

황사 발원지 황토를 이용한 인공 황사 살포처리가 과수의 착과와 과실품질에 미치는 영향

서형호 · 김점국 · 박무용 · 김승희 · 도경란
농촌진흥청 원예연구소
(2006년 7월 20일 접수; 2006년 8월 30일 수락)

Effects of Asian Dust on Fruiting and Fruit Quality in Korean Fruit Trees Based on Artificial Spray Experiments Using Loess from the Source Region

Hyeong-Ho Seo, Jeom-Kuk Kim, Moo-Yong Park, Seung-Heui Kim, and Kyung-Ran Do
National Horticultural Research Institute, RDA, Suwon 440-706, Korea
(Received July 20, 2006; Accepted August 30, 2006)

ABSTRACT

This study used loess from the source region of Asian dust (a desert area in China) to analyze the effects of Asian dust on fruiting and fruit quality in Korean fruit trees. Asian dust and loess from the source region were highly alkaline compared to average Korean field soil. Organic material contents of Asian dust were about three times as high as that of the average field soil. Loess was dusted onto the stigma of apple, pear, and peach trees. Fruiting, seed number, fruit quality and pollen tube elongation were investigated. Pollination and fertilization were not influenced while pollen tube elongation was slightly influenced. Consequently, fruiting, seed number and fruit quality were not affected by the dusting treatment.

Key words : Asian dust, Fruit trees, Fruiting, Fruit quality, Loess

I. 서 론

황사는 중국 북부와 몽골의 사막 또는 황토 지대의 작은 모래, 황토, 먼지 등이 모래 폭풍에 의해 고공으로 올라가 부유하거나, 상층의 편서풍을 타고 멀리까지 날아가 떨어지는 현상이다(Zhu *et al.*, 1983). 황사의 주성분은 미세한 먼지로 마그네슘, 규소, 알루미늄, 철, 칼륨, 칼슘 같은 미량요소가 다량 함유되어 있으며, 입경은 2~50 μm 범위이며, 평균 입경은 11.8 μm 정도이다(RDA, 2004). 최근 기상이변과 황사 발원지에서 계속되는 가뭄으로 황사 발생량이 급격히 증

가하고 있는데, 서울의 경우, 연간 황사 일수가 1980년대 3.9일에서 1990년대 7.7일, 2001년에는 27.0일로 관측 이래 최대치를 보이고 있다(RDA, 2004).

원예농업에서는 황사 입자의 영향으로 비닐하우스의 광 투과를 방해하여 광합성 작용을 억제하고, 온도 상승을 지연시켜 작물의 생육에 장애를 주며, 특히 과채류에서는 꽃이나 열매가 떨어져 수량 감소가 발생되고 있다. 충남, 충북지역에서 오이 및 토마토를 재배하고 있는 농가의 비닐하우스 내의 투광율을 조사한 결과를 보면, 황사가 오기 전에 57.6% 이었던 광투과율이 황사 기간 중에는 50.0%로 7.6%가 감소하였다. 또한

황사로 인한 오이의 수량이 10% 감소되었으며, 오이 잎의 색깔이 옅어지고 잎 두께는 얇아졌으며, 옆면적은 넓어지면서 길어지는 경향을 보였다. 애호박에서는 황사에 의한 투광을 감소로 낙과율이 0.4~9.1% 정도 높아졌다. 착색 단고추는 잎의 색깔이 옅어지는 현상을 보였으며, 기형과가 발생하였고, 비닐하우스 내부의 습도가 높아져 곰팡이병 등의 병해 발생이 높은 것으로 조사되었다(신용억 등, 2002).

