한국환경농학회지 제17권 제3호(1998)
Korean Journal of Environmental Agriculture
Vol. 17, No. 3, pp. 189~194

산성토양에서 배추 생육과 품질에 대한 석탄회, 석고, 패각의 시용 잔효 *

하호성 · 강위금[1] · 이 협 · 이용복
경상대학교 농화학과, [1]농촌진흥청 영남농업시험장

Residual Effects of Fly Ash, Gypsum, and Shell on Growth and Qualities of Chinese Cabbage in Acidic Soils

Ho-Sung Ha, Ui-Gum Kang[1], Hyub Lee, Yong-Bok Lee(*Dept. of Agricultural Chemistry, Gyeongsang National University, Chinju 660-701, Korea ; [1]National Yeongnam Agricultural Experiment Station, RDA, Milyang 627-130, Korea*)

Abstract : In order to evaluate the residual effects of bituminous coal fly ash, gypsum, oyster shell as soil amendments, chinese cabbage was cultivated on acidic sandy loam soils with low boron content. The soils were amended in the upper 15㎝ with amendments in previous year and the growth and qualities of plants were analyzed. Amendments treated one year before were, in metric tons per hectare, i) none(Check) ; ii) 80 fly ash(FA) ; iii) 4 shell(SH) ; iv) 56 fly ash + 24 gypsum (FG) ; v) 40 fly ash + 24 gypsum + 0.8 shell(FGS). Yield response in fresh weight of chinese cabbage was in order of 834% for FGS 〉 780% for FG 〉 755% FA 〉 193% for SH plants. Reducing sugar, vitamin-C, and total nitrogen contents of leaves depending on treatments showed the same tendencies as that in yields, whereas crude fibre opposite to them. In particular, FA, FG, and FGS plants showed normal growth without both boron deficiency symptoms which appeared in Check and SH plants and possibilities of accumulation of heavy metals. In any soils treated with the above amendments, however, magnesium was insufficient.

Key words : Acidic soils, Fly ash, Gypsum, Shell, Amendments, Chinese cabbage, Boron deficiency.

서 론

산업부산물인 석탄회(Fly ash)와 석고, 패각은 성분면에서 문제토양의 개량효과가 인정되어 토양개량제로서의 재활용 가치가 우수한 것으로 알려져 있다[1-6]. 그러나, 이들은 대부분이 매립 또는 야적 방치되고 있어 성분용출에 의한 환경오염의 소지가 높은 것으로 지적된다[7,8].

화력발전의 부산물인 미분탄 석탄회의 토양개량효과는 주로 토양내 칼슘방출에 의한 pH교정[1,9-11], 유효인산[1,9,10] 및 붕소함량 증대[1,3,6], 칼리의 유효화[1,5,10,12], 그리고 미생물상의 개선[1,13]에 기인하며, 그 결과 벼, 옥수수 등 많은 작물의 생육 및 수량성 개선효과가 확인되었다[1-6,9-12,14]. 그리고 비료공정 부산물인 석고의 토양개량효과는 특수성분 결핍지에서의 칼슘과 유황의 공급력에 기인하는 것으로 알려져 있다[15]. 우리 나라 남해안 굴양식장 주변에서 대량 발생되는 패각은 칼슘함량이 매우 높아 산성토양의 장기적 개량효과가 인정될 뿐더러[2], 저습지 암거배수로의 충진물질로서 이용할 경우 토양의 물리성 개선효과 또한 큰 것으로 밝혀졌다[16]. 필자들도 식양질의 시설재배논과[1] 사양질의 산성 밭토양에서[17] 배추를 재배하여 이들 산업부산물의 토양개량제적 실용성을 확인한 바 있다. 그리고, 사양토처럼 양분용탈이 잘 되는 곳에서는 후작물을 경작할 경우 심토반전 및 미생물 활동[1]에 의한 집적양분의 이용율 증가로 토양개량제의 잔효가 높을 것으로 믿어진다.

