

水稻의 Sr⁹⁰ 吸收에 대한 石灰施用 效果

金在成* · 林秀吉** · 金台淳***

Influence of Liming on Sr⁹⁰ Uptake by Rice Plant

Jae-Sung Kim, Soo-Kil Lim and Tai-Soon Kim

SUMMARY

Pot experiment was conducted to determine the influence of liming on the uptake of Sr⁹⁰ by rice plant. The effect of lime application on the yield of rice plant has approved small slight increase of yield at the level of 150kg/10a only. Liming depressed the nutrient uptake of Mg, K, N and P₂O₅ except Ca by the rice plant. The Sr⁹⁰ content of rice plant diminished with increased lime application until to 300kg/10a. At the low pH and exchangeable Ca content of the soil, Sr⁹⁰ uptake of rice plant was high.

緒 言

原子力發電所에 의한 電力供給을 위하여 原子爐의 정 상운전시뿐 아니라 放射性 廢棄物處理 및 불의의 事故 등에 의해서 大氣에 방출되는 放射性物質은 作物栽培 에도 영향을 줄 수 있는 危險성이 潜在해 있기 때문에 農業災害防止 觀점에서 作物에 의한 放射性物質의 吸收抑制에 관한 연구가 필요하게 되었다. 특히 Sr⁹⁰ 은 핵분열 수율이 높고 위험성이 크므로 연구의 주 대상 이 되어야 할 것이다. 이 研究는 土壤에 일상적 石灰施用이 Sr⁹⁰ 의 吸收에 미치는 영향을 구명해 보고자 水稻에 의한 Sr⁹⁰ 의 吸收에 대한 石灰處理效果를 實驗한 것이다.

材料 및 方法

1. 供試土壤

本 實驗에 사용한 供試土壤은 坂州統(전곡), 淸溪統(청하), 沙頭統(김해), 安美統(평창), 廣活統(조암)의 表土를 採取, 풍진, 체질(5 mm) 한 후 10 kg 씩을 pot 에 담아 사용하였으며 試驗前 土壤의 이화학적 성

질은 前報⁸⁾에서 보인바와 같이 대부분이 pH가 낮은 酸性土壤이나 간척지 土壤인 廣活統만이 pH 8.2 로 염 기성을 나타내며 Ca을 제외한 氫化성염기류는 다른 土壤에 비해 매우 높았다. 石灰添加와 직접 관련이 있는 氫化성 Ca은 淸溪統이 5.6m.e./100g 으로 가장 높고 沙頭統이 2.76m.e./100g 으로 가장 낮았으며 坂州統, 安美統, 廣活統은 비슷한 값을 보였다.

2. 石灰와 Sr⁹⁰ 處理 및 植物體分析

水稻의 Sr⁹⁰ 吸收에 대한 石灰施用의 영향을 보기 위하여 試驗土壤에 calcium hydroxide [Ca(OH)₂]를 분 말상태로서 15g, 30g, 60g을 土壤 10kg과 잘 혼합한 후 pot에 충전하였는데 이는 土壤 10a당 150kg, 300kg, 600kg의 石灰處理에 해당된다.

Sr⁹⁰ 處理는 比放射能이 10.889 mCi/ml인 無擔體의 strontium chloride(*SrCl₂) 0.99183 ml을 10 ml로 稀釋하고 이 稀釋液 5ml을 다시 蒸溜水로 5L(0.05 μCi/ml) 되게 稀釋하여 pot 당 0 ml(0 μCi), 10 ml(10 μCi) 20 ml(20 μCi), 40 ml(40 μCi)씩을 비료액과 함께 全層施肥하였다. 肥料 施肥量은 (NH₄)₂HPO₄, (NH₂)₂CO KCl 형태를 사용하여 pot 당 2.84 g N, 1.67 g P₂O₅, 1.75 g K₂O를 水溶液 상태로 하여 Sr⁹⁰ 處理液과 함

* 韓國에너지研究所(Korea Advanced Energy Research Institute, Seoul)

** 高麗大學校 農科大學(College of Agriculture, Korea University, Seoul)

*** 建國大學校 農科大學(College of Agriculture, Kon Kuk University, Seoul)

께 施用하였다.

