

天然 Zeolite 를 이용한 緩效性 K 肥料의 黃色種 煙草에 對한 施用效果

李東勳* · 朴秀俊** · 崔 炅*

Response of the Application of Slow-release Potassium Fertilizer Using Natural Zeolite to Flue-cured Tobacco (*Nicotiana tabacum* L.)

Dong-Hoon Lee*, Soo-June Park**, Jyung Choi*

SUMMARY

For development of slow releasing K-fertilizer using natural zeolite, two kinds of K adsorbed zeolite were made by ion exchange reaction in K^+ saturated aqueous solution. K-Zeolite was prepared by removing the excess salt after K adsorption on zeolite, however, NW. K-Zeolite was prepared only by K adsorption reaction without removing the excess salt.

The adsorbed K on zeolite was not easily released, but continuously and slowly released from the surface of zeolite.

By the results of application for tobacco cultivation, the K contents in soil treated with K-Zeolite and NW. K-Zeolite were lower than that of control (20kg/10a) at the early growth stage, but were higher at the late growth stage.

Therefore, the results suggest that K adsorbed zeolite could be applied as a slow-releasing K fertilizer.

緒 論

우리나라 土壤의 대부분은 養分の 保有力과 置換性 陽이온 含量이 낮기 때문에 作物의 生産性向上을 위해 서는 肥培管理의 改善이나 土壤改良이 要請되고 있다⁸⁾. 現在 사용되고 있는 加里肥料은 一時에 基肥로 사용할 경우 一部 作物에서는 生育後期에 加里缺乏症狀을 일으 키게 되고¹²⁾ 分施할 경우에 노동력이 많이 소요된다. 따 라서 加里成分을 生育初期부터 收穫時까지 持續적으로 供給해줄 수 있는 새로운 肥料의 開發이 要請된다. 지 금까지 알려진 緩效性肥料은 거의 大部分이 被覆에 의

한 microencapsulation 技法으로 製造되며 被覆形態나 被覆두께에 따라 養分溶出量이 다르다⁹⁾. Valentin 等¹¹⁾ 은 담배, Bartz 等¹³⁾ 은 Sudangrass 그리고 朴等¹⁰⁾ 은 무우, 상지에 대한 緩效性肥料의 效果를 報告하였다.

Zeolite는 保肥力이 크고 立體網狀構造로 孔洞을 形成하는 특징을 갖고 있다¹⁴⁾. 이러한 zeolite의 孔洞 및 表面荷電部位에 吸着保有된 肥料成分은 서서히 放出되 는 것으로 알려져 있다⁷⁾. 그러나 zeolite를 이용한 緩 效性肥料의 效果는 주로 窒素肥料에 대하여 檢討되었 고³⁾ 加里肥料에 關한 研究는 거의 없는 實情이다.

따라서 本 研究에서는 天然 zeolite에 K를 吸着시켜

*경북대학교 농화학과(Department of Agricultural Chemistry, Kyungpook National University, Taegu)

**한국인삼연구소(Korea Ginseng & Tobacco Research Institute)

緩效性肥料로서의 利用可能性을 檢討하였다.

材料 및 方法

供試 zeolite는 慶北 迎日郡에서 採取하였으며 煙草栽培는 韓國人參煙草研究所 大邱試驗場에서 하였다. 供試한 zeolite와 栽培土壤의 理化學性を 調査한 結果는 Table 1과 같았다.

Zeolite의 C.E.C는 104me/100g였으며 置換性 칼륨含量은 15.8me/100g이었다. 그리고 土壤의 土性は 輕植土였으며 C.E.C가 10.5me/100g였고 置換性 칼륨含量이 0.16me/100g이었다.

Zeolite를 同定하기 위해 脫鐵시킨 後 粉末法으로 X-線 回析分析(Rigaku Geiger flex 2013)을 實施한 結果는 Fig. 1과 같았다.