노지에서 재배되는 과수에서는 지금까지 황사로 인한 피해가 보고된 바 없으나, 황사의 발생 횟수가 점점 증가하고 있고, 황사의 발생이 과수의 개화기인 3~5월에 집중되어 있기 때문에(Chung *et al.*, 2001), 미세한 황사 입자가 화기의 주두에 붙어서 물리적으로 수분을 방해하거나 알칼리성이 강한 황사의 화학적 특성 때문에 화분관 신장을 방해할 수 있어 과수의 결실에 직간접적으로 영향을 미칠 것으로 판단된다. 따라서 본 연구는 황사의 발생시기에 개화하는 사과, 배, 복숭아를 대상으로 황사 발원지 황토를 살포하여, 황사가 과수의 수분, 수정, 결실 정도와 품질에 미치는 영향을 밝히고자 수행하였다.

II. 재료 및 방법

본 연구는 2004년 수원 소재 농촌진흥청 원예연구소 과수과 시험포장에 재식되어 있는 사과 '후지'/M.9 5년생, 배 '신고' 8년생, 복숭아 '미백도' 15년생을 공시하여 수행하였다. 시험포장의 공기 중에 부유하는 황사를 포집하여 연구재료로 사용할 수 있으나 그 양이 극소량이며, 황사 발생일이 각 과수의 개화기와 정확히 일치하지 않기 때문에 본 연구에서는 황사 발원지 중 한 군데인 중국 하남성의 황토지대에서 채취한 황토(losses)를 이용하였다. 또한 본 연구에 사용된 황

토의 적합성을 검증하기 위해서 2003년 3월 21~23일에 농촌진흥청 농업과학기술원에서 포집한 황사와 물리화학적 특성을 비교 분석하였다.

각 과수에 대한 황사의 영향을 알아보기 위하여, 황토 처리 후, 자연수분 처리구와 황토처리 후, 인공수분 처리구를 두고 황토 무처리 자연수분과 비교하였다. 황토 처리는 각 과종의 만개기에 실시하였다. 과종별로는 사과 '후지' 4월 28일, 배 '신고' 4월 20일, 복숭아 '미백도'는 4월 17일에 각각 처리하였다. 각 과수의 만개기 전에 방화곤충에 의한 수분을 방지하기 위하여 꽃이 피는 결과지를 가는 망으로 덮어 씌어 놓았다가 만개기에 벗기고, 인공 수분용 화분기를 이용하여 화충에 골고루 묻도록 황토를 살포하였으며, 황토는 50 μm^2 당 황토 4 입자 정도의 밀도로 분포되었다. 착과 정도는 만개 후 60일 경과 후 과총 착과율과 과실의 종자수를 조사하여 나타내었다. 또한 처리별로 각 품종의 적숙기에 수확한 후 과실 특성을 조사하여 처리 간 차이를 분석하였다.

황사와 황토의 형태적 특성과 황토가 처리된 주두의 특성을 관찰하기 위하여 각 시료 표면에 금속으로 코팅한 후, scanning electron microscope(Hitachi 2460N, Japan)로 검경하였다. 또한 처리별 화분관 신장 정도를 관찰하기 위하여 수분이 된 후 지방을 분리하고 자에만 채취하여 fluorescent microscope(Olympus BX 60, Japan)로 관찰하였다.

III. 결과 및 고찰

수원에서 포집한 황사와 연구에 사용된 황사 발원지 황토의 화학적 특성을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 황사와 황토의 pH는 각각 7.9와 8.3으로 우리나라 발토양의 평균 5.2에 비해 알칼리성이 강하였다. 유기물

Table 1. Chemical comparison between the asian dust from the source, the asian dust and the soil in Korea's crop field

Classification	pH (1:5)	OM (g·kg ⁻¹)	Ex-cation (cmol ⁺ ·kg ⁻¹)		
			K	Ca	Mg
Asian dust from the source ¹⁾	8.3	51.2	0.16	31.0	1.1
Asian dust ²⁾	7.9	66.0	6.30	46.3	5.1
Soil in Korea's crop field ³⁾	5.2	23.0	0.80	4.5	2.8

¹⁾Used for this study

²⁾Collected by National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA in Suwon for 2 days from 21 to 22 March, 2003

³⁾National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, 1997

Table 2. The rate of fruiting and the seed number per fruit in three fruits trees treated with loess from the asian dust source

Treatment ¹⁾	Rate of fruiting (%)			No. of seeds/fruit	
	Apple	Pear	Peach	Apple	Pear
Control	82.4 ^{NS}	85.8 ^{NS}	75.1 ^{NS}	9.4 ^{NS}	9.8 ^{NS}
NPL	80.2	85.7	73.0	9.2	9.8
APL	82.3	87.0	75.2	9.2	9.8

¹⁾Control : natural pollination, NPL : natural pollination after loess application, APL : artificial pollination after loess application.