비료와 Sr⁹⁰을 處理한 후 水稻(品種:실약)를 pot 당 1株 3本씩 3株를 移秧하여 3반복을 關행 栽培하였다. 移秧 4개월 후 收穫期에 각 pot에서 土壤表面5cm 이상의 지상부를 채취하여 收量構成要素를 조사한 후 70°C 열풍건조기에서 약 72시간 건조시킨 후에 乾物重을 測定하고 分쇄하여 각종 成分分析의 시료로 사용하였다. 水稻體內的 化學 成分과 Sr⁹⁰放射能計測은 前報⁸⁾와 같은 방법으로 하였다.

結果 및 考察

石灰 添加에 따른 水稻의 乾物重은 表 1에서 보여 주듯이 石灰 添加量의 增加에 따라서 전반적으로 고도의 유의성 있는 부의상관 ($r = -0.624^{**}$)을 나타냈다. 그러나 土壤別(그림 1)로 분류하여 조사한 결과로는 坂州統, 安美統, 淸溪統에서는 10a 당 150kg 添加까지는 乾物重이 增加하였고 그 이상에서는 減少하였으며, 砂質인 沙頭統에서는 모든 石灰 添加區에서 減少하였으나 pH(8.2)가 가장 높은 海成土인 廣活統에서는 오히려 10a 당 300kg 添加까지도 增加하는 경향을 보였는데 이는 石灰에 의한 化學적 영향이라기 보다 石灰添加에 의하여 土壤構造를 개선하므로써 乾物重이 增加한 것으로 思料된다.

밭土壤에서 石灰添加에 의한 作物收量 增加는 많은 보고가 있으나^{3,6,10)} 특히 Fredriksson等⁹⁾은 Sr⁹⁰으로 처리된 土壤에 10a 당 100kg의 石灰施用으로 보리와 귀리 등의 수량이 가장 높았고, 200kg 이상에서는 대부분 밭作物에서 收量減少를 보였다고 報告한바 있으며, 柳와 石¹²⁾은 Sr⁹⁰ 10μCi로 오염시킨 토양에 calcium hydroxide를 10a 당 300kg와 600kg 施用하여 栽培한 결과 石灰添加量의 增加에 따라 水稻의 收量이 減少됨을 보여 주어 본 실험에서와 비슷한 결과를 얻었다.

또한 Ca과 Sr⁹⁰을 添加한 土壤에서 栽培한 水稻의 무기성분과 Sr⁹⁰의 吸收量을 조사한 결과(表 1), Ca 添加量이 增加할수록 水稻의 질소, 인산, 가리 함량이 減少하여 乾物重의 減少를 가져왔고 Sr⁹⁰의 處理는 水稻의 乾物重에 별 영향이 없었다. 즉 Ca 添加量增加에 따라 水稻體內的 Ca ($r = +0.529^{*}$) 함량은 增加하였으나 Mg ($r = -0.561^{*}$), K ($r = -0.447^{*}$) 함량과 질소($r = -0.647^{**}$), 인산($r = -0.510^{*}$)의 함량은 減少하는 경향을 나타내었고, Sr⁹⁰의 水稻體吸收도 減少하였으나, Ca 600kg 添加區에서는 다소 增加하는 경향을 보였다. Sr⁹⁰의 處理量增加에 따라서는 水稻體 전 무기성분이 다소 減少하는 경향을 보였으며 水稻體의 Sr⁹⁰ 吸收는 處理量의 增加에 따라서 거의 비례적으로 增加하는 경향을 보였다. Fredriksson等⁹⁾은 Ca 添加는 植物體內的 Ca 함량은 增加시키나 Mg과 K의 함량은 減少시킨다고 하였고 Harris等⁶⁾도 Ca 添加는 치환성 Ca 함량이 낮은 土壤에서 Ca 吸收를 增加시켰다고 하여 本 實驗結果와 같았으며, Andersen¹⁾과 Gulyakin과 Yuditseva⁵⁾들은 土壤에 磷酸 處理는 Ca과 Sr⁹⁰ 吸收를 減少시킨다고 하여 상호 부의 상관 관계가 있는 것으로 보고하였으므로 Ca 處理에 따라 磷酸의 吸收도 減少될 것으로 豫想된다. Ca 添加에 따른 土壤別 水稻體의 Sr⁹⁰ 吸收에 대한 조사(그림 2)에서 대부분 土壤이 10a 당 Ca 300kg 添加까지는 水稻의 Sr⁹⁰ 吸收를 抑制하였으나 600kg 添加區에서는 모두 다시 增加하는 경향을 보여 일정수준(酸性土壤보정수준) 이상의 Ca 添加는 水稻의 Sr⁹⁰ 吸收에 대한 抑制效果가 적음을 나타내었다. 이는 過量의 calcium hydroxide의 添加가 栽培土壤의 pH를 상승시켜 알칼리성 土壤으로 變化하므로써 作物이 他 養分의 吸收를 圓滑하게 할 수 없어 水稻의 選擇吸收 技能을 弱화시키기 때문에 Sr⁹⁰의 吸收가 增加한 것으로 思料된다. 이는 Comar