X-線 回析分析 結果를 Torii 들¹³⁾의 研究結果와 비

Table 1. Physico-chemical properties of the zeolite and soil used

Sample	pH (1:5)		Particle size distribution (%)			Exch. cations (me/100g)				C.E.C by NH ₄ OAC (me/100g)
	KCl	H ₂ O	Clay	Silt	Sand	K	Na	Ca	Mg	
Zeolite	6.5	8.7	22.3	15.6	62.1	15.8	46.3	30.2	2.40	104
Soil	4.2	5.3	30.1	35.4	34.5	0.16	0.06	4.21	0.90	10.5

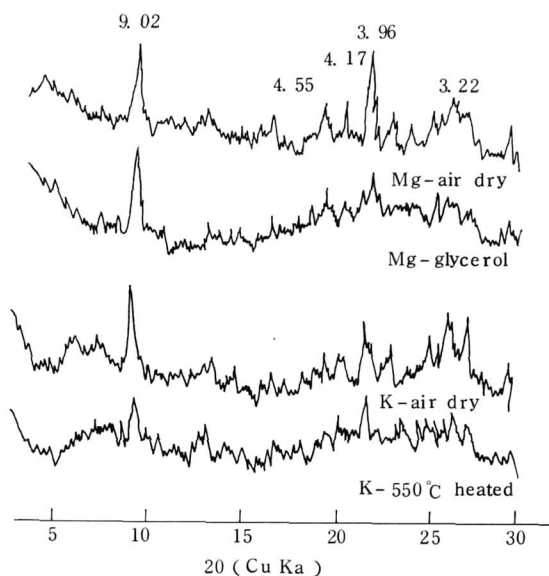


Fig. 1. X-ray diffractograms of zeolite.

교하여 보면 主된 粘土礦物은 Clinoptilolite와 Mor-denite로 여겨지며 長石이 混在되어 있었다.

K吸着 zeolite의 調製는 zeolite에 충분한 量의 KCl이나 K₂SO₄飽和水溶液(20°C)을 各各 加한 後 一夜 靜置反應시킨 後 上澄液을 除去하고 다시 飽和水溶液을 加하는 操作을 反復하였다. 원심분리 後 蒸溜水로 洗

滌하여 過剩의 鹽을 除去하고 風乾시킨 것(K-Zeolite)과 洗滌하지 않고 風乾시킨 것(NW.K-Zeolite)의 4種類를 만들었다.

KCl과 K-Zeolite(KCl로 吸着)의 土壤內에서의 經時的 溶出量 및 移動을 調査하기 위해 두께 2mm, 內徑 5cm인 PVC tube를 17cm길이로 切斷하고 下部에 濾紙 1장과 0.25mm 눈금을 가진 鐵綱을 附着하였다. 下部에 2cm두께로 모래를 먼저 깎다음 供試圃場의 風乾 細土 400g을 充塡하고 最上部에는 風乾細土 30g과 KCl 또는 K-Zeolite를 各各 置換性 K含量으로 等量이 되게 混合한 것을 얹어 넣었다. 充塡한 column을 水槽에 넣고 下部 2cm까지 澆水하여 下部에서 上部로 水分이 上昇飽和되도록 靜置하였다. 그리고 5, 30 및 70日째에 土壤 column을 上部로부터 1cm간격으로 자른 後 風乾하여 K含量을 測定하였다.

圃場試驗에서는 黃色種 煙草 NC 2326 (*Nicotiana tabacum* L.)을 사용하였으며 加里處理는 Table 3과 같이 하였다. K-Zeolite區와 NW.K-Zeolite區는 置換性 加里含量이 20kg/10a가 되도록 施用하였고 K₂O 20kg/10a + Zeolite區는 zeolite를 NW.K-Zeolite區와 同量施用하였으며 肥種은 K₂SO₄였다. 栽培方法은 黃色種改良말칭 標準栽培法⁴⁾에 準하였으며 試驗區는 亂塊法配置 3反復이었다. 生育調査는 담배栽培基準表⁴⁾에 依하였으며 生葉試料는 移植 後 45, 60 및 80日째에 植物體의 下位葉에서 上位葉까지 葉位別로 區

分하여 試料를 採取하였다. 乾燥葉 試料는 等級別 重量比率로 全株試料를 採取하였다. 土壤分析은 土壤學實驗²⁾에 依했으며 植物體分析에서 全窒素는 澁葉成分分析法⁵⁾, 全알카로이드와 니코틴은 Cundiff-Markunas 方法⁶⁾, Reducing-sugar 는 Harvey 方法⁵⁾으로 定量하였다. 葉中 K 含量은 H₂SO₄-H₂O₂로 濕式分解한 다음 Flame Photometer(Perkin Elmer 51-Ca)로 定量하였다.

結果 및 考察

調製한 K吸着 zeolite의 K含量을 調査한 結果는 Table 2와 같았다.

