

오이, 참외, 감자 작목에서의 정식, 수확작업시 총분진과 엔도톡신 노출 특성에 관한 연구

김효철* · 이경숙 · 채혜선 · 민경두 · 김경란 · 박윤석

농촌진흥청 국립농업과학원

Research on Exposure to Total Dust and Endotoxin during Planting and Harvest Tasks at Cucumber, Yellow Melon and Potato Farms

Hyo Cher Kim* · Kyung Suk Lee · Hye Seon Chae · Kyung Ran Kim · Kyung Doo Min · Yoon Suk Park

National Academy of Agricultural Science, RDA

ABSTRACT

Objectives: This study was conducted in order to evaluate personal and area exposure to airborne total dust and endotoxin during harvest and planting tasks at cucumber, yellow melon and potato farms

Materials and Methods: Total dust was measured with NIOSH method 0500. Endotoxin were measured using a 37 mm glass fiber filter which was connected to an air pump calibrated to 2 LPM, and then analyzed with a Turbidimetric kinetic method.

Results: The average(arithmetic mean) concentrations of total dust in the personal samples were 0.10- 3.81 mg/m^3 for cucumbers, 0.21-1.19 mg/m^3 for yellow melon, and 0.08- 2.72 mg/m^3 for potato. There was a significant difference in the harvest task among the three farm types($p=0.019$ of personal sample, $p=0.048$ of area sample), in which the air concentration for potatoes was higher than with cucumbers and yellow melons.

Conclusions: It was found that potatoes(planting and harvest) should be considered the first priority for studying and reducing total dust exposure.

Key words : total dust, endotoxin, exposure, cucumber, yellow melon, potato

I. 서 론

농업은 전 세계적으로 산업재해가 많이 발생하는 산업중의 하나로, 건설업, 광업 수준의 산업재해가 발생하는 것으로 알려져 있다. 국내의 경우 산업재해 보상보험의 보상 통계를 기준으로 보았을 경우, 농업의 산업재해율은 일반 제조업의 약 2배 수준인 것으로 알려져 있으며, 향후 직업성 질환에 대한 판정사례가 늘어날 경우 농업인의 재해율은 더 높아질 것으로 예상 된다(RDA, 2006).

미국, 유럽 등에서는 오래전부터 근골격계 질환,

직업성 천식, 피부질환 등을 대표적인 농업의 직업성 질환으로 인지하고, 이를 예방하기 위하여 농약, 근골격계 위험요인, 분진 등과 같은 농작업 유해요인에 대하여 노출 특성과 개선방안을 지속적으로 연구하고 있다(RDA, 2006).

국내에서의 농작업 유해요인에 대한 연구는 주로 농약 중독과 근골격계 질환 위험요인, 니코틴 등과 같은 일부 특정 유해요인에 대하여 수행되고 있다. 이 중 분진과 관련된 연구는 축산업을 제외하고는 밭작목이나 시설하우스를 대상으로 거의 수행되지 않고 있다(Yoo et al., 2003; Kim et al., 2007; Lee, 2011; Kim et al., 2012).

*Corresponding author: Yoon Suk Park, Tel: 031-290-1842, E-mail: simon6909@gmail.com

National Academy of Agricultural Science, RDA, 150 Suin-ro, Suwon-si, Gyeonggi 441-707

Received: October 1, 2013, Revised: October 29, 2013, Accepted: December 9, 2013

외국의 경우 분진에 대한 연구는 축사, 곡물저장고, 시설하우스 등 다양한 환경을 대상으로 수행되고 있다. 이들 연구에 따르면 농작업 중에 발생하는 분진은 미생물, 엔도톡신 등과 같은 생물학적 유해요인을 포함하며 유기분진 독성증후군과 같은 건강영향을 발생시키는 것으로 알려져 있다. 최근에는 유기분진 뿐만 아니라 결정형 실리카를 포함한 무기분진(토양 분진)에 대한 노출과 농업인의 폐암 사이에 연관성이 있다는 연구결과가 있다(Swanepoel et al., 2010). 농작업 중 노출될 수 있는 분진의 종류에는 사료 분진, 동물의 분변 등에서 발생하는 분진, 곡물분진, 화훼작목의 꽃가루, 정식·수확작업 시에 발생하는 토양분진 등으로 나눌 수 있다. 이중 흙에서 발생하는 분진은 축산, 화훼, 곡물관리 작업 시에 발생하는 유기분진과 노출 특성, 건강영향 등이 매우 다른 것으로 알려져 있다(Lee et al., 2004; Schenker et al., 2005; Aybek & Arslan, 2007; Tsapko et al., 2011).

