

잎담배 수확 작업자의 니코틴 노출

이윤근[†] · 김 원 · 최인자

노동환경건강연구소

(2010. 4. 30. 접수/2010. 6. 1. 수정/2010. 6. 15. 채택)

Nicotine Exposure in Green Tobacco Harvesters

Yun Keun Lee[†] · Won Kim · In Ja Choi

Wonjin Institute of Occupational and Environmental Health, Seoul, Korea

(Received April 30, 2010/Revised June 1, 2010/Accepted June 15, 2010)

ABSTRACT

Green tobacco sickness (GTS) is an illness associated with nicotine exposures among tobacco harvesters. The purposes of this study were to measure the concentration of nicotine residues on the hands and forearms of tobacco harvesters, and to compare the concentrations according to the harvesting task. Wipe samples from the both hands and forearms were obtained from 16 workers at three sampling times (before work, in the morning after harvesting leaves, and in the afternoon after binding leaves). The geometric means of the right and left hand nicotine levels in harvesting work were 0.70 and 0.61 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, respectively, which were substantial, if significantly lower than the corresponding levels in binding work of 5.19 and 1.50 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ($p=0.016$). The overall combined nicotine levels for the hands (i.e., left and right) were significantly higher than those for the forearms ($p=0.013$). The results of this study therefore indicate that, for GTS prevention, waterproof gloves should be worn while harvesting.

Keywords: green tobacco sickness, tobacco, nicotine, wipe sample

I. 서 론

잎담배를 재배하는 농업인들에게 나타나는 Green tobacco sickness(GTS)는 아주 흔한 질병으로 미국에서는 주로 남미 지역 이민자들과 계절 농업인들의 중요한 건강문제로 보고되고 있다.¹⁾ GTS는 오심, 구토, 쇠약 및 현기증과 두통, 타액 증가, 복통, 호흡 곤란, 설사 등의 급성 증독으로 나타난다.^{2,3)} 이러한 증상들은 니코틴 노출 이후 보통 3-17시간 정도 지나면 나타나는 데,⁴⁾ 증상 자체가 농약 증독과 매우 유사하여 혼동되는 경우가 많다.⁵⁾

담배 농사는 전 세계적으로 100개 이상의 국가에서 경작되고 있으며, 생산량은 연간 약 573만 톤 정도이다. 주된 재배 국가로는 중국(35.1%), 브라질(13.2%), 인도(10.4%), 미국(6.2%), 말레이시아(2.4%)이며, 이들 5개 국가가 전체 생산량의 65% 이상을 차지하고 있

다.⁶⁾ 우리나라의 2010년 담배 재배 계획⁷⁾을 보면(담배 농사는 모두 계약 재배를 하고 있음) 총 6,439 농가에서 6,411 ha의 규모로 연간 1,600톤 생산을 목적으로 하고 있어 여타의 작목에 비해 재배 면적 및 농가 수가 상대적으로 적은 편이다.

비록 잎담배 재배 농민은 적지만 GTS는 유병률이 매우 높은 직업성질환이다. Parikh 등³⁾의 보고에 의하면 GTS 증상 호소율은 47%로 상당히 높았으며, Trapé 등^{8,9)}은 질환 유병률을 4-15%로 보고하였다. 이러한 질병으로 인한 작업 손실일은 작업 100일당 1.9일로 알려져 있다.¹⁰⁾ 국내에서의 유병률은 39.2%로 보고된 바 있으며, 여자의 유병률(53.4%)이 남자의 유병률(25.6%)보다 높았다.¹¹⁾ GTS에 대한 지금까지의 연구들은 대부분이 미국을 중심으로 이루어졌고,^{4,12)} 인도,¹³⁾ 일본,¹⁴⁾ 말레이시아¹⁵⁾ 등 아시아에서도 일부 보고되고 있다. 우리나라에서는 2001년 이후 처음 사례가 보고되면서 증상 호소율과 위험 요인에 관한 연구가 진행되었다.^{11,16)}

GTS의 발병 원인은 피부를 통한 니코틴 흡수로 알려져 있다.¹⁸⁾ 잎담배의 니코틴은 대부분이 뿌리에서 합성되어 잎에 잔류하게 되는 데 잎에 1-6% 정도 함유된

[†]Corresponding author : Wonjin Institute of Occupational and Environmental Health
Tel: 82-2-490-2088, Fax: 82-2-490-2099
E-mail : lyk4140@hanmail.net

니코틴이 작업 과정에서 피부를 통해 흡수된다.^{19,20)} 따라서 니코틴 노출은 대부분이 잎을 직접 취급하거나 접촉하는 과정에서 이루어진다. 특히, 잎을 수확할 때는 잎을 손으로 따서 전완 부위에 올려놓고 이동하는 작업을 반복하게 된다. 이러한 작업 특성으로 인해 손과 전완 부위는 잎에 직접 접촉되어 니코틴 노출 가능성이 가장 높은 부위이다.

