

복숭아 선별작업장의 미세먼지의 발생특성 모니터링

서효재¹ · 서일환^{2*}

¹전북대학교 농업생명과학대학 지역건설공학과 대학원생, ²전북대학교 농업생명과학대학 지역건설공학과 교수

Monitoring of Dust Concentration Generated during Peach Sorting Operations

Hyo-Jae Seo¹ and Il-Hwan Seo^{2*}

¹Graduate Student, Department of Rural Construction Engineering, College of Agriculture & Life Sciences, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Korea

²Professor, Department of Rural Construction Engineering, College of Agriculture & Life Sciences, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Korea

Abstract. Peach is a typical summer fruit which can be used for various food, processed food, and fragrance ingredients in Korea. Peach is also known as one of serious allergens which make difficulty for farm workers during peach sorting operations. After peach harvesting, it moves to the sorting operations for removing cover material, removing fuzz on peach surface, sorting by size, and packing. The air-samplers and optical particle counters were used to analyze the characteristics of fine dust generation by location and operation characteristics in the experimental peach farms. During removing peach fuzz, the dust concentrations were increased by 6.89 times on total suspended particulate (TSP), 2.13 times on PM-10 (particulate matter), and 1.30 times on PM-2.5 compared to non-working periods, respectively. During removing peach covering materials, the dust concentrations were increased by 3.14 times on TSP, 1.91 times on PM-10, and 1.43 times on PM-2.5 compared to non-working periods, respectively. This represents peach fuzz can be affected to farm workers during peach sorting operations.

Additional key words : field monitoring, peach farm, particulate matter, working environment

서 론

국민의 경제적 소득의 증대와 건강에 대한 관심이 증가하면서 과일에 대한 소비가 증가하고 있으며, 복숭아는 대표적인 여름 과일 중 하나로 사과뿐 아니라 잼, 주스, 샐러드 및 방향제, 향수 등으로 활용되고 있다. 복숭아의 소비 증가로 인하여 1980년과 비교하여 2020년 복숭아 농가 생산 면적은 97%, 생산량은 113% 증가하였다(Statistics Korea, 2020). 복숭아는 유모 과일로 다른 과일에 비해 껍질이 얇은 편에 속하며, 복숭아 껍질에 있는 촘촘한 털은 외부 해충으로부터 복숭아의 과육을 보호하고 건조한 환경에서 수분 손실을 막아 열매의 수분 함량을 유지하는 역할을 수행한다. 하지만, 복숭아의 털은 작업자에게 가려움, 두드러기 등의 알레르기성 질병을 야기

하며, 장기·지속적으로 노출될 시 건강에 영향을 미칠 수 있다(Han 등, 1997; Arslan과 Aybek, 2012; Lee, 2014).

다양한 과수 작물 중에서 복숭아는 수확, 열매고르기, 가지 치기, 과수봉투 처리작업 등 많은 노동력을 필요로 한다. RDA(2021)에 따르면 10a(300평)를 기준으로 복숭아의 작업시간은 연간 168.8시간으로 노지과수 9개 작목 중 상위 3번째로 높은 편에 속하고 있다(Fig. 1). 특히 복숭아 선별작업 시 발생하는 높은 농도의 복숭아의 털, 꽃가루, 잔류농약 등으로 인하여 발생하는 미세먼지는 작업환경을 악화시키는 주요 원인이다. 복숭아 선별작업장은 선별 및 포장 시 외부 기상영향을 최소화하기 위하여 대부분 밀폐되어 있으며, 선별 및 포장 작업이 이루어지는 시기가 7월-8월 사이로 밀폐된 시설 내부의 냉방을 가동하는 경우 미세먼지가 외부로 배출되지 않고 시설 내부의 농도가 높아진다. 복숭아 선별작업은 과수의 수확 후 저장, 선별, 포장 작업 등으로 이루어져 있으며, 특히 선별작업을 위한 복숭아의 털, 과수봉투 제거 작업 시 높은 농도

*Corresponding author: ihseo@jbnu.ac.kr
Received July 22, 2022; Revised July 26, 2022;
Accepted July 27, 2022

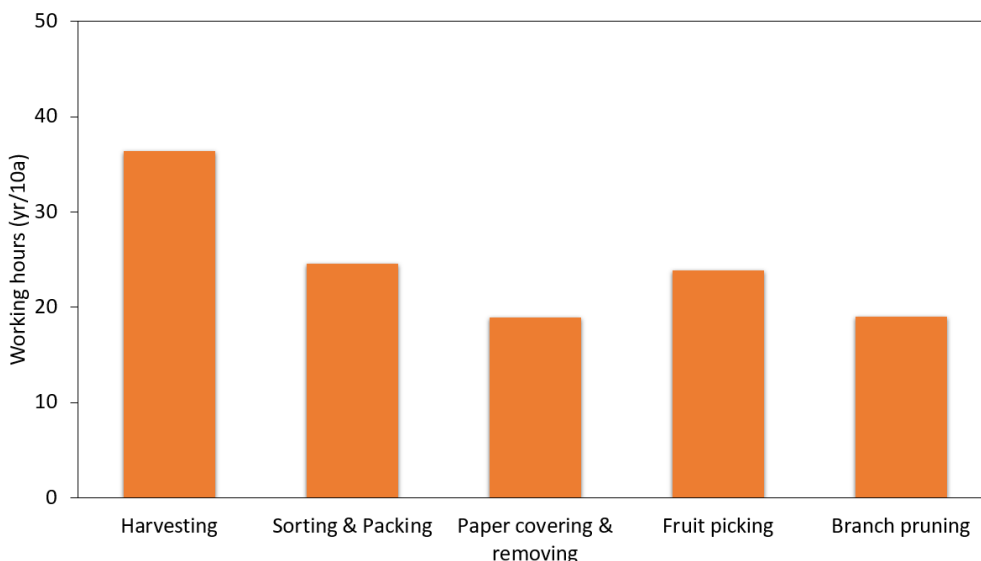


Fig. 1. Yearly working time for peach cultivation according to working types.

