

MH 및 FA이 黃色種 잎담배의 몇가지 代謝產物 변화에 미치는 영향 I. MH 吸收率과 殘留量 및 Alkaloid含量의 變化

한상빈, 육창수*, 조성진*
한국인삼연초연구원 분석부, 충북대학교 농화학과*

Effect of MH and FA on the Change of Several Metabolites in Flue - cured Tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) I. MH Absorption Ratio, Change of MH Residues and Alkaloid contents

Han, S.B., Yook, C.S.*., and Cho, S.J*.
Div. of Chem. Anal., KGTRI, Dept. of Agri. Chem., Chungbuk Natl. Univ.*

ABSTRACT : Using a flue - cured tobacco variety, KF 109, recently bred and released to farming, effect of growth regulators(fatty alcohol and C - MH) on the change of alkaloid contents and dynamics of MH uptake and distribution were investigated. An efficient sucker control method was also pursued.

Treatment of fatty alcohol at button stage remarkably increased the rate of C - MH uptake. However, except in the plants treated with 2 - fold volume of C - MH, residue of C - MH was kept under maximum residue level(80 ppm). C - MH residue in stalk was higher than in foliage in general.

Compared to untreated control, leaf weight per unit area was increased by the treatment even in lower leaves where vigorous transfer of C - MH from treated tips was indicated and sucker control higher than 94.9% was achieved with all treatments except for sole half volume C - MH treatment at topping stage.

Alkaloid content in foliage was reduced by dual treatment of fatty alcohol and C - MH but increased in stalk and root.

序 論

MH가 腋芽抑制劑로 사용되면서 이에 수반되는 최적흡수조건이나 액아억제효과^{5, 15)} 및 残留量등의 문제점 이외에도 生理의反應이나 化學成分등의變化를 分析하여 이를 보완하기 위한手段으로 Vege-

table oil, 포화 또는 불포화지방산과 같은 接着性 액아억제제를 개발하려는 노력이 부단히 진행되고 있으며^{1, 20, 23)}, 최근에는 Fatty Alcohol(FA)을 發雷期에 처리한 후 MH를 敷布함으로써 MH의 사용량도 줄이면서 액아억제효과를 높혀 잎담배의 수량과 품질을 향상시키려는 연구개발이 활발히 進行되고 있다^{3, 4, 7, 13, 17, 18, 21)}.

FA의 乳化溶液은 어린액아의 유사분열조직을 파

괴함으로써 그 生長을 저지하나 摘心으로 인하여 頂芽優勢現像이 파괴된 잎담배는 이를 만회하려는 액아의 생장이 활성화되어 이를 저지하기에는 약효가 역부족할 뿐만아니라 最終 수확기까지 지속되지 않아 MH와 같은 Systemic Chemical을 적심후 병행하여 처리하는 것이 효과적이다.

MH 自體는 溶解度가 낮아서 여러가지 鹽의 形態로 사용되고 있으며²⁾ 從來까지는 K - MH를 농가에 보급하였으나 最近에는 Choline酶의 C - MH도 병행하여 보급하고 있다. Choline은 동식물 체내에 폭넓게 존재하는 매우 안전한 화합물로 식물체내의 浸透速度가 매우 빠르고 移行性도 良好하여 C - MH의 使用量은 점차 擴大될 전망이다. 특히 C - MH를 農家에 보급한 것은 最近의 일로 이 藥劑에 대한 生理的反應이나 化學成分의 變化등에 대한 연구는 매우 미흡한 실정이다.

따라서 本 研究에서는 효과적인 액아액제방법을 포함한 MH의 吸收率과 殘留量의 變化 및 Alkaloid含量의 變化등을 器官別 葉位別로 綜合的으로 解析하고자 하였다.

材料 및 方法

1. 栽培方法 및 植物體試料

供試品種은 한국인삼연초연구소 경작시험장에서 育成한 황색종담배 (*Nicotiana tabacum* L.) KF 109로서 '91년 3월 6일 파종하고 4월 19일 음성시험장試驗圃地에 移植하였으며 栽培法은 동 연구소 일반 멀칭 標準栽培法에 準하였다(재식밀도 : 105×45cm 2,116주/10a, N - P - K : 13 - 7 - 25 75kg/10a).