일반적으로 화학물질이 피부를 통해 흡수될 때는 피부 표면의 wiping 방법을 이용하여 노출 농도를 평가하게 된다. 특히, hand wiping 방법은 수용성 농약의 피부노출 평가에 흔히 이용되는 방법으로 보편화되어 있다.¹⁹⁾ 이 방법은 재현성이 높고, 또한 작업이 이루어지는 필드 내에서 손쉽게 적용할 수 있으며, 절차가 간단하기 때문에 농약 노출 평가뿐만 아니라 니코틴의 피부노출 평가에 가장 많이 이용되는 방법이다.²¹⁾ Curwin 등¹⁹⁾은 일담배를 수확할 때 수확 기기의 작업자 위치에 따라 7.8-11 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 의 매우 높은 니코틴 잔류농도를 보고하였다.

지금까지 GTS 관련 연구들은 대부분이 역학적 특성들에 관한 보고들이며, 니코틴의 흡수 정도를 파악하는 연구는^{13,15,19)} 그리 많지 않은 편이다. 특히 국내의 경우 설문조사를 통한 GTS 실태 조사가 대부분이었으며, GTS의 원인 물질인 니코틴 노출 연구는 요중 코티닌 농도를 분석한 이 등²²⁾의 연구와 일담배 건조 과정에서의 공기 중 니코틴 노출 평가가 유일하다.²³⁾ 기타 국내에서의 니코틴에 대한 연구는 흡연과 관련된 실내 환경에 관한 연구²⁴⁾들이며, 실제 작업 과정에서 피부로 흡수되는 니코틴 노출량에 대한 연구^{19,20,25)}는 국제적으로도 극히 소수에 불과하며, 국내에서는 아직 보고되지 않았다.

이에 본 연구에서는 일담배를 수확하는 작업자를 대상으로 니코틴의 주요 노출 경로인 팔과 전완에서의 피부 잔류 농도를 비교 분석하고, 작업 특성에 따른 노출

농도의 차이를 평가하였다. 이를 통해 국내 일담배 수확 작업자 피부의 니코틴 잔류농도가 어느 정도인지를 보고하고, 작업자에게 나타나는 GTS의 작업 관련성 연구와 예방에 기초자료를 제공하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 전북 남원에 있는 1개 마을 85개 농가 중 담배 농사를 짓는 12개 농가를 대상으로 하였다. 실제 측정은 이 마을에서 직접 담배 농사에 참여하는 16명(남자 4명, 여자 14명)을 대상으로 3일 동안 반복 측정하였다. 통상적으로 담배 수확은 6-7월 중 총 5-6회 정도의 수확작업이 주기적으로 이루어진다. 수확 단계는 처음 토순(처음 수확이 이루어지는 일담배)을 수확한 후 이후 본엽 수확이 4-6회 정도 추가된다. 통상적으로 수확량이 가장 많은 시기는 2-3번째 본엽을 수확하는 시기이다. 이러한 점을 고려하여 본 측정은 일담배의 2번째 본엽을 따는 수확 작업과 수확된 일담배를 묶는 작업을 대상으로 하였다.

수확작업은 주로 새벽 5시부터 9시까지 약 4시간에 걸쳐 이루어지며, 건조를 위해 일담배를 묶는 작업은 점심 식사 후 오후 2시부터 6시 사이에 주로 이루어진다.

2. 측정 및 분석 방법

손과 전완 부위를 통해 흡수되는 니코틴 농도는 Brouwer 등²⁶⁾이 개발한 hand-wipe 방법을 참조하였다. 면 재질의 10 × 10 cm 크기의 드레싱스폰지(dressing sponge)를 준비한 후 100% 이소프로판올 10m/로 적신 다음 Fig. 1과 같이 양손의 손과 팔 부위를 1,2차로 나누어 각각 2회씩 닦아내어 시료를 채취하였다. 시료는 ‘작업 전’과 오전 ‘수확작업’, 그리고 오



Fig. 1. Nicotine stain on the tobacco harvesters' hand (left), and hand wiping using dressing sponge (right).