의 미세먼지가 발생하여 농작업자들이 불편을 호소하고 있다. 이러한 유기성 미세먼지에 높은 노동시간에 걸쳐 지속적으로 노출되는 경우 직업성 질환의 위험이 증가할 수 있다.

복숭아의 알레르기가 작업자 건강에 미치는 위해성에 대한 연구는 많이 소개되고 있다. 복숭아는 알레르기를 유발하는 소아청소년기 상위 10개 개별식품 중 하나로, 국내의 알레르기 식품표시제 대상 항목에 포함되어 있으며, 식품 알레르기 첫 증상 발현 환자의 주요 원인 식품 중 하나로 선정되었다 (Fernández-Rivas 등, 2003; Fernández-Rivas, 2011, Lee 등, 2020). 복숭아는 식품 알레르기 유발 빈도가 높으며(Lee, 2014), 식품 섭취 및 MAST 검사에 의한 알레르기 반응 검사 결과에서도 복숭아, 돼지고기, 닭, 고등어, 달걀, 우유 중에서 복숭아의 알레르기 유발비율이 33%로 가장 높은 것으로 알려져 있다(Han 등, 1997).

농업시설에서 발생하는 미세먼지의 작업자 영향에 대한 분석을 위하여, 작업에 따른 토양에서 유래하는 무기질 미세먼지와 농약, 꽃가루 등 유기성 미세먼지에 대한 연구가 수행된 바 있다(Cambra-Lopez 등, 2010; Ha 등, 2012; Moran 등, 2014; Roque 등, 2016; Seo 등, 2020, 2022). 복숭아 선별장과 같은 밀폐된 시설에서 장기간 작업하는 경우 높은 농도의 유기 미세먼지에 노출되기 때문에 호흡기와 관련된 질환이 발생할 위험이 높아질 수 있다(Yoo 등, 2003; Kim 등, 2007; Kim 등, 2012; Lee, 2011). 일반적인 복숭아 수확 시 호흡성 분진에 대한 노출수준이 연구된 바 있으나(Arslan과 Aybek, 2012), 작업별 노출농도 등 미세먼지 및 작업환경에 관련된 모니터링 및 분석 연구는 매우 드문 실정이다.

본 연구의 목적은 복숭아 선별작업장 내부의 위치별 미세먼지 농도를 측정하고, 선별작업에 따른 작업자의 미세먼지 노출 특성을 파악하는 것이다. 농작업 환경을 모니터링하기 위해서는 농가별 시설 및 환기의 구조적 차이와 함께 외부 기상 환경을 고려한 정량적인 데이터 확보가 중요하다. 미세먼지 모니터링 시스템의 설치 위치에 따라서 농도의 차이가 크게 발생할 수 있기 때문에, 복숭아 선별장 내부에는 고정형 미세먼지 모니터링 장비를 활용하여 내부 미세먼지의 물리적 크기와 형상을 파악하고 위치별 미세먼지 농도 분포를 파악하였다. 동시에 선별작업에 따른 작업자의 미세먼지 노출 특성은 광학식 부유분진 측정기를 통해 작업자가 실시간으로 미세먼지에 노출되는 입경별 농도와 분포를 분석하였다.

재료 및 방법

1. 연구 대상 농가

세종시 조치원 일대의 총 10곳의 복숭아 선별장을 대상으로 복숭아의 수확 및 선별시기인 2021년 7월-9월 하절기에 복숭아 선별장의 미세먼지 농도 모니터링을 수행하였다. 실험 농가별 선별량, 선별장 면적, 시설의 환기 개폐 형식, 작업 인원, 작업 방식 등에 대한 기본현황 조사를 수행하였다(Table 1). 복숭아 농가의 선별작업장의 경우 평균 92.2m²(약 30평)의 면적을 가지고 있으며, 자연환기식과 강제환기식 구조가 모두 사용되고 있다. 농가마다 선호하는 환기시스템에 차이가 있으며, 복숭아 털과 먼지로 인한 알레르기나 호흡기성 질환에 대한 영향이 큰 농가에서는 Fig. 2b와 같이 자연환기식의

Table 1. Specific information of the experimental peach farms in terms of yield, working area, and ventilation system.

Period	Farm	Yield (kg/day)	Area (m ²)	Ventilation system	Number of workers
Jul. 2021	A	113	40	Forced	3
	B	325	138	Forced	2
	C	630	40	Natural	3
	D	600	66	Natural	3
	E*	1,440	495	Forced	8
Aug. 2021	F	500	66	Forced	3
	G	250	66	Natural	2
	H	300	66	Forced	2
	I	360	200	Forced	4
Sep. 2021	J	700	148	Natural	2

*Peach co-working facility.



(a) Co-working facility with forced ventilation system



(b) Individual facility with natural ventilation system

Fig. 2. Sorting work places for selecting and packing the harvested peaches by size.