국내에서 농작업 분진에 대한 노출평가가 다른 농작업 유해요인에 비해 연구가 미비한 원인은 농작업 관련 질환의 대부분이 농약, 불안정한 자세, 온열 등으로 발생하는 것으로 알려져 있고, 분진의 경우 타 질환에 비해 농업인이 심각한 건강영향을 자각하는 경우가 드물기 때문이라고 판단된다. 그러나 분진의 노출이 농업인에게 유의한 건강영향을 일으킬 수 있는 것으로 국외 연구에서 밝혀지고 있으며, 국내에서도 농작업 중 분진의 노출 특성에 대한 연구가 지속적으로 필요할 것으로 생각된다.

밭작물을 경작하는 농업인들은 많은 시간을 밭에 쪼그려 앉아서 작업 하는 관계로 타 작목에 비해 토양분진에 더 많이 노출될 수 있다. 특히, 정식과 수확의 경우에는 토양 수분 함유량이 상대적으로 적은 시기에 작업을 하게 되면, 이러한 특성으로 인해 더

많은 토양 분진에 노출 될 수 있다.

이에 본 연구에서는 밭(감자, 오이, 참외)작목의 정식과 수확작업에 대하여 개별 작업별로 충분진과 엔도톡신의 노출수준을 파악하고, 충분진의 작업장 환경 농도와 작업자 노출 수준을 분석하여 농작업자의 분진 및 엔도톡신의 노출 저감에 대한 기초자료를 제공하는 것을 목적으로 하였다.

II. 대상 및 방법

1. 연구대상

본 연구에서는 국내에서 경작되는 밭작물 중 대표적인 작목인 오이, 참외, 감자 작목을 대상으로 접근성과 주산단지 등을 고려하여 농가를 선택한 후 분진 노출 평가를 하였다. 오이, 참외는 시설하우스를 대상으로 측정하여 노지 작목(감자)와 분진 노출을 비교할 수 있도록 하였다.

2. 측정 시기 및 지역

본 연구는 단일 농가를 대상으로 측정 하는 것이 아닌, 최대한 유사한 작업특성(작업방식, 경작지역 및 시기, 작업장 규모, 유사품종 등)을 가진 농가들에 대한 섭외를 하고, 정식과 수확작업 시기에 접근이 가능한 농가들을 대상으로 2010~2011년의 기간 동안 작업현장을 방문하여 측정하였다. 작목, 작업내용, 지역, 측정시기, 작업 특성은 Table 1과 같다.

3. 측정 대상 작업

측정 대상 작업의 작목별 작업 방식은 다음과 같다.

1) 정식작업

정식작업의 경우 참외와 오이는 비닐로 멀칭한 두

Table 1. Location and season of task by farm type and task

Farm type	Task	Location	Season of task	Remarks
Cucumber	Planting	NamYangJu	Mar. ~ Apr.	Greenhouse
	Harvest		Jun. ~ Aug.	
Yellow mellon	Planting	YeoJu	Mar. ~ Apr.	Greenhouse
	Harvest		Jun. ~ Sep.	
Potato	Planting	HaeNam	Sep.	Winter-potato
	Harvest	PyeongChang	Sep.	Summer-potato

독에 Figure 1, 2와 같이 손이나 호미로 모종을 심은 후, 모종이 흔들리지 않게 적절한 양의 흙을 모종 주위에 덮는 방식으로 작업이 이루어진다. 이때 모종은 보통 10~50 cm 간격으로 심어지게 되며 작업자는 쪼그리고 앉은 상태에서 작업을 한다. 감자는 비닐 멀칭을 한 상태에서 작업 하는 방식은 앞서 두 작목과 유사하나, 모종이 아닌 씨감자를 밭에 일정한 간격으로 심은 후 흙을 덮는 방식으로 작업이 이루어진다.

2) 수확작업

수확작업은 수확물이 열리는 위치에 따라 작업방식과 작업자세가 달라진다. 참외, 감자는 정식작업과 같이 작업자가 상체를 구부리거나, 쪼그리고 앉은 자세에서 작업하며, 오이는 대부분의 시간을 선 자세에서 작업한다(Figure 4, 5, 6).