植物體試料는 6월 25일 開花 2륜에 도달하였을 때 土葉 2 - 3매를 제거 후 16매를 남기고 摘心하여 上, 本, 中, 下葉으로 각각 4매씩 분리하여 試料를 채취하고 60°C 별크건조기에서 72시간 열풍건조후 16 - 20 mesh로 분쇄하여 乾燥試料로 사용하였다.

試料採取는 摘心值後 MH처리 전(1회), 처리 2시간후(2회), 1일후(3회), 3일후(4회), 7일후(5회), 14일후(6회)에 각각 실시하였다.

2. 藥劑處理 및 實驗區의 構成

Fatty alcohol은 C₈(1-octanol)~C₁₀(1-decanol) group 83.3%에 界面活性劑를 보조 종량시킨 접촉성 生長抑制劑로 물로서 30倍液을 만든 후 발료기 때 1

cm 이상의腋芽를 모두 제거하고 20ml주 씩 소형주사기로腋芽發生部位 고루 처리하였다.

Systemic agent인 maleic hydrazide(1, 2-dihydro - 3, 6-pyridazinedione)는 Choline酶(2-hydroxy-N, N, N-trimethylethanaminium hydroxide)으로 만든 C - MH(유효성분 39%)를 6월 25일 오후 2시에 摘心後 치료농도에 따라 18.5배에서 74배의 물로 희석하여 각각 처리하였다.

實驗區의 構成은 무처리 手際去區를 대조구(T₀)로 하여 C - MH 1/2량(60mg/주 : T₁), C - MH 적량(120mg/주 : T₂), C - MH 2배량(240mg/주 : T₃), FA + C - MH 1/2량(T₄), FA + C - MH 적량(T₅) 및 FA + C - MH 2배량(T₆)으로 각각 처리하여 亂塊法 3反復으로 本 研究를 遂行하였다.

3. 生育調査

單位葉面積重 조사는 동 연구소 표준조사법에 준하여 MH 처리전과 처리 14일 후에 각각 실시하였고,腋芽發生量은 MH처리 14일 후에 1주당腋芽發生數와 1腋芽當 무게를 조사하였다.

4. MH吸收率과 殘留量 分析

MH의 분석은 AOAC法^{9, 10)}에 의하여 시료를 강alkali용액에서 撥發性 鹽基物質을 제거한 후 질소가스를 흘리면서 zinc와 ferrous chloride로 분해시켜 발생하는 hydrazine을 p-dimethylaminobenzaldehyde로 發色시켜 430nm, 460nm 및 490nm의 吸光度 측정(Shimadzu, Double - Beam Spectrophotometer)에 의한 比色法으로 定量하였다.

MH吸收率은 시료의 乾物重에 대한 MH처리 2시간 후의 定量값을 換算하여 處理量에 대한 百分率로 환산하였다.

5. Alkaloid의 定量

Alkaloid는 1% cyanogen bromide용액으로 alkaloid의 pyridine環을 절단하고 sodium hydroxide(1.432g), sulfanilic acid(6.29), citric acid(10.49) 및 sodium phosphate dibasic(26.29g) 혼합용액으로 발색시켜 460nm에서 自動分析裝置를 이용, 연속비색定量하였다.