Table 2. K contents of K adsorbed zeolite sample

Sample	Exchangeable K		Water soluble K	
	KCl	K ₂ SO ₄	KCl	K ₂ SO ₄
	(g / 100g)			
K-Zeolite ¹⁾	2.43	2.44	0.01	0.01
NW.K-Zeolite ²⁾	4.58	3.15	2.20	1.03

- 1) K-Zeolite : Remove the excess salt after K-adsorption on zeolite.
- 2) NW.K-Zeolite : Not remove the excess salt after K-adsorption on zeolite.

K-Zeolite는 吸着溶液組成 中の 陰이온의 차이에 따른 置換性 K含量에 差異를 보이지 않으나 NW.K-Zeolite는 KCl溶液으로 處理한 경우 K₂SO₄溶液으

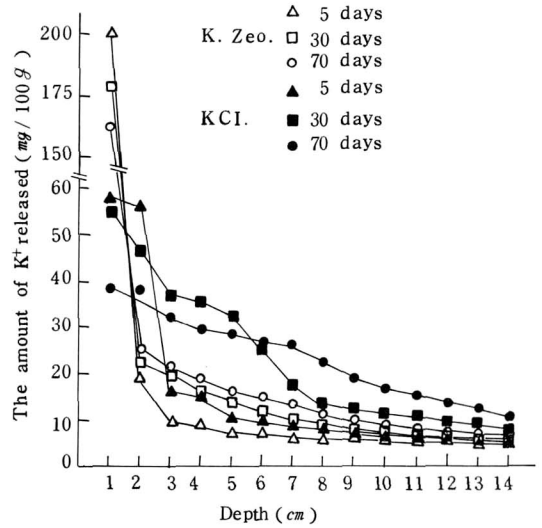


Fig. 2. The distribution of exchangeable K in a 17cm soil column at 5, 30 and 70 days after potassium treatment.

로 處理한 것에 비해 置換性 K含量이 높았다. 이는 KCl의 溶解度가 K₂SO₄溶解度에 비해 높는데¹⁵⁾ 基因된 것으로 考察된다.

土壤 中에서 K吸着 zeolite와 KCl에서 K이온이 溶出되어 移動되는 것을 調査한 結果는 Fig.2에 나타나 있다.

土壤과 K-Zeolite 또는 KCl을 混合하여 column 最上部에 엮어놓은 1cm까지 部位에서의 K含量은 處理 5日後 各各 200mg / 100g, 55.7 mg / 100g 으로

Table 3. Effect of potassium application rates on the exchangeable potassium contents in the soil during the tobacco growing season.

Treatment	Days after transplanting							
	30		45		60		80	
	a	b	a	b	a	b	a	b
	(me / 100g)							
K ₂ O 0	0.17	0.19	0.19	0.13	0.14	0.11	0.17	0.18
10	0.21	0.31	0.21	0.22	0.21	0.21	0.22	0.23
20	0.21	0.44	0.21	0.30	0.20	0.24	0.24	0.26
30	0.26	0.65	0.25	0.33	0.24	0.26	0.25	0.29
K-Zeo*	0.19	0.29	0.19	0.29	0.21	0.24	0.26	0.29
NW.K-Zeo*	0.24	0.38	0.20	0.35	0.22	0.23	0.26	0.27
K ₂ O 20 + Zeo.	0.23	0.42	0.23	0.21	0.19	0.21	0.24	0.23
LSD 0.05	NS	0.08	NS	0.03	0.03	0.04	0.01	0.04

a ; surface soil (0 - 5cm) b ; sub soil (30 - 35 cm)

* K₂O 20kg / 10 a

K-Zeolite處理 쪽이 훨씬 높았다. 그러나 表面에서 2 cm以下 部位에서는 오히려 KCl 處理가 K-Zeolite 處理에 비해 높은 것으로 나타났으며 이러한 傾向은 處理 30, 70 日 後에도 같았다. 處理後 日數가 經過할수록 column上部에서 下部로 K移動量이 增加하였다. 이와 같은 結果에서 K-Zeolite는 KCl 處理에 비해 느리게 溶出됨을 알 수 있었다. 일반적으로 粘土鑛物에 吸着된 成分은 置換反應에 의해 溶出되나 zeolite는 洞孔속에 物理적으로 吸着된 K가 많기때문에 서서히 溶出된 것으로 考察된다. 따라서 zeolite에 K를 吸着시키면 緩效性肥料의 效果가 있을 것으로 思料된다.

養分이 吸着表面에 너무 强하게 吸着되면 肥料成分을 作物이 이용할 수 없을 것이다. 그러므로 K-Zeolite를 土壤에 직접 施用하여 溶出되는 K含量을 조사하기 위하여 K₂SO₄를 對照區로 하여 煙草의 生育時期別 土壤中 置換性 K含量을 調査한 結果는 Table 3과 같았다.