4. 측정 및 분석

총분진 측정은 미국 산업안전보건연구원에서 제시하는 방법(NMAM 0500)을 참조하여 37 mm PVC필

터(225-8-01, SKC, USA)를 유량 2 LPM으로 조정된 펌프(Aircheck 2000, SKC, USA)와 연결하여 개인과 지역 시료로 구별하여 분진을 포집하였다.

포집된 분진의 양은 37 mm 카세트에 조립된 상태로 2일간 데시케이터에 보관하면서 습도와 온도 수준을 조절한 후 밸런스(Analytical plus, OHAUS, USA)를 이용하여 측정 전과 측정 후 필터의 무게의 차이를 분석하였다.

엔도톡신은 멸균 처리된 37 mm Glassfiber 필터(225-7, SKC, USA)를 활용하여 총분진 측정과 동일한 위치와 방식으로 포집을 하였으며, 측정 후 냉장 보관된 필터에 대하여 Kinetic Turbidimetric method(카이네틱 비탁법)를 이용하여 분석을 수행하였다.

5. 자료의 분석

본 연구에서는 SPSS 14.0 통계프로그램(SPSS, USA)을 활용하여 통계분석을 하였다. 분진, 엔도톡신의 작목/작업간 차이는 Student's t-test, ANOVA, Duncan 사후 검정을 실시하였으며, 분진과 엔도톡신의 연관성은 Regression analysis를 실시하였다.



Figure 1. Planting of cucumber



Figure 2. Planting of yellow melon



Figure 3. Planting of potato



Figure 4. Harvest of cucumber



Figure 5. Harvest of yellow melon

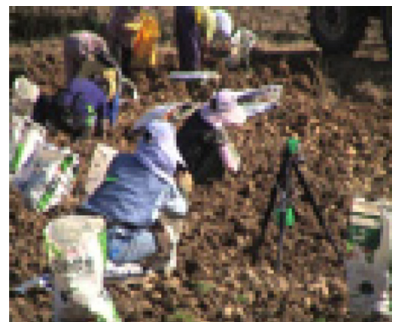


Figure 6. Harvest of potato

III. 결 과

1. 작목별 작업환경의 특성

총분진 및 엔도톡신에 노출을 평가한 작업장의 특성은 Table 2와 같다. 대체적으로 측정 기간의 평년 기상조건과 유사한 온도 조건에서 측정 하였다. 그러나 시설하우스(오이, 참외)의 경우 외부 기상조건이 기온이 낮더라도 시설하우스 내부에서는 측량의 개폐 여부에 따라 낮에는 30℃까지 작업장 온도가 올라가는 경우가 있었다.

2. 작목별 총분진의 노출 특성

작목, 작업별로 총분진에 대한 개인시료와 지역시

료의 노출 분석량은 Table 3, 4, 5와 같다.

오이 작목의 총분진 노출농도의 산술평균(표준편차)는 정식작업에서 개인시료 3.10(2.42) mg/m³, 지역시료 0.20(0.02) mg/m³, 수확작업에서 개인시료 0.60(0.78) mg/m³, 지역시료 0.17(0.18) mg/m³으로 측정되었다(Table 3).

참외 작목의 총분진 노출농도의 산술평균(표준편차)는 정식작업에서 개인시료 0.77(0.40) mg/m³, 지역시료 0.40(0.22) mg/m³, 수확작업에서 개인시료 0.61(0.31) mg/m³, 지역시료 0.21(0.12) mg/m³으로 측정되었다(Table 4).

오이와 참외 작목의 경우 동일 작업에서 개인시료와 지역시료 노출량의 차이를 분석한 결과 수확작업과 정식작업에서 통계적으로 유의한 차이는 발견되지 않았으나, 두 작업 모두 개인시료의 노출농도가

Table 2. Condition of workplace during task

Farm type	Task	Temperature(℃)	Relative humidity(%)	Area	Duration of measurement	Target of measurement	
Cucumber	Planting	6~13	15~40	About 660 m ² (single greenhouse)	4~9 hours	Total dust, endotoxin	
	Harvest	20~30	45~75				
Yellow melon	Planting	11~30	17~50%				
	Harvest	14~20	83~94%				
Potato	Planting	27~31	70~90%			16,500~33,000 m ²	Total dust
	Harvest	24~28	70~90%			9,900~165,000 m ²	