본 시험에서는 붕소함량이 낮은 사양질 밭에서 석탄회, 석고, 패각을 단용 또는 혼용하여 '95년 가을배추 재배에[17] 이어 '96년에 봄배추를 재배하여 개량제의 잔효를 배추 생육과 품질면에서 검토하였기에 그 결과를 보고코자 한다.

* 이 논문은 1995년도 농림부 특정연구 사업으로 수행되었슴

Table 1. Chemical properties of soils used for experiment

Treatments	pH		O.M.	Av.P_2O_5	Ex.-cations(cmol+/kg)			Fe	Mn	Zn	B
	H_2O	N-KCl	(g/kg)	(mg/kg)	K	Ca	Mg	(mg/kg)			
					Top-soils						
None	5.4	4.5	7.0	159.4	0.18	3.23	0.36	240.2	88.6	6.7	0.25
Fly ash	6.4	5.5	10.3	192.4	0.36	15.2	0.43	262.6	79.9	6.48	0.63
Shell	6.2	5.3	7.0	188.2	0.31	13.5	0.38	225.6	61.0	7.42	0.29
Fly ash+Gypsum	5.7	4.8	16.1	247.4	0.37	29.8	0.39	187.2	53.5	5.66	0.60
Fly ash+Gypsum+Shell	6.0	5.0	17.4	266.6	0.34	24.3	0.41	177.7	43.7	6.80	0.69
					Sub-soils						
None	4.9	4.0	4.5	138.5	0.12	2.35	0.25	182.1	50.7	8.28	0.22
Fly ash	6.8	5.3	12.4	163.2	0.33	8.70	0.44	119.4	23.9	3.56	0.38
Shell	5.3	4.3	8.3	150.2	0.15	6.85	0.29	176.9	47.1	3.72	0.23
Fly ash+Gypsum	6.2	5.2	9.5	190.7	0.28	9.62	0.56	145.7	50.7	3.46	0.40
Fly ash+Gypsum+Shell	6.4	5.4	8.3	194.0	0.38	9.33	0.45	114.7	31.6	1.60	0.62

재료 및 방법

시험토양

시험토양은 경남 진주시 대곡면에 위치한 붕소결핍의 사양질 밭토양으로, '95년에 석탄회, 석고, 패각을 단용 또는 혼용하여 가을배추를 재배하였으며, 시험전 토양의 화학성은 표 1과 같았다. 패각과 석탄회 단용구 및 석탄회+석고+패각 혼용구의 pH(1:5H_2O)는 6.0 이상을 유지하였으나 무처리와 석탄회+석고 혼용구에서는 6.0이하였다. 그리고, N-KCl pH는 6.0 이상의 활산성을 보인 패각과 석탄회 단용구 및 석탄회+석고+패각 혼용구에서도 5.5 이하를 보였는데, 이는 패각과 석탄회에서 용출된 염기성분의 양이 토양의 염기치환용량에 크게 모자랐음을 뜻하는 것으로 해석되었다. 가용성 인산과 칼리, 칼슘함량은 개량제 시용에 의해서 크게 증가되었는데 인산과 칼리는 석탄회 단용구와 석탄회+석고 및 석탄회+석고+패각의 혼용구에서, 칼슘은 모든 시용구에서 각각 뚜렷하였다. 사양질의 산성토양에서 결핍되기 쉬운 수용성 붕소는 석탄회가 들어간 개량제시용구에서 무시용구 보다 2배 높은 0.6mg/kg 이상 함유되어 작물생육에 적정량을 보였다[18,19]. 마그네슘은 개량제 시용으로 증가되긴 했으나 적정수준에는 못 미치었다. 그리고, 가용성 철과 망간, 아연은 석탄회를 시용하므로써 감소된 경향이었다.

