

잎담배의 成熟促進 및 Alkaloid 含量에 미치는 2-Chloroethylphosphonic Acid 의 効果

高麗大學校 農科大學

助教 文斗吉·教授 孫膺龍

Effects of 2-Chloroethylphosphonic Acid on Ripening and Total Alkaloid Content of Tobacco Leaves.

Doo Kil Moon & Eung Ryong Son

Dept of Agronomy, Kroea University

Summary

The present experiments were carried out to find out the proper concentration of CEPA(2-chloroethylphosphonic acid) for the purpose of accelerating the leaf maturity and of reducing the nicotine content of tobacco. Varried levels of CEPA were sprayed Yellow Special A right after topping. The effects of each level CEPA treatment on leaf ripening and total alkaloid contents were periodically observed. The results are summarized as follows:

1. The higher the CEPA concentration was, the more the leaf maturity was accelerated. During the period from six to 11 days after treatment, the differences of leaf maturity among levels were prominent.
2. Treatment with CEPA only on the upper surface of the tobacco leaf, accelerated the maturity of that particular part treated, but not apparently the other parts of leaf.
3. The higher the CEPA concentration was, the more the accumulation of the total alkaloid was reduced. The reduction of alkaloid accuulation was evident after acceleration of leaf maturity.
4. Distinctive acceleration of leaf maturity was observed in the fully developed lower leaves, while reduction of alkaloid accumulation in the growing upper leaves. The degree of total alkaloid content reduced in the ripened leaves, however, were similar to all the leaves at different positions.
5. Yields of tobacco leaves were not significantly affected by CEPA treatment.
6. In the present experiments, it may be concluded that CEPA2,000ppm is the most applicable level for accelerating leaf maturity and decreasing total alkaloid content. In the view point of the practical use, however, the applicable level is assumed to be properly choosed between 500 to 2,000ppm, depending on the situations.
7. The mechanism of accelerating maturity and reducing alkaloid accumulation of tobacco leaves by CEPA, is further to be explored.

緒 言

畚前作으로 담배를栽培하는傾向이 많으나 논에다 담배를栽培하면生長이旺盛하여져서收穫이遲延될뿐 아니라니코틴含量도 많아져서 담배品質이不良하게 된다. 따라서 早期收穫과 니코틴合成抑制는 담배를畚前作으로栽培하기爲한先決問題라 아니할 수 없다.

本 研究의 目的은 現在까지 알려져 온生長調節劑中에서 最近 니코틴含量을 低下시키는 同時에 담배잎의 成熟促進에도 效果가 크다고 認定되는^{10,11,15)} CEPA (2-Chloroethylphosphonic acid)에 關하여 그 效果가 어떤 濃度에서 가장 強하며 또 處理濃度에 따라서 니코틴合成이 어떻게 變하여 가는가를 알아내므로서 CEPA의 實用化를爲한 資料를 얻고져 하는데 있었다.

研究 史

담배의 Alkaloid 合成機構^{2,3,4,26,20,28,29)} 및 低니코틴 畚前作^{14,19,27,22)} 또는 니코틴合成抑制栽培^{15,16)} 등에 關한 研究는 많이 이루어져 있다.

그러나 Chemical Control에 依한 低니코틴 畚前作 生産에 關한 研究는 그리 많이 되어 있지 않다. 松山¹⁰⁾에 依하면 安松等이 헤루민도스포를, 헤루민도스포를酸, GibberellinA₃ 및 數種의 Auxin劑를 撒布하면 담배 植物體內的 alkaloid 合成이 抑制되어서 畚前作의 니코틴含量이 10~70%까지 減少된다는 事實을 밝혀었다고 報告하였다. 同氏의 記錄에 依하면 또한 東瀛는 開花初期에 花蕾部에 어떤 種類의 摘花劑와 함께 말레인酸 하이드라지드를 混合撒布하여 結果前에 落花시키므로서 無摘花栽培로도 別로 收量減少를 이르지 않으면서 니코틴含量 6~7割까지 줄일 수 있었다고 한다.