Table 3. Concentration of airborne total dust between personal and area sample in planting and harvest task of cucumber

(Unit : mg/m³)

	Personal Sample			Area Sample			p-value [†]
	N [‡]	Mean(SD)	Range	N [‡]	Mean(SD)	Range	
Planting	2	3.10(2.42)	1.40-4.81	4	0.20(0.02)	0.17-0.23	0.339
Harvest	7	0.60(0.78)	0.10-2.26	10	0.17(0.18)	0.05-0.63	0.200
p-value*	0.375			0.716			

* : p-value between planting and harvest task by t-test

† : p-value between personal and area sample by t-test

‡ : Number of sample

Table 4. Concentration of airborne total dust between personal and area sample in planting and harvest task of yellow melon

(Unit : mg/m³)

	Personal Sample			Area Sample			p-value [†]
	N [‡]	Mean(SD)	Range	N [‡]	Mean(SD)	Range	
Planting	5	0.77(0.40)	0.28-1.19	4	0.40(0.22)	0.10-0.61	0.140
Harvest	4	0.61(0.31)	0.21-0.92	6	0.21(0.12)	0.04-0.34	0.083
p-value*	0.510			0.106			

* : p-value between planting and harvest task by t-test

† : p-value between personal and area sample by t-test

‡ : Number of sample

Table 5. Concentration of airborne total dust between personal and area sample in planting and harvest task of potato(Unit : mg/m^3)

	Personal Sample			Area Sample			p-value [*]
	N [‡]	Mean(SD)	Range	N [‡]	Mean(SD)	Range	
Planting	4	0.97(1.19)	0.08-2.72	10	0.24(0.33)	0.00-1.26	0.314
Harvest	10	1.48(0.60)	0.48-2.37	6	0.64(0.64)	0.03-1.43	0.020
p-value [*]		0.297			0.199		

^{*} : p-value between planting and harvest task by t-test[†] : p-value between personal and area sample by t-test[‡] : Number of sample

지역시료보다는 높은 경향을 보였다(Table 3, 4).

작업간 노출량 차이는 개인시료와 지역시료에서 모두 통계적으로 유의한 차이는 발견되지 않았으나, 오이작목의 개인 시료 노출농도의 경우 정식작업이 산술평균 농도가 $3.10 \text{ mg}/\text{m}^3$ 으로 수확작업($0.60 \text{ mg}/\text{m}^3$)보다 노출수준이 높았다(Table 3).

감자 작목의 총분진 노출농도의 산술평균(표준편차)은 정식작업에서 개인시료 $0.97(1.19) \text{ mg}/\text{m}^3$, 지역시료 $0.24(0.33) \text{ mg}/\text{m}^3$, 수확작업에서 개인시료 $1.48(0.60) \text{ mg}/\text{m}^3$, 지역시료 $0.64(0.64) \text{ mg}/\text{m}^3$ 로 측정되었다. 동일 작업에서 개인시료와 지역시료 노출량의 차이를 t-test를 이용하여 분석한 결과 수확작업의 개인시료 노출이 $1.48 \text{ mg}/\text{m}^3$ 로 지역시료($0.64 \text{ mg}/\text{m}^3$)보다 통계적으로 유의하게 높았다. 작업간 노출량 차이는 개인시료와 지역시료에서 모두 통계적으로 유의한 차이는 발견되지 않았다(Table 5).

3. 동일 작업에서의 작목간 총분진의 노출 특성

총분진에 대한 개인시료와 지역시료의 동일 작업 내에서의 작목간 노출량 차이에 대한 비교는 Table 6, 7과 같다.

정식작업의 경우 개인시료와 지역시료에서 유의한 차이를 확인하기 어려웠으나, 수확작업의 경우 개인시료와 지역시료에서 감자작목이 통계적으로 유의하게 오이, 참외보다 분진이 많이 노출되었다($p < 0.05$).

4. 작목별 엔도톡신의 노출 수준

작목, 작업별로 엔도톡신에 대한 개인시료와 지역시료의 노출 분석량은 Table 8, 9와 같다.