배추 재배

전년도에 3반복 난괴법으로 처리된 개량제 무시용구와 개량제로서 석탄회 80톤/ha, 패각 4톤/ha, 석탄회 56톤/ha(석탄회 단용구의 70%)+석고 24톤/ha, 석탄회 40톤/ha(석탄회 단용구의 50%)+석고 24톤/ha+패각 0.8톤/ha(패각 단용구의 20%)구에서 고냉지배추를 재배하였다. 비료는 배추를 정식하기 하루 전에 기비로서 질소와 인산(P_2O_5), 칼리(K_2O)를 각각 110, 170, 150kg/ha 시비하였고 추비로 질소 70, 칼리 40kg/ha 시비하였다. 재식밀도는 30,000주/ha로 하였고 기타 재배법은 농가관행에 준하였다. 시험토양에서의 배추재배 기간은 1996년 4월 20일부터 동년 6월 21일까지 였다.

토양 및 식물체 분석

시험된 토양과 배추의 지상부식물체 분석은 농촌진흥청 토양화학분석법[20]에 준하였다. 특히, 토양붕소는 열수침출법으로, 식물체의 환원당은 Somogyi법, 비타민-C는 Hydrazin비색법으로 분석하였다. 기타 생육조사는 농촌진흥청 농사시험연구조사기준[21]에 준하였다.

결과 및 고찰

배추 생육

개량제 시용에 따른 배추생육은 표2와 같이 정식 32일째에는 석탄회 단용구와 석탄회+석고 혼용구에서 17.1ton/ha의 생체중을 보여 가장 양호하였고, 다음으로 석탄회+석고 +패각 혼용구 〉 패각 단용구 〉 무시용구 순이었다. 그러나, 수확기에는 석탄회+석고+패각 혼용구가 81.3ton/ha의 생체중을 보여 가장 좋았으며 다음은 석탄회+석고 혼용구(77.1ton) 〉 석탄회 단용구(74.4ton) 〉 패각 단용구(25.5ton) 〉 무시용구(8.7ton/ha) 순이었다. 따라서 생육 후기로 갈수록 석탄회와 석고, 패각을 2종 또는 3종 혼용한 구에서 크게 증수되는 경향이었는데, 이는 개량제 혼용구에서의 배추 결구가 생육후기에 촉진되었기 때문이라 해석되어졌다.

배추품질

엽중 환원당과 비타민-C 및 조섬유 함량은 표 3과 같이 전반적으로 석탄회+석고+패각의 혼용구에서 환원당과 비타민-C가 가장 많았고 조섬유는 가장 적었다. 반면에 패각

Table 2. Growth and yields of chinese cabbage at different growth stages Treatments

Treatments	Middle(32DAT[a])				Harvesting(62DAT)			
	Height	Diameter	Girth	Yields[b]	Height	Diameter	Girth	Yields
	(cm)			(tons/ha)	(cm)			(tons/ha)
None	24.3	18.6	48.6	7.3(100)	21.5	18.2	57.3	8.7(100)
Fly ash	30.6	26.5	62.9	17.1(234)	30.9	28.3	80.8	74.4(855)
Shell	27.5	24.8	54.7	11.9(163)	24.7	25.1	63.3	25.5(293)
Fly ash+Gypsum	31.8	27.4	61.0	17.1(234)	33.8	31.3	82.0	77.1(886)
Fly ash+Gypsum+Shell	31.8	24.3	57.5	13.1(179)	34.6	35.5	84.0	81.3(934)
LSD(0.05)	-	-	-	3.24	-	-	-	9.95

[a] Days after transplanting, [b] Fresh weight yields

Table 3. Contents of reducing sugar, vitamin-C, and crude fiber in leaves of chinese cabbage

Treatments	Middle(32DAT[a])			Harvesting(62DAT)					
				Inside			Outside		
	Re. sugar	Vit.-C	Cr.fiber	Re. sugar	Vit.-C	Cr.fiber	Re. sugar	Vit.-C	Cr.fiber
	(mg/100g)		(%)	(mg/100g)		(%)	(mg/100g)		(%)
None	1.41	72.6	12.0	1.29	37.3	11.2	1.43	75.3	11.9
Fly ash	1.51	79.4	10.5	1.35	44.0	9.95	1.56	79.0	10.3
Shell	1.43	72.7	11.5	1.30	37.7	11.8	1.42	71.7	12.4
Fly ash+Gypsum	1.52	76.0	10.6	1.43	45.6	10.2	1.55	82.3	10.4
Fly ash+Gypsum+Shell	1.55	79.3	10.4	1.46	48.0	10.1	1.59	87.0	9.94