Table 1. Experimental conditions for nicotine analysis

Instruments	Gas Chromatograph (HP 6890 Plus) Mass Selective Detector (HP 5973 MSD)
Column	HP-5MS (30 m×0.25 mm×0.25 μm)
Injector Temp.	260°C
Oven Temp.	100°C, 3 min-10°C/min-250°C
Carrier gas	He, 1 ml/min
Split ratio	10 : 1
MSD Source Temp.	230°C
Ionization Energy	70 eV
Selected Ion	176, 147, 98 m/z

후에 이루어지는 ‘뭍는 작업’ 후에 각각 1회씩 모두 3회 채취하였다. 따라서 wipe 시료는 작업자 1인에서 오른손과 오른팔, 왼손과 왼팔에서 각 3회씩 모두 12개씩 시료가 채취되어 별도로 분석된 후 신체 부위별로 잔류 농도를 평가하였다. 채취된 시료는 니코틴 분석까지 냉장 보관하였다.

wipe 시료는 테플론으로 코팅된 뚜껑이 있는 유리병에 옮긴 다음 톨루엔 50 ml를 첨가 후 sonicator에서 1시간 동안 추출하였다. 추출 용액은 2 ml GC용 마이엘에 옮겨서 GC/MSD의 SIM mode로 정량하였다. 컬럼은 HP-5MS(30 m × 0.25 mm × 0.25 μm)를 이용하였다. GC 주입구 온도는 260°C로 유지하였으며, 컬럼 온도는 100°C에서 3분 동안 유지시킨 다음 10°C/분으로 250°C까지 승온시켰고, 시료 주입시 split ratio는 10:1 이었다. 시료 당 분석시간은 15분이었고, 기타 기기 분석조건은 Table 1과 같다. 현장바탕시료(field blank, dressing sponge) 및 실험실 바탕시료는 모두 불검출(ND)이었다. 시료검출한계(LOD)는 0.006 μg/cm²였다.

3. 자료 분석

각각의 시료에서 분석된 니코틴 농도는 미국 EPA²⁷⁾에서 권장하고 있는 피부 잔류농도 평가 방법을 참고하여 피부 단위면적 당 니코틴 농도(μg/cm²)로 환산하여 자료 분석에 이용하였다.

모든 측정 결과는 SPSS package (SPSS Inc., USA, Version 12.0)를 이용하여 신체 부위(손과 전완)에 따른 니코틴 농도의 차이와 작업 특성에 따른 노출농도의 차이를 각각 paired t-test와 t-test를 통해 통계적인 유의성을 검증하였다.

III. 결 과

작업을 앞담배 수확 작업과 건조를 위해 뭍는 작업으로 나누어 손과 전완 부위에서의 니코틴 잔류 농도를 분석한 결과는 Table 2와 같다.

작업 전 측정 시료에서는 모두 니코틴이 검출되지 않았다. 오전에 수행된 수확 작업 후 손과 전완 부위를 합친 오른쪽 부위와 왼쪽 부위의 니코틴 농도는 각각 0.70 μg/cm², 0.61 μg/cm²로 별다른 차이가 없었다. 오후에 이루어진 잎을 뭍는 작업에서는 오른쪽 부위(5.19 μg/cm²)가 왼쪽 부위(1.50 μg/cm²)에 비해 높게 나타났으나 통계적인 유의한 차이는 없었다.

손과 전완 부위로 흡수된 농도를 합한 총량을 기준으로 작업 종류에 따른 니코틴 잔류 농도의 차이를 분석한 결과는 Fig. 2와 같다. 주로 오전에 이루어지는 수확 작업의 니코틴 농도는 0.65 μg/cm²이었고, 오후에 이루어지는 뭍는 작업은 2.79 μg/cm²로 수확 작업에 비해 피부 잔류 농도가 통계적으로 유의하게 높게 나타났다(p<0.05).

피부 흡수 부위를 손과 전완으로 구분하여 신체 부위별 니코틴 잔류농도의 차이를 분석한 결과는 Fig. 3과

Table 2. Geometric mean of wipe nicotine concentration on the hands and forearms by working types

Working types		n	Hands	p-value ^b	Forearms	p-value	Overall	p-value
Before-work		8	ND ^a		ND		ND	
Harvesting	Right	13	0.62(1.18)	0.677	0.03(0.06)	0.927	0.70(1.21)	0.686
	Left	13	0.55(0.99)		0.04(0.07)		0.61(1.04)	
	Overall	26	0.58(1.07)		0.04(0.62)		0.65(1.11)	
Binding	Right	8	4.64(11.2)	0.219	0.28(1.04)	0.185	5.19(11.3)	0.186
	Left	8	1.19(0.96)		0.07(0.77)		1.50(0.91)	
	Overall	16	2.35(8.17)		0.06(0.96)		2.79(8.41)	

ND^a: not detected.

p-value^b by t-test between right and left.

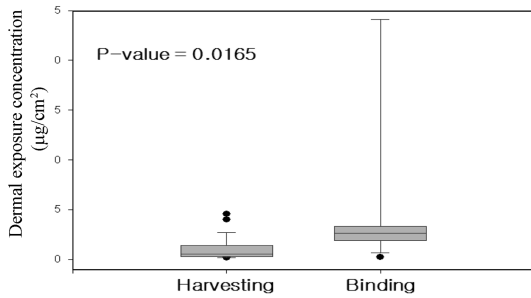


Fig. 2. Difference of geometric mean of wipe nicotine concentration between harvesting and binding work by t-test.

