Original article KOREAN JOURNAL OF APPLIED ENTOMOLOGY

한국응용곤충학회지
Korean J. Appl. Entomol. 53(4): 409-413 (2014)
DOI: http://dx.doi.org/10.5656/KSAE.2014.10.0.023

ⓒ The Korean Society of Applied Entomology
pISSN 1225-0171, eISSN 2287-545X

잎담배 훈연을 이용한 온실 내 진딧물 방제기술

박종호* · 홍성준 · 한은정 · 심창기 · 김민정 · 이민호 · 김용기
농촌진흥청 국립농업과학원

Effect of Tobacco Smoke on Controlling Aphids in Greenhouse

Jong-Ho Park*, Sung-Jun Hong, Eun-Jung Han, Chang-Ki Shim, Min-Jeong Kim Min-Ho Lee and Yong-Ki Kim
National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Wanju 565-851, Korea

ABSTRACT: This study was conducted to observe the effects of dried tobacco leaf smoke on controlling aphids in a laboratory and a greenhouse. Insecticidal activity of tobacco smoke against *Aulacorthum solani* in an acrylic cage was higher when a burley cultivar, rather a flue-cured cultivar, was used. Mortality of *A. solani*, *Aphis gossypii*, and *Myzus persicae* was 63.9%, 94.4%, and 97.2%, respectively, after 50mg of tobacco smoke on their host plants in an acrylic cage. Mortality of *M. persicae* after tobacco smoke was used was higher in eggplant than in Chinese cabbage. When 100 g and 200 g of flue-cured tobacco were smoked in a 100 m^2 greenhouse for 2 h, the control values against *A. solani* were 28.9% and 95.4%, respectively; the control value after 14 h of smoking was more than twice the value after 2 h of smoking. The control value against *A. gossypii* was more than 80% after tobacco smoke was used in a greenhouse in an organic cucumber farm. Tobacco smoke can be an effective control against aphid pests in greenhouses if an appropriate amount of tobacco and smoking time on the basis of the greenhouse conditions are used.

Key words: Tobacco smoking, Aphid, Pest control

초 록: 담배훈연을 이용한 진딧물의 살충효과를 검정하기 위해 건조 담뱃잎을 이용하여 실험실과 온실에서 훈연시험을 실시하였다. 아크릴케이지에서 담배를 훈연하였을 때 담배품종은 버어리종이 황색종보다 싸리수염진딧물에 대한 살충력이 높게 나타났다. 세 종의 진딧물 복숭아혹진딧물, 목화진딧물, 싸리수염진딧물을 각각 기주를 이용하여 아크릴케이지에서 50 mg의 담뱃잎으로 훈연시험을 실시한 결과 살충율은 싸리수염진딧물(97.2%)>목화진딧물(94.4%)>복숭아혹진딧물(63.9%) 순으로 나타났다. 복숭아혹진딧물은 기주를 가지로 했을 때 훈연에 의한 살충율이 배추를 기주로 했을 때보다 높게 나타났다. 100 m^2 규모의 온실에 황색종의 담뱃잎을 2시간 훈연 시 200 g을 이용하였을 때 싸리수염진딧물에 대해 95.4%의 방제가를 보여주었으나 100 g을 이용하였을 때는 28.9%의 방제가를 보여주었다. 100 g의 담뱃잎은 14시간 훈연하였을 때는 2시간 훈연보다 살충효과가 2배 이상 높아졌다. 오이재배 농가 온실에서 담배훈연을 하였을 때 처리 후 목화진딧물의 방제효과는 80% 이상이었다. 온실 환경에 따라 적절한 양과 시간을 선택해 사용한다면 담배훈연은 온실 내 발생하는 진딧물에 대한 효과적인 방제방법으로 사용할 수 있을 것이다.

검색어: 담배훈연, 진딧물, 해충방제

자연계에는 해충에 살충효과가 있는 여러 식물이 존재하며, 이러한 식물을 이용한 해충방제 연구가 여러 작물에 발생하는 해충을 대상으로 진행되었다(Isman, 2006). 이중 담배는 다양한 곤충에 살충효과를 보여주는데 담배내에는 곤충의 신경계에 독성을 끼치는 니코틴이라는 강력한 살충성분을 가지고 있어 오래전부터 살충제로 사용되어 왔다. 담뱃잎의 중요한 화학성분은 알칼로이드, 전질소, 당이며 담배 내 다양한 알칼로이드 중 nicotine이 95% 정도를 차지한다(Jeffrey and Tso, 1955). 담배에서 니코틴은 1828년에 최초로 W. Posselt와 L. Reimann에 의해 순수 추출되었다고 보고되었다(Schmeltz, 1971).