[a] Days after transplanting

단용구에서는 이 같은 시용반응이 가장 낮게 나타나면서 이들의 함량이 무시용구와 비슷하였다. 배추 수확기에는 환원당과 비타민-C가 내엽보다 외엽에서 더 높았는데, 그 경향은 내·외엽 모두 석탄회+석고+패각 혼용구 〉 석탄회+석고 혼용구 〉 석탄회 단용구 〉 패각 단용구 순으로써 표 2의 수량성 경향과 마찬가지였다. 그리고, 처리간에 환원당과 비타민-C 함량 차이는 배추의 생육 중기보다 수확기에 큰 경향이었다.

한편, 수확기의 엽중 무기양분 함량은 표 4와 같이 패각 단용구에서만 무시용구의 성적과 비슷하였고, 석탄회 단용구와 석탄회+석고 및 석탄회+석고+패각 혼용구에서는 무시용구의 성적보다 높았다. 개량제 시용에 따른 성분함량을 보면, 내엽에서는 전질소, 칼리, 칼슘, 마그네슘, 붕소 등이 석탄회+석고+패각 혼용구에서 가장 높았고, 외엽에서는 칼리와 칼슘을 제외한 전질소와 인, 마그네슘, 붕소의 함량이 역시 석탄회+석고+패각 혼용구에서 가장 높았다. 그리고, 외엽에서 칼리와 붕소함량이 가장 높았던 처리구는 석탄회+석고 혼용구였다. 또, 개량제 무시용구 대비 석탄회가 들어간 개량제 시용구에서의 엽성분 증가를 보면 전질소는 내엽에서 10~20%와 외엽에서 11~22%, 인은 각각 189~200%와 79~86%, 칼리는 18~24%와 47~50%, 칼슘은 22~41%와 58~75%, 마그네슘은 58~75%와 40%, 붕소는 75~97%와 194~250%로 인과 붕소함량이 가장 많이 증가되었다. 일반적으로 배추의 무기성분 함량은 질소(N) 25~29g/kg, 인(P) 2~4g/kg, 칼리(K) 18~28g/kg, 칼슘(Ca) 15~30g/kg, 붕소(B) 20~50mg/kg 수준인 것으로 알려진다.

본 시험에서의 성분량을 보면 단백질 구성분인 질소와 인은 내·외엽 모두, 칼리는 외엽 에서 각각 평균치 이상이었으며, 칼슘과 붕소는 석탄회가 들어간 개량제 시용구의 외엽에서 평균수준을 보였다. 그러나 패각 단용구와 개량제 무시용구에서는 칼슘과 붕소함량이 부족한 경향이었는데 특히 후자에서 심하였다. 이 때문에 패각 단용구와 개

Table 4. Contents of mineral nutrients in leaves of chinese cabbage harvested

Treatments	T-N	P	K	Ca	Mg	B
	(g/kg)					(mg/kg)
	Inside leaves					
None	31.5	1.9	23.4	4.9	1.2	10.3
Fly ash	34.8	5.5	27.6	6.0	1.9	18.5
Shell	31.6	1.8	23.7	5.5	1.5	10.8
Fly ash+Gypsum	36.2	5.7	28.6	6.6	2.0	18.0
Fly ash+Gypsum+Shell	37.7	5.5	28.9	6.9	2.1	20.3
	Outside leaves					
None	32.3	4.2	27.0	14.2	1.5	12.8
Fly ash	35.7	7.3	40.0	24.9	2.1	37.6
Shell	32.5	4.2	27.5	15.2	1.7	12.8
Fly ash+Gypsum	38.8	7.5	40.5	24.5	2.1	42.0
Fly ash+Gypsum+Shell	39.4	7.8	39.8	22.5	2.1	44.8