오이 작목의 엔도톡신 노출농도의 산술평균(표준편차)는 정식작업에서 개인시료 $460.00(14.14) \text{ EU}/\text{m}^3$, 지역시료 $12.50(2.52) \text{ EU}/\text{m}^3$, 수확작업에서 개인시료 $17.86(11.75) \text{ EU}/\text{m}^3$, 지역시료 $43.00(51.60) \text{ EU}/\text{m}^3$ 로 측정되었다(Table 8).

Table 6. Comparison of airborne total dust concentration among farm type in planting task(Unit : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Mean(SD)			p-value [*]
	Cucumber ^a	Yellow melon ^b	Potato ^c	
Personal sample	3.10(2.42)	0.77(0.40)	0.97(1.19)	0.100
Area sample	0.20(0.02)	0.40(0.22)	0.24(0.33)	0.569

^{*} : ANOVA**Table 7.** Comparison of airborne total dust concentration among farm type in harvest task(Unit : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Mean(SD)			p-value [*]
	Cucumber ^a	Yellow melon ^b	Potato ^c	
Personal sample	0.60(0.78)	0.61(0.31)	1.48(0.60)	0.019
Area sample	0.17(0.18)	0.21(0.12)	0.64(0.64)	0.048

^{*} : ANOVA

Table 8. Concentration of airborne endotoxin between personal and area sample in planting and harvest task of cucumber

(Unit : EU/m³)

	Personal Sample			Area Sample			p-value [†]
	N [‡]	Mean(SD)	Range	N [‡]	Mean(SD)	Range	
Planting	2	460.00(14.14)	450.00-470.00	4	12.50(2.52)	10.00-16.00	0.013
Harvest	7	17.86(11.75)	1.00-38.00	10	43.00(51.60)	0.00-138.00	0.167
p-value [*]		0.000			0.095		

^{*}: p-value between planting and harvest task by t-test

[†]: p-value between personal and area sample by t-test

[‡]: Number of sample

Table 9. Concentration of airborne endotoxin between personal and area sample in planting and harvest task of yellow melon

(Unit : EU/m³)

	Personal Sample			Area Sample			p-value [†]
	N [‡]	Mean(SD)	Range	N [‡]	Mean(SD)	Range	
Planting	5	78.00(49.78)	36.00-150.00	4	31.25(9.22)	20.00-41.00	0.103
Harvest	4	12.25(3.59)	9.00-17.00	5	6.00(10.07)	1.00-24.00	0.281
p-value [*]		0.042			0.006		

^{*}: p-value between planting and harvest task by t-test

[†]: p-value between personal and area sample by t-test

[‡]: Number of sample

참외 작목의 총분진 노출농도의 산술평균(표준편차)는 정식작업에서 개인시료 78.00(49.78) EU/m³, 지역시료 31.25(9.22) EU/m³, 수확작업에서 개인시료 12.25(3.59) EU/m³, 지역시료 6.00(10.07) EU/m³으로 측정되었다(Table 9).

오이와 참외 작목의 경우 동일 작업에서 개인시료와 지역시료 노출량의 차이를 t-test를 이용하여 분석한 결과 총분진과 마찬가지로 수확작업과 정식작업에서 통계적으로 유의한 차이는 발견되지 않았다. 작업간 노출량 차이는 오이 작목에서는 개인시료에서 정식작업이 통계적으로 유의하게 높았으며, 참외 작목에서는 개인시료와 지역시료 모두 정식작업이 통계적으로 유의하게 엔도톡신 노출량이 높았다(p<0.05).

5. 엔도톡신과 총분진 노출 수준의 상관성

동일한 시점 및 지역/작업자에 대하여 측정된 분진과 엔도톡신의 노출량을 짝으로 맞추어 연관성을 분석한 결과는 Figure 7, 8과 같다.

회귀 분석결과 참외와 오이작목 작목 모두에서 오이(R²=0.4905, p=0.000), 참외(R²=0.3821, p=0.006)로 분석되었으며, 총분진과 엔도톡신의 노출량 사이의 연관성은 통계적으로 유의하였다.

