

흡연 궐련중의 니코틴이행에 관하여

김 찬 호

한국인삼연구소 연구수 분석연구소장

On the Mass Transfer of Nicotine in Smoking Cigarette

Chan-Ho Kim

Lab. of Analysis,

Korea Ginseng and Tobacco Research Institute, Seoul, Korea

(Received Aug. 28, 1981)

Abstract

Transfer of nicotine into the main stream of smoke in Korean commercial cigarettes was investigated. The mass transfer of nicotine into the main stream of smoke and accumulation of nicotine in cigarette filler got higher as the puffing number increased. Only about 11% of nicotine in a cigarette was puffed into mouth end, and the rest of the nicotine went to side stream of smoke or converted to other volatile bases.

서 론

궐련의 연소과정을 연구대상으로 하는 분야는 궐련담배의 성분해(1, 2)와 물리화학(2, 3, 8), 그리고 물질의 이행과제라고 할 수 있다. 이들의 관계는 서로 떨어져 있지 아니하며 오히려 서로 유기적으로 깊은 관련성을 가지며 다만 연구자들의 관측과 점에 차이가 있을 뿐이다.

담배중 니코틴 함가지 성분해 관해자료 성분해(9)를 연구하거나 흡연과정중의 물리화학, 특히 화학효과(6)를 연구한 보고도 있지만, 이들은 열화학 또는 유체의 역동이라든가 지형과학적 한 분야에 니코틴이라는 물질을 도입하여서 이론적 취급을 한 것이며 니코틴의 성분해에서 흡연에 이르는 몇몇의 과정을 명백하게 한 것은 흔하지 않다. 특히 궐련의 다량의 직인 특성이 개배지역에 따라 다르고 임배침(blending)조건에 따라 달라져 흡연할 때 니코틴의 주류인으로서의 이행양상이 궐련 제조위에 따라 서로 같지 않을 것이 짐작된다.

이 연구에서는 한가지의 궐련이 흡연으로 인해 연소가 될 때, 이 중에 들어있는 니코틴이 주류인으로서 이행하여 흡연 지점에 도달하는 과정을 관찰 하고자 한다.

재료 및 방법

1. 재 료

시료는 궐련 길이 60mm, 필터길이 24mm, 권수 25mm, 직경 0.9mm의 시판담배(blended cigarette)를 온도 20°C, 상대습도 60~65%의 조화실에서 48시간 조화하고, 궐련 A, B, C는 다른 제품 담배로서 흡연 저항 I20 = 5 mm H₂O, 평균중량 1.1 ± 0.02g의 것을 선별하여서 사용하였다.

흡연장치는 automatic smoking machine (philip-Morris)을 사용하였으며 흡연조건은 흡연부피 35 ± 0.3ml, 흡연시간 2 ± 0.2초, 흡연속기 60초로 조정하였다. 니코틴을 정량분석할 때 사용한 흡수분광도계

(spectrophotometer)를 Carry 17D를 사용하였다. 니코틴 분석조작에 필요한 니코틴 표준시액은 nicotine (BDH, laboratory reagent) 표준을 사용하였으며 다른 시약들은 일반화학 실험실에서 사용이 되는 1급 시약을 사용하였다.

2. 방 법

같은 조건에 있는 권련지로 10개를 흡연장치에 넣고 흡연회수를 1회 흡연시킨 다음 직경 2mm의 물방울을 연소점에 떨어뜨려서 연소를 중지시킨다.

1회 흡연하여 연기를 흡입한 10권의 Cambridge filter를 함께 모아진 연기중의 니코틴량을 분석하고, 작으로 사용하였다. 이 작 연소되지 않은 권련을 연소부분의 길이를 권련지 연소선(paper burn line)을 기준으로 측정하고 이 기준에서 5mm씩 절단하여 같은 조건에 있는 50개의 권련중의 니코틴을 분석하는 작으로서 사용하였다.