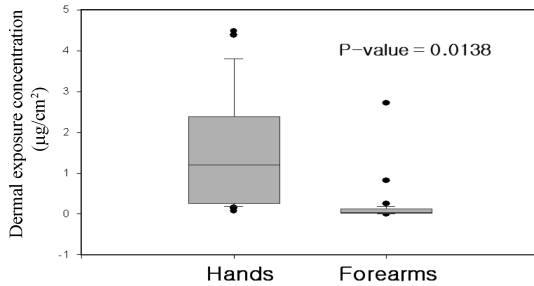


Fig. 3. Difference of geometric mean of wipe nicotine concentration between hands and forearms by paired t-test.

같다. 수확 작업에서는 손 부위에서 $0.58 \mu\text{g}/\text{cm}^2$, 전완 부위에서 $0.04 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 로 손 부위의 잔류농도가 통계적으로 유의하게 높게 나타났다. 묶는 작업에서는 손 부위에서 $2.35 \mu\text{g}/\text{cm}^2$, 전완 부위에서 $0.06 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 로 수확작업과 마찬가지로 손 부위의 잔류농도가 전완 부위에 비해 유의하게 높게 나타났다.

IV. 고 찰

담배 농사를 짓는 농민들의 건강 문제는 이미 1713년 라마찌니가 이탈리아 담배 농민들의 두통과 위장장애 사례를 처음으로 기록하였으며, 직업병으로 보고된 것은 미국에서 1970년이 처음이다.²⁸⁾ 이후 잎담배 농부들에게 나타나는 니코틴 급성중독을 GTS라 부르고 있으며, 발병 원인은 잎담배 수확 과정에서의 피부를 통한 니코틴 흡수로 알려져 있다.³⁾

니코틴이 피부를 통해 흡수되면 일정 시간 후에 코티닌으로 산화되어 땀, 타액, 소변 등으로 배출되게 된다.^{29,30)} 따라서 피부의 니코틴 잔류농도 평가와 타액 및 요중 코티닌 농도는 GTS를 진단하는 데 있어 가장 좋은 지표이다. 특히, 피부의 니코틴 잔류농도 평가는

GTS 연구에서 노출 평가 방법으로 흔히 이용되는 방법이다.

이에 본 연구에서는 아직 국내에서 한 번도 보고되지 않은 잎담배 수확 작업자들의 피부 니코틴 잔류농도가 어느 정도인지를 평가하고, 작업 특성에 따른 차이를 분석하였다.

손과 전완 부위에 잔류된 니코틴 농도를 오른쪽과 왼쪽으로 나누어 분석한 결과를 보면 작업 내용에 따라 다른 결과를 보였다(Table 2). 주로 잎을 따는 오전 작업에서는 오른쪽 부위의 니코틴 농도는 $0.70 \mu\text{g}/\text{cm}^2$, 왼쪽은 $0.61 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 로 별다른 차이가 없어 Curwin 등¹⁹⁾이 보고한 결과와 동일하였다. 오후에 이루어진 잎담배를 묶는 작업에서는 오른쪽 부위($5.19 \mu\text{g}/\text{cm}^2$)가 왼쪽 부위($1.50 \mu\text{g}/\text{cm}^2$)에 비해 높은 농도를 보이고 있으나 통계적인 유의한 차이는 없었다($p=0.186$). 그러나 제한된 시료수($n=8$)를 고려할 때 잎을 묶는 작업에서의 신체 부위별 농도의 차이는 의미가 있을 것으로 사료된다. 이와 같이 잎담배를 묶는 작업에서 오른손과 왼손의 잔류 농도에 차이가 나는 것은 작업 특성과 관련되어 있을 것이다. 잎담배를 수확할 때는 양손을 거의 동일하게 사용하는 반면, 잎을 묶을 때는 (오른손잡이의 경우) 주로 오른손을 이용하여 노끈으로 잎을 묶는 과정을 반복하게 된다. 이 과정에서 잎의 줄기에 상처가 나고, 그 곳을 통해 잎에 함유된 니코틴이 외부로 노출될 가능성이 높아진다. 따라서 이러한 작업 특성이 니코틴 노출의 차이에 영향을 주었을 것으로 추정할 수 있다.