Table 5. Contents of heavy metals in leaves of chinese cabbage harvested

Treatments	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	Cr	Cd	Ni
	(mg/kg)							
	Inside leaves							
None	236.2	37.0	36.5	5.13	1.01	3.87	0.47	10.5
Fly ash	321.7	13.2	27.3	2.67	0.77	3.17	0.39	6.3
Shell	455.1	29.6	62.7	9.27	0.96	5.25	0.41	9.8
Fly ash + Gypsum	198.3	23.3	40.0	6.67	0.57	3.97	0.43	8.0
Fly ash + Gypsum + Shell	151.7	20.3	38.5	3.00	0.48	4.92	0.41	9.5
	Outside leaves							
None	203.3	75.0	62.2	6.00	1.05	1.02	0.39	6.8
Fly ash	208.3	36.2	26.0	4.50	0.65	1.97	0.43	8.8
Shell	292.1	57.6	41.1	7.37	1.79	2.95	0.64	11.1
Fly ash + Gypsum	245.0	32.0	21.8	3.83	0.57	2.25	0.47	6.8
Fly ash + Gypsum + Shell	350.0	38.2	27.8	4.67	0.58	0.80	0.45	8.7

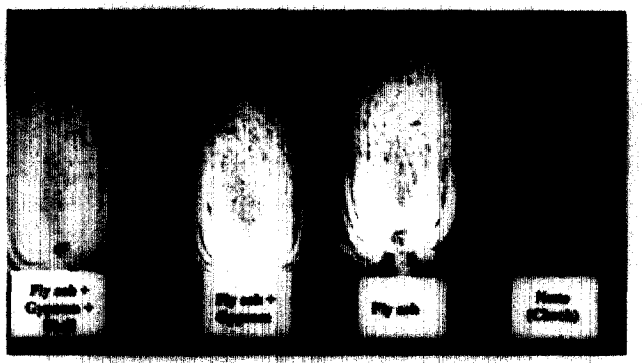

Fig. 1. Growth status of chinese cabbage depending on the application of amendments. (Ficture showes boron deficiency symptoms for Check plant ; normal growth for others)

량제 무시용구에서 수확된 배추는 붕소결핍이 심하여 상품성이 매우 불량하였다(그림 1). 개량재 시용에 따른 엽의 중금속 함량을 보면(표 5) 석탄회가 들어간 석탄회 단용구와 석탄회+석고 및 석탄회+석고+패각 혼용구의 배추 내엽에서는 철과 카드뮴, 니켈 만이 감소된 경향이었으나 외엽에서는 그 반대였고, 망간, 아연, 구리, 납, 크롬은 내·외엽 모두에서 감소되었다. 엽 부위별로 볼 때, 내엽에서는 철과 납을 제외한 망간, 아연, 구리, 크롬, 카드뮴, 니켈 함량이 석탄회 단용구의 배추에서 가장 낮았고 외엽에서는 망간, 아연, 구리, 납이 석탄회+석고 혼용구에서 가장 낮게 함유되었다. 그리고, 외엽 중 크롬은 석탄회+석고+패각 혼용구에서 가장 낮은 값을 보였다. 또한, 외엽에서의 철, 카드뮴, 니켈 함량은 개량제를 시용하므로써 증가되었으나 카드뮴은 패각 단용구를 제외한 모든 처리구에서 자연함량 0.49mg/kg[22]에 못 미치는 수준을 나타내었다. 그리고, 패각 단용구에서는 내엽의 철, 아연, 구리, 크롬과 외엽의 구리, 납, 크롬, 카드뮴, 니켈함량이 무시용구 보다 높은 수준을 보이기도 하였다.