다시 권련지로 10개를 2회 흡연시킨 다음 위와 같이 연기와 권련중의 니코틴 분석작을 만들었다. 이 몇회 흡연회수를 1회에서 7회까지 한 다음 같은 방법으로 분석작으로 작을 만들었다.

권련중의 니코틴 분석(7)은 작의 무게를 달고 증류수 0.1ml에 넣어서 수증기 증류법에 의하여 유출액을 흡수분광도가파장 236, 259, 282nm에서 흡광도를 측정하고 다음식으로 니코틴을 계산하였다.

$$\text{니코틴}(\%) = \frac{D'_{259} \cdot 200 \cdot 100}{34.3 \cdot \frac{D_{236} + D_{282}}{2} \cdot 1000} \cdot \frac{100}{\text{시료부체}(g)} \times 100$$

D'_{259} : 보정값 259nm의 흡광도.

$$1.059 \cdot D_{259} - \frac{1}{2} (D_{236} + D_{282})$$

D_{259} : 259nm의 흡수 흡광도

D_{236} : 236nm의 흡수 흡광도

D_{282} : 282nm의 흡수 흡광도

연기중의 니코틴(5)은 연기를 포집한 Cambridge filter 2개를 매티용을 넣은 250ml 흡입콜리스크에 넣고 24시간 놓았다가 수증기 증류를 한다. 이때 유출

액 수유분은 중진담배중의 니코틴 분석액과 같은 방법으로 니코틴의 값을 구하였다.

결과 및 고찰

흡연회수에 따르는 권련의 연소 길이를 권련지 연소선을 기준으로 측정할 결과는 표1과 같다. 권련A, B, C, 는 모든 흡연회수 n = 1 일때 0.65 ~ 0.76cm 였으나, 흡연회수가 증가함에 따라 차츰 연소길이도 짧아졌으며 n = 7 일때 0.43 ~ 0.44cm였다. 이는 흡연회수가 증가함에 따라서 권련의 권터와 중진담배 내의 유체에 대한 저항계수(impedance coefficient)가 증가하여 연소점의 연소를 저해하고 있는 것으로 보인다.

이러한 사실은 Keith(6)의 연구에서도 나타나는데, 그는 권터에서 흡연회수가 7-8에서 초기 흡연 지점보다 약 10% 이상의 증가된 사실을 관측하고 흡연회수가 증가함에 따라 권터내를 흐르고 있는 연기의 온도가 상승하였기 때문이라고 설명을 하고 있다.

Table 1. Relation between puff number and combustion length of three different commercial cigarettes.

Puff No.	Combustion length(cm)		
	A	B	C
1	0.65	0.67	0.74
2	0.67	0.70	0.64
3	0.63	0.64	0.62
4	0.65	0.57	0.59
5	0.62	0.51	0.53
6	0.52	0.47	0.49
7	0.44	0.43	0.44

이밖에도 Keith(6)는 연기상부 특히 권련의 연소할 때 생긴 수분이 타지 않은 권련 부분에 쉽게 흡착된다는 사실을 지적하였는데, 이러한 현상들이 권련이 연소될 때 함께 영향을 미치고 있는 것으로 보인다.

흡연회수에 따라 주유연(main stream)중의 니코틴의 량을 측정하고 연소 길이에 대해서 표지하면 그림 1과 같다.