로 미세먼지를 외부로 배출하는 구조를 선호하였다. 반면 냉방시설을 선호하는 농가에서는 밀폐하는 강제환기식 구조를 선호하였다(Fig. 2a).

복숭아 선별장은 하절기에 운영되고 있으며, 당일 수확한 복숭아를 선별장으로 이송한 후, 작업자들이 과수봉투를 제거하고, 선별기를 통해 복숭아를 분류 및 포장하는 작업이 진행된다(Fig. 3). 복숭아 선별작업장 내부 작업환경은 외부 기상에 대한 영향을 최소화하고 복숭아 수확시기인 하절기에 냉방을 가동하기 위해 밀폐가 가능한 시설을 갖추고 있다. 복숭아 선별작업공정에서 미세먼지로 인한 어려움을 가장 많이 느끼는 작업을 작업자들을 대상으로 사전조사한 결과, 복숭아를 선별하기 전에 복숭아의 과수봉투를 제거하는 작업과 에어건 등을 활용할 털 제거 작업인 것으로 나타났다. 복숭아 과수봉투는 병충해 피해 방지와 수확 후 과육이 손상되는 것을 방

지하기 위한 목적으로 부착하고 있으나, 수확 후 선별을 위해서는 이를 제거하여야 한다. 털 제거 작업은 선별작업 시 복숭아 표면의 털이 공기 중으로 비산하여 작업자의 피부, 호흡기에 영향을 줄이고, 포장 후 복숭아의 심미성을 높이기 위하여 이루어진다.

2. 미세먼지 모니터링 장비

복숭아 선별장의 미세먼지 농도를 측정하기 위하여 총 분진(total suspended particulate, TSP) 포집용 3단 카세트 홀더(Filter Cassettes, SKC Inc., USA)에 PTFE(polytetrafluoroethylene) 필터(2.0 μ m, 37mm)를 결합하여 소형 공기포집 펌프(AirChek TOUCH, SKC Inc., USA)에 연결한 후 2L/min의 유량으로 공기를 포집하였다. 미세먼지와 초미세먼지 포집용 PEM(Personal Environmental Monitor, SKC. Inc., USA)



(a) Storage



(b) Removing peach covering paper



(c) Sorting



(d) Packing

Fig. 3. Photos by main works of peach sorting process after harvesting from peach tree.

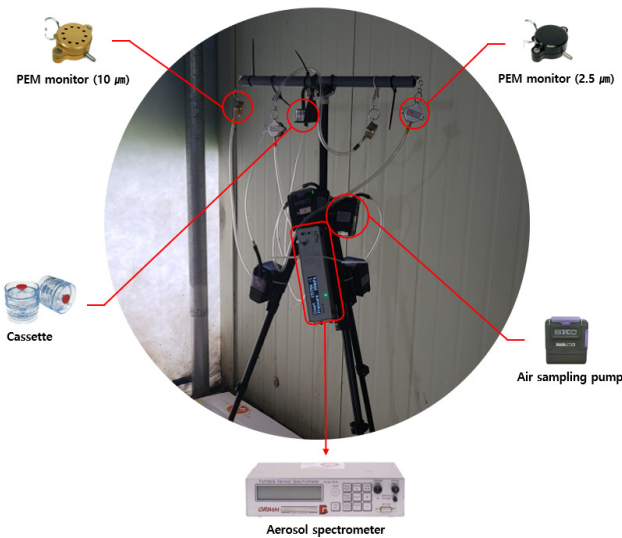


Fig. 4. Monitoring system for internal dust concentration of TSP, PM-10, PM-2.5, and size distributions.

입팩터를 PTFE 필터를 결합한 후 타이콘 튜브에 연결한 뒤 소형 공기포집 펌프를 통해 4L/min의 유량으로 공기를 포집하였다(Fig. 4).

작업자가 실시간으로 노출되는 미세먼지 입경별 농도 분포를 파악하기 위해 광학식 부유분진측정기(11-D, Grimm Inc., Germany)를 사용하였다. 광학식 부유분진측정기는 총 31개의 채널의 입경별 미세먼지 농도를 6초 간격으로 측정하였다(Fig. 4).

3. 미세먼지 모니터링 방법

복숭아 선별장의 작업과정에 대한 기본현황 조사를 통해 선별량, 시설구조, 환기방식, 작업공정을 고려하여 미세먼지 모니터링 위치를 선정하였다. 작업장에서 발생하는 미세먼지 농도의 측정결과에 대한 대표성을 확보하기 위해 복숭아 선별장 내부 측정지점 선정 기준을 작업 위치를 기준으로 선정하였다. 복숭아 선별장은 복숭아 수확 후 보관, 선별, 포장의 3가지 구역으로 분류되며, 이를 바탕으로 위치별 미세먼지 모니터링 지점은 선별구역, 포장구역, 보관구역으로 구분하였다(Fig. 5).