담배는 구성성분이 밝혀지기 훨씬 전부터 살충제로 사용되었는데, 1690년대 유럽에서 담배추출물을 이용해 살충제로 사용하기 시작하였다. 1934년에는 복숭아나무에 피해를 끼치는 바구미를 방제하기 위해 담배추출물을 이용한 사례가 있으며 이후 농업분야에서 여러 종류의 해충을 방제하기 위해 담배를

***Corresponding author:** jhpark75@korea.kr
Received April 11 2014; **Revised** October 13 2014
Accepted November 6 2014

The Korean Society of Applied Entomology (KSAE) retains the exclusive copyright to reproduce and distribute for all KSAE publications.
The journal follows an open access policy.

활용한 다양한 기록이 있다(Schmeltz, 1971). 살충효과를 가지고 있는 니코틴은 담배를 태울 때 분해되지 않고 그대로 연기로 방출되어 살충력을 발휘하기 때문에 훈연으로 해충방제를 하기도 하는데, 담배훈연을 이용한 해충 방제는 실질적으로 1770년대 프랑스에서 활용되기 시작하였다(Schmeltz, 1971). 이후 화학농약의 개발로 그 사용이 현저히 감소하였으나 현재에도 화학농약을 사용하지 않는 농가에서는 여전히 담뱃잎을 해충방제를 위해 활용한다. 우리나라에서도 온실재배 작물에 발생하는 진딧물을 방제하기 위해 농민들이 담배훈연을 사용하기도 한다. 하지만 국내 온실환경에서 해충 방제를 위한 담배 훈연방법과 그 효과에 대한 연구자료는 매우 미미한 실정이다.

본 연구에서는 진딧물에 대한 잎담배 훈연의 살충효과를 잎담배 품종 및 진딧물 종류별로 실내에서 검정하고 아울러 하우스 온실에서 진딧물에 대한 방제효과를 검토하였다.

재료 및 방법

훈연재료

실내시험과 소규모 온실시험에 훈연재료로 사용한 담뱃잎은 국내에서 재배된 수확물로 담배제품 가공을 위해 건조과정을 끝낸 잎을 사용하였다. 담배 품종은 국내에 재배되고 있는 황색종(Flue-cured)과 버어리종(Burley)이었다. 실내 실험에서는 건조 잎을 믹서기로 분말을 만들어 이용하였고 온실에서는 건조잎 그대로 사용하였다.

농가시험을 위해 이용된 담뱃잎은 담배재배지에서 상품가치가 없는 파지를 모아 반건조 상태로 약 2년간 보관된 재료를 사용하였다.

시험곤충

싸리수염진딧물(*Aulacorthum solani* Kaltenbach)은 아산시 영인면 토마토 재배온실에서 채집하여 국립농업과학원 유기농업과에서 일반 토마토를 기주로 누대사육하였다. 목화진딧물(*Aphis gossypii* Glover)과 복숭아혹진딧물(*Myzus persicae* Sulzer)은 국립원예특작과학원에서 분양받아 국립농업과학원에서 각각 오이와 배추를 기주로 누대사육하였다. 3종의 진딧물은 기주 유묘가 들어있는 아크릴 곤충 사육케이지(L40 × W40 × H50 cm)에서 사육되었으며, 명16시간 : 암8시간, 25±1℃, 상대습도 60±10%의 조건에서 사육이 이루어졌다. 훈연 시험에는 무시충 성충을 새로운 기주에 접종한 후 사용하였다.

