韓土肥誌(1990)
Vol. 23(3): 204～207

Fly ash 肥料化 研究

II. 大豆에 대한 Fly ash의 加里效果

愼齊晟 · 林東圭 · 成耆錫

Utilization of Fly ash as a Source of Mineral Fertilizers

II. Potassium availability for soybean

Jae-Sung Shin, Dong-Kyu Lim and Ki-Seog Seong

SUMMARY

This study was conducted to evaluate the potassium availability of soybean grown on potted soil amended with 20% by weight of fly ash for two years of which the second year was done on its residual effect.

Soybean growth was normal with incorporation of 20% fly ash. The increase in yield was accompanied by an increase in the potassium contents of plant and soil.

緒　　言

火力發電所에서 放出되는 微粉炭灰(Fly ash)는 植物의 遺體에서 由來되므로 植物生育에 必要한 많은 種類의 元素가 고루 포함되어 있어 肥料資源으로 活用하기 위한 많은 硏究가 활발하게 進行되고 있다[1,3,11].

Fly ash는 珪素, 알미늄이 主成分으로 이들 元素가 骨格을 이루어 珪酸鹽鑛物과 類似한 鑛物을 生成하면 이때 알칼리金屬 및 알칼리土金屬 元素인 K, Na와 Ca, Mg가 結合하여 비교적 安定된 鑛物을 形成하게 된다[8,10].

Fly ash중의 加里成分은 高熱에서 熔融되어 形成된 것으로 보다 低溫에서 生成된 草木灰에 비하여 加里의 初期 溶出率이 낮은 것으로 밝혀져 있다[10].

이같이 加里는 難溶性 鑛物의 構成成分으로 存在하므로 土壤中에서 風化되면서 서서히 溶出되어 可溶化되는 것으로 알려져 있어 加里의 效果는 施用 當年과 以後의 殘效를 期待할 수 있을 것이다.

Fly ash의 多量施用 條件에서는 加里를 포함한 各元素의 易溶性 成分의 溶出로 일시적인 鹽類의 과잉이 우려되므로 특히 幼植物의 生育을 沮害할 수가 있다[7].

또한 과잉 염류에 의한 土壤 및 地下水 汚染問題가 제기될 수 있으며 따라서 Fly ash 施用量은 作物生育과 環境에 영향을 미치지 않는 範圍에서 決定되어야 할 것이다.

植物生育에 영향을 줄 수 있는 成分으로는 硫黃, 硼素, 몰리브덴 등으로[4,5,6] 특히 硼素의 植物毒性은 매우 예민하여 일정 濃度以上에서는 生育이 크게 沮害되므로 Fly ash 施用量은 硼素의 含量에 左右될 수 있을

* 農業技術硏究所(Agricultural Sciences Institute)

것이다[2,9].

本 硏究에서는 Fly ash의 多量施用 條件에서의 效果를 加里成分을 중심으로 肥料資源으로서 價値를 檢討하고저 實施하였다.

材料 및 方法

供試된 Fly ash는 無煙炭灰(舒川火力發電所)로 一般化學成分 및 加里成分은 表1 및 2와 같다.

作物栽培에 供試된 土壤은 砂壤土로서(表3) 肥沃度가 매우 낮은 土壤이며 試驗은 1年 및 2年次(殘效)에 걸쳐 實施하였다. 15 *kg* 土壤의 20% 해당하는 Fly ash 3 *kg*을 1/2,000a Wagner's pot에 混合 充塡하고 황금콩을 Pot 당 4本씩 파종 7反覆으로 하였으며 1年次 試驗은 適期보다 늦게 7月 8日에 파종하였다.

3要素 施肥量은 N, P_2O_5, K_2O = 6-10-6 *kg*/10a로 尿素, 過石, 鹽加를 全量基肥로 施用하였다.

生育調査는 1年次 試驗의 1次는 8月 22日, 2次는 10月 16日에 實施함과 동시에 土壤과 植物體를 採取分析하였다.

2年次 試驗은 Fly ash의 殘效 試驗으로 1年次 收穫後 保管된 Pot에 3要素 施肥量을 一年次와 同一하게 處理, 同一品種과 栽培方法으로 遂行하였다. 5月 10日에 適期 播種하고 生育調査는 1次는 6月 23日, 2次는 8月 9日, 3次는 9月 25日에 각각 實施하였으며 1年次와 같이 土壤 및 植物體를 채취 분석하였

Table 1. Chemical composition of fly ash (%)

Source	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	P_2O_5	Fe_2O_3	Na_2O_3	K_2O	SO_2
Anthracite coal	60.23	25.76	0.02	0.32	0.10	1.31	0.20	1.92	0.10

Table 2. Potassium contents extracted by various solutions (%)

Source	Na_2O_3 fusion	Aqua regia soluble	1/2N HCl soluble	2% citric acid soluble	Water soluble
Anthracite coal	1.92	1.65	0.45	0.06	0.01

Table 3. Physico-chemical characteristics of the soil used

Soil texture	pH (1 : 5)	T-N	O.M	Av. P_2O_5 (ppm)	Ext. Cations(me/100g)		
		%			Ca	Mg	K
S.L	5.45	0.16	0.62	3	1.76	0.88	0.16

고 분석방법은 農業技術硏究所 표준법에 준하였다.