結果 및 考察

1. MH 吸收率과 殘留量의 變化

MH처리 2시간 후의 吸收率을 調査한 결과 表 1에서와 같이 발뢰기에 接觸性 腋芽抑制劑인 FA을 처리한 T₄ - T₆시험구에서 전반적으로 吸收率이 높았고 그 평균값도 MH單獨處理區가 34.7%인 반면에 47.1%로 현저히 높았다. 또한 MH의 適定量을 처리한 T₂처리구(28.4%)와 T₅처리구(51.8%)의 비교에서도 FA을 처리한 区가 월등하게 높은 것을 알 수 있었으며, 炭水化物의 含量이 낮을 때 MH이동이 용이하다고 한 1984년 Seltman과 Nichols¹⁴⁾의 연구보고를 감안하여도 약제처리 2시간 후 糖質代謝產物의 신속한 변화나 環境要因의 영향으로는 볼 수 없었으며 FA을 발뢰기 때 처리하므로서 摘心時期까지 담배식물에서 微細한 代謝作用의 변화가 있었던 것으로 생각된다. 줄기와 뿌리를 제외한 葉部位別吸收量만으로 전체적인 吸收率과는 차이가 있겠으나 보다 精密한 분석을 위해서는 水耕栽培法에 의한 植物體器官別 MH이동에 대한 집중 분석이 요구되었다. 또한 MH처리 14일 후 토양중 MH殘留量分析을 수차에 걸쳐서 시도 하였으나 土壤의 化學的組成이 매우 복잡하고 특히 無機鹽類 이온 등에 의한 還元反應의 방해 등으로 극히 微量만이 검출되었으며, 흡수된 MH의 30~40%는 식물체의 뿌리를 통하여 배양용액으로 放出된다는 1978년 Frear와 Swanson⁵⁾의 연구결과에 비추어 土壤中에 殘留하는 MH를 분석하는 새로운 Method개발의 필요성을 느낄 수 있었다.

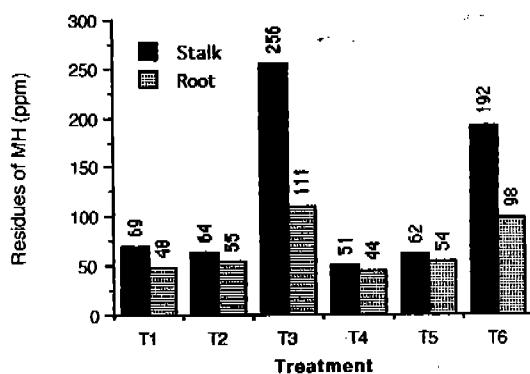


Figure 1. Maleic hydrazide residues of root and stalk at 14 days after treatment.

본 연구에서는 經時的으로 MH의 잔류량 변화를 조사하므로서 許容殘留量 80ppm이내의 적절한 MH 처리방안을 摸索하고자 하였던 바, 약제처리 3일 후는 MH의 이동이 上位葉에서 下位葉으로 활발히 진행되면서 그 잔류량이 현저히 감소하였다. 滴定量 120 mg/주 처리수준은 약제처리 14일후 上葉 T₂(89ppm), T₅(80ppm)처리구를 제외하고는 許容值(80ppm)이하의 결과를 얻을 수 있었으며, 같은 量의 MH를 처리하여도 FA을 병행처리하므로서 MH의 잔류량을 감소시킬 수 있다는 Steffen등의 연구결과^{18, 19)}와 대체로一致하였다.

그림 1은 MH처리 14일 경과 후 줄기와 뿌리의 MH殘留量을 조사한 것으로서 줄기의 MH잔류량은 모든 처리구에서 잎의 평균잔류량보다 다소 높게 나타났고, 뿌리의 잔류량은 MH 2배량 처리구(T₃, T₆)를 제외하고는 대등한 결과였다. T₃, T₆처리구의 뿌리에서 MH의 잔류량이 현저히 낮았던 것은 MH가 근부로 이동하면서 어느 수용한계점에 도달하거나 토양중으로 이행 되었기 때문인 것으로 판단된다. 또한 줄기와 뿌리에서도 발뢰기에 FA을 처리하므로서 MH잔류량이 단독처리구(T₁ - T₃)보다 감소되었음을 확인할 수 있었다.

2. Alkaloid 生成과 生育에 미치는 影響

가. 單位葉面積重의 變化의 腋芽發生量

摘心으로 인하여 頂芽優勢現象이 파괴된 식물체는 이 현상을 회복, 유지하기 위하여 物質代謝作用이 촉진되면서腋芽를 발생하기 시작하나 MH에 의하여 新細胞의 分裂이 억제 되면서 생육이 대부분 중단된 下位葉 보다는 上位葉에서 현저히 增加하기 시작한다. 表 2는 收量構成要因의 하나인 單位葉面積重을 MH처리 前과 약제처리 14일 후 조사한 것으로, 對照區(23.9mg/cm²)에 대하여 MH單獨處理區 1.3% (24.2mg/cm²)보다는 FA + MH處理區 2.5% (24.5mg/cm²)에서 다소 높게 증가한 결과를 보였다. 또한 엽위별로는 本, 中葉에서는 처리간에 對等하였으나 上, 下葉에서 월등히 伸張되었음을 보여 주었고, 이는 MH의 잔류량이 本, 中葉보다는 下葉 쪽으로 많이 이동되었던 것과 일치하였다.