미세먼지 모니터링 높이는 작업자에 대한 영향을 평가하기 위하여 바닥에서 1.5m 높이로 선정하였다. 미세먼지 포집시간은 산업안전보건법에 고시된 시간가중평균 노출기준(time weighted average, TWA)을 고려하여 작업자가 수확 후 복숭

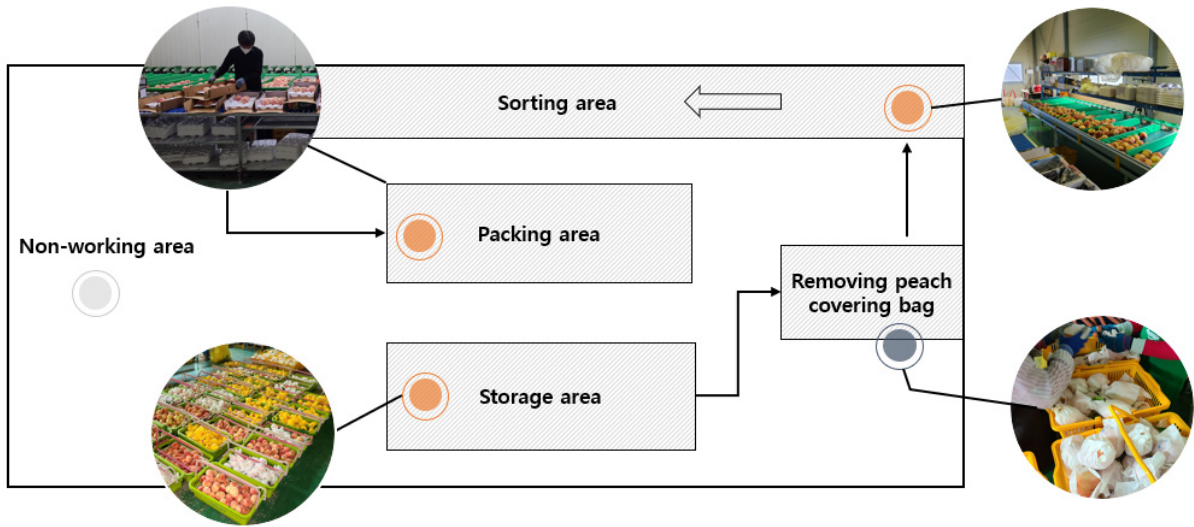


Fig. 5. Installation methods for monitoring dust concentrations in the experimental peach farm.

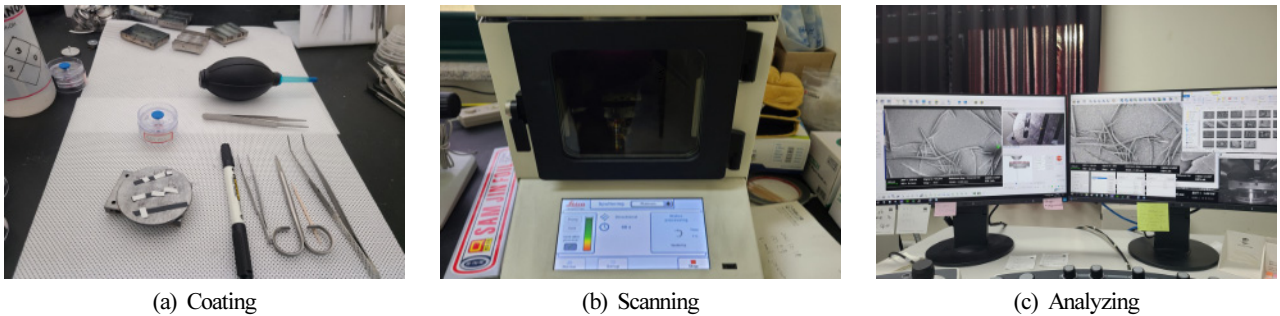


Fig. 6. Image processing of particulate matter in peach sorting facility using scanning electron microscope (SEM) analysis using air-sampled filter captured in peach sorting facility.

아를 선별 및 포장하는 전체 작업 단계를 반영하여 미세먼지 모니터링을 수행하였다.

미세먼지 분석은 미세먼지 포집 전·후 48시간 이상 건조한 필터를 0.001mg 성능의 정밀저울(BM-22, AND Weighing Inc., Japan)을 사용하여 미세먼지 무게를 3회씩 측정한 평균 값을 시료의 미세먼지 농도로 결정하였다. 현장실험 전과 후에 대한 필터의 무게 변동과 미세먼지 포집, 운반과정 등 시료 전·후처리 과정에서 발생할 수 있는 무게 오차를 줄이기 위해 공시료 무게를 함께 고려하여 식(1)을 통해 미세먼지 농도 값을 산정하였다.

$$C = \frac{[(WS_p - WS_i) - (WB_p - WB_i)]}{Flowrate \times Samplingtime} \times 10^3 \quad (1)$$

여기서, C는 미세먼지 농도($\mu\text{g}/\text{m}^3$), WS_p 는 채취 후 여과지 무게(μg), WS_i 는 채취 전 여과지 무게(μg), WB_p 는 채취 후 공시

료의 무게(μg), WB_i 는 채취 전 공시료의 무게(μg)를 의미한다.

복숭아 선별작업장 내부에서 미세먼지 발생에 영향을 미치는 작업은 복숭아 과수봉투 제거 작업과 털 제거 작업으로 구분된다. 선별작업의 경우 복숭아를 선별기에 올리기 전 복숭아 과수봉투 제거 작업과 털 제거 작업을 수행하며, 작업자가 미세먼지에 노출되는 시기를 확인하기 위하여 현장실험 기간 동안 영상 모니터링을 수행하였다. 영상 모니터링 데이터를 바탕으로 복숭아 털 제거 작업, 과수봉투 제거 작업, 비작업 시기로 구분하여 작업에 따른 입경별 미세먼지 농도와 발생 특성을 분석하였다. 복숭아 선별작업장 내부 작업자의 미세먼지 노출 요인과 주요 발생 입경 크기를 파악하기 위해 입자 크기별 미세먼지 농도를 작업종류에 따라 구분하여 분석을 수행하였다. 작업에 따른 입경별 미세먼지 농도 결과를 통해 선별작업장 작업종류에 따라 발생된 입경별 미세먼지 농도의 통계적 유의성을 파악하기 위해 ANOVA 및 Duncan 사후 검정을 실시하였다.