^{NS)}Nonsignificant at 5% DMRT.



Fig. 1. Pollen grains stuck on the stigma of 'Fuji' apple flower without (A, ×350; C, ×1,000) or with loess from the asian dust source (B, ×350; D, ×1,000).

함량은 황사가 66.6 g·kg⁻¹, 황토가 51.2 g·kg⁻¹으로 발토양 평균 23.0 g·kg⁻¹ 보다 약 2~3배가량 높았다. 치환성 양이온 중 Ca의 함량은 황사와 황토 모두 국내 발토양 평균보다 대단히 높은 수준을 나타내었다. 이상의 결과로 보았을 때, 황사와 황토는 발토양과는 상이한 화학적 특성을 가지고 있었으나, 황사와 황토 간에는 화학적 특성이 큰 차이가 없어 과수의 결실과 과실특성에 미치는 황사의 영향을 검토하는데 있어서 황사 발원지 황토를 이용하는 것은 큰 문제가 없을 것으로 판단되었다.

황토가 처리된 사과, 배, 복숭아의 과총 착과율과 과실당 종자수는 무처리한 대조구와 차이가 없었다 (Table 2). 과수의 수정은 화분이 주두에 도달되면 수분을 흡수하여 원형질유동이 생기면서 화분관이 신장되어 수정에 이르게 된다(김정호 등, 1990). 즉, 주두와 화분 사이에 특수한 물질이 분비되어 화분이 주두에 도착되어야만 부착시켜 화분 신장을 도와 수정이 일어난다. 따라서 황사가 물리적으로 수분과 수정을 방해하기 위해서는 주두에 잘 부착 되면서 화분이 부착되지 않을 정도의 밀도로 분포되어야 할 것이다. 이

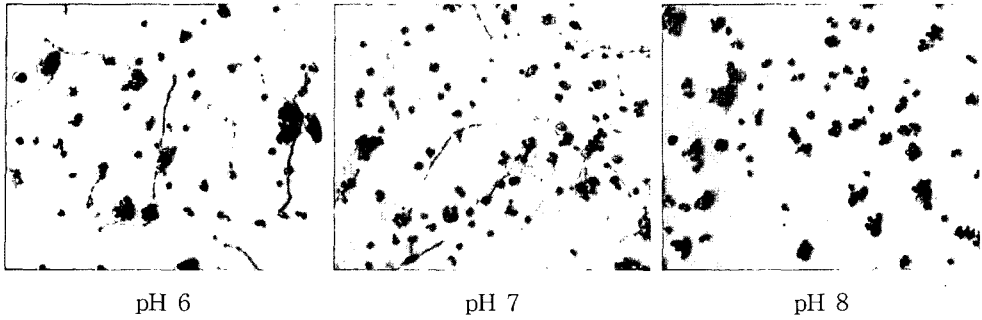


Fig. 2. Germination of apple pollen in 48 hours after inoculation on three pH regime mediums ($\times 50$).