藥劑處理別腋芽抑制效果(表 3)는 앞서 분석한 MH殘留量에서도 알 수 있듯이 systemic chemical인 MH는 약제처리 2시간 이내에 下位葉까지 도달하여 代謝攪亂作用을 보이면서 T₁處理區(86.4%)를 제외하고는 반족할 만한 결과를 얻었다. 또한 발뢰기 도

Table 1. Dry weight, MH absorption ratio and changes in MH residues depending upon the post-treatment sampling time in leaves of KF 109

Treatment*	Leaf position	Dry weight (g)	Absorption ratio (%)	Sampling time(days)		
				2(hrs)	3	14
MH 60 (T ₁)	Tip	18.2	27.5	906	114	49
	Leaf	25.3	10.1	239	33	44
	Cutter	30.7	4.8	94	68	33
	Lug	27.5	3.5	77	70	32
	<i>Mean (Total)</i>	(101.7)	(45.9)	329	71	40
MH 120 (T ₂)	Tip	17.9	13.7	921	550	89
	Leaf	25.6	8.2	382	438	65
	Cutter	31.2	4.7	181	295	46
	Lug	26.8	1.8	80	150	46
	<i>Mean (Total)</i>	(101.5)	(28.4)	391	358	62
MH 240 (T ₃)	Tip	17.6	7.9	1,074	484	447
	Leaf	26.1	11.6	1,065	449	148
	Cutter	30.4	6.4	506	518	267
	Lug	29.1	3.8	312	453	146
	<i>Mean (Total)</i>	(103.2)	(29.7)	739	476	252
FA 20+	Tip	18.9	28.3	898	415	47
MH 60 (T ₄)	Leaf	24.9	12.2	294	79	45
	Cutter	31.5	13.6	259	52	37
	Lug	27.7	2.4	53	40	34
	<i>Mean (Total)</i>	(103.0)	(56.5)	376	147	41
	<i>Mean of FA+MH</i>	(102.1)	(34.7)	674	372	53
FA 20+	Tip	17.7	17.3	1,176	509	80
MH 120 (T ₅)	Leaf	25.5	22.4	1,053	456	47
	Cutter	31.6	9.7	369	415	41
	Lug	29.9	2.4	97	106	43
	<i>Mean (Total)</i>	(104.7)	(51.8)	674	372	53
	<i>Mean of FA+MH</i>	(102.1)	(34.7)	674	372	53
MH 240 (T ₆)	Tip	18.2	7.4	980	511	272
	Leaf	24.8	9.4	912	456	143
	Cutter	30.9	12.1	937	142	65
	Lug	27.5	4.2	363	173	155
	<i>Mean (Total)</i>	(101.4)	(33.1)	798	321	159
<i>Mean of MH</i>		102.1	34.7	486	302	118
<i>Mean of FA+MH</i>		103.0	47.1	616	280	84

* Unit : MH : mg/plant.

MH 및 FA의 黃色種 잎담배의 몇가지 代謝產物 변화에 미치는 영향
I. MH 吸收率과 殘留量 및 Alkaloid含量의 變化

Table 2. Changes in the weight of unit leaf area after 14days of the treatment by the growth regulators for fresh leaf of KF 109

Treatment*	Tip	Leaf	Cutter	Lug	Mean (index)
					mg/cm ² (%)
Before		23.9	22.6	21.3	23.0
After Control		25.8	24.3	21.8	23.7
MH 60	(T1)	27.0	23.5	22.0	24.2(101.3)
MH 120	(T2)	26.8	23.8	21.4	24.2(101.3)
MH 240	(T3)	26.3	24.5	22.0	24.2(101.3)
FA 20+MH 60	(T4)	26.9	24.2	21.7	24.2
FA 20+MH 120	(T5)	26.1	24.9	21.4	24.2
FA 20+MH 240	(T6)	27.4	25.2	22.0	24.9
Mean of MH		26.7	23.9	21.8	24.3
Mean of FA+MH		26.8	24.8	21.7	24.4

* Unit : MH : mg/plant, FA : mg/plant.