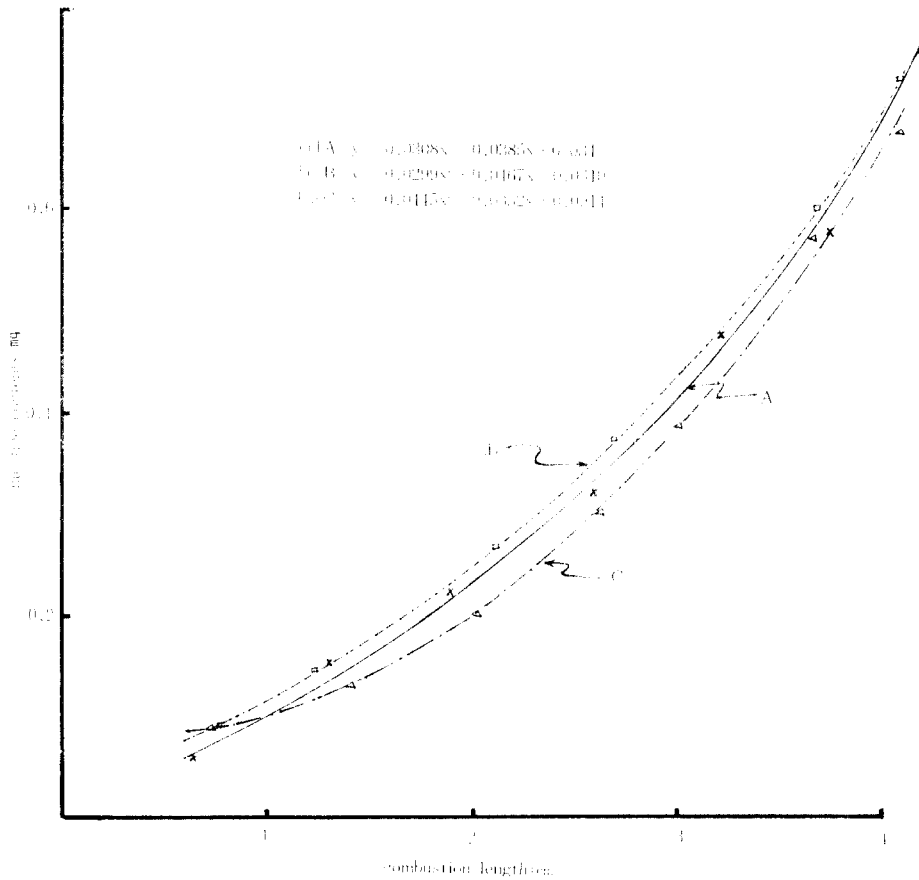


Fig. 1. Combustion length and observed nicotine contents in mainstream.

니코틴의 량을 Y, 연소길이를 X로 놓고 회귀직선법으로 구한 함수적 관계를 보면,

$$\text{회귀선 A } Y = 0.0308X^2 + 0.0385X + 0.0343 \quad \dots \text{1}$$

$$\text{회귀선 B } Y = 0.0299X^2 + 0.0467X + 0.0310 \quad \dots \text{2}$$

$$\text{회귀선 C } Y = 0.0445X^2 + 0.0352X + 0.0914 \quad \dots \text{3}$$

으로서 2차 방정식이었다.

상세 이식법을 이용한 계산값과 실제의 관측값을 검정한 결과는 거의 같 일치하였다. 제품 간련중의 니코틴량에 대해서 식물의 각 계층은 달라질 수 있을 것이다. 그러나 이들 각의 값에항은 0.0308, 0.0299, 0.0445 였으며, 흡연수에 따라 주담향중의 니코틴량은 가중적으로 증가함을 의미하고 있다.

특히 저니코틴 담배로 알려진 회귀선 C의 계수는 회귀선 A, B보다 큰 값을 보였는데 저니코틴 담배일수록 흡연길이에 따라서 니코틴의 가중값이 커지는 것을 말해 주고있다. 이 중에서 식1, 2의 회귀선으로 A에 비

하여 흡미해보면 배출선에 연소된 길이 X와, 식1, 2의 연소 길이에 측정된 니코틴의 량 Y를 비교하여 보면 표2와 같다.

Table 2. Nicotine contents(Y) in mainstream/burning length (X) per each puff

Puff No.	Δ X (cm)	Y (mg)	Y/ Δ X
1	0.65	0.061	0.094
2	0.67	0.061	0.138
3	0.58	0.093	0.121
4	0.70	0.096	0.137
5	0.62	0.158	0.255
6	0.52	0.100	0.192
7	0.44	0.178	0.405
Average	0.60	0.108	0.192

연소길이에 대한 니코틴의 증가율 $Y/\Delta X$ 의 값을 비교하여 보면 흡연수가 증가함에 따라 이 값이 현저하게 증가하고 있음을 볼 수 있다.