실내검정

진딧물에 대한 담뱃잎의 훈연효과 검정을 위한 실내시험에서는 아크릴 사육케이지(L50 × W50 × H60 cm)를 사용하였으며 각 진딧물 사육에 사용하였던 동일한 식물 유묘포트에 진딧물 무시충 성충을 접종한 뒤 훈연시험을 실시하였다. 훈연을 위해 사용된 담배 건조 잎 분말은 10, 20, 50, 250 mg으로 준비하고 시중에 판매되는 담배제품의 궐련지에 싸서 사무용 더블클립으로 한쪽 끝을 고정하고 불을 붙인 후 바로 케이지를 닫은 채로 연소시켰다. 케이지는 담배연기가 빠져나가지 못하도록 연소 즉시 테이프로 밀봉하였다. 무처리는 담배의 궐련지만 연소시켰다. 훈연효과는 24시간 후 진딧물 성충의 생존수로 확인하였다. 훈연 후 시험곤충은 몸의 균형을 찾을 수 있거나 이동이 가능한 것을 생존한 것으로 판단하였으며 포트 밖으로 떨어진 진딧물은 계수에서 제외하였다. 본 훈연 시험은 22～24℃로 유지되는 실험실에서 진행하였고 모든 실내검정은 3～4회 반복으로 실시하였다.

온실시험

온실 내 훈연시험은 수원시 권선구 서둔동에 위치한 국립농업과학원 농업생물부 내 100 m^2 규모의 비닐온실에서 이루어졌다. 약 50 cm 초장의 일반토마토(품종: 슈퍼도태랑) 유묘가 심어진 포트에 싸리수염진딧물 무시충 성충을 포트 당 20마리씩 접종하고 온실 내에서 24시간 동안 적응기간을 둔 후 시험을 실시하였다. 실험은 1개 포트를 1반복으로 처리 당 4반복으로 실시하였다. 담배훈연을 위해 사방으로 구멍을 뚫은 약 2 L 용량의 양철깡통을 3개 준비하고 잘게 부순 번개탄에 불을 붙여 깡통에 넣은 후, 총 100～200 g의 건조된 담뱃잎을 깡통에 나누어 담았다. 측창과 문을 닫고 저녁부터 시작하여 2시간 후와 14시간 후에 환기시켰다. 같은 규모의 근접 온실에서 처리와 동일하게 작물과 진딧물을 준비하고 훈연을 하지 않은 시험구를 대조구로 사용하였다.

농가 실증시험

농가시험은 충북 청원군 내수읍에 있는 오이재배 비닐온실에서 목화진딧물이 다수 발생한 포장에서 수행하였다. 훈연처리를 하기 전 1.5 m 정도 높이의 오이 잎에 있는 목화진딧물 수를 세고 진딧물이 발생한 온실 중 하나(3300 m^2 규모)를 저녁 6시경 측창과 문을 닫은 후 11.7 kg의 반 건조잎담배(완전건조 후 8.8 kg 질량)를 12개의 깡통에 나누어 담고 불을 붙인 후 다

음날 아침까지 훈연을 하였다. 다음날 오전 8시에 측창을 열어 환기한 후 훈연효과를 측정하였다. 담배훈연 전 조사된 동일한 오이 잎에 생존한 진딧물 수를 세어 담배훈연에 의한 방제효과를 조사하였다. 담배훈연을 하지않은 근접 하우스의 진딧물을 조사하여 대조구로 사용하였다.

통계분석

담배훈연에 의한 살충율은 무처리구에 대한 보정살충율로 환산하였고(Abbott, 1925), 시험결과는 일원분산분석으로 통계 유의성을 검정하였다. 처리수가 3개 이상인 시험에서는 평균 간의 유의차를 Duncan's multiple range test로 비교하고 2개 처리에서는 Student's t-tests로 처리간 평균값을 비교하였으며, $P<0.05$의 유의 수준으로 검정하였다. 모든 통계분석은 SAS 9.2 (SAS Institute, 2011)를 이용하였다.

결과 및 고찰

실내시험

150 L (50 × 50 × 60 cm) 용량의 케이지에서 20 mg 분말의 잎담배 분말을 훈연처리하였을 때 싸리수염진딧물에 대해 버어리종이 황색종보다 높은 살충효과를 보여주었다(Table 1). 우리나라에서 재배되는 주요 품종은 황색종과 버어리종인데, 버어리종은 황색종에 비해 2.1배 정도의 니코틴 함량을 보여준다(Jang *et al*., 1991, Shin *et al*., 2009). 본 시험에서 버어리종이 살충력이 높았던 것도 이 때문으로 추측된다. 같은 담배 품종이라 하더라도 하엽에서 상엽으로 갈수록 니코틴 함유량이 많아지며 줄기와 비교하면 잎 끝 부분은 5배가량 많으므로 담뱃잎으로 훈연할 때 참고하여야 할 것이다(Jang *et al*., 1991). 담배훈증 시 훈연량이 증가할수록 살충력도 높아진다. 케이지 내에서 10 mg의 황색종 잎담배 분말을 훈연처리하였을 때 싸리수염진딧물 성충의 살충율은 무처리 대비 22.4%였으나, 50 mg 처리 시 77.6%였고 250 mg 처리에서는 생존한 진딧물을 전혀 발견할 수 없었다(Table 2).