Table 3. Number of suckers per plant and weight per sucker as influenced by the growth regulators after 14 days for fresh leaf of KF 109

Treatment*	Weight/Sucker (g)	Number of suckers/Plant	Total weight of sucker(g)	Inhibition ratio(%)
Control	6.4	7.9	50.6	
MH 60	(T1) 2.2	3.1	6.9	86.4
MH 120	(T2) 0.6	3.1	1.9	96.3
MH 240	(T3) 0.8	1.6	1.3	97.4
FA 20+MH 60	(T4) 2.4	1.1	2.6	94.9
FA 20+MH 120	(T5) 0.7	0.6	0.4	99.2
FA 20+MH 240	(T6) 0.3	0.2	0.2	99.6

* Unit : MH : mg/plant, FA : mg/plant.

달시 1cm이상의 腋芽를 모두 제거 후 FA을 처리한 T₄(94.9%) - T₆(99.6%)處理區는 MH 單獨處理區보다 抑制率이 양호 하였으며, Gorman 등⁶, 및 여러 연구자들^{12, 16, 14, 22}이 보고한 결과와 같이 單位葉面積重과 액아억제을 간에 높은 相關($r=0.973^{**}$)을 보였다. FA은 접촉성 生長抑制劑로서, 약제가 묻은 잎은 약해로 인한 斑點이 발생하므로 細心한 注意를 要하며 처리시간이 많이 소요되어 處理方案이 改善되어야 할 것으로 思料되었다. 따라서 MH殘留量과腋芽抑制效果 및 單位葉面積重의 伸張을 감안할 때

MH處理量은 MH단독처리시는 120mg주, FA와 병행하여 처리시는 60mg주 水準이 무난할 것으로 판단되었다.

나. Alkaloid 生成과 그 含量의 變化

生長調節物質 처리별 일칼로이드 함량의 변화(그림 2)는 摘心 후 0.21%에서 藥劑處理 7일까지는 0.37% (대조구) - 0.40% (MH처리구)水準으로 藥劑別 뚜렷한 差異는 볼 수 없었으며 收獲後에는 대조구(1.20%)>MH처리구(1.06%)>FA+MH처리구(1.02%)순으로 發雷期에 FA을 처리함으로써 알칼로이드 合

성이 MH단독처리 보다 더욱 抑制되었음을 보여 주었다.

KF 109 황색종 담배는 알칼로이드를 1.5~2.0% 함유하는 遺傳形質을 가지고 있으나 대조구 中葉(1.46%)을除外하고는 모든 처리구에서 다소 낮게 함유하고 있어서 遺傳形質의 差異보다는 土壤條件이나 栽培方法 및 기상조건 등에 크게 영향을 받은 것으로 판단되며, 이와 같은 결과는 韓 등^{3, 24)}의 연구보고와 대체로一致하였다.

葉位別 알칼로이드 함량의 변화(表 4)는 약제처리 初期에 下位葉에서 다소 높았으나 7일 이후부터는

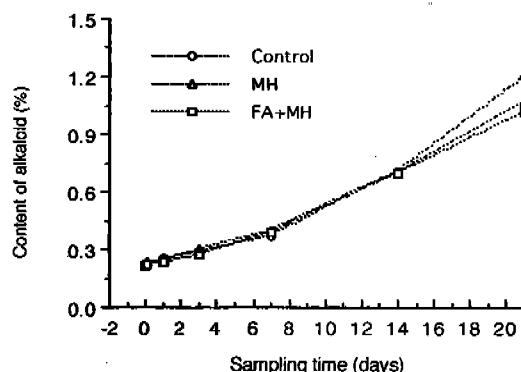


Figure 2. Changes in alkaloid contents of leaves depending upon the post-treatment sampling time.