加理의 施肥量이 增加할수록 土壤中 K含量은 높았으며, K-Zeolite區는 移植後 30日째는 加里 20kg/10a 施用區에 비해 매우 낮았으나 80日째에는 높게 나타났다.

이는 吸着된 K이온이 生育後期까지 持續적으로 放出되기 때문인 것으로 考察된다. 그러나 NW, K-Zeolite區와 K₂O 20 + Zeolite區는 加里 20kg/10a 施用區와 生育全期間을 통해 差異를 보이지 않았다.

生育時期別로 葉中 K含量을 調査한 結果는 Table 4와 같았다.

加里의 施肥量이 增加할수록 葉中 K含量이 높아졌으며 K-Zeolite區는 加里 20kg/10a區에 비해 移植後 60日까지는 葉中 K含量이 낮았으나 80日째에는 差異를 보이지 않았다. NW, K-Zeolite區와 K₂O 20 + Zeolite區는 加里 20kg/10a區와 큰差異를 보이지 않았다. 이와같이 K-Zeolite區가 加里 20kg/10a區에 비해 生育初期엔 葉中 K含量이 낮으나 生育後期에

Table 4. Effect of potassium application rates on potassium contents in leaves at 45, 60 and 80 days after transplanting

Treatment	Days after transplanting								
	45		60			80			
	3rd*	9th	3rd	9th	13th	3rd	9th	13th	
(%)									
K ₂ O 0	1.2	1.1	0.8	0.9	1.1	0.5	0.9	0.7	
10	2.6	2.4	2.0	1.6	1.6	1.6	1.3	1.3	
20	3.4	2.3	2.8	2.3	2.3	1.6	1.4	1.4	
30	3.8	2.6	2.9	2.7	2.8	1.7	1.4	1.4	
K-Zeo**	2.5	1.9	2.3	2.1	2.1	1.3	1.2	1.3	
NW, K-Zeo**	2.7	2.1	2.3	2.3	2.1	1.7	1.4	1.3	
K ₂ O 20+Zeo.	3.2	2.5	2.3	2.0	2.0	1.4	1.2	1.3	
LSD 0.05	0.8	0.4	1.1	0.3	0.3	NS	NS	0.3	

* Leaf position. ** : K₂O 20kg/10a

Table 5. Effect of potassium application rates on some agronomic characteristics of flue-cured tobacco

T treatment	Plant height	Largest leaf		No. of leaves	Yield	Price
		Length	Width			
		(cm)	(cm)			
K ₂ O 0	144	54.1	23.5	20.7	185	2,445
10	147	53.1	24.7	21.0	195	2,531
20	147	55.2	25.7	21.2	201	2,797
30	149	56.8	24.4	21.1	212	2,589
K-Zeo**	144	58.3	24.2	21.0	192	2,343
NW, K-Zeo**	144	54.5	24.6	21.2	203	2,631
K ₂ O 20+Zeo.	145	59.1	25.1	20.7	209	2,722
LSD 0.05	3	NS	1.2	NS	NS	218

** K₂O 20kg/10a

Table 6. Effect of potassium application rates on chemical components contents of cured leaves

Treatment	Total nitrogen	Total alkaloids	Nicotine	Reducing suger	R.S/N ¹⁾	T. N/N ²⁾
	(%)	(%)	(%)	(%)		
K ₂ O 0	2.65	2.66	2.41	9.30	3.86	1.10
10	2.48	2.38	2.20	10.80	4.91	1.13
20	2.38	2.24	2.10	10.94	5.21	1.13
30	2.10	2.25	2.08	11.23	5.40	1.01
K-Zeo**	2.18	2.14	1.97	11.08	5.62	1.11
NW. K-Zeo**	2.34	2.29	2.15	11.98	5.57	1.09
K ₂ O 20 + Z eo.	2.30	2.36	2.12	10.76	5.08	1.09

1) Reducing sugar/Nicotine 2) Total nitrogen/Nicotine

** K₂O 20kg/10a

량이 비슷하게 되는 것은 K-Zeolite의 K가 緩效性을 띄기 때문으로 考察된다.

開花期의 生育狀況, 收量 및 kg當 價格을 調査한 것은 Table 5와 같았다.