작업 종류에 따른 니코틴 잔류 농도를 비교한 결과(Fig. 2), 이와 같은 작업 특성이 실제 니코틴 노출에 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다. 잎담배 수확작업은 오전과 오후의 작업 내용이 일정 부분 구분되는 특성이 있다. 한낮의 더위를 피하기 위해 잎담배를 따는 작업은 주로 이른 아침부터 시작하여 10시 전후에 마무리되고, 오후에는 그늘진 곳에서 수확된 잎담배를 건조하기 위한 묶는 작업을 진행한다. 주로 오전에 이루어지는 수확 작업의 니코틴 농도는 $0.65 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 이었고, 오후에 이루어지는 묶는 작업은 $2.79 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 로 수확 작업에 비해 잔류 농도가 통계적으로 유의하게 높게 나타났다($p<0.05$). 이는 전자에서 설명한 것처럼 묶는 작업은 작업 과정에서 잎의 줄기에 상처가 나고, 이를 다시 손으로 집어 끈으로 묶기 때문에 피부 흡수 가능성이 더 많을 것으로 사료된다. 특히 노끈으로 묶는 작업은 수확 작업과 달리 손가락을 자주 움직이면서 작업이 이루어지기 때문에 작업성을 높이기 위해 장갑을 착용하지 않는 경우가 있다. 만약 이와 같이 장갑

을 착용하지 않게 되면 피부 흡수량이 더욱 증가할 수 있다. 실제로 묶는 작업을 대상으로 측정된 8개의 시료 중(Table 2) 가장 높은 농도($30.35 \mu\text{g}/\text{cm}^2$)를 보인 1개의 시료는 장갑을 착용하지 않은 채 작업이 이루어진 사례였고, 이러한 결과가 극단적인 값으로서 표준편차에 영향을 주었을 것으로 사료된다. 향후 추가적인 연구를 통해 장갑 착용 유무에 따른 노출 농도 비교가 필요한 부분이다.

한편, 피부 흡수 부위를 손과 전완으로 구분하여 니코틴 농도를 비교한 결과(Fig. 3)를 보면 신체 부위에 따라 많은 차이를 보이고 있었다. 수확 작업 및 묶는 작업 모두에서 손을 통해 흡수된 니코틴 농도가 전완보다 모두 유의하게 높게 나타났다($p < 0.05$). 신체 부위별 니코틴 총량의 비율을 비교해 보면 수확 작업 및 묶는 작업에서 각각 손 부위가 94%와 98%로 대부분을 차지하였고, 전완 부위는 6%와 2%로 매우 낮은 비율을 보였다. 이는 손을 잎을 따거나 묶는 과정에서 잎에 1차적으로 직접 접촉하지만 전완은 수확한 잎을 운반하면서 간접적으로 접촉되기 때문에 전완 부위의 노출 가능성이 적다고 할 수 있다. 또한 작업 중에는 대부분이 긴 소매 옷이나 토시를 착용한 상태에서 작업하기 때문에 1차적인 보호 역할이 가능하여 상대적으로 전완 부위의 노출 농도가 적을 수 있다. 이와 같은 신체 부위별 노출 농도의 특성은 향후 작업자의 보호구 착용에 중요한 정보로 활용될 수 있을 것이다.

잎담배를 수확하는 작업자 손에 잔류된 니코틴 농도는 외국의 연구 결과에 비해 낮은 경향을 보였다. Curwin 등¹⁹⁾이 연구한 결과에서는 작업 위치에 따라 $7.8\text{-}11 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 의 니코틴 농도가 측정되었다. 반면 본 연구에서는 작업 종류에 따라 손 부위에 잔류된 니코틴 농도는 $0.58\text{-}2.35 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 로 선행 연구에 비해 낮게 검출되었다. 담배 수확작업에서 피부의 니코틴 잔류 농도에 영향을 주는 요인은 여러 가지로 추정할 수 있다. 가장 중요한 것은 작업 과정에서의 보호 장구 착용 여부(장갑 및 우의 등)이며, 기타 농사 규모 및 작업 시간, 잎담배의 수분 함량 여부, 작업 과정에서의 잎담배 상처 유무, 그리고 잎담배 품종에 따른 니코틴 함량 등을 들 수 있다. 특히 품종에 따라 니코틴 함량은 1-6%로 많은 차이가 있는 데,¹⁹⁾ 주로 우리나라에서 재배되는 황색종의 니코틴 함량은 잎이 미숙한 시기에는 0.78%, 본엽과 같이 적숙한 상태에는 2.22%, 그리고 과숙한 상태는 3.16%로 다른 품종에 비해 니코틴 함량이 높지 않다.³¹⁾ 따라서 노출 농도에 영향을 미칠 수 있는 이러한 다양한 요인들이 통제되지 않은 조건에서 노출 농도를 비교하는 것은 별다른 의미가 없다.