$n = 1$ 일 때 이 값은 $0.094(\text{mg}/\text{cm})$ 였음에 비하여 $n = 7$ 일 때 $0.405(\text{mg}/\text{cm})$ 로서 니코틴의 단위길이당 증가율은 무려 4배에 이르렀다. 그리고 흡연회수당 평균값 0.100mg 와 비교해보면 n 가 작은 값일 때 평균값보다 작은 값이었으나 n 가 큰 값일 때 보다 큰 값을 가졌다. 이러한 사실은 $Y/\Delta X$ 의 값에서도 보였는데, n 가 증가함에 따라 적1,2,3의 것 정도의 값이 주

유연중의 니코틴의 값에 크게 영향을 미치고 있음을 의미하고 있다.

흡연회수를 증가시켜 가면서 흡연기로 흡연하고 1~2초 이내에 연소를 강제로 멈추게 한 다음 켈런지 연소선(paper burn line)을 기준으로 연소되지 않은 부분을 차례로 0.5cm씩 잘라서 그 부분이 가지고 있는 니코틴의 양을 조사하였다. 그리하여 같은 시료를 별도로 측정할 켈런지의 니코틴 1.24%와 이들 시료에 들어있는 니코틴을 관련시켜서 표현한 것이 그림2이다.

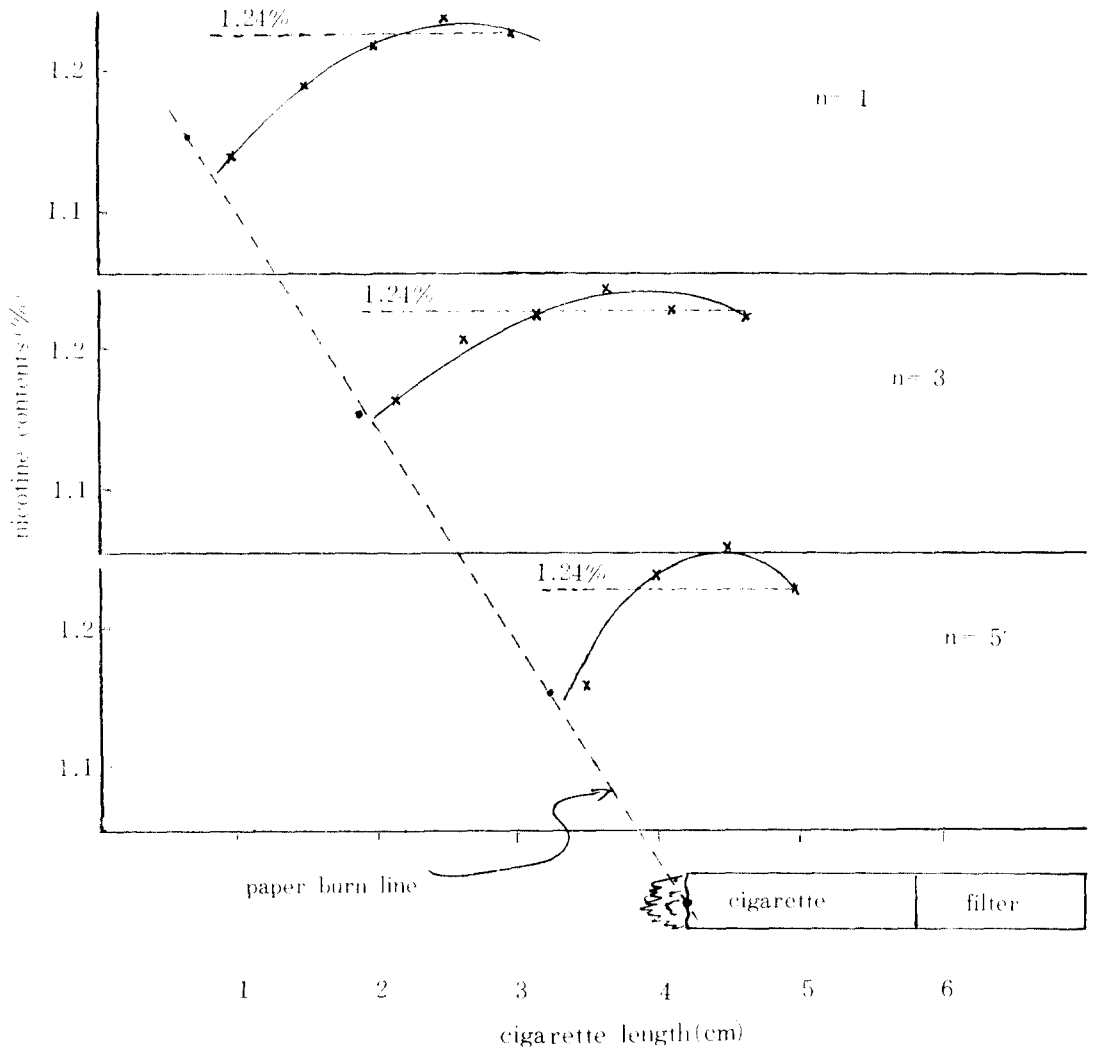


Fig. 2. Nicotine transfer to tobacco shred

크림에서 연소되지 않은 부분의 니코틴의 양은 권련의 니코틴 량의 1.24%를 초과하지 않고 재가재 경우 모두 비슷한 경향의 결과를 보였다. 권련지 연소점에서 0.5cm 이하의 부분은 니코틴의 량의 가장 낮은 값으로서 총장담배의 1.24%보다 무려 0.06 ~ 0.09% 가 작은 값이었다.

권련지 연소점에서 떨어진 수분 이 값은 총장담배의 니코틴 값으로 점차 접근하다가 10~15mm에서 비로소 총장담배의 니코틴과 같은 값을 가졌으며, 이 값에서 무려 10%이하 1.24%보다 큰 값을 보였다.