草長은 加里施用量에 따라 커지는 傾向이었으며 加里 20kg/10a區에서는 K-Zeolite, NW. K-Zeolite區에 비해 草長이 큰 것으로 나타났으나 收量은 差異를 보이지 않았다. kg當價格은 加里 20kg/10a區가 加里無施用區 및 K-Zeolite區에 비해 높았다. 이는 Zeolite에 吸着된 加里는 식물이 쉽게 이용할 수가 없으나 서서히 溶出되어 나오기 때문으로 考察된다.

담배의 品質을 推定할 수 있는 몇가지 化學成分 含量을 調査한 結果는 Table 6과 같았다.

加里施用量이 增加할수록 全窒素, 全알카로이드 및 니코틴 含量이 減少하였다. 또 加里 20kg/10a區에 비해 K-Zeolite區에서는 減少하였으나 NW. K-Zeolite K₂O 20 + Zeolite區에서는 그 差異를 볼 수 없었다. 還元糖 含量은 加里施用量이 增加할수록 多少 높았으나 加里 20kg/10a區와 K-Zeolite, NW. K-Zeolite區間에는 差異를 보이지 않았다. 還元糖/니코틴 含量比가 높을수록 담배맛이 순하고 全窒素/니코틴의 比가 낮을수록 喫味が 良好하다⁶⁾. 이러한 면에서 볼때 加里 增施나 K-Zeolite處理에 의해 喫味が 良好하게 될 것으로 判斷된다.

摘 要

天然 zeolite를 이용한 緩效性 K肥料를 開發하기 위하여 K飽和溶液에 zeolite를 添加하여 吸着反應을 誘

導하였다.

表面에 K가 飽和된 zeolite(K-Zeolite)와 過剩鹽이 남아있는 zeolite(NW. K-Zeolite)를 調製하였다. 吸着된 K는 쉽게 溶出되지 않았으며 서서히 持續적으로 溶出되었다. 또 이들 K-Zeolite와 NW. K-Zeolite를 煙草栽培에 施用한 結果 生育初期에는 KCl處理에 비해 土壤中 K含量이 적었으나 生育後期에는 K含量이 오히려 높았다.

따라서 K-Zeolite는 緩效性 加里肥料로 利用할 수 있음이 認定되었다.

引 用 文 獻

1. Bartz, J. K. and R. L. Jones. 1983. Availability to nitrogen to sudangrass from Ammonium-saturated clinoptilolite. Soil Sci. Soc. Am. J. 47: 259-262.
2. 崔 延, 金鼎濟, 申榮五. 土壤學實驗. p. 47~53. 螢雪出版社.
3. Ferguson, G. A. and I. L. Pepper. 1987. Ammonium retention in sand amended with clinoptilolite. Soil Sci. Soc. Am. J. 51: 231-234.
4. 韓國人蔘煙草研究所. 1978. 試驗研究計劃書(耕作分野) p. 15~34.
5. _____. 1979. 담배成分 分析法. p. 7~124.
6. 盧載榮. 1970. 煙草學. p. 243~306. 三洋出版社.
7. 張南日, 崔 延, 張淳德. 1978. 韓國產 天然沸石의 開發에 關한 研究(2)(天然沸石의 土壤改良劑로서의 利用). 農村科 科學. 1: 47~56.
8. 趙成鎮, 朴天緒, 嚴大翼. 1984. 新稿土壤學. p. 168~257. 鄉文社.
9. Maynard, D. W. and O. A. Lorenz. 1979. Controlled-release fertilizers for horticultural crops.

Horticultural Review. 1: 79-140.

10. 박권우, 최진호. 1986. 점토광물을 이용한 원효성비료 (K비료)개발 및 응용에 관한 연구 II. 비료의 합성과 응용. 韓國環境農學會誌. 5(2): 135 ~ 140.
11. San Valentin, G. O., W. K. Robertson, J. T. Johnson and W. W. Weeks. 1978. Effect of slow release fertilizer on fertilizer residues on yield and composition of flue-cured tobacco. Agron. J. 70: 345-348.
12. 三輪睿太郎. 1980. 緩効性カリウム肥料の研究. 農技研報 B. 31: 1 ~ 54.
13. Torii, K., M. Hotta and M. Asaka. 1979. Quantitative estimation of mordenite and clinoptilolite in sedimentary rocks (I). J. Japan Assoc. Min. Petr. Econ. Geol. 74: 251-264.
14. Vaughan, D. E. W. 1978. Properties of natural zeolite. In L. B. Sand and F. A. Mumpton (ed.) Natural zeolites: Occurrence, properties, use. p. 353-383. Pergamon Press. New York.
15. Windholz, M. 1976. Merck index 9th. p. 990-994. Merck & Co.