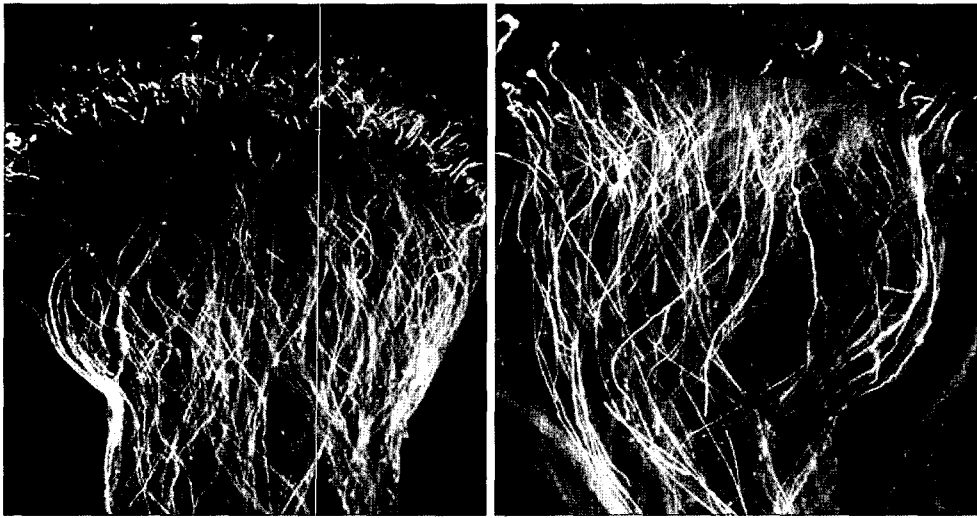


Fig. 3. Pollen tube growth on the stigma of 'Fuji' apple flower 72 hours after pollination without (left) or with (right) loess from the asian dust source.

러한 논리에서 주두 상의 황사 분포와 부착 정도를 조사하기 위해 황토를 주두에 처리한 후 전자현미경으로 관찰하였다(Fig. 1). 황토를 처리하지 않은 A($\times 350$), C($\times 1,000$)나 황토를 처리한 B($\times 350$), D($\times 1,000$) 모두 주두 상에 화분이 부착되어 있었으며, 황토를 처리한 B, D에서는 화분과 황사가 주두에 같이 붙어있는 것이 관찰되었다. 그러나 B, D의 사진에서 알 수 있듯이 황토 입자가 화분과 혼재되어 있지만, 주두와 결속되어 있지 않고, 황토 입자의 크기가 작고 밀도가 적어 화분이 주두에 부착되는 것을 방해하거나 화분관 신장 등 수정을 방해하지 못함을 알 수 있었다. 비록 이러한 관찰 결과는 본 연구의 조건 상 제한적이긴 하지만 과수의 개화기에 황사가 발생한다 하더라도 직접적으로 수정을 방해하여 결실을 저하나 낙과 피해 등 기상재해를 일으키지 못할 것으로 판단되

었다. 그러나 황사의 밀도와 발생빈도가 매우 높아진다면 본 연구의 결과와 상이한 착과 상태를 보일 수도 있을 것이다. 이에 대해 지속적인 모니터링과 관찰이 필요할 것으로 생각된다.

화분관 발아는 pH 조건이 대단히 중요한 것으로 알려져 있다(Suzuki *et al.*, 1988). 본 시험에서도 pH 6.0과 7.0 조건에서는 사과 화분의 발아가 잘 이루어졌지만, pH 8.0에서는 발아가 거의 이루어지지 못하는 것을 알 수 있었다(Fig. 2). Fig. 2의 결과로 볼 때, 알칼리성의 특성이 강한 황사 또는 황토가 주두에 부착되면, 높은 pH로 인해 화분의 발아와 화분관 신장이 억제되어 수정에 나쁜 영향을 줄 것으로 예측할 수 있다. 이러한 가설을 확인하기 위해 황토를 처리한 후, 72시간 뒤 화분관 발아를 fluorescent microscope로 관찰하였는데(Fig. 3), 황토 처리구의 화

Table 3. Qualities in three fruit trees treated with loess from the asian dust source

Treatment ¹⁾	Weight (g)			Soluble solids (°Bx)			Length/Diameter ratio		
	Apple	Pear	Peach	Apple	Pear	Peach	Apple	Pear	Peach
Control	254 ^{NS)}	607 ^{NS)}	234 ^{NS)}	12.7 ^{NS)}	11.4 ^{NS)}	7.9 ^{NS)}	0.88 ^{NS)}	0.89 ^{NS)}	0.84 ^{NS)}
NPL	264	604	237	12.2	11.3	8.1	0.87	0.90	0.84
APL	253	605	229	12.5	11.8	8.0	0.89	0.89	0.84

¹⁾Control : natural pollination, NPL : natural pollination after loess application, APL : artificial pollination after loess application.