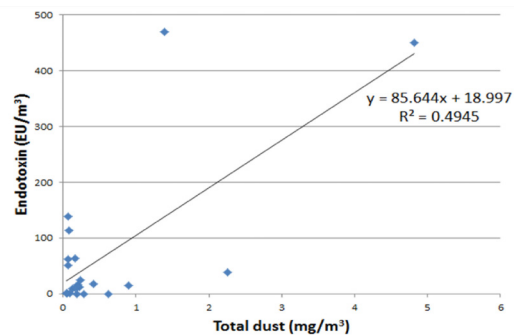


Figure 7. Relationship between airborne concentration of total dust and endotoxin in cucumber tasks(harvest, planting)

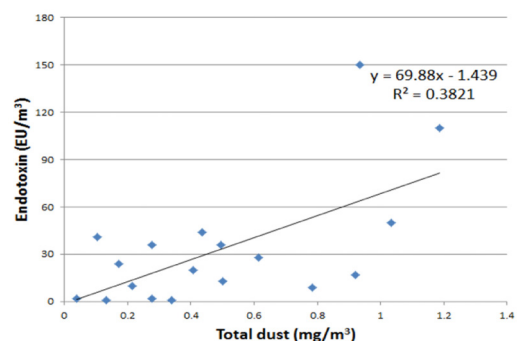


Figure 8. Relationship between airborne concentration of total dust and endotoxin in yellow melon tasks(harvest, planting)

IV. 고 찰

본 연구에서는 노지와 시설하우스에서 경작하는 작목(감자, 오이, 참외)에 대해서 총분진과 엔도톡신의 노출량을 측정하고 개인/지역시료 및 작업간 차이를 비교 분석하였다.

농작업 중 총분진 노출에 대한 국외 연구에 따르면 Lee(2010)은 포도작목의 작업에 따라 총분진의 평균 농도가 0.23~1.14 mg/m³으로 노출되고 있음을 보고하고 있으며, Madsen et al.(2009)은 온실에서 재배되는 오이와 토마토 작업자의 개인 총분진 노출의 산술평균은 0.50~0.64 mg/m³으로 측정되었다고 보고하고 있다. 본 연구에서의 개인 시료의 총분진 노출 수준도 오이 0.10~4.81 mg/m³, 참외 0.21~1.19 mg/m³, 감자 0.08~2.72 mg/m³로 측정되어, 타 연구와 유사한 노출 수준을 보여 주었으며, 일반적인 총분진의 허용기준인 10 mg/m³을 넘지 않았다(MoEL, 2012).

시설하우스 작목인 오이와 참외에 대하여 엔도톡신을 측정한 결과, 개인 노출수준이 오이 450.00~470.00 EU/m³, 참외 36.00~150.00 mg/m³의 노출수준이었으며, 정식과 수확작업(오이), 정식작업(참외)의 일부시료에서 권고 노출기준인 100 EU/m³을 넘는 엔도톡신에 노출되는 것으로 나타났다. 따라서 발작업으로 노출되는 토양 분진도 유기분진의 권고 기준인 5 mg/m³을 적용하는 것이 바람직하다고 생각된다.

총분진의 개인과 지역시료의 노출량 차이는 적은 샘플수의 한계로 인하여 통계적으로 유의하지는 않았지만 개인노출 농도가 지역노출 농도보다 높은 경향이 있었다. 이러한 경향은 타 연구에서도 확인할 수 있었는데, Madsen et al.(2009)의 연구에서는 오이와 토마토 농장의 총분진 노출에 대한 지역시료 노출농도가 개인시료의 3~8% 수준임을 보고하고 있었다.

일반적으로 농업인이 일하고 있는 환경은 바람이 수시로 불고 개방이 되어 있기 때문에 지역노출 농도가 작다. 그러나 반복적으로 땅을 파거나 덮는 등의 작업을 수행하는 농업인은 높은 수준의 토양 분진에 노출될 수 있다. 이러한 특성으로 인해 본 연구에서도 환경 중 지역시료 농도보다 작업자의 개인 노출농도가 높아진 것으로 생각된다.

이는 제조업에서 기계, 시설 등과 같은 고정된 분

진 발생원이 대규모로 공기 중 유해요인을 발생시켜 환경 중 농도를 높이는 상황과는 정반대의 양상을 보이는 것으로서, 유사한 작업에 대하여 유해요인 노출을 평가할 경우 노출량에 대한 과소평가를 피하기 위해, 반드시 개인 시료에 대한 노출평가를 병행하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

또한, 농작업자의 움직임과 연관된 분진 발생 방식은, 외국의 기계화된 농가 대상 조사 결과의 국내 적용에 제한이 있을 수 있다는 것을 뜻하며, 향후 소규모 자영농의 분진 노출에 대하여 별도의 조사가 필요할 것으로 생각된다.