시험후 토양의 화학성

시험후 토양의 화학성은 표 6과 같이 표토와 심토 모두 pH의 개선과 유기물, 인산, 치환성의 칼리와 칼슘 및 마그네슘, 붕소 함량의 증가를 보였다. 그러나, 철과 아연의 증감은 개량제에 따라서 차이를 보였고 망간은 모든 개량제 구에서 감소되었다. 그리고, 이러한 개량제 시용반응은 패각 단용구에서 가장 낮은 경향이었다. 작토층인 표토의 화학성을 기준으로 개량제 시용효과를 보면, 치환성 칼슘은 모든 개량제 시용구에서 적정수준을 보였고 pH와 치환성 칼리 및 붕소는 석탄회 단용구와 석탄회+석고 및 석탄회+석고+패각의 혼용구에서, 인산은 석탄회 단용구와 석탄회+석고+패각 혼용구에서 각각 적정 수준을 나타내었다. 그러나, 마그네슘은 개량제 시용에 의해 증가되긴 했으나 적정수준에는 크게 모자랐으며, 아연은 개량제구에서 감소되면서 적정 하한치 8.0mg/kg[23] 보다 약간 낮은 4.8(석탄회+석고 혼용구)~8.6mg/kg(패각 단용구) 수준을 보였다. 각 성분별로 최고성적을 보인 처리구는 pH와 칼슘, 붕소의 경우 석탄회+석고+패각 혼용구였고 유기물과 인산, 칼리, 마그네슘은 석탄회 단용구였다. 한편, 심토에서는 칼슘이 표토와 마찬가지로 모든 개량제 처리구에서 적정치 이상이었고 pH와 인산, 칼리, 붕소는 석탄회 단용구와 석탄회+석고 및 석탄회+석고+패각 혼용구에서 적정수준 이상 유지된 경향이었다.

석탄회, 석고, 패각의 농경지 시용효과는 작물 영양분의 공급 및 가용화에 기인되는 것으로 알려져 있다[1-6]. 한편, 교질물이 적은 사양질 토양은 양분보유력이 불량하여 자연비옥도가 낮기 때문에 이들 개량제의 시용효과가 높은 것으로 확인되기도 하였다[17]. 본 시험에서는 양분의 하층집적이 잘되는 사양토에서(표 6참조) 배추에 대한 유연탄회, 석고, 패각의 시용잔효가 검정되었기에 1년차 시험 후 심토에 집적된 양분이 경작에 의해 작토층으로 반전되면서 배추의 증수효과가 컸던 것으로 나타났다. 그러나, 시험된

Table 6. Chemical properties of soils after harvesting the chinese cabbage

Treatments	pH		O.M.	Av.P_2O_5	Ex.-cations(cmol+/kg)			Fe	Mn	Zn	B
	H_2O	N-KCl	(g/kg)	(mg/kg)	K	Ca	Mg	(mg/kg)			
					Top-soils						
None	4.9	4.0	4.5	141.3	0.12	2.0	0.23	328.3	97.5	11.7	0.20
Fly ash	6.4	5.6	21.9	259.6	0.34	14.7	0.38	265.7	78.7	6.63	0.62
Shell	5.3	4.5	10.7	165.5	0.28	12.6	0.31	245.2	77.6	8.56	0.21
Fly ash+Gypsum	6.2	5.4	19.9	187.1	0.32	22.6	0.36	169.7	76.9	4.79	0.68
Fly ash+Gypsum+Shell	6.8	5.8	13.7	258.3	0.38	23.5	0.33	152.6	65.4	5.46	0.69
					Sub-soils						
None	5.3	4.4	7.9	144.8	0.14	3.6	0.30	288.9	87.4	6.04	0.28
Fly ash	6.8	5.7	25.6	235.3	0.40	9.0	0.65	148.3	24.7	4.96	0.82
Shell	5.5	4.6	9.8	157.4	0.16	6.8	0.42	265.8	75.6	5.78	0.30
Fly ash+Gypsum	6.2	5.1	9.9	227.4	0.33	11.7	0.60	172.6	52.4	6.88	0.82
Fly ash+Gypsum+Shell	6.3	5.3	13.6	196.4	0.38	13.6	0.68	137.8	45.1	6.86	1.13