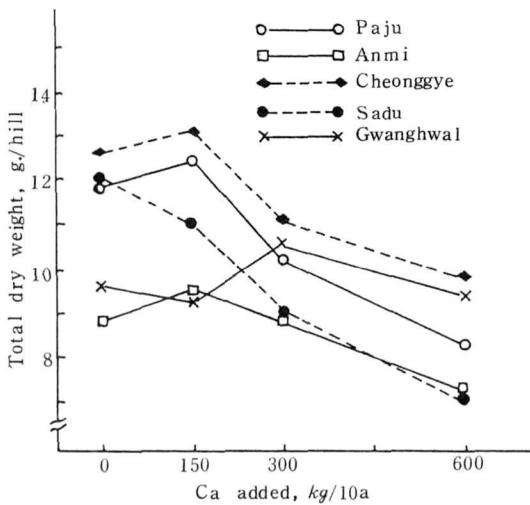


Fig. 1. Total dry weight of rice plant on different lime [Ca(OH)₂] levels in five different soils treated with various lime and Sr⁹⁰ levels.

Table 1. Total dry weight and chemical composition of rice plant on different liming and Sr⁹⁰ levels in soil.

Ca added (kg/10a)	Dry matter (g/hill)	Ca	Mg	K (%)	N	P ₂ O ₅	Sr ⁹⁰ (pCi/g. d. m.)
Sr ⁹⁰ - 0							
0	16.4	0.36	0.46	2.49	1.89	0.58	50
150	17.5	0.42	0.35	2.47	1.70	0.58	25
300	14.4	0.43	0.35	2.34	1.41	0.46	16
600	12.9	0.49	0.38	2.23	1.48	0.47	12
\bar{x}	15.3	0.43	0.39	2.38	1.62	0.52	26
Sr ⁹⁰ - 10							
0	11.8	0.35	0.39	2.41	1.84	0.61	2584
150	14.6	0.39	0.37	2.29	1.67	0.58	2232
300	12.4	0.41	0.36	2.21	1.30	0.56	2144
600	10.9	0.48	0.35	2.33	1.59	0.50	2486
\bar{x}	12.5	0.41	0.37	2.31	1.60	0.56	2362
Sr ⁹⁰ - 20							
0	18.0	0.32	0.35	2.45	1.61	0.54	4829
150	18.6	0.34	0.35	2.36	1.34	0.59	4329
300	14.7	0.39	0.35	2.20	1.22	0.54	3791
600	14.1	0.42	0.35	2.16	1.36	0.55	3602
\bar{x}	16.4	0.37	0.35	2.29	1.38	0.56	4138
Sr ⁹⁰ - 40							
0	15.7	0.34	0.39	2.34	1.69	0.58	9798
150	13.6	0.35	0.35	2.22	1.39	0.55	8458
300	13.6	0.40	0.37	2.20	1.37	0.50	8140
600	10.0	0.46	0.36	2.14	1.30	0.49	8518
\bar{x}	13.4	0.39	0.37	2.23	1.44	0.53	8729