이러한 현상은 연소온도의 영향으로 니코틴이 수유입을 따라 권련지 담배상을 통과하다가 니코틴의 끓는점 이하의 저온부분에서 증착된 것으로 생각할 수 있다. 그러나 흡연을 시작하지 1주후의 권련지 연소점의 온도는 약 520°C로 알려져 있고(3), 이 점에서 불과 1.4mm 거리에 있는 집의 캐스상(gas phase)의 온도가 100°C 까지 급격히 떨어져 있기(4)때문에, 연소 온도 한가지 인자만의 영향이라고 설명하기는 어렵다. 왜냐하면, 니코틴이 자유 니코틴(free nicotine)으로 권련 담배약에 존재한다고 하더라도 끓는점이 248°C이기 때문에, 연소점의 온도영향에 의

하여 캐스상으로부터 이행이 가능한 부분을 일단 연소점에서 불과 1.4mm 거리에지만 떨어진 1.5mm 이하 부분은이다.

따라서 권련담배 부분의 니코틴 값은 연소온도의 영향이외에도 흡연할 때 발생하는 집압(1.1~1.11 cm H₂O)(1)의상과 연소점에서 발생하는 캐스상의 여러가지 유기물질과 니코틴의 용매(azeotropic)현상과 같은 몇가지 요인의 합에 의해 다소 영향을 받게 된다. 하지만 측정된 니코틴의 값이 $n = 1$ 일때 0.061~0.070mg이었지만, $n = 5$ 에서는 0.158mg의 값을 보였으며 3~4일2에 자 권련지 연소점에 가까운 거리에 있는 집의 니코틴 값이 보다 큰 값을 보였는데($n = 5$), 갑갑현상과 같은 권련의 증착에 흡연도에 영향을 물리학적 조건이 강하게도 영향을 미칠수 있는 것임이 행이 1~3에서 보다 크게 나타나고 있음을 알 수가 있으며, 이러한 것을 고려하면 연소점에서의 연소온도가 니코틴의 이행에 크게 기여하고 있는 것을 의심된다.

