

한국 및 중국에 강하한 황사의 토양학적 특성구명

박찬원^{1)*} · 원향연 · 하상건 · 허승오 · 정강호 · 김유학 · 장용선²⁾

1. 서 론

최근 기상이변과 중국북부 건조지대의 계속되는 가뭄 등으로 황사의 발생량이 급격히 증가하고 있는 추세이다. 서울의 경우 연간 황사 일수는 '80년대 3.9일에서 '90년대 7.7일이었으며, '00년대 들어 12.8일로 나타나 건강피해 및 생활지장 초래하고 있다.

기존 황사연구는 대기학 및 기상학적 측면에서 황사의 발생, 이동경로, 분진의 물리적 조성 등 황사 예보기능 강화를 위한 모니터링 연구에 치중되고 있다. 따라서 본 연구에서는 토양학적 측면에서 황사가 토양환경에 미치는 영향을 구명하고자 2006년 중국 및 한국에서 강하한 황사를 대상으로 토양학적 특성을 비교하였다.

2. 재료 및 방법

황사의 중국내 일반적인 이동경로에 400km간격으로 3지점(내몽고, 북경, 산둥반도), 국내 6지점(수원, 원주, 대관령, 태안, 목포, 제주)에서 황사 및 인근 토양시료를 채취하였다. 이때 황사채취방법은 취지점별 $25 \text{ m}^3 \text{ min}^{-3}$ 흡입식 채집기를 이용하였고, 채취시기는 2006년 3월부터 2개월간 실시하였다(그림 1). 시료의 입경분석시 황사는 Laser 회절 분석기, 토양은 sodium hexametaphosphate로 분산시켜 pipette법, pH(H₂O)는 초자전극법, 치환성 양이온(Ca, K, Mg, Na)과 양이온 치환용량(CEC)은 ammonium acetate에 의한 치환침출법으로 실시하였다.

광물조성은 X-선 회절법으로 CuK_α 단일파장 ($\lambda=1.5406 \text{ \AA}$) 으로 Ni-filter 조건에서, 화학성분은 X-선 형광분석기(XRF)를 이용하여 용융법으로 분석하였다.

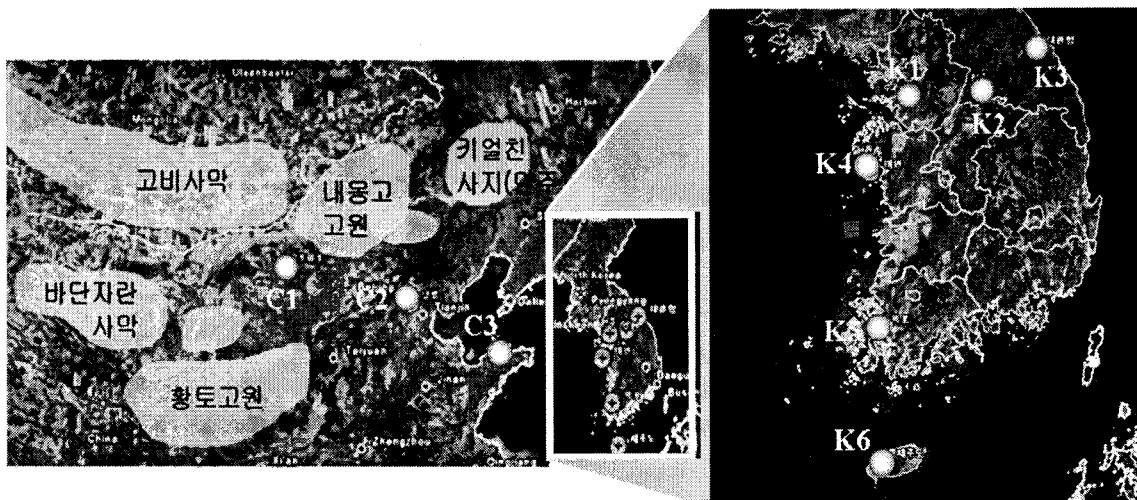


Fig 1. Sites of Asian dust sampling in Korea and China

주제어 : 황사, 토양, 점토광물

1) 농업과학기술원 농업환경부 (cwpark@rda.go.kr)

2) 고령지농업연구소 환경보전과

3. 결과 및 고찰

중국내 황사채취기 인근 토양의 특성을 조사하기 위하여 내몽고(C1) 14점, 북경인근(C2) 6점, 산둥반도(C11) 11점 토양을 채취하여 이화학성을 조사한 결과는 표 1과 같다. 조사대상 토양의 특성을 살펴보면, 내몽고에서 채취한 토양시료의 경우 바람에 의한 풍식을 주로 받은 토양들이었고, 북경인근에서 채취된 토양시료는 풍적토양지대인 랑팡지역에서 채취하였다. 강수량이 증발산량보다 적은 C1과 C2지역의 경우 pH가 상당히 높고, 치환성 Ca함량이 CEC에 비하여 과포화 되어 있었으며, 하해혼성 토양인 산둥반도에서 채취된 C3 지역은 평균 pH가 6.1, 양이온치환용량이 $9.1 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ 으로 국내 토양과 비슷한 경향을 보였다.