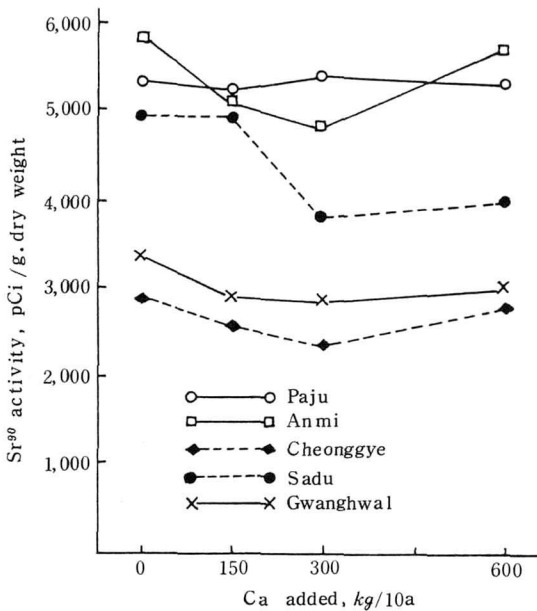


Fig. 2. Uptake of Sr⁹⁰ by rice plant grown in five different soil treated with various lime [Ca(OH)₂] and Sr⁹⁰ levels.

等²⁾이 500 kg/10a의 石灰施用 土壤에서는 Sr⁹⁰의 吸收抑制效果가 없었으며, 酸性土壤에 多量의 石灰施用은 作物體內에 현저한 Ca 함량의 增加와 함께 Sr⁹⁰의 함량도 증대하는 結果를 가져온다는 Mitsui와 Tensho⁹⁾의 보고와 일치하며, 또한 알카리 土壤에서 石灰施用에 의한 Sr⁹⁰의 吸收抑制效果를 인정하지 않은 Graham¹⁰⁾과 Kornberg⁷⁾ 등의 結果와 같은 結果라고 생각된다.

栽培土壤에 따라서도 水稻의 Sr⁹⁰의 吸收量에 많은 차이를 보였는데 pH와 치환성 Ca 함량이 낮은 土壤에서 높은 吸收를 보였고 pH와 치환성 Ca 함량이 높은 淸溪統과 廣活統이 낮은 吸收를 보였다. 이같은 吸收 양상은 土壤 pH가 낮거나 치환성 Ca 함량이 낮은 土壤에서 Sr⁹⁰의 吸收가 높다는 報告와 비슷한 結果이며, 이들 土壤에서 Sr⁹⁰의 吸收抑制에 대한 Ca添加效果가 크다고 Fredriksson等³⁾과 Russell과 Milburn¹¹⁾ 등이 보고하였는데 본 실험의 結果도 이와 일치하였다. 그림 3은 Ca 施肥量의 增加에 따라 水稻의 乾物重과 Sr⁹⁰의 吸收를 비교하여 본 것으로 Ca 施肥量이 300 kg/10a 이상에서는 乾物重이 減少하였으며 水稻體 乾物重 g 당 Sr⁹⁰의 함량도 減少하다가 600kg 添

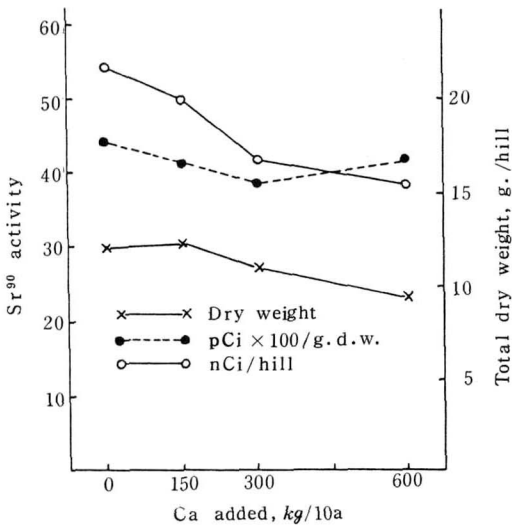


Fig. 3. Distribution of total dry weight and uptake of Sr⁹⁰ by rice plant on different lime levels in soils.