한 케이지 내에서 50 mg의 건조 담뱃잎을 연소시켜 복숭아혹진딧물, 목화진딧물, 싸리수염진딧물에 대한 담배훈연효과를 살펴보았는데, 한 케이지 내에서 50 mg의 담뱃잎을 훈연처리할 때 모든 진딧물에 높은 살충효과를 보여주었다(Table 3). 단 복숭아혹진딧물의 경우 다른 두 종의 진딧물보다 살충율이 낮게 나타났는데, 이것은 복숭아혹진딧물이 버어리종과 황색종 두 종의 담배재배포장에서 모두 발생하는 해충으로(Chae *et al*., 1997) 담배를 기주로 하는 진딧물의 생리적 특성일 수도 있다. 일반적으로 진딧물마다 담배연기에 대한 감수성이 다른데, *Therioaphis maculate*의 경우 1 L 공간에 1 ug이 치사량인 반면, 복숭아혹진딧물은 6.5 ug/L에서 완두수염진딧물(*Acyrthosiphon pisum*)은 12.5 ug에서 각각 100%의 치사율을 보여주었다 (Richardson and Busbey, 1937: Smith and Goodhue, 1943). 또한, 같은 진딧물이라도 그 령기에 따라 감수성이 다른데, *T. maculate*의 경우 성충은 일정농도의 담배훈연 처리 3시간 후 잎에서 떨어져 죽은 반면 같은 담배훈연 농도에서 약충은 30분 처리에서도 죽는다고 보고되었다(Kircher and Lieberman, 1967). 그러나 복숭아혹진딧물의 높은 생존율은 시험 당시 각 기주로 사용한 식물의 차이에서 오는 영향도 배제할 수 없었다. 따라서

Table 1. Insecticidal effect of smoke obtained using two tobacco cultivars against *Aulacorthum solani*

Cultivar	No. of living aphids after treatment	
	Adults	Nymphs
Flue-cured	6.0±3.3 a	2.8±1.8 a'
Burley	1.7±3.6 b	0.8±2.0 a'

*Twenty adults of *A. solani* were placed on a tomato plant. The plant was placed in a cage (50 × 50 × 60 cm) and smoked with 20 mg of tobacco. Mean values followed by the same letter within a column are not significantly different on the basis of the t-test ($p < 0.05$).

Table 2. Insecticidal effect of tobacco smoke against *Aulacorthum solani* when different amounts of tobacco were used

Treated tobacco (mg)	No. of living aphids after treatment	
	Adults	Nymphs
250	0.0±0.0 d	0.0±0.0 b'
50	3.8±2.2 c	0.5±1.0 b'
10	13.0±2.2 b	2.0±1.4 b'
Untreated check	16.8±2.2 a	14.0±6.7 a'

*Twenty adults of *A. solani* were placed on a tomato plant. The plant was placed in a cage (50 × 50 × 60 cm) and smoked with tobacco. Mean values followed by the same letter within a column are not significantly different on the basis of DMRT ($p < 0.05$).

Table 3. Insecticidal effect of tobacco smoke against three aphids

Aphid	Host plant	Mortality (%)
Aulacorthum solani	Tomato	97.2 a
Aphis gossypii	Cucumber	94.4 a
Myzus persicae	Chinese cabbage	63.9 b

*Twenty adults of aphid were placed on their host plants. The plant was placed in a cage (50 × 50 × 60 cm) and smoked with 50 mg of tobacco. Mean values followed by the same letter within a column are not significantly different on the basis of DMRT ($p < 0.05$).

Table 4. Insecticidal effect of tobacco smoke against *Myzus persicae* on eggplant and Chinese cabbage

Treatment	Eggplant		Chinese cabbage	
	No. of living aphids after treatment			
	Adults	Nymphs	Adults	Nymphs
Tobacco smoking	4.0±2.0 b	1.0±1.7 b	10.3±3.5 b	13.7±6.4 b
Untreated check	18.2±2.6 a	11.8±6.6 a	14.2±2.2 a	46.8±18.5 a

*Twenty adults of *M. persicae* were placed on eggplant and chinese cabbage per plant. The plants were placed in a cage (50 × 50 × 60 cm) and smoked with 50 mg of 'Flue-curled' tobacco. Mean values followed by the same letter within a column are not significantly different on the basis of the t-test ($p < 0.05$).