복숭아 선별장에서 작업자에 영향을 미치는 미세먼지의 물리적 형상을 파악하기 위하여 현장에서 포집된 공기 중 미세먼지를 전자주사현미경(scanning electron microscope, SEM)을 사용하여 크기와 형상을 분석하였다. SEM(Supra 40VP, ZEISS Inc., Germany)을 사용하여 공기 중 미세먼지를 포집한 필터시료를 두께 10nm로 백금-팔라듐으로 코팅하였으며, 가속전압 2kV, 작업거리는 5mm로 미세먼지의 이미지를 분석하였다(Fig. 6).

업장 내 작업이 없는 빈 공간에서 측정된 결과에 비하여 TSP는 53.9%, PM-10은 46.2%, PM-2.5는 19.6% 더 높은 결과를 보였다. 미세먼지의 농도는 선별구역, 포장구역, 보관구역, 비작업구역의 순으로 나타났다(Table 2). 작업위치별 미세먼지 농도는 작업위치와 입경 크기에 따라 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며, 10개의 선별작업소별로 세부적인 작업의 특성과 복숭아털 제거 작업 순서에 따라서 측정 데이터의 편차가 크게 나타났다.

결과 및 고찰

1. 복숭아 선별작업장 내 구역별 미세먼지 농도

복숭아 선별작업장 시설의 평균 미세먼지 농도는 TSP 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, PM-10 53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, PM-2.5 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타났다(Fig. 7). 복숭아의 과수봉투를 제거하는 작업을 포함하고 있는 선별지역에서 미세먼지의 농도가 가장 높게 증가하였으며, 선별작

2. 작업별 미세먼지 농도

복숭아 선별작업장에서 작업의 특성에 따른 미세먼지 농도를 분석하였다. 현장에서 작업이 이루어지는 시기를 영상분석을 통하여 구분한 후 동일한 시간동안 측정된 입경별 미세먼지의 농도분포를 활용하여 작업별 미세먼지의 농도를 분석하였다. Fig. 8에서와 같이 작업이 없을 때와 비교한 결과, 복숭아의 털을 제거하는 작업에서 TSP 6.89배, PM-10 2.13배, PM-2.5

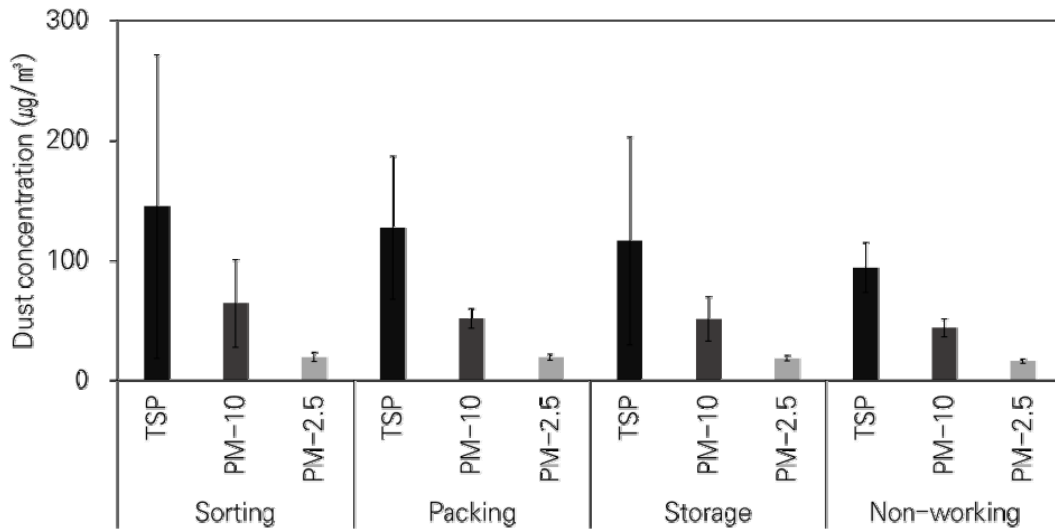


Fig. 7. Airborne dust concentration by sorting, packing, storing, and non-working zones in the experimental peach sorting facility.

Table 2. Total suspended particulate (TSP), PM-10, PM-2.5 concentrations according to sampling locations in the experimental peach sorting operation.