니코틴의 작업장 내 시간가중평균노출기준(TLV-TWA)은 $0.5 \text{mg}/\text{m}^3$ 이다.³²⁾ 이는 호흡기 노출에 의한 건강장해 예방을 위해 설정된 기준으로 피부흡수를 전혀 고려하지 않은 값이다. 따라서 니코틴의 노출 경로가 대부분 피부를 통해 이루어지는 잎담배 수확작업의 경우는 별도의 연구가 필요한 부분이다. 동물실험에 의한 니코틴의 LD_{50} 은 $50 \text{mg}/\text{kg}(\text{rats})$ 이며, 만약 성인을 기준으로 할 때 40-60 mg 정도면 사망에 이를 수 있는 치명적인 농도로 알려져 있다.³³⁾ 본 연구에서 측정된 결과를 가지고 독성학적인 해석을 하는 데는 많은 한계가 있다. 특히 피부에 묻은 니코틴의 피부 흡수율에 따라 실제 흡수량이 결정되고, 또한 니코틴은 수용성이 강해 피부의 수분 함량에 따라 흡수량이 달라지기 때문이다. wiping 방법을 통해 피부 잔류 농도를 평가할 때 가장 문제되는 것은 피부에 묻어 있는 물질의 제거 효율이다. Geno 등²¹⁾은 농약의 피부노출 평가에서 chlorpyrifos는 104%, pyrethrin은 92%의 높은 제거 효율을 보고하였고, 반면 Fenske 등³⁴⁾은 사과 표면에 묻어 있는 신너의 wiping 평가에서 저평가 가능성을 제기한 바 있다. Brouwer 등²⁶⁾은 문헌 연구를 통해 hand wiping 방법의 유해물질 제거효율을 36-104%로 보고하였다. Curwin 등^{19,20)}의 연구에 의하면 피부에 묻은 니코틴은 깨끗하게 물로 세척하게 되면 96% 정도 제거된다고 하였다. 따라서 이러한 결과를 보면 니코틴의 wiping 평가 시 피부 제거효율은 비교적 높다고 할 수 있으나 저평가의 가능성을 전혀 배제할 수는 없다.

본 연구에서 측정된 묶는 작업의 손 부위 니코틴 잔류 농도는 $2.35 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 이었다. 이 농도는 미국 EPA²⁷⁾에서의 피부 잔류농도 평가기준인 손 부위 체표면적(420cm^2)을 기준으로 하여 1인당 손 부위에서의 총 잔류농도를 계산해보면 2.1 mg에 해당되는 값이다. 만약 일반적인 농약의 피부 흡수량을 계산할 때 적용하는 흡수율 10%를 기준으로²⁶⁾ 한다면 0.21 mg 정도가 작업 중 계속해서 체내로 흡수된다고 할 수 있으며, 만약 흡수율을 50%로 계산하면 1.05 mg의 매우 많은 흡수량이다. 이러한 니코틴 흡수량을 담배 1개비에 포함된 평균 니코틴농도(0.5 mg)를 기준으로 하면 약 2개비의 담배를 작업 시간 내내 계속해서 피우는 것과 비슷한 상황으로 해석할 수 있어 GTS와 같은 건강장해 가능성이 매우 높다고 할 수 있다.

본 연구는 몇 가지 한계점들을 가지고 있다. 특히 시료수가 작업에 따라 8-13개로 매우 적었으며, 측정에 참여한 인원도 16명으로 소수에 불과하다. 잎담배 수확 작업시 투입되는 인원은 통상적으로 농가 당 2명(부부) 정도이며, 작업량이 많을 때는 2-3명 정도 마을

민을 추가로 고용하여 작업하게 된다. 따라서 하루에 측정할 수 있는 시료수가 2-3명 정도로 매우 제한적이어서 시료수를 확보하는 데 많은 한계가 있었다. 또한 장갑과 같은 보호구 착용 여부, 그리고 잎 표면의 이슬 여부 등이 통제되지 않은 가운데 측정이 이루어졌다. 따라서 이러한 작업 변수들에 따른 노출 농도의 차이도 추가적인 연구를 통해 비교 평가되어야 할 부분이다.

비나 이슬에 의해 잎담배가 수분에 젖어 들면 니코틴이 쉽게 용해되어 피부 흡수가 많아진다.^{28,35)} 또한 피부에 묻은 니코틴은 깨끗하게 물로 세척하면 거의 제거된다고 한다. 따라서 가장 중요한 GTS의 예방 방법으로 방수 기능이 있는 보호 장갑을 착용하는 것과 작업장 내에 손을 씻을 수 있는 수세 설비를 갖출 것을 권고하고 있다.³⁶⁾ 이러한 정보들이 공유되고 대부분의 농민들이 인식하지 못하고 있는 GTS에 대한 예방 교육과 함께 보호구 착용이 이루어진다면 상당부분 GTS를 예방할 수 있을 것이다.