동일한 복숭아혹진딧물 콜로니를 나누어 배추와 가지로 각각 누대사육한 뒤 각 해당 기주로 동일한 시험을 진행하였다. 이때 배추를 기주로 한 복숭아혹진딧물의 생존율과 산자율이 가지보다 훨씬 높게 나타났다(Table 4). 이는 배추라는 작물의 특성상 잎 사이 좁은 틈에서 있을 경우 담배연기가 미치지 못해 생존율이 더 높아진 이유일 수도 있으며 작물에 따른 상대습도의 차이도 작용한 것으로 생각된다. 담배연기의 살충력에는 습도가 큰 영향을 끼치는데, 상대습도가 낮을수록 진딧물에 대한 담배훈연의 살충력이 더 높아진다는 연구가 보고된 바 있다 (Richardson and Busbey, 1937).

온실시험

100 m^2의 소규모 온실에서 토마토를 기주로 하는 싸리수염진딧물을 대상으로 담배 훈연효과를 비교하였을 때 200 g의 담뱃잎 사용으로 싸리수염진딧물에 대하여 95%이상의 살충 효과를 확인할 수 있었다(Table 5). 황색종은 시험온실에서 100 g을 훈증했을 때 두 시간 훈증한 처리에서 진딧물의 살충율이 28.9%로 14시간을 훈연했을 때의 살충율인 84.7%와 많은 차이를 보여주었다(Table 5). 담배훈연은 이용하는 담뱃잎의 양과 훈연시간에 따라 살충효과가 차이가 날 뿐만 아니라 훈연시간에 따라서도 방제효과가 차이가 크게 나기 때문에 진딧물을 방제할 때 온실조건에 따라 그 양과 시간을 조절하는 것이 중요하다 할 것이다.

시험 온실의 전체부피는 250 m^3정도로 100 g의 담뱃잎을 훈연하였을 때 0.4 mg/L의 처리량으로 케이지시험(Table 3)의 0.3 mg/L보다 많았으나 살충율은 조금 떨어진 것을 알 수 있었다. 이것은 온실의 경우 전체 훈연시간이 짧은 것이 하나의 원인일 수 있으나 담뱃잎의 연소시간이 길고 온실밖으로의 담배

Table 5. Effect of the amount of tobacco and smoke time on insecticidal activity against *Aulacorthum solani* in a greenhouse

Amount of tobacco (g)	Mortality (%)	
	Smoking time (hours)	
	2	14
100	28.9 b	84.7 a
200	95.4 a	-

*Twenty adults of *A. solani* were placed on a tomato plant and the plants were placed in a green house (100 m^2). The green house was smoked with 'Flue-curled' tobacco for two hours. Means followed by the same letter on a table are not significantly different on the basis of DMRT ($p < 0.05$).

Table 6. Insecticidal effect of tobacco smoke against *Aphis gossypii* in a cucumber greenhouse

Time of investigation	Smoking		Untreated check
	No. adults/leaf	No. nymphs/leaf	No. adults/leaf
Pre-treatment	10.9±2.2 a	60.2±18.9 a	11.9±3.7 a
Post-treatment	1.6±1.4 b	7.2±3.5 b	11.3±3.5 a

*11.7 kg of half dried tobacco was smoked in a green house (3300 m^2) from 18:00 on 19th Nov. to 8:00 20th Nov. Mean values followed by the same letter within a column are not significantly different on the basis of the t-test ($p < 0.05$).

연기 노출을 완전히 막을 수 없는 점 또한 중요한 요인으로 추측된다.