下位葉의 알칼로이드 함량이 급격히 增加하였으며, 14일 후에는 FA+MH처리구의 上, 下葉에서 일시적 인 增加現象을 보였으나 有意性 있는 差는 없었으며, 14일 이후 收穫期에 이르는 동안에도 알칼로이드의 合成과 蓄積이 진행되면서 最終 收穫葉에서는 上葉의 MH단독 처리구에서 대조구 보다 3.7% 增加하였을 뿐 全般的으로 대조구 보다 減少하는 傾向을 보였으며, 本, 中葉의 減少 傾向이 顯著하였다. 本葉에서는 MH 단독처리구(21.1%)에서, 中葉에서는 FA+MH 처리구(25.5%)에서 顯著히 減少하였으며, 物質 代謝作用이 어느 정도 固定되었던 下葉에서는 알칼로이드 생성 抑制倾向이 FA+MH처리구(7.1%)에서 어느 정도 인정되었으나 葉位別, 藥劑別 有意性 있는 差는 볼 수 없었다.

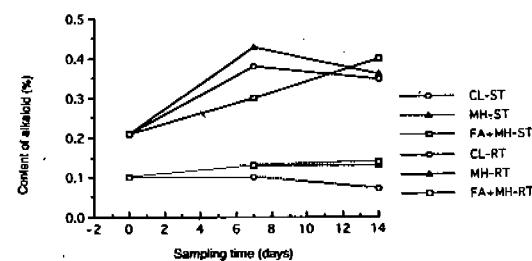


Figure 3. Changes in alkaloid contents of stalk and root depending upon the post-treatment sampling time.
* ST : Stalk, RT : Root.

Table 4. Changes in alkaloid contents depending upon leaf positions and the days after treatment

Leaf position	Treatment	Before 2(hrs)	Sampling time(days)					After curing(index)
			1	3	7	14		
Tip	Control	0.12	0.14	0.16	0.23	0.36	0.72	1.08
	MH		0.15	0.16	0.25	0.38	0.75	1.12(+ 3.7)
	FA+MH		0.13	0.14	0.25	0.38	0.76	1.04(+ 3.7)
Leaf	Control	0.16	0.16	0.18	0.24	0.36	0.73	1.42
	MH		0.16	0.17	0.24	0.37	0.64	1.12(- 21.1)
	FA+MH		0.15	0.18	0.20	0.35	0.71	1.16(- 18.3)
Cutter	Control	0.21	0.21	0.26	0.28	0.38	0.76	1.46
	MH		0.24	0.25	0.29	0.40	0.74	1.14(- 21.9)
	FA+MH		0.24	0.25	0.28	0.40	0.73	1.09(- 25.5)
Lug	Control	0.33	0.38	0.41	0.40	0.45	0.64	0.85
	MH		0.37	0.38	0.43	0.45	0.69	0.83(+ 2.3)
	FA+MH		0.34	0.35	0.37	0.45	0.79	0.79(+ 7.1)

MH 및 FA의 黃色種 잎담배의 몇가지 代謝產物 변화에 미치는 영향

I. MH 吸收率과 殘留量 및 Alkaloid含量의 變化

잎담배 줄기와 뿌리에서의 알칼로이드 함량 변화를 조사한 결과, 그림 3에서와 같이 摘心에서부터 藥劑處理 14일 경과시 까지 全般的으로 뿌리의 알칼로이드 함량이 줄기보다 越等히 높았으나 처리간에有意差는 없었고, 앞의 表 4에서 알 수 있듯이 담배 잎의 알칼로이드 함량은 對照區에서 가장 높았던 것과는 상반되게 FA+MH 처리구>MH 처리구>대조구 順으로 舍有되어 있었다. FA은 接觸性藥劑로 식물체내에서 타 기관으로 이동하지 않고 分化細胞의 破壞에 의한 액아생육을 저지하다가 적십후에는 MH처리로 인하여 細根發達과 줄기의 肥大生長이 정지되어 단위 면적당 알칼로이드의 濃度가 높아졌기 때문인 것으로 판단되었다.