^{NS)}Nonsignificant at 5% DMRT.

분관 신장이 무처리에 비하여 다소 떨어지긴 하였으나, 과실의 착과를 저해할 정도의 수준은 아니었다. 이것은 주두에 부착되어 있는 황토의 밀도가 적고, 황토를 살포한 시기가 황사 발생일과 마찬가지로 건조한 날에 이루어져서 높은 pH가 직접적으로 주두의 산도에 영향을 주지 못한 것으로 판단되었다. 그러나 황토 처리구가 무처리에 비하여 화분관 신장이 다소 떨어진 점으로 보았을 때, 실제 황사 발생 조건에서는 황사의 조성, 발생빈도, 지속시간, 밀도 그리고 황사 발생기간의 기상조건에 따라 얼마든지 상이한 결과를 가져올 가능성도 있을 것으로 생각되었다.

황사가 과실특성에 미치는 영향을 알아보기 위해서 황토 처리 후 자연수분, 황토 처리 후 인공수분, 황토 무처리 자연수분 처리구의 과실을 각 품종의 적숙기에 수확하여 과실의 특성을 조사하였지만, 과중, 당도, 과형에서 처리 간에 차이가 없어서 본 연구의 조건에서는 황사가 과실의 특성에 영향을 주지 않는 것으로 판단되었다(Table 3).

적 요

황사가 과수의 착과와 과실품질에 미치는 영향을 분석하기 위하여 황사 발원지에서 채취한 황토(losses)를 이용하였다. 우리나라에서 포집된 황사와 황사발원지에서 채취한 황토의 화학적 특성을 분석한 결과, 우리나라 평균 발토양보다 알칼리성이 강하고, 유기물 함량이 높았으며 다량의 치환성 양이온 중 Ca의 함량이

높은 수준이었다. 사과, 배, 복숭아 3 과종의 개화기에 황토를 처리한 결과, 과중 착과율과 과실 당 종자수에서 무처리와 차이가 없었으며, 적숙기에 수확한 과실의 과중, 당도, 과형에서도 처리 간에 차이를 나타내지 않았다. 그러나 본 연구에서는 황사 대신 황토를 처리하였고, 개화기에 인위적으로 살포한 것으로서 매우 제한적인 결과이며, 실제 황사의 발생빈도, 지속시간, 밀도 그리고 황사 발생기간의 기상조건에 따라 과수의 결실과 과실특성에 줄 수 있는 영향이 달라질 수도 있을 것으로 생각된다. 또한 황사 내에 포함된 각종 세균, 곰팡이, 미생물의 영향은 본 실험에서 고려하지 못하였다.

REFERENCES

- 김정호(대표저자), 1990: 과수원예총론. 향문사, 193p.
 신용익(대표저자), 2002: 과수 재해양상과 대책. 농촌진흥청 원예연구소, 138-139.
 Chung, Y. S., H. S. Kim, L. Natsagdorj, D. Jugder, and S. J. Chen, 2001: On yellow sand occurred during 1997-2000. *Journal of the Korean Meteorological Society* 37, 305-316. (in Korean with English abstract)
 Rural Development Administration (RDA), 2004: *Asian Dust*. Sang Rock Sa, 7-37.
 Suzuki, A., Y. Murkami, and T. Maotani, 1988: Physiological fruit drop of persimmon, *Diospyros kaki* Thunb. IV. Effect of fruit growth on physiological fruit drop of persimmon. *Bulletin of the Fruit Tree Research Station* 15, 41-49.
 Zhu, X., P. Li, Y. Xianglin, and S. Zhang, 1983: Soils of the loess region in China. *Geoderma* 29, 237-255.