 후 건조 전, 후의 무게를 기록하고 분말로 만들어 HPGe 감마선 계측기를 이용하여 계측하였다.

## 2.4 결과 및 고찰

작물의 건조 전 무게는 열매가 55.9 ~ 60.0 g 이었고 기타부분은 218.8 ~ 226.2 g 이었으며, 건조 후 무게는 열매가 33.8 ~ 38.8 g이었고, 기타 부분은 17.4 ~ 19.2 g이었다. 이에 따른 건조비율은 열매가 60% 내외였고, 기타부분은 8% 내외로 나타났다[Table 2]. 이는 작물이 방사성동위원소를 흡수한 후 이를 처리하는 과정에서 씨앗이 맺기 전에 처리하면 일반적인 다른 작물과 마찬가지로 많은 양의 부피 및 무게를 줄일 수 있음을 시사한다.

Table 2. Wight of Plant(g) and Dry Rate

	Port 1		Port 2		Port 3	
	S	L	S	L	S	L
F. Weight	59.9	218	55.9	220	60.0	226
D. Weight	38.8	17.7	33.8	19.2	36.5	17.4
Dry Rate	64.8	8.1	60.5	8.7	60.8	7.7

실험 작물의 방사성동위원소 계측결과 seed는 port 1, 2, 3가 각각 0.23, 0.27 및 3.36 Bq/g-dry 이었고 기타부분은 1.18, 0.47 및 7.05 Bq/g-dry임을 보였다. 이는 seed보다 기타부분의 방사성동위원소 흡수율이 약 2배 이상 높음을 보이고 이는 열매가 맺히기 전 작물을 수확하면 재배기간이 보다 더 단축되고 그에 따라 다모작을 실시할 수 있음을 의미한다. 토양의 방사성동위원소 농도는 각각 1.47, 2.51 및 4.72 Bq/g-dry로 계측되었다[Fig. 1].

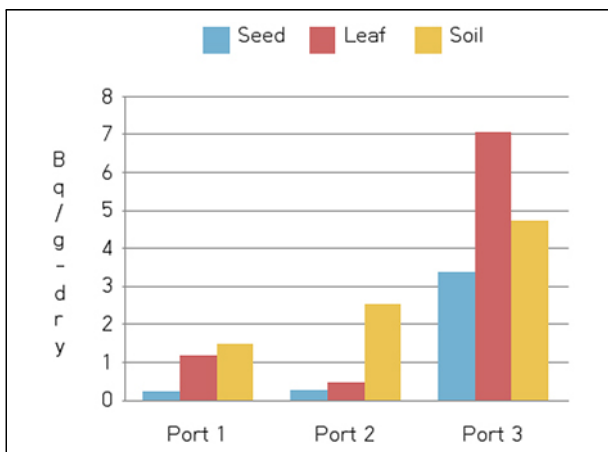


Fig. 1. Radionuclides in Seed, Leaf and Soil.

실험 초기와 비교하면 현저히 감소하였는데 일부는 작물이 흡수하였으나 대부분은 작물의 성장을 위해 주 1 ~ 2회 수분을 보충하는 과정에서 상부의 방사성동위원소가 물의 흐름과 함께 하부로 이동되었을 것으로 추측할 수 있다.

## 3. 결론

메밀은 일반적으로 발아율이 좋아 씨앗 대부분이 발아하여 실제 작물 재배에도 특별히 관리가 필요치 않는 점이 오염지역에서 재배하는데 가장 큰 강점을 보인다. 또한 성장기간이 60여일로 수확을 목적으로 하지 않으면 2모작 이상도 가능한 작물이다. 실험에서도 식재한 대부분의 씨앗이 발아하였고 별다른 병해 없이 잘 자랐음을 확인하였다. 또한, 토양별로 오염도를 다르게 하여 재배하였으나 수확량을 보면 작물의 성장에 큰 영향은 없는 것을 알 수 있다. 다만, 토양의 오염도에 따라 작물이 흡수한 동위원소의 양은 열매나 기타 부분 모두 차이를 보였으며 실험토양 중 가장 농도가 높은 작물이 가장 많은 방사성동위원소를 흡수하였음을 확인하였다. 본 실험의 결과로 보면 비교적 오염도가 높은 지역에서 동위원소를 많이 흡수함을 보였으나 정확한 경향 파악을 위하여 보다 다양한 환경에서의 추가 실험이 필요한 것으로 사료된다.

## 4. 참고문헌

- [1] ICRP, "The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection," ICRP publication 103, 2007.
- [2] 전인, 임광목, 최용호, 금동권, 박두원, "지중동물의 방사성동위원소 전이계수 측정", 한국방사성폐기물학회, 2011년 춘계학술발표회 논문요약집, pp.399-400, 2011, 문경.
- [3] 김병호, 최용호, 임광목, 금동권, 서강욱, "수생식물이용 방사능 흡수연구", 한국방사성폐기물학회, 2014년 춘계학술발표회 논문요약집, pp. 409-410, 2014, 평창.
- [4] 안완식, "우리 땅 우리 종자 한국토종작물자원도감," 도서출판 이유, 2009.