Classification	Average dust concentration \pm SE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
	TSP		PM-10		PM-2.5	
Sorting	145.1	± 126.1	64.6	± 36.3	20.1	± 3.9
Packing	127.4	± 59.7	51.9	± 8.1	19.9	± 2.4
Storage	116.7	± 86.4	51.3	± 18.2	19.1	± 2.4
Non-working	94.3	± 21.1	44.2	± 7.3	16.8	± 1.8
<i>p</i> -value	<i>p</i> < 0.01**		<i>p</i> < 0.01**		<i>p</i> < 0.01**	

**Significant difference between operation areas at *p* < 0.01.

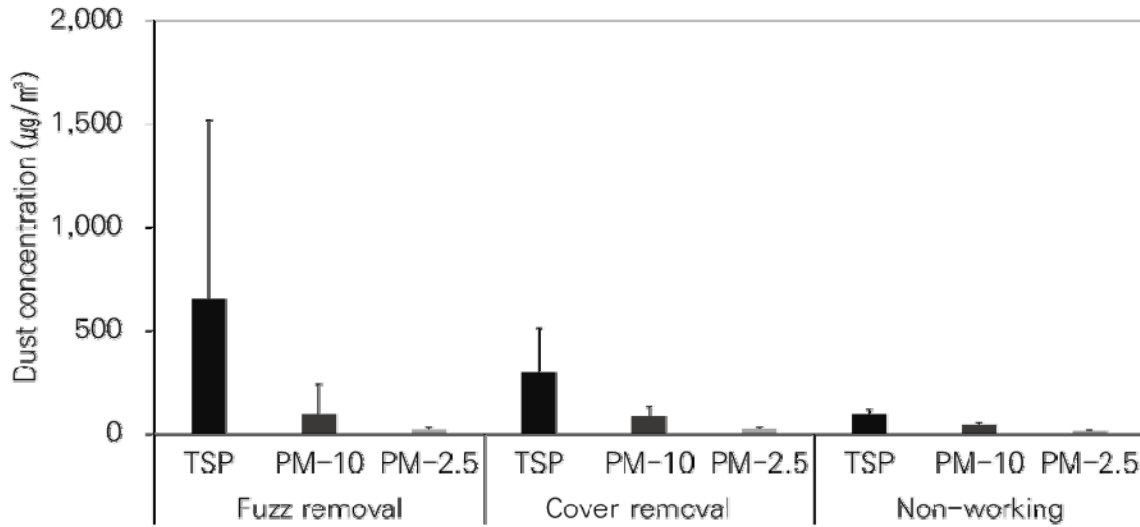


Fig. 8. Airborne dust concentration by working characteristics during removing peach fuzz from surface and removing covering paper in the experimental peach sorting facility.

Table 3. Total suspended particulate (TSP), PM-10, PM-2.5 concentrations according to working characteristics in the experimental peach sorting operation.

Classification	Average dust concentration ± SE (µg/m³)						
	TSP		PM-10		PM-2.5		
Works	Removing fuzz	649.5	±869.9	94.2	±145.4	21.8	±8.3
	Removing cover	296.5	±217.1	84.6	±41.5	24.0	±6.0
	Non-working	94.3	±21.1	44.2	±7.3	16.8	±1.8
<i>p</i> -value	<i>p</i> < 0.01**		<i>p</i> < 0.01**		<i>p</i> < 0.01**		

**Significant difference between working characteristics at *p* < 0.01.

1.30배 각각 증가하였다. 이는 복숭아 선별장 내부의 미세먼지의 주요 발생 원인이 복숭아의 털 또는 복숭아 표면에 묻은 유기물임을 추정할 수 있다. 복숭아 과수봉투를 제거하는 작업에서는 TSP 3.14배, PM-10 1.91배, PM-2.5 1.43배가 증가하였으며(Table 3), 역시 과수봉투 제거작업에서 봉투 안팎으로 묻은 유기물과 털의 확산이 중요한 발생 원인을 알 수 있다. 특히 PM-10 이상에서의 증가폭이 큰 것으로 나타나 10µm 이상의 큰 입자들에 대한 관리가 중요한 것으로 판단된다.

3. 작업자의 미세먼지 영향평가

복숭아 선별작업장의 작업자에 노출되는 미세먼지 입경 특성을 분석한 결과, 10µm 이상의 입경에서 미세먼지 농도가 높게 증가하는 것으로 나타났다(Fig. 9). 작업자의 미세먼지 노출량 산정을 위해 과수봉투의 제거 작업 전·후 농도 차이를 비교한 결과, 10µm 이상의 입경 분포에서의 미세먼지 발생량은 134µg/m³로, 전체 농도 중 76% 차지하고 있으며, 10µm 이상

의 미세먼지 농도가 4.5배 증가한 것으로 나타났다. 2.5 - 10µm 입경분포에서의 미세먼지 발생량은 37.5µg/m³(21.4%)로 농도가 1.9배 증가한 것으로 나타났다. 1.0 - 2.5µm 입경분포에서의 미세먼지 발생량은 2.8µg/m³(1.6%), 1.0µm 이하의 입경 분포에서는 1.2µg/m³(0.7%)로 나타났다.

복숭아의 털 제거 작업 전·후 농도 차이를 비교한 결과, 10µm 이상의 입경 분포의 미세먼지 발생량은 551µg/m³로 전체 농도의 91.4% 차지하고 있었으며, 10µm 이상의 미세먼지 농도가 15.3배 증가한 것으로 나타났다(Fig. 9). 2.5 - 10µm 입경 분포에서의 미세먼지 발생량은 49µg/m³(8.1%)로, 복숭아 털 제거 작업 시 2.5 - 10µm 사이의 미세먼지 농도가 2.3배 증가하였다. 1.0 - 2.5µm 입경분포에서의 미세먼지 발생량은 3.7µg/m³(0.6%), 1.0µm 이하의 입경 분포에서의 미세먼지 발생량은 0.9µg/m³(0.2%)를 차지하는 것으로 나타났다. 선별작업장 내 복숭아의 털, 과수봉투 제거 작업 시 10µm 이상의 입경을 가진 미세먼지의 농도가 크게 증가하는 것을 알 수 있다.