Table 1. Physical and chemical properties of soil near Asian dust sampler in China

Sites	Particle separate(%)			Soil Texture (USDA)	pH (1:5)	T-N	Organic matter	Exchangeable cation				CEC
	Sand	Silt	Clay					Ca	K	Mg	Na	
C1	52.3	38.1	9.6	L	8.2	0.14	20	21.8	0.34	2.41	2.25	20.7
C2	53.7	39.5	6.8	SL	8.0	0.10	8	17.6	0.20	2.76	0.84	9.5
C3	60.7	28.9	10.4	SL	6.1	0.10	12	5.63	0.17	1.62	2.08	9.1

2006년도 중국 및 국내 강하황사의 이화학성을 조사한 결과는 표 2와 같다. 평균 입도는 C1 23.0 μm , C2 22.3 μm , C3 21.4 μm 그리고 국내 13.6 μm 으로 감소하는 경향을 보였다. 황사를 우리나라 밭토양의 토양화학성과 비교하면, 황사 중 치환성 양이온인 Ca, Mg, K, Na 이온농도의 합은 $90 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ 이상으로 밭토양 $7.8 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ 에 10배 이상으로 황사의 pH, 치환성 양이온 함량은 국내의 기존 밭토양 평균치나 작물생육에 필요한 적정수준보다도 대부분 훨씬 높은 농도로 집적되어 있다.

Table 2. Physical and chemical properties of Asian dust sampled in Korea and China

Sites	Particle size distribution			pH (1:5)	Exchangeable cation				CEC
	2~50 μm	<2 μm	Average		Ca	K	Mg	Na	
C1	92.2	7.8	23.0	9.5	78.6	1.4	6.3	4.7	16.7
C2	93.5	6.5	22.3	8.6	77.7	1.6	6.7	9.2	17.9
C3	94.3	5.7	21.4						
K1 ~ K6	90.0	10.0	13.6	7.1	74.9	3.3	6.0	11.5	18.0
Upland Soil*				5.9	5.5	0.8	1.5		10.0

* Average value of upland soils in Korea(NIAST, 2001)

국내 강하한 황사의 광물 종의 식별과 조성을 X-선 회절분석에 의해 조암광물(1차광물)과 점토광물(2차광물)에 대하여 검토한 결과, 표 3과 같이 조암광물은 석영과 장석류를 주광물로 하고 소량의 방해석과 점토광물을 수반하고 있다. 점토광물은 운모류 광물이 토양화 과정에서 풍화된 illite를 주광물로 하여 kaolin, chlorite, vermiculite을 함유하고 있다. 황사의 주요 점토 광물은 illite로 우리나라 화강암 모재 토양에서 관찰되는 kaolin는 소량밖에 포함되지 않아

황사의 토양기원이 우리나라 화강 모재토양과는 상이한 결과를 보였다. 또한, 황사가 이동시 황사 이동 지역별 토양에 어느정도 영향을 받는 것으로 판단되다(그림 2).

Table 3. Mineral compositions of Asian dust sampled in Korea and China.

(unit : %)

Sites	Quartz	Feldspar	Calcite	Illite	Kaolin	Chlorite	Vermiculite	etc.
C1	26	33	12	16	7	3	trace	3
C2	30	31	17	10	6	4	trace	2
C3	27	34	7	21	5	3	1	2
K1 ~ K6	29	26	4	24	7	4	3	3

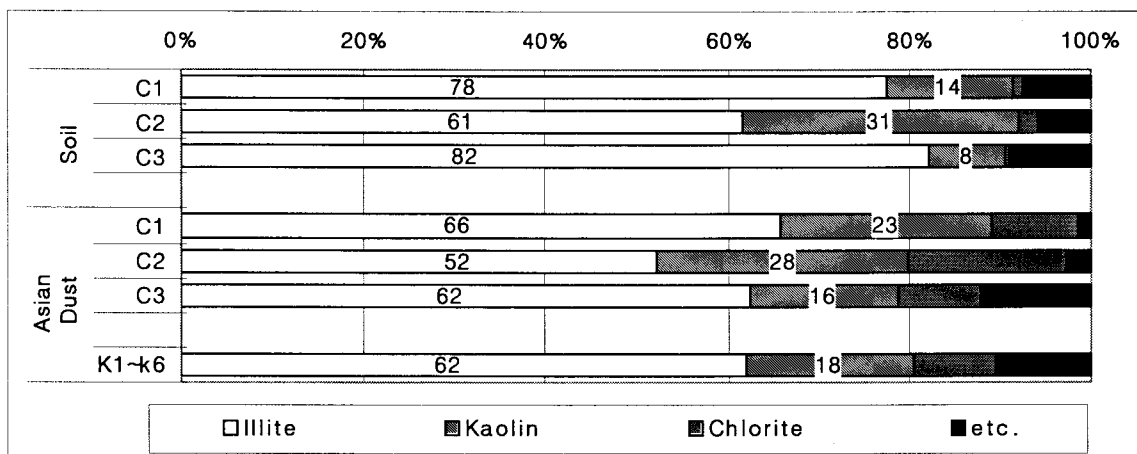


Fig 2. Comparison of clay mineral contents with Asian dust and soil near sampler

황사 강하시 채취한 황사의 화학적 조성은 채취 지점에 따라 큰 차이를 보이지 않았으며, CaO, K₂O, MgO, Na₂O와 같은 산화물의 함량이 높았다(표 4). 국내 강하 황사의 경우 시료를 800℃에서 열처리하였을 때 나타나는 중량감소가 10%이상으로 높은 것은 탄산염보다는 황사 중 유기물에서 기인하는 것으로, 중국북부 건조지대 토양 중에는 유기물 함량이 적지만, 비중이 낮은 유기물이 무기물 보다 쉽게 부유하여 이동함에 따른 농집효과로 판단되었다.

Table 4. Composition of total elements in sampled Asian dusts

Sites	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	S	LOI*
C1	61.0	10.3	5.9	5.3	2.4	2.8	1.7	0.9	0.1	0.2	0.2	9.4
C2	61.4	12.9	5.6	5.7	2.5	2.7	1.9	0.9	0.1	0.2	0.4	5.9
K1 ~ K6	56.9	12.6	7.6	3.4	3.1	2.7	1.2	1.0	0.2	0.3	0.6	10.5

* Loss of ignition