봄배추의 절대수량은 전년도 가을배추를 재배했을 때에 비해서 강우부족과 생육기간 단축으로 11.1(개량제 무시용구)~57.1%(석탄회 단용구) 수준에 불과 하였다. 이런 가운데 개량제 시용에 따른 증수경향은 전보[1,17]에서와 같이 석탄회+석고+패각 혼용구(834%) > 석탄회+석고 혼용구(786%) > 석탄회 단용구(755%) > 패각 단용구(193% 증수) 순이었다. 본 시험에서 개량제에 의한 증수효과가 1년차 성적의 5(패각 단용구)~85%(석탄회+석고+패각 혼용구) 보다 높았던 것은 대조구의 토양 화학성에서 인산, 칼리, 칼슘, 붕소 함량의 부족 영향이 크며(표 6참조), 이 중에서도 붕소결핍장해가 결정적으로 작용하여[24](표 4 참조) 생육이 부진하였기 때문이었다. 이 같은 붕소결핍 장해는 표 4에서와 같이 패각 단용구에서도 뚜렷하게 나타나 상품성을 크게 떨어뜨렸다. 배추 품질에 중요한 엽중의 환원당과 비타민 C, 그리고 단백질원인 전질소 함량은 개량제를 시용하므로써 수량성적 경향처럼 석탄회+석고+패각 혼용구 > 석탄회+석고 혼용구 > 석탄회 단용구 > 패각 단용구 순으로 높았고, 상품성의 반감요인이 되는 조섬유 함량은 이와 반대경향이었다. 특히, 개량제 시용에 의한 엽중 전질소의 증가는 토양미생물의 활발한 유기물분해작용 탓이라 여겨졌다[1]. 한편, 석탄회가 80ton(석탄회 단용구)~40ton/ha(석탄회+석고+패각 혼용구) 들어간 개량제 시용구에서는 엽중의 구리, 카드뮴, 납 등 중금속 함량이 개량제 무시용구에서 보다 감소되는 경향이어서 유해 중금속의 식물체 잔류가 우려되지 않았다.

이처럼 화력발전의 부산물인 석탄회를 단용하거나 석고, 패각과 혼용한 토양에 배추를 2년 연속 재배하여도, 수량성과 품질이 시용 당년[17]과 마찬가지로 우수함을 확인할 수 있었다. 그러나, 작물의 균형있는 양분흡수를 위해서는 마그네슘의 별도 시용이 필요한 것으로 분석되었다.

요 약

토양반응이 산성이고 붕소함량이 낮은 사양질 밭에서 토양개량제로 석탄회와 석고, 패각을 석탄회80, 패각4, 석탄회56+석고24, 석탄회40+석고24+패각0.8ton/ha 수준으로 시용하고 가을배추 재배에 이어서 2년차 봄배추를 재배하여 배추생육과 품질에 대한 시용잔효를 검토하였다. 개량제 시용에 따른 배추의 수확물은 대조구의 8.7ton/ha을 기준으로 석탄회+석고+패각 혼용구에서 834%, 석탄회+석고 혼용구에서 786%, 석탄회 단용구에서 755%, 패각 단용구에서 193% 증가하였다. 수확된 배추체내 환원당과 비타민-C, 전질소 함량은 처리별 수량 성적 경향과 일치하였고 조섬유는 반대경향을 보였다. 또한 석탄회가 시용된 구에서는 개량제 무시용구 및 패각단용구와 달리 붕소결핍증이 없었고 유해 중금속의 식물체 잔류량이 감소되거나 자연함량 이하였다. 그리고, 이들 토양개량제를 상용할 경우에는 작물의 균형있는 양분흡수를 위해 3요소비료와 함께 마그네슘을 별도 시용하는 것이 바람직할 것으로 생각되었다.