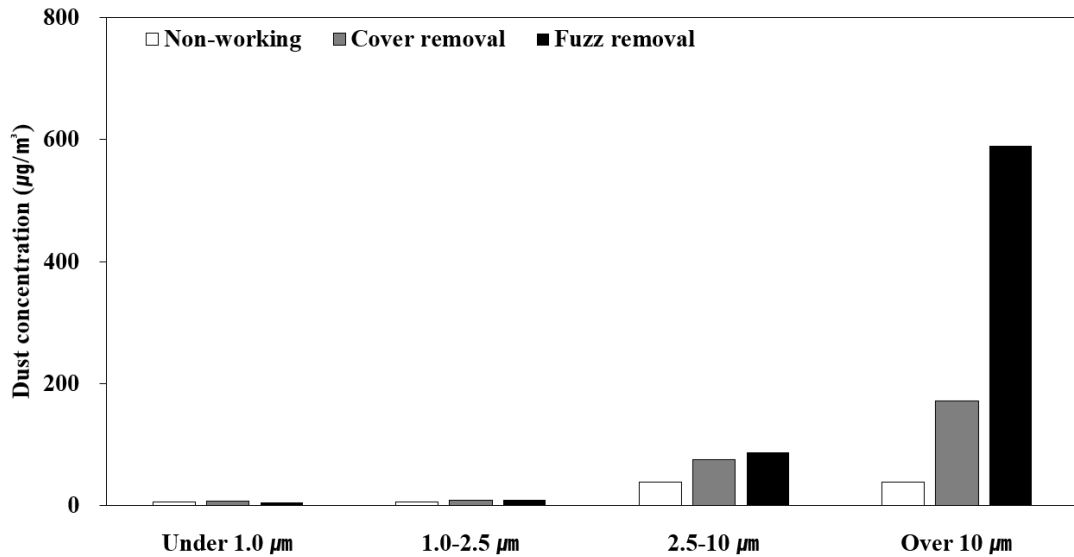


Fig. 9. Dust concentrations according to particle size during peach cover and fuzz removal process.

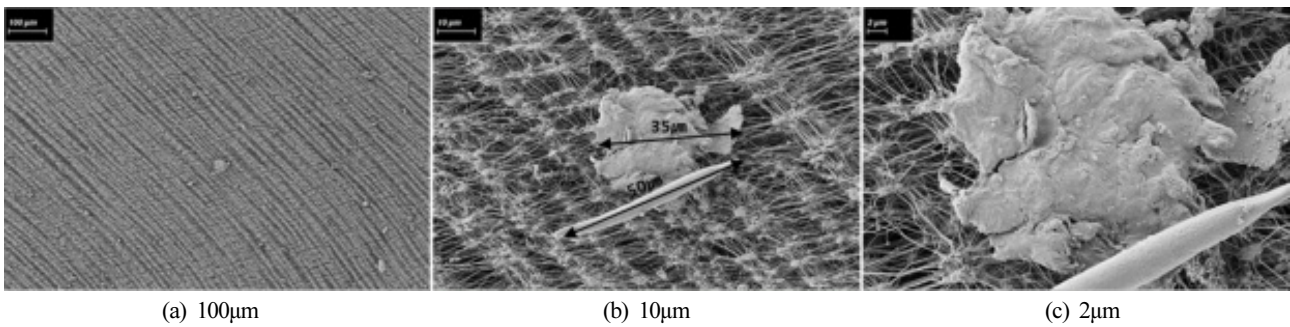


Fig. 10. SEM image of micro dust captured in peach sorting operation.

4. 복숭아 선별장 내 미세먼지의 물리적 형상 분석

선별작업장 내 미세먼지 물리적 입경 분석 결과, 선별작업장 내 작업 시 PM-10 이상의 크기를 갖는 35 – 50µm 사이의 입자 크기 분포를 가진 미세먼지 형상이 다수 관찰되었으며, 50µm 입경을 가진 복숭아 털로 추정되는 입자가 관찰되었다 (Fig. 10). 이를 통해, 선별작업장 내부 작업 시 35µm 이상의 입자 크기를 가진 미세먼지가 발생한다는 점을 알 수 있다.

선별작업장 대상 작업자의 미세먼지 노출 저감 방안 마련 시 미세먼지 농도의 높은 증가율을 보이는 털 제거 작업과 과수 봉투 제거 작업을 하는 경우 개인보호구 착용이나 저감 장치 가동 등을 통해 작업자의 미세먼지 노출 저감이 필요할 것으로 생각된다.

적 요

복숭아는 대표적인 여름 과일이자 알레르기를 유발하는 식

품으로 밀폐되고 집약적인 생산환경으로 인해 시설 내 유기분진, 농약, 복숭아털이 발생하기 때문에, 열악한 작업환경으로 인한 작업자들이 어려움을 많이 겪고 있다. 본 연구에서는 복숭아 선별작업장에서 발생하는 미세먼지를 위치별, 작업별, 입경별로 모니터링함으로써 저감 및 대책 마련을 위한 기초 자료를 확보하고자 하였다. 미세먼지 모니터링 결과 지역별로는 선별과정에서 미세먼지의 발생이 높은 것으로 나타났으며, 주로 기계적인 과정을 통하여 발생하는 10µm 이상의 미세먼지로 나타났다. 본 연구를 바탕으로 향후 작업환경의 개선을 위해서 공정 중 미세먼지가 주로 발생하는 지역 및 미세먼지의 물리적 특성을 고려하여 저감시설 및 개인보호구의 착용이 요구된다.