농가 실증시험

실제 규모가 온실에서 진딧물에 대한 담배훈연의 효과를 확인하기 위해 농가 포장에서 담배훈연시험을 실시하였다. 담배훈연의 처리량은 앞에 설명한 것과 같이 공간이 커질수록 효과가 떨어지는 요인이 있어 케이지 시험에 비해 공간대비 두 배 정도 많은 담뱃잎을 사용하였다. 목화진딧물의 발생이 높은 오이 재배 온실에서 훈연처리를 하고 다음날 생존한 진딧물을 조사한 결과 담배훈연은 진딧물에 대해 80%이상의 높은 살충효과가 있음을 확인하였다(Table 6). 훈연을 실시했던 온실규모가 크기 때문에 담배연기를 일시에 환기시킬 수 없어 일정시간 훈연처리에 의한 이후 영향을 알아보기 위해서는 훈연처리 후 조사한 잎을 온실에서 실험실로 가져와야 했다. 조사잎의 생존한 진딧물을 오이유묘로 옮겨주고 24시간 후 확인했을 때 무처리 온실에서 가져온 진딧물 15마리 중 13마리가 살아남았으나 훈연처리를 한 온실에서 가져온 진딧물은 12마리 중 9마리가 죽었다(자료 미제시). 이를 미루어 볼 때 훈연처리의 방제효과

는 80% 보다 훨씬 높을 것으로 판단된다.

하지만 땅에 닿을 정도의 낮은 위치에 있는 오이 잎에 발생한 진딧물은 훈연 후에도 상당수 남아 있었으며 채집해온 후 실험실에서 24시간 경과한 진딧물 15마리 중 11마리가 살아남아 위치에 따라 훈연효과가 떨어질 수 있음을 알 수 있었다. 이는 복숭아혹진딧물이 가지보다 배추에서 생존율이 높았던 것과 같이 원인이라 추측된다. 바닥표면과 오이잎으로 덮힌 공간에 있던 진딧물은 배추의 잎사이 틈에 존재하여 담배연기에 노출이 적었을 가능이 높은 복숭아혹진딧물과 동일한 조건이 아니였으까 생각된다. 이를 미루어 볼 때 온실에서 훈연을 실시할 때 아래 잎을 미리 제거하는 것이 진딧물방제에 효과적일 것으로 판단된다.

본 시험에서 담배훈연은 다양한 진딧물에 매우 높은 살충효과를 확인할 수 있었다. 훈연시 온실 조건에 따라 적절한 담뱃잎 양과 시간을 선택해 사용한다면 온실에 발생하는 진딧물에 대한 뛰어난 방제방법으로 활용될 수 있을 것이다. 다만 본 연구 중 실내와 온실시험 모두 해당농도에서 담배훈연에 의한 작물의 약해 증상은 없었으나 일부 농가에서 담배훈연에 따른 약해 증상이 나타나는 사례가 있어 훈연시 지나친 담배량을 사용하거나 훈연시간을 길게 하지 않도록 주의하여야 할 것이다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ008401)의 지원에 의해 이루어진 것임.

Literature Cited

Abbott, W., 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. econ. Entomol 18, 265-267.

Chae, S.Y., Kim, Y.H., Kim, S.S., Chang, Y.D., 1997. Karyotype and insecticide resistance of the green peach aphids (*Myzus persicae* sulzer) collected from tobacco fields. J. Kor. Soc. Tob. Sci. 19, 107-116.

Isman, M.B., 2006. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. Annu. Rev. Entomol. 51,45-66.

Jang, G.C., Han, S.B., Kim, Y.O., Lee, U.C., 1991. Studies on the analysis of tobacco leaf alkaloids. J. Kor. Soc. Tob. Sci. 13, 20-26.

Jeffrey, R., Tso., T., 1955. Tobacco constituents, qualitative differences in alkaloid fraction of cured tobaccos. J. Agri. F. Chem. 3, 680-682.

Kircher, H.W., Lieberman. F.V., 1967. Toxicity of tobacco smoke to the spotted alfalfa aphid *Therioaphis maculata* (buckton). Nature 215, 97-98.

Richardson, H.H., Busbey., R., 1937. Laboratory apparatus for fumigation with low concentrations of nicotine with studies on aphids. J. Econ. Entomol. 30, 576-582.

SAS Institute, 2011. User's guide, ver. 9.2. SAS Institute, Cary, N.C., U.S.A.

Schmeltz, I., 1971. Nicotine and other tobacco alkaloids. Naturally occurring insecticides. Marcel Dekker. New York. 99-136.

Shin, H.J., Park, C.H., Sohn, H.O., Lee, H.S., Ki, Y.H., Hyun, H.C., 2009. Effect of nitrogen compounds on the chemical composition and biological activity of mainstream smoke. J. Kor. Soc. Tob. Sci. 31, 75-84.

Smith, F.F., Goodhue., L., 1943. Toxicity of nicotine aerosols to the green peach aphid, under greenhouse conditions. J. Econ. Entomol. 36, 911-914.