그러고 권련담배에 속해있는 니코틴의 수유입으로의 이행에 대하여 흡연할 때 측정된 몇 가지 값을 요약해 보면 표 3과 같다.

Table 3. Transfer of nicotine in mainstream

Puff No.	Consumed filler(mg)	Nicotine (mg)		B/As100 (%)
		total (A)	transferred observed (B)	
1	78.75	0.976	0.166 0.061	6.25
3	70.27	0.871	0.148 0.070	8.04
5	75.12	0.931	0.158 0.158	16.9
7	53.31	0.661	0.112 0.178	26.9
Average				13.6

※total : consumed filler(mg) × 0.0124

transferred : total × 0.17

observed : measured nicotine in mainstream

수유입 이행량 계산은 Schmeltz et al. (9)의 연구에서 권련 담배약의 니코틴이 분해나 연소되지 않은 니코틴으로서 17%가 수유입으로 이행한다는 보고에 따라 권련담배 1.24%를 기준으로 계산에 의해 구한 것이다.

그러나 권련담배의 니코틴 이행량은 물리적 물리 연소성에 따라서 큰 변화를 가진 것으로 보이며, 이 점에 관하여는 보다 깊은 연구가 있어야 할 것이다.

여기서 보면 권련담배가 가진 니코틴의 약 13.6%가 흡연지점에서 측정되었지만 흡연회수에 따라 대단히 큰 변화를 가지고 있었다. $n = 1$ 일때 측정된 값은, $n = 7$ 일때 측정된 값의 1/3~1/4값에 지나지 않았는데, 분해, 연소, 환원, 수증기의 영향이 흡연회수에 따라 큰 값으로 변화하는 이유로서 권련담배와 권련지의 미분율 효과(retention effect)의 영향회수가 작은 때 가 크고 흡연회수가 커질때 미분율

이와 같은 결과는 감수자가 때문일 것이다. 관찰으로 보인다.

본 연구 7일 배양 시점 관련담배에 니코틴의 수급 양의 유의적 차이를 나타내지 않는 것은 n-7일 배양 관련담배에 니코틴이 퇴적되었거나 관련담배의 니코틴 함은 1.24%보다 그 값을 작아 되었기 때문일 것으로 생각된다.

결 론

연구배양 중단을 중점할 때 니코틴의 수급양은, 양배양 시점을 증가하였다.

양배양 시점 증가 시점에 따라서는 수급양으로 인해 니코틴의 양은 감소적으로 증가하였으며, 관련담배에는 수급양은 니코틴의 함이 작아지게 되는 경향을 보였다. 같은 것으로 중점 시 중단의 니코틴을 회수할 때는 물리적인 요인에 의하여 약 86%가 수급 양의 약 14%만이 수급되었다.

인 용 문 헌

1. Baker, R. R. *Thermochemica Acta* 17 : 29-63 (1976).
2. Baker, R. R. *Combustion and Flame* 30 : 21-32 (1977).
3. Baker, R. R. *Nature* 264 : 169 (1976).
4. Baker, R. R. *High Temp. Sci.* 7 : 236-247 (1976).
5. *Ceresia Standard Method No. 12* (1968).
6. Keith, C. H. Paper presented at 32nd T. C. R. C. Montreal (1978).
7. Kim, C. H. "Quantitative determination of tobacco components." Korea Tobacco Research Institute, pp. 32-34 (1979).
8. Kobashi, T., S. Sakaguchi, and M. Izawa. *Bull. Agr. Chem. Soc. Japan*, 24 : 274-277 (1960).
9. Schmeltz, I., A. Wenger, D. Hoffman, and T. C. Tso. *J. Agr. Food Chem.* 27 : 602-608 (1979).