작목간 총분진 노출수준은 정식작업에서는 작목간의 유의한 차이가 발견되지 않았으나, 수확작업에서 감자 작목이 오이, 참외 작목보다 통계적으로 유의하게 높은 농도의 분진에 노출되는 것으로 나타났다. 이러한 현상은 감자 자체의 특성에 기인하는 것으로서 참외, 오이의 경우 수확물 자체에 묻은 흙이 거의 없는 상황에서 수확이 되므로 분진노출이 적으나, 감자의 경우 수확을 용이하게 하기 위해 건조한 기상 조건 및 흙이 마른 상태에서 작업 하게 되며, 감자와 부에 흙이 많이 묻어 있는 경우가 많아, 분진 노출량이 높아지는 것으로 생각된다.

엔도톡신에 대한 작업간의 노출량 차이는 개인시료(오이), 지역/개인시료(참외)에서 정식작업이 수확작업보다 높은 농도의 엔도톡신에 노출되는 경향이 있었다. 이러한 현상이 발생하게 된 원인으로는 정식전에 비료를 뿌리고, 경운 작업을 하면서 흙의 미생물이 활성화 되어 정식시의 엔도톡신 노출이 많아지게 된 것으로 생각된다.

엔도톡신과 총분진 사이의 연관성을 회귀분석한 결과 결정계수 값이 오이와 참외 각각 0.4945(p=0.001), 0.3821(p=0.006)으로 크게 높지는 않았지만 통계적으로 유의하게 회귀 방정식이 성립됨을 보여주었다.

농작업 유해요인의 측정 및 해석은 농작업장이 일반 제조업의 작업장처럼 표준화 및 제어된 작업 환경이 아니므로, 동일 노출그룹(Same Exposure Group, SEG)을 구분하여 노출평가를 수행하고 일반화 시키는 것이 매우 어렵다. 또한 작업장의 지리적 이산성, 기상조건 등에 따른 작업일정의 변화, 작업방해를 걱정하는 농장주의 비협조 등과 같은 어려움이 발생한다. 이로 인해 연구자 입장에서 많은 시간과 열정이

필요한 어려운 연구라 할 수 있다.

본 연구에서도 이러한 이유 등으로 작업별로 충분히 많은 수의 시료수를 확보하는 것이 매우 어려움을 겪었으며, 측정결과를 해석함에 있어 통계적인 유의성을 확인하는데 어려움이 있었다. 그러나 기존의 국내 연구가 부재하고, 2-3년내로 농업인 안전재해보장제도의 시행이 예상되는 현 상황에서 농업인의 직업 관련성 질환의 예방과 관리를 위해 유해요인 노출량 기초 데이터를 지속적으로 축적해 나가는 것은 매우 중요한 연구라 생각된다.

본 연구는 국내 농작업 유해요인 중 기존에 어느 정도 연구가 진행된 농약, 근골격계 위험요인이 비해 거의 연구된 바가 없는 발작물의 분진, 엔도톡신 노출 수준에서 대해서 기초자료를 제시함으로써 향후 추가 연구를 통하여 농업인의 호흡기계 질환 예방, 관리에 기여할 수 있을 것으로 생각된다.

V. 결 론

본 연구에서는 오이, 참외, 감자 작목의 정식 수확 작업시 총분진과 엔도톡신의 노출 특성을 측정, 비교 하였다.

1. 개인 시료의 총분진 노출수준을 측정한 결과, 오이 0.10~4.81 mg/m³, 참외 0.21~1.19 mg/m³, 감자 0.08~2.72 mg/m³의 노출수준을 나타내었으며, 총분진의 허용 기준인 10 mg/m³은 넘지 않았다.

2. 총분진의 개인과 지역시료의 노출량 차이는 샘플수의 한계로 인하여 통계적으로 유의하지는 않았다. 하지만 개인노출이 지역노출보다 높은 경향이 있었으며, 향후 타 연구에서 유사한 특성의 작업에 대하여 유해요인 노출을 평가할 경우 노출량의 과소평가를 막기 위해 개인시료에 대한 노출평가가 반드시 필요함을 확인할 수 있었다.