참고 문헌

1. 하호성, 강위금 이협, 이용복(1998). 시설재배논에서 석탄회, 석고, 패각시용이 토양화학성과 배추의 생육 에 미치는 영향, 한국환경농학회지, 17:65~69.
2. 김종균, 이한생, 조재규, 이영한(1995). 굴껍질분(粉)의 화학성 및 작물에 대한 시용효과, 한국토양비료학회지, 28: 350-355.
3. Plant, C.O., and D.C. Wartens(1974). Boron availability as influenced by application of fly ash, Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 38: 974-977.
4. Shainberg, I., M.E. Sumner, W.P.Miller, M.P.Farina, M.A. Pavan, and M.V.Fey(1989). Use of gypsum on soils: A review, Adv. Soil Sci., 9: 1-111.
5. 신제성, 임동규, 성기석(1990). Fly ash 비료화 연구Ⅱ.

대두에 대한 Fly ash의 칼리효과, 한국토양비료학회지, 23: 204-207.

6. Wong, J.W.C, R.F. Jiang, and D.C. Su(1996). Boron availability in ash-sludge mixture and its uptake by corn seedlings(Zea Mays L.), Soil Sci., 161: 182-187.
7. 김복영, 임선욱, 박종현(1994). 석탄회 시용이 토양중 중금속함량에 미치는 영향 Ⅱ.연용에 따른 함량변 화, 한국토양비료학회지, 27: 71-77.
8. 노낙현(1979). 굴패각 처리방안, 도정 연구평가 보고서 (경남) p.402-426.
9. 김재정, 홍순달, 최병선, 박종현(1992). 석탄회 시용이 콩의 생육에 미치는 영향, 한국토양비료학회지, 25: 143-148.
10. 김용웅, 윤종희, 김광식(1994). Fly ash시용이 수도의 수량과 논토양의 유효규산 함량에 미치는 영향, 한국토양비료학회지, 27: 275-283.
11. 김연제, 양재의, 조병옥, 최병선, 박종현(1992). 석탄회 (Fly ash) 시용이 옥수수의 생육 및 수량에 미치는 영향, 한국토양비료학회지, 25: 249-254.
12. 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., 34: 453-456.
13. 竹下 純則(1977). 施設園藝の連作障害に對する土壤微生物の研究, 土の微生物 p.19-28.
14. Zaifnejad, M., R.B. Clark, K.D. Rithcey, V.C. Baligar, and D.J. Parrish(1996). Growth, photosynthesis, and water relations of wheat grown on acid soil amended with coal combustion by-products, Crop Sci., 36: 968-974.
15. Farina, M.P.W., and P. Chanon(1988). Acid-subsoil amelioration: Ⅱ. Gypsum effects on growth and subsoil chemical properties, Soil Sci. Soc. Am. J., 52: 175-180.
16. 김종균, 이한생, 조재규(1994). 패각석회의 중화능 및 패각의 암거재료 활용시험, 경남농시연보 p.535-545.
17. 하호성, 강위금, 이협, 이용복(1998). 산성토양에서 석탄회, 석고, 패각시용이 토양화학성과 배추의 생육에 미치는 영향, 한국환경농학회지, 17:164~169.
18. 高橋 英一, 吉野 實, 前田 正男(1980). 新版原色 作物の要素缺乏過剩症, 農山漁村文化協會, 松榮堂.
19. Ganch, H.G. and W.M. Dugger(1953). The role of boron on the translocation of sucrose, Plant Physiol., 28: 457-487.
20. 농촌진흥청(1988). 토양화학분석법.
21. 농촌진흥청(1995). 삼정 농사시험연구조사기준.
22. 김복영, 김규식, 이종식 등(1993). 과실류와 그 재배토양중 중금속 자연함유량에 관한 조사연구, 농시논문집, 35(토양비료편): 280-290.
23. 하호성, 양민석, 이 협, 이용복, 손보균, 강위금(1997). 남부지방 시설재배지 토양의 화학성과 작물의 양분 함량, 한국토양비료학회지 30: 271-279.
24. 박양호, 박준규, 윤정회, 김원출, 황기성(1988). 농경지 토양의 미량원소진단연구, 농기연, 시험연구보고서 (화학부) p.254-265.