V. 결 론

잎담배를 수확하는 농부를 대상으로 니코틴의 피부 잔류량을 평가하였다. 측정 대상이 16명으로 극히 적었고, 장갑 착용 여부와 같은 관련 요인들이 통제되지 않은 상태에서 진행된 제한점이 있기는 하지만 본 연구를 통해 다음과 같은 결과를 확인할 수 있었다.

니코틴은 손과 전완 부위 모두에서 검출되었으나 노출 비율을 보면 손 부위가 96-98%를 차지하여 주된 노출 경로를 확인하였다.

작업 특성별로는 수확 작업(0.65 µg/cm²)보다 묶는 작업(2.79 µg/cm²)에서 높게 나타났고, 묶는 작업의 경우 왼손(1.50 µg/cm²)에 비해 오른손(5.19 µg/cm²)의 농도가 유의하게 높았다. 이는 오른손으로 잎담배를 묶을 때 줄기에 상처가 나면서 니코틴 배출량이 많아지는 것과 관련되어 있을 것으로 추정되어, 수확 작업뿐만 아니라 묶는 작업에서도 반드시 방수 장갑 등의 보호 장구를 착용해야 할 것이다.

이와 같은 결과는 국내 담배 재배 농민들에서의 GTS 작업 관련성 연구와 예방에 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

참고문헌

1. Arcury, T. A., Quandt, S. A. and Preisser, J. S. : Predictors of incidence and prevalence of green tobacco

sickness among Latino farmworkers in North Carolina. *Journal of Epidemiology & Community Health*, **55**(11), 818-824, 2001.

2. Ballard, T., Ehlers, J., Freund, E., Auslander, M. and Brandt, V. : Green tobacco sickness: occupational nicotine poisoning in tobacco workers. *Archives of Environmental Health*, **50**(5), 384-389, 1995.

3. Parikh, J. R., Gokani, V. N., Doctor, P. B., Kulkarni, P. K., Shah, A. R. and Saiyed, H. N. : Acute and chronic health effects due to green tobacco exposure in agricultural workers. *American Journal of Industrial Medicine*, **47**, 494-499, 2005.

4. Boylan, B. B., Brandt, V., Muehlbauer, J., Auslander, M. and Spurlock, C. : Green tobacco sickness in tobacco harvesters-Kentucky. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, **42**, 237-240, 1993.

5. Rao, P., Quandt, S. A. and Arcury, T. A. : Hispanic farmworker interpretations of green tobacco sickness. *The Journal of Rural Health*, **18**(4), 503-511, 2002.

6. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Available from : <http://faostat.fao.org/>. Cited Feb. 13, 2007.

7. Korea Tobacco Growers Cooperative Association (KTGCA). Available from : <http://www.yyc.or.kr/yyc/>. Cited Mar. 21, 2010.

8. Trapé-Cardoso, M., Bracker, A., Grey, M., Kaliszewski, M., Oncken, C., Ohannessian, C., Barrera, L. V. and Gould, B. : Shade tobacco and green tobacco sickness in Connecticut. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, **45**(6), 656-661, 2003.

9. Trapé-Cardoso, M., Bracker, A., Dauser, D., Oncken, C., Barrera, L. V., Gould, B. and Grey, M. R. : Cotinine levels and green tobacco sickness among shade-co sickness. *Journal of Agromedicine*, **1A**(g2), 27-37, 2005.

10. Schmitt, N. M., Schmitt, J., Kouimintzis, D. J. and Kirch, W. : Health risks in tobacco farm workers—a review of the literature. *Journal of Public Health*, published on line, 1 June 2007.

11. Lee, K. and Lim, H.-S. : Prevalence and risk factors of Green Tobacco Sickness among Korean tobacco harvesters, 2003. *Korean Journal of Epidemiology*, **27**(1), 129-139, 2005.

12. Zorin, S., Kuylenstierna, F. and Thulin, H. : In vitro test of nicotine's permeability through human skin. Risk evaluation and safety aspects. *The Annals of Occupational Hygiene*, **43**, 405-413, 1999.

13. Ghosh, S. K., Gokani, V. N., Doctor, P. B. and Parikh, J. R. : Intervention studies against “green symptoms” among Indian tobacco harvesters. *Archives of Environmental Health*, **46**(5), 316-317, 1991.

14. Misumi, J., Koyama, W. and Miura J. : 2 cases of green tobacco disease among tobacco harvesters and percutaneous nicotine absorption in rats. *Sangyo Igaku*, **25**(1), 3-9, 1983.