結論

最近에 育成 보급중인 KF 109 黃色種 新品種 담배에 대한 生長 調節物質(fatty alcohol, C-MH)이 MH의 吸收 및 殘留量의 同態에 미치는 영향을 究明하고 효과적인 액이억제 방법과 단위 면적당 및 Alkaloid 함량의 변화를 分析한 結果를 要約하면 다음과 같다.

발뢰기에 接觸性 FA을 前處理하므로서 MH의 吸收率이 顯著히 增加하였으며, 2배량 處理區를 제외하고는 許容 殘留量 80ppm 이하의 水準으로 減少하였고, 줄기의 MH 殘留量은 잎의 殘留量 보다 높았다.

單位 葉面積重은 MH의 移動이 활발하였던 下位葉에서도 對照區보다 높게 增加하였으며,腋芽 抑制效果는 MH 1/2량 단독 처리구를 제외하고는 94.9% 이상의 抑制效果를 보였다.

잎의 알칼로이드 含量은 MH를 FA과 병행처리함으로써 더욱 減少하였고, 줄기와 뿌리에서는 對照區 보다 增加하였다.

参考文獻

- Anderson, D.B., and W.G. Hardesty. 1949. Res. and Farming, N.C. Agr. Exp. Sta. 8 : 19.
- Briza, J., T. Gichner, and J. Veleminsky. 1984. Mutation Research 139 : 25 - 28.
- Cheng, A.L.S., and G.L. Steffens. 1975. Tob. Sci. 20 : 75 - 76.
- Chung, Amber L.S., and G.L. Steffens. 1983. Tabakforschung 12(1) : 15 - 19.
- Frear, S.D., and H. R. Swason. 1978. J. Agric. Food Chem., 26(3) : 660 - 666.
- Gorman, D.P., M.T. Nielsen, and J.H. Smiley. 1989. Tob. Sci. 33 : 61 - 63.
- Guthrie, F.E. 1968. Beit. Tabakforschung 4(6) : 229 - 246.
- Han, S.B., G.C. Chang, Y.O. Kim, and U.C. Lee. 1991. J. Kor. Soc. Tob. Sci. 13(2) : 20 - 26.
- Hoffman, I., E.V. Parups, and R.B. Carson. 1982. J. Agr. Food Chem. 10 : 453 - 455.
- 金燦浩 外 12名. 1991. 담배成分分析法. 韓國人蔘煙草研究所.
- Lane, J. R. 1963. J. Assoc. Offic. Analytical Chem. 46 : 261 - 268.
- Patterson, J.M., N.F. Haider, et al. 1978. J. Agr. Food Chem. 26 : 268 - 270.
- Priest, J.A., and H. Seltmann. 1983. Tob. Sci. 27 : 156 - 157.
- Seltmann, H., and B.C. Nichols. 1984. Agronomy J. 76 : 375 - 378.
- Sheets, T.J., and H. Seltmann. 1982. Tob. Sci. 26 : 106 - 108.
- Sheets, T.J., and L.A. Nelson. 1989. Tob. Sci. 33 : 5 - 8.
- Smith, W.C., and W.D. Smith. 1987. Tob. Sci. 31 : 5 - 7.
- Steffens, G.L., D.W. Spaulding, F.C.Z.T. Ford, H. W. Lundy, J.D. Miles, M.J. Rogers, H. Seltmann, and J.F. Chaplin. 1969. I. Flue - cured Tobacco. Tob. Sci. 13 : 113 - 116.
- Steffens, G.L., and H. Seltmann. 1982. McLaren JS(ed), London. p. 193 - 209.
- Steffens, G.L., T.C. Tso, and D.W. Spaulding. 1967. Agr. Food Chem. 15 : 972 - 975.
- Steffens, G.L., and S.J. Barer. 1984. Beit. Tabakforschung 12(5) : 279 - 284.
- Stone, G.M. 1957. A Literature Summary of MH. Rubber. U.S.
- Tso, T.C., and H. Chu. 1977. Beit. Tabakforschung 9(1) : 58 - 62.
- Yasumatsu, N., A. Sakurai, and S. Tamura. 1967. Agr. Biol. Chem. 31 : 1061 - 1065.