

논토양에 대한 벼의 ^{99}Tc 오염 저감화 방안 연구

임광묵, 최용호, 전인, 최상도, 금동권

한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 989번길 111

kmlim@kaeri.re.kr

1. 서론

원자력 시설로부터 방출된 방사성 핵종은 결국 강이나 호수 또는 토양에 침적하게 된다. ^{99}Tc 는 초장반감기 핵종으로서 토양에 침적되면 장기간에 걸쳐 작물체에 의해 흡수되어 인체에 방사선 피폭을 일으킬 수 있다. Chernobyl 사고 시에는 주변 환경에서 꽤 높은 준위의 ^{99}Tc 가 측정되기도 하였다[1]. 이에 본 연구에서는 경주 방폐장 주변의 논토양을 채취하여 농가에서 널리 사용하는 농용물질인 소석회와 유기질 비료를 처리하고 ^{99}Tc 흡수 실험을 수행함으로써 당 처리에 의한 벼의 ^{99}Tc 오염 저감화 효과를 조사하고 ^{99}Tc 에 의한 논토양의 오염 시 대책방안으로서의 유용성을 확인코자 하였다.

2. 본론

2.1 재료 및 방법

2011년 4월에 경주 방폐장 주변 반경 5 km 내에 있는 두 곳(구길리, 읍천리)의 논에서 상부 약 20 cm 깊이의 토양을 채취하여 연구원으로 운반한 후 건조한 다음 실험에 사용하였다. 두 토양의 물리·화학적 특성은 표 1과 같다.

재배포트(직경 25cm, 높이 35cm)에 모내기 하기 약 2주 전에 포트 당 11.2kg의 건조 토양과 0.4kg의 전혼합토(premix)를 V자 형 토양혼합기에 넣고 소석회($\text{Ca}(\text{OH})_2$)와 유기질 비료를 첨가한 다음 10분간 고르게 섞었다. 전혼합토는 1일 전에 건조토양 400g과 ^{99}Tc 수용액 30ml(271 kBq/ml)을 혼합기

Table 1. Physicochemical properties of the soils used in the experiment.

Soil	pH (1:5)	O.M. (%)	CEC (cmol/kg)	A.P. (mg/kg)	EC(cmol/kg)		Soil texture
					Ca	K	
Gugilri	5.65	3.70	31.94	36.34	10.28	0.79	silt loam
Eupcheonri	5.61	3.56	26.94	40.57	10.40	0.78	silt loam

O.M. : Organic matter, CEC : Cation exchange capacity, A.P. : Available phosphorus, EC : Exchangeable cation

Table 2. The types of the soil treatment with slaked lime and compost.

Treatment	Material added	Dosage (g/pot)	Code of each type
Single	slaked lime (A) ^a	60	SL-H
		30	SL-L
	compost (B) ^b	600	OM-H
		300	OM-L
Mixed	A+B	60+600	S/O-H
Control	-	0	control

^a : Ca content of about 46%

^b : Organic matter content of higher than 25%.

를 이용하여 5분간 고르게 섞었다. 소석회와 유기질 비료의 첨가 유형은 표 2와 같다.

재배포트는 바다에 쇠석을 깔고 그 위에 비오염 건조 토양을 3.4kg씩 넣은 다음 오염 토양을 11.6kg씩 더 넣어 재배포트 당 15kg씩의 토양을 투입하였다. 실험은 3 반복으로 도합 40개의 재배포트를 실험온실 내에 완전임의 배치법으로 배치하고 3~4cm 깊이로 판개하여 재배하였다(그림 1).



Fig. 1. Growing of the rice plants in a greenhouse

재배포트에 호뽀벼의 모를 6월 3일에 포트 당 12개(3주 4분)씩 이식하였고, 비료 및 농약 살포 등은 관행에 준하여 실시하였다. 벼의 수확은 모내기 후 137일(10월 18일)에 하였다. 수확한 벼는 실험온실 내에서 3주 정도 자연 건조시킨 다음 이삭으로부터 낱알을 분리한 후 탁자사발을 이용하여 껍질(왕겨)을 벗겨내고 쌀알(현미)을 얻었다. 쌀알 시료들을 일정량의 암모니아수를 가하고 건조시킨 후 250~550℃로 조질된 전기로에서 회화하여 회분시료를 얻었다. 회분시료를 직경 5cm의

planchet에 200mg씩 담고 전베타계수법으로 ^{99}Tc 농도를 측정하고 ^{99}Tc 의 토양-작물체 전이계수(TF, dimensionless)를 아래와 같이 계산하였다.

$$TF = \frac{\text{작물체내 핵종농도 (Bq/kg dry)}}{\text{토양내 핵종농도 (Bq/kg dry)}} \quad (1)$$

2.2 결과 및 고찰

2.2.1 농용물질 무첨가 시 ^{99}Tc 의 토양-작물체 전이계수

농용물질 무첨가 시 토양별 ^{99}Tc 의 쌀알 전이계수(TF) 값은 표 3과 같다. 두 토양의 TF 값은 큰 차이가 없었다.