가에서는 增加하는 경향을 보였는데 이는 過量의 石灰 添加에 의한 水稻 生育부진에 기인된 것으로 생각되며 Ca 添加에 따른 水稻體 全體의 Sr⁹⁰의 含量은 減少하는 경향($r = -0.420$)을 보였으나 유의성은 없었다.

摘 要

核分裂生成物中 土壤에의 吸着이 용이하고 植物體內 移行性이 높은 Sr⁹⁰의 畚土壤別 水稻體內吸收에 대한 石灰施用 效果를 조사하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 石灰施用에 의한 水稻의 收量增加는 150 kg / 10a 까지 인정할 수 있었으며 石灰施用量의 增加에 따라 Ca 을 제외한 대부분의 養分吸收가 抑制되었다. 水稻의 Sr⁹⁰의 吸收는 300 kg / 10a까지의 石灰施用에 의해 抑制效果가 있었고 치환성 Ca 含量이 낮고 pH가 낮은 산성 土壤일수록 水稻의 Sr⁹⁰ 吸收量이 높았으며 따라서 石灰施用 效果도 컸다.

引 用 文 獻

1. Andersen, A. J. 1971. Influence of phosphorus

and nitrogen nutrition on uptake and distribution of strontium and calcium in oat plants. Soil Sci, Soc. Amer. Proc. 35. 108-111.

2. Comar, C. L., R. S. Russel, and R. H. Wasserman, 1957. Strontium-Calcium movement from soil to man. Science 126 (3272), 485-492.

3. Feedriksson. L., B. Eriksson., B. Rasmuson, B. Gahne, K. Edvarson, and K. Low, 1958. Studies on soil-plant-animal interrelationships with respect to fission products. 2. U.V. Inte. Conf. on the Peac. Uses of Atom. Ener. A/Conf. 15/p/2207 Proc. 18, 449-470.

4. Graham, E. R. 1958. Uptake of waste Sr⁹⁰ and Cs¹³⁷ by soil and vegetation. Soil Sci. 86, 91-97.

5. Gulyakim, I. V. and E. V. Yudintseva, 1958. Uptake of strontium, cesium and some other fission products by plants and their accumulation in crops. 2. U. V. Inte. Conf. on the Peac. Uses of Atom. Ener. A/Conto 15/2207 Proc. 18, 476-485.

6. Harris. H. C., W. H. Macintire, C. L. Comar, W. M. Shaw, S. H. Winterberg, and S. L. Hood, 1955. Use of Ca⁴⁵ labeled calcium carbonate in determining proportions of native and additive calcium in lysimeter leachings and in plant uptake. Soil Sci. 80, 289-298.

7. Kornberg, H. A. 1958. Radiostrontium-calcium relations in plants and animals, 2. U.V. Inte. Conf. on the Peac. Uses of Atom. Ener. A/Conf. 15/0/405 Proc. 18, 471-475.

8. 林秀吉, 金在成, 李榮日. 1986. 畚土壤에서 水稻의 Sr⁹⁰ 吸收와 水稻體內分布. 韓國環境農學會誌 5 (1): 48 ~ 54.

9. Mitsui, S., K. Tensho, 1958. Behaviour of fission products in the system of soil and plant with special reference to Sr and Cs. J. Sci. Soil Manure, Japan. 29(11), 510-520.

10. Nishita, H. and R. M. Haug, 1972. Influence of clinoptilolite on Sr⁹⁰ and Cs¹³⁷ uptakes by plants. Soil Sci. 114(2) 149-157.

11. Russell, R. S. and G. M. Mibourn, 1957. Rate of entry of radioactive strontium into plants from soil. Nature. 180, 322-324.

12. 柳寅秀, 石順鍾. 1979. 有害 放射性 同位元素의 農作物 汚染對策에 관한 研究. 試驗研究 報告書. 農技研, p. 810 ~ 818.