추가주제어: 현장 모니터링, 복숭아농가, 미세먼지, 작업 환경

사 사

본 연구는 농촌진흥청 농축산 미세먼지 발생실태 및 저감기술 개발사업(PJ014269042021)의 연구지원을 받아 수행하였습니다.

Literature Cited

- Arslan S., and A. Aybek 2012, Particulate matter exposure in agriculture. In B. Haryanto, ed, *Air Pollution: A Comprehensive Perspective*. IntechOpen. pp 73-104. doi:10.5772/50084
- Cambra-Lopez M., A.H.A Aarnink., Y. Zhao, S. Calvet, and A.G. Torres 2010, Airborne particulate matter from livestock production systems: A review of an air pollution problem. *Environ Pollut* 158:1-17. doi:10.1016/j.envpol.2009.07.011
- Fernández-Rivas M. 2011, Peach allergy: Different clinical profiles across Europe. *Clin Transl Allergy* 1(Suppl 1):S58. doi:10.1186/2045-7022-1-S1-S58
- Fernández-Rivas M., E. González-Mancebo, R. Rodríguez-Pérez, C. Benito, R. Sánchez-Monge, G. Salcedo, M.D. Alonso, A. Rosado, M.A. Tejedor, C. Vila, and M.L. Casas 2003, Clinically relevant peach allergy is related to peach lipid transfer protein, Pru p 3, in the Spanish population. *J Allergy Clin Immunol* 112:789-795. doi:10.1016/S0091
- Ha H.Y., D.S. Ra, W.C. Shin, G.J. Im, and J.E. Park 2012, Survey of pesticide use in fruit vegetables, fruits, and rice cultivation areas in Korea. *Korean J Pestic Sci* 16:395-400. (in Korean) doi:10.7585/kjps.2012.16.4.395
- Han J.S., S.O. Hong, J.S. Kim, J.P. Han, and N.S. Kim 1997, Frequency of food allergy in Korea and the causative food allergens. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26:1-9. (in Korean)
- Kim H.C., K.R. Kim, K.S. Lee, K.S. Kim, and K.A. Cho 2007, The characteristics of farmer's dermal exposure during pesticide spraying and dilution in cut rose greenhouse. *J Korean Soc Occup Environ Hyg* 17:203-211. (in Korean)
- Kim H.C., K.S. Lee, H.S. Chae, Y.S. Park, and K.D. Min 2012, A research on airborne nicotine exposure during harvest and weaving tasks in tobacco farms. *J Korean Soc Occup Environ Hyg* 22:217-223. (in Korean)
- Lee E.J. K.G. Jeong, Y.S. Shin, D.H. Nahm, H.S. Park, H.N. Choi, J.W. Yoon, Y.M. Ye, and S.Y. Lee 2020, Causes of food allergy according to age and severity: A recent 10-year retrospective study from a single tertiary hospital. *Allergy Asthma Respir Dis* 8:80-88. doi:10.4168/aard.2020.8.2.80
- Lee K.H. 2014, An analysis on prevalence and allergen of food allergies. *J Agric Med Community Health* 39:14-24. doi:10.5393/JAMCH.2014.39.1.014
- Lee W.J. 2011, Pesticide exposure and health. *J Environ Health Sci* 37:81-93. (in Korean) doi:10.5668/JEHS.2011.37.2.081
- Moran R.E., D.H. Bennett, J. Garcia, and M.B. Schenker 2014, Occupational exposure to particulate matter from three agricultural crops in California. *Int J Hyg Environ Health* 217: 226-230. doi:10.1016/j.ijheh.2013.05.002
- Roque K., G.D. Lim, J.H. Jo, K.M. Shin, E.S. Song, R. Gautam, C.Y. Kim, K. Lee, S. Shin, H.S. Yoo, Y. Heo, and H.A. Kim 2016, Epizootiological characteristics of viable bacteria and fungi in indoor air from porcine, chicken, or bovine husbandry confinement buildings. *J Vet Sci* 17:531-538. doi:10.4142/jvs.2016.17.4.531
- Rural Development Administration (RDA) 2021, *Agricultural and livestock income data collection for agricultural management improvement (2020)*. RDA, Jeonju, Korea.
- Seo H.J., B.W. Oh, H.C. Kim, S.J. Sin, and I.H. Seo 2020, Concentrations of particulate matter exposed to farm workers in the broiler houses. *J Korean Soc Agric Eng* 62:27-37. (in Korean) doi:10.5389/KSAE.2020.62.5.027
- Seo H.J., H.C. Kim, and I.H. Seo 2022, Monitoring of working environment exposed to particulate matter in greenhouse for cultivating flower and fruit. *J Bio-Env Con* 31:79-89. (in Korean) doi:10.12791/KSBEC.2022.31.2.079
- Statistics Korea 2020, <http://www.kosis.go.kr>. Accessed 12 August 2021.
- Yoo D.H., H.A. Kim, Y. Heo, J.H. Sung, H.K. Lee, and Y.G. Park 2003, Concentration of dust and endotoxin in swine confinement buildings. *J Korean Soc Occup Environ Hyg* 13:45-52. (in Korean)