Table 3. Transfer factors of ^{99}Tc for hulled rice seeds in control soil.

Soil	Transfer factor of ^{99}Tc for hulled rice seeds (TF, dimensionless)
Gugilri	$4.1 \times 10^{-4} \pm 9.6 \times 10^{-5}$
Eupcheonri	$4.3 \times 10^{-4} \pm 4.8 \times 10^{-5}$
AM±SD	$4.2 \times 10^{-4} \pm 1.1 \times 10^{-5}$
GM/GSD	$4.2 \times 10^{-4} / 1.03$

AM: Arithmetic mean, SD: Standard deviation, GM: Geometric mean, GSD: Geometric standard deviation.

2.2.2 농용물질 첨가에 따른 작물체의 ^{99}Tc 오염저감화 효과

그림 2와 3은 각각 구길리와 읍천리 논토양에서 농용물질 무첨가 시(control) ^{99}Tc 의 쌀알 TF 값과 각종 유형의 첨가 시 TF 값을 함께 보여 주고 있다. 구길리 토양에서는 어떠한 유형의 소석회와 유기질 비료의 첨가에서도 유의할 만한 오염저감 효과가 나타나지 않았으나, 읍천리 토양에서는 TF 값이 저수준의 소석회 단일첨가에 의해 60% 정도, 고수준의 소석회와 유기질 비료의 동시첨가에 의해 40% 정도 감소한 것으로 나타났다. 고수준의 소석회 첨가에서는 두 토양 모두 TF 값이 증가하였다. 유기질 비료의 경우 고수준 첨가에서는 두 토양 모두 TF 값이 2 배 이상 증가하였으나 저수준 첨가에서는 고수준에 비해 TF 값이 크게 감소하여 무첨가보다 그리 높지는 않았다. 고수준의 소석회와 유기질 비료의 동시첨가의 경우 두 토양에서 모두 고수준의 단일첨가보다 TF 값이 비교적 크게 낮았고 읍천리 토양에서는 TF 값이 무첨가에 비해 감소하기까지 하였다.

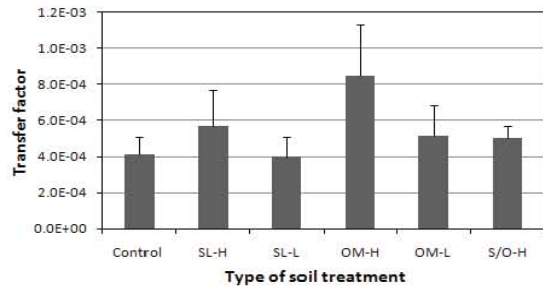


Fig. 2. Transfer factors of ^{99}Tc for hulled rice seeds at various types of the treatment of Gugilri paddy soil.

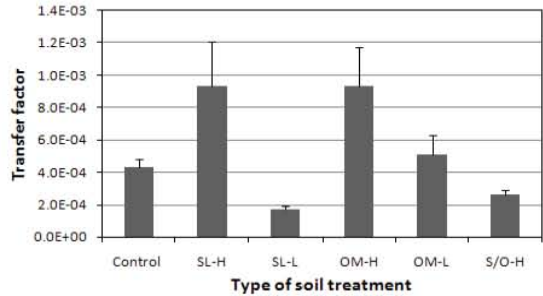


Fig. 3. Transfer factors of ^{99}Tc for hulled rice seeds at various types of the treatment of Eupcheonri paddy soil.

3. 결론

경주 방폐장 주변의 논토양을 채취하여 ^{99}Tc 흡수 실험을 수행함으로써 농용물질인 소석회와 유기질 비료의 토양살포 효과를 조사하고 ^{99}Tc 에 의한 논토양의 오염 시 대책방안으로서의 유용성을 검토하였다. 조사한 첨가 유형 중에서는 저수준의 소석회 단일첨가(약 0.6kg/m^2)만이 논토양의 ^{99}Tc 오염 시 비의 ^{99}Tc 오염저감 대책으로서의 이용 가능성이 있을 것으로 판단된다. 또한, 실험 결과 들은 보다 낮은 수준의 소석회 단일첨가로 보다 효과적인 결과를 기대할 수 있다는 것을 시사하고 있으므로 이에 대해서 추가적인 실험이 수행 될 필요가 있다고 본다.

4. 감사의 글

이 논문은 교육과학기술부가 시행한 원자력연구개발사업의 결과물입니다.

5. 참고문헌

- [1] S. Uchida, et al., Concentration levels of ^{99}Tc in forest soils collected within the 30 km zone around the Chernobyl reactor, J. Environ. Radioactivity, pp. 10575-77, 1999.