結果 및 考察

供試된 Fly ash중의 全加里含量은 약 2%에 달하며(表1) 이 중 水溶性 및 可溶性 加里含量은 낮은 便으로(表2) 이는 Fly ash의 生成溫度가 高溫(1,600℃)이어서 難溶性 珪酸鹽 鑛物이 形成된 것과 같이 Fly ash중 加里成分의 대부분은 植物이 쉽게 利用할 수 없는 難溶性으로 存在함을 알 수 있었다[10]. 따라서 Fly ash중의 加里成分은 速效性보다는 遲效性 成分이 더 많은 것으로 植物生育과 關聯하여 生育期間이 긴 植物에 더 效果的일 수 있을 것이다.

일반적으로 無煙炭灰는 有煙炭灰에 비하여 加里, 硫黃成分以外의 其他 成分含量이 낮은 편이다. 특히 無煙

炭灰는 硫黃含量이 높고 石灰含量이 낮아 일반적으로 pH는 有煙炭灰에 비하여 낮다. 이 밖에 Fly ash에는 未燃燒에 基因된 有機物, 窒素 外에 여러가지 成分이 含有되어 있어 灰의 施用은 이들 各種 成分의 綜合效果에 의한 것으로 肥料成分中 가장 많이 含有된 成分은 SiO_2와 Al_2O_3이나 이들 成分은 難溶性 成分으로서 특히 SiO_2의 肥效는 뚜렷하지 않은 것으로 報告되어 있고 Al_2O_3 역시 作物에 有害한 成分이며 이외의 多量成分으로 加里가 주로 생육에 영향을 미칠 것이다.

Fly ash를 多量 施用하여 2年間의 栽培期間을 통하여 生育狀況, 收量, 土壤 및 植物體中 無機成分含量을 分析한 結果는 매우 效果的이라는 事實이었다.

3要素區에 비하여 대체로 生育이 왕성하였으며 특히 1年次 試驗에서 草長, 分枝數, 乾物重등이 良好하였으며 이와같은 경향은 2年次인 殘效試驗에서도 同一하였다(表4).

Fly ash施用區에서 葉色이 진하고 光澤이 나며 草長이 큰 것은 加里등 必須元素의 效果로 보이며 특히 대조구에서는 葉邊을 따라 黃色을 띈 잎도 있었는데 이는 加里의 不足症狀으로 觀察되었다.

콩 收量은 初年에는 播種期가 늦어 正常的인 水準에 이르지 못하였으나 Fly ash구가 3要素구에 비하여 약 8% 增收되었는데 이는 粒數增加에 基因되었다(表5). 이밖에 협실중, 결협비율이 Fly ash처리구에서 높아 良質의 콩이 生產되었음을 알 수 있었다.

2年次 殘效試驗에서도 1年次와 같은 경향으로 약 8% 增收되었으며 2年次 收量은 正常的인 水準이었고 收量構成要素 分析結果 粒重增加에 基因된 것으로 判斷되었다.

이같이 1年次 肥效와 2年次 殘效試驗에서 같은 結果가 나온 것은 Fly ash의 肥料物質로서의 價値가 있음을 보여주는 것으로 매우 의미있는 사실이었다.

增收된 事實과 土壤 및 植物體中의 加里含量을 비교해 보면 밀접한 관계가 있음을 엿볼 수 있다.

生育時期別 土壤中 加里含量은 試驗 1年次의 生育初期에서 Fly ash구가 0.70me/100 g로 현저히 높았으며 그후 점차 떨어져 2年次 初期에는 0.50me/100g이었고 2年次 試驗 收穫後에는 0.40me/100 g이었다(表6). 土壤中 加里含量은 1年次에는 대조구에 비해 Fly ash구가 1.6～1.8倍 높았으며 2年次에는 더욱 增加하여 2.4～2.9倍에 이르러 加里의 殘效가 지속적임을 나타내 주었다.

Table 4. Plant growth status at different growing stages

		1st year		2nd year		
		Aug. 22	Oct. 16	July 23	Aug. 9	Sept. 25
Plant height (cm)	Control	67.9	51.4	47.9	91.7	73.4
	Fly ash	71.5	53.8	44.2	91.3	69.3
No. branch	Control	12.0	12.8	7.0	16.9	11.3
	Fly ash	12.1	13.5	7.3	17.3	19.1
Dry matter (g/plant)	Control	12.3	6.3	3.6	21.7	9.1
	Fly ash	12.5	6.7	4.5	23.4	11.6

Table 5. Yield and its components of soybean (g/plant)

	1st year		2nd year	
	Control	Fly ash	Control	Fly ash
Yield	7.7	8.3	36.8	39.9
No. grain	34.7	37.7	129.3	129.5
Weight/100g	22.39	22.02	24.1	25.9
Yield index	100	108	100	108

Table 6. Potassium contents in soil at different growing stages (me/100g)

	1st year		2nd year		
	Aug.22	Oct. 16	July 23	Aug. 9	Sept. 25
Control	0.43	0.33	0.40	0.15	0.18
Fly ash	0.69	0.60	0.54	0.44	0.41

植物體中 加里含量 역시 Fly ash구에서 試驗 全期間을 통하여 높았으며 특히 2年次 殘效試驗 收穫期의 植物體中 加里含量은 대조구에 비하여 약 2배정도 높아 土壤中의 높은 加里含量과 밀접한 相關이 있음을 보여 주었다(表 7). 其他 成分의 植物體中 含量은 對照區와 큰 差異가 없었다.