3. 총분진에 대하여 동일 작업별로 작목간 노출량 차이는 정식작업의 경우 개인시료와 지역시료 모두에서 작업간 유의한 차이를 확인하기 어려웠으나, 수확작업의 경우 개인시료와 지역시료 모두에서 통계적으로 유의하게 감자작목(개인 1.48 mg/m³, 지역 0.64 mg/m³)이 오이(개인 0.60 mg/m³, 지역 0.17 mg/m³), 참외(개인 0.61 mg/m³, 지역 0.21 mg/m³)보다 통계적으로 유의하게 노출수준이 높았다.

4. 엔도톡신은 정식/수확(오이), 정식(참외)에서 측정시 상황에 따라 일부시료에서 유럽에서 노출기준으로 권고되고 있는 100 EU/m³을 넘는 수준에 노출되는 것으로 나타났다. 이에 토양 분진에 노출되는 경우에 대해서도 위험수준을 판단할 때 유기분진에 대하여 권고되는 기준인 5 mg/m³을 적용하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

결론적으로 본 연구를 통해 발작목에서의 분진 노출에 있어 개인과 지역노출의 차이가 일정한 경향성을 두고 발생하였으며, 감자 수확작업이 타 작목에 비해 분진 노출량이 높았다. 이러한 결과는 향후 유사 작업환경에 대한 공기 중 유해요인 노출 평가 시 기초자료로서 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

감사의 말씀

본 연구는 농촌진흥청 시험연구사업(과제번호: PJ006483)의 지원에 의해 수행되었음.

References

- Aybek A, Arslan S. Dust exposures in tractor and combine operations in eastern Mediterranean, Turkey. *Journal of Environmental Biology* 2007;28(4):839-44
- Kim HC, Lee KS, Chae HS, Park YS, Min KD. A research on airborne nicotine exposure during harvest and weaving tasks in tobacco Farms. *J Korean Soc Occup Environ Hyg* 2012;22(3):217-223
- Kim HC, Kim GR, Lee KS, Kim KS, Cho KA. The characteristics of farmer's dermal exposure during pesticide spraying and dilution in cut rose greenhouse. *J Korean Soc Occup Environ Hyg* 2007;17(3):203-11
- Lee WJ. Pesticide exposure and health. *J Environ Health Sci* 2011;37(2):81-93
- Lee K, Lawson RJ, Olenchok SA, Vallyathan V, Southard RJ, Thorne PS, et al. Personal exposures to inorganic and organic dust in manual harvest of california citrus and table grapes. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* 2004;1(8): 505-14
- Lee K. Characterization of task-weighted agricultural dust exposure of vineyard workers. *J Environ Health Sci* 2010;36(4):264-70

- Madsen AM, Hansen VM, Nielsen SH, Olsen TT. Exposure to dust and endotoxin of employees in cucumber and tomato nurseries. *Ann Occup Hyg* 2009;53(2):129-38
- Ministry of Employment and Labor(MoEL). Exposure limits for chemical substances and physical Agents(MoEL Public Notice No. 2012-31); 2012. p. 42
- National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH). NIOSH Manual of Analytical Method (0500) 1998 Available from: URL:<http://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/0500.pdf>
- Rural Development Administration(RDA). The status of agricultural disease and injury and management for improvement of farmer's welfare 2006. p. 3-14
- Schenker MB, Farrar JA, Mitchell DC, Green RS, Samuels SJ, Lawson RJ, et al. Agricultural dust exposure and respiratory symptoms among california farm operators. *J Occup Environ Med* 2005;47(11):1157-1166
- Swanepoel AJ, Rees D, Renton K, Swanepoel C, Kromhout H, Gardiner K. Quartz exposure in agriculture: literature review and south african survey. *Ann Occup Hyg* 2010;31;54(3):281-92
- Tsapko VG, Chudnovets AJ, Sterenbogen MJ, Papach VV, Dutkiewicz J, Skórska C, et al. Exposure to bioaerosols in the selected agricultural facilities of the Ukraine and Poland - a review. *Ann Agric Environ Med* 2011;18(1):19-27
- Yoo DH, Kim HA, Heo Y, Sung JH, Lee HK, Park YG. Concentration of dust and endotoxin in swine confinement buildings. *J Korean Soc Occup Environ Hyg* 2003;13(1):45-52