15. Onuki, M., Yokoyama, K., Kimura, K., Sato, H., Nordin, R. B. and Naing, L. : Assessment of urinary cotinine as a marker of nicotine absorption from tobacco

- leaves: a study on tobacco farmers in Malaysia. *Journal of Occupational Health*, **45**(3), 140-145, 2003.
16. Lee, K. and Lim, H.-S. : Green Tobacco Sickness on tobacco harvesters in Korean village. *Korean Journal of Epidemiology*, **24**(1), 29-36, 2002.
 17. Marquart, H., Brouwer, D. H. and van Hemmen, J. J. : Removing pesticides from hands with a simple washing procedure using soap and water. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, **44**, 1075-1082, 2002.
 18. Centers for Disease Control and Prevention (CDC) : Green tobacco sickness in tobacco harvesters-Kentucky, 1992. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, **42**, 237-240, 1993.
 19. Curwin, B. D., Hein, M. J., Sanderson, W. T., Nishioka, M. G. and Buhler, W. : Nicotine exposure and decontamination on tobacco harvesters' hands. *The Annals of Occupational Hygiene*, **49**(5), 407-413, 2005.
 20. Curwin, B. D., Hein, M. J., Sanderson, W. T., Nishioka, M. and Buhler, W. : Acephate exposure and decontamination on tobacco harvesters' hands. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, **13**(3), 203-210, 2003.
 21. Geno, P. W., Camann, D. E. and Harding, H. J. : Handwipe sampling and analysis procedure for the measurement of dermal contact with pesticides. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, **30**, 132-138, 1996.
 22. Lee, K., Lim, H.-S., Kim, H. and Nam, S.-H. : Urinary cotinine concentrations of cases with green tobacco sickness. *Korean Journal Occupational and Environmental Medicine*, **16**(4), 413-421, 2004.
 23. Park, S.-J., Kim, J.-S., Kim, J.-S., Lee, K. and Lim, H.-S. : Airborne nicotine concentrations in harvesting and the processing of tobacco leaves. *Journal of Korean Society Occupational and Environmental Hygiene*, **20**(1), 47-52, 2010.
 24. Kim, H. C., Paik, N. W., Lee, K. S., Kim, K. R. and Kim, W. : A comparison of nicotine diffusive sampler and XAD-4 tube for determination of nicotine in ETS. *Journal of Environmental Health Sciences*, **32**(5), 485-491, 2006.
 25. Arcury, T. A., Quandt, S. A. and Preisser, J. S. : High levels of transdermal nicotine exposure produce green tobacco sickness in Latino farm workers. *Nicotine & Tobacco Research*, **5**, 315-321, 2003.
 26. Brouwer, D. H., Boeniger, M. F. and Hemmen, J. V. : Hand wash and manual skin wipes. *Annals of Occupational Hygiene*, **44**, 501-510, 2000.
 27. Environmental Protection Agency (EPA) : Exposure factors handbook, Volume 1: General factors. EPA/600/P-95/002Fa Washington, DC: Office of Research and Development, National Center for Environmental Assessment, U.S. Environmental Protection Agency, 1997.
 28. Weizenecker, R. and Deal, W. B. : Tobacco cropper's sickness. *Journal of the Florida Medical Association*, **57**, 13-14, 1970.
 29. Benowitz, N. L., Lake, T., Keller, K. H. and Lee, B. L. : Prolonged absorption with development of tolerance to toxic effects after cutaneous exposure to nicotine. *Clinical Pharmacology & Therapeutics*, **42**(1), 119-120, 1987.
 30. Arcury, T. A., Quandt, S. A., Preisser, J. S., Bernert, J. T., Norton, D. and Wang, J. : High levels of transdermal nicotine exposure produce green tobacco sickness in Latino farmworkers. *Nicotine & Tobacco Research*, **5**(3), 315-321, 2003b.
 31. Korea Tomorrow and Global (KT&G) : Standard planting method of green tobacco, Korea Tomorrow and Global, Seoul, 67-68, 2006.
 32. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) : Documentation of the threshold limit values and biological exposure indices, ACGIH, 2008.
 33. Ellenhorn, M. J., Schonwald, S., Ordog, G. and Wasserberger, J. : Natural toxins. In; Ellenhorn MJ (eds.) *Ellenhorn's Medical Toxicology: Diagnosis and Treatment of Human Poisoning*, 2nd ed. Baltimore: Williams and Wilkins; 1997.
 34. Fenske, R. A., Simcox, N. J. and Camp, J. E. : Comparison of three methods for assessment of hand exposure to azinphosmethyl(guthion) during apple thinning. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, **14**, 618-623, 1999.
 35. Arcury, T. A., Quandt, S. A., Garcia, D. I., Preisser, J. S. Jr, Norton, D. and Rah, P. : A clinic-based, case-control comparison of green tobacco sickness among minority farmworkers: clues for prevention. *Southern Medical Journal*, **95**(9), 1008-1011, 2002.
 36. Occupational Safety and Health Administration (OSHA) : Field Sanitation Standard. 29 CFR Part 1928.110. Washington, DC: Occupational Safety and Health Administration, U.S. Department of Labor, 1987.