Table 7. Amount of potassium uptake at different growing stages (%)

	1st year		2nd year		
	Aug.22	Oct. 16	July 23	Aug. 9	Sept. 25
Control	2.16	2.31	4.12	1.59	1.02
Fly ash	2.80	2.46	4.55	1.73	2.09

이상의 結果分析에서 Fly ash中의 加里成分이 콩의 生育과 收量에 미친 효과를 확인할 수 있었다.

한편 試驗後 土壤의 化學的 特性을 보면 Fly ash구에서 試驗 1年次에 pH는 크게 改良되었으며 其他 窒素, 燐酸, 置換性 石灰, 苦土含量 역시 增加되었는데 이는 Fly ash의 多量施用에 의한 效果로 判斷되었다.

2年次 殘效試驗에서도 pH는 계속 높아져 7.0에 이르렀으며 기타 陽이온 역시 증가되었다(表 8).

이같은 試驗成績을 綜合하면 加里含量이 특히 높은 無煙炭灰의 多量施用으로 加里效果가 認定되었고 其他 成分의 效果도 期待할 수 있어 地表水 및 地下水를 汚染시키지 않는 線에서 Fly ash의 多量施用이 可能할 것이다.

Table 8. Physico-chemical characteristics of the soil after harvest.

	1st year		2nd year	
	Control	Fly ash	Control	Fly ash
pH	5.68	6.43	6.43	7.05
T-N(%)	0.05	0.09	-	-
Avail(ppm)	39	88	54	78
Ext. Cations(me/100g)				
K	0.33	0.32	0.18	0.41
Ca	2.54	2.70	2.62	0.75
Mg	0.52	0.79	0.75	0.75

摘 要

Fly ash중의 加里成分의 肥效를 檢討하고저 無煙炭灰를 作土重의 20% 해당량을 土壤에 施用하고 콩을 供試하여 1年次 肥效 및 2年次 殘效試驗으로 遂行하였다.

Fly ash施用으로 콩의 生育이 良好하였고 增收되었다. 이와같이 良好한 生育과 增收效果는 灰中의 多量 및 微量元素 供給에 基因된 것으로 특히 多量元素인 加里成分이 크게 기여한 것으로 이는 식물체 및 土壤中 加里含量이 현저하게 높은 것으로 확인되었다.

引 用 文 獻

1. Adriano D. C., A. L. Page, A. A. Elseewi, A. C. Chang, and I. Straughan. 1980. Utilization and disposal of fly ash and other coal residues in terrestrial ecosystems : A review. J. Environ. Qual. Vol. 9 : 333~344.
2. Aitken R. L. and L. C. Bell 1985. Plant uptake and phytotoxicity of boron in Australian fly ashes. Plant and Soil. 84 : 245~256.
3. Doran J. W. and D. C. Martens. 1972. Molybdenum availability as influenced by application of fly ash to soil. J. Environ. Qual Vol. 1 : 186~189.
4. Elseewi A. A., and A. L. Page. 1984. Molybdenum enrichment of plants grown on fly ash treated soils. J. Environ. Qual., Vol. 13 : 394~398.
5. ——, and A. L. Page. 1978. Availability of sulfur in fly ash to plants. J. Environ. Qual., Vol 7 : 69~73.
6. Furr, A. K., W. C. Kelly, C. A. Bache, W. H. Gutenmann, and D. T. List. 1976. Multielement uptake by vegetables and millet grown in pots on fly ash amended soil. J. Agric. Food Chem. Vol. 24 : 885~888.
7. Martens. D. C., M. G., Schnappinger, Jr., and L. W. Zelanzny. 1970. The plant availability of potassium in fly ash. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Vol. 34 : 453~456.
8. Phung H. T., L. J. Lund, A. L. Page, and G. R. Bradford, 1979. Trace elements in fly ash and their release in water and treated soils. J. Environ. Qual., Vol. 8 : 171~175.
9. Plank C. O., and D. C. Martens. 1974. Boron availability as influenced by application of fly ash soil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Vol. 38 : 974~977.
10. Shin J. S., K. S. Seong, and M. S. Kim., 1987. Utilization of fly ash as a source of mineral fertilizer. I. Mineralogical characteristics. The Jour. Kor. Soc. Soil Sci. & Fer. Vol. 20 : 309~314.
11. Taylor E. M, Jr., and G. E. Schuman. 1988. Fly ash and lime amendment of acidic coal spoil to acid revegetation. J. Environ. Qual., Vol. 17 : 120~124.