田中²⁴⁾는 蒸散抑制劑 OED 40倍液을 撒布하면 畚前作 品質이 좋아질뿐 아니라 니코틴含量이 10~30% 減少된다고 하고 또 許¹⁰⁾는 OED 20倍液을 撒布하였든바 葉組織細胞間隙率이 현저히 減少되어 니코틴含量이 6%정도 減少되는 同時에 內容成分 및 品質向上은 勿論 裝品담배에 있어서 壓縮荷重이 크게되어 卷上比率이 높아지는 등 여러가지로 좋은 점이 많기 때문에 實用價値가 있다고 하였다. 同氏는 OED에 依한 畚前作 品質改良研究와 同時에 Greener도 니코틴合成을 阻止하여 30%에 가까운 니코틴含量減少를 보였다고 發表하였다.

孫, 郭²⁵⁾ 등도 Chemical Control에 依한 低니코틴

畚前作 生産研究에서 OED, Methyl ester of fatty acid(Off-Shoot-O), 2,3,5-Iridol benzoic acid(TIBA) 및 Gibberellin 등을 利用하였든바 이들은 다 alkaloid 合成을 抑制하였는데 그 中에서도 Gibberellin은 28%, TIBA는 15%의 有意性 있는 Alkaloid含量 減少를 나타내었다 하고 이런 藥劑들은 低니코틴 畚前作 生産에 도움이 되는 資料로 今後 더 研究할 必要가 있다고 指摘하였다. 한편 許, 李, 朴¹¹⁾은 Chemical Control에 依한 低니코틴畚, 개발시험에 여러가지 化學物質을 供試하였는데 그중 CEPA(2-Chloroethylphosphonic acid)는 品質向上과 더불어 熟期를 促進시키는 效果가 있다고 하였다. CEPA는 오이科 植物이 雌花着生促進¹⁷⁾, 果實의 熟期 및 着色促進도 이르지지만 Iwahori¹²⁾와 Amchem Products Inc Dota Sheetu는 또한 CEPA가 담배에 對하여 잎이 成熟促進 및 液芽抑制作用을 가질뿐 아니라 니코틴含量도 減少시키고 토마토의 果實成熟을 促進한다고 報告하였다.

1971年 10月 30日 植物學會에서 郭, 孫, 許등이¹⁵⁾ 共同으로 發表한 바에 依하면 素砂, 大邱, 淸州 등의 煙草試驗場 및 高大 애기능 農場에서 各各 試驗한 結果 니코틴含量은 20~40% 減少되었고 收穫期는 4~7日 短縮되므로서 成熟을 促進시키는 效果가 컸음을 再確認하였다고 했다. CEPA 처리가 니코틴 蓄積過程에 어떤 變化를 일으키는가에 關해서는 아직 밝혀진바 없다.

以上 Chemical Control에 依한 畚前作의 니코틴含量 低下와 熟期短縮은 喫煙家의 嗜好面에 있어서 뿐만 아니라 畚前作擴張 및 經營상의 省力性에 있어서도 意義가 크므로 CEPA의 實用化 問題가 今後 廣範하게 研究될 것으로 思料된다.

材料 및 方法

供試品種으로는 Yellow Special A를 使用했다. 3月 4日 素砂煙草試驗場溫室에 播種하여 2個月間 育苗한 後 5月 5日에 高大 애기능農場에 이랑나비 95cm 포기 사이 50cm의 간격으로 이식하고 그후는 전매칭표준경 각법에 따라서 肥培管理를 하였다. 포장토양에 關하여는 孫, 郭²⁵⁾등이 이미 조사한 바 있기 때문에 別途로 分析하지 않았다.

포장은 一區當 500, 1,000, 2,000ppm 및 Check를 포함 4處理水準으로 된 4反復區로 配置 하였다. 7月 11日 摘心하고 直後에 CEPA¹⁰⁾의 水溶液을 小型撒布器로 撒布하였다. 各 處理水準當 4個體씩을 Sampling 하여 固定시켜 놓고 處理後 6日부터 5日 간격으로 7月 29日까지 5회에 걸쳐 每畚 各固定個體로 부터 慣行的 判定에 依하여 收穫適期에 도달한 성숙엽을 收穫하였

다. 個體別로 全葉數에 對한 收穫葉數의 百分率을 調査한 後 處理水準別 平均 成熟度를 算出하고 收穫葉은 또 土葉, 中葉, 本葉, 天葉으로 區分해서 水分 15% 정도 까지 陰乾한 다음 乾葉重을 測定하여 10a當 收量을 算出하였다. 이 乾葉에서 處理水準別 및 葉位別로 各 各 一部를 採取하여 따로 따로 粉碎한 後 溶媒抽出 滴定法¹³⁾에 依해서 Sample當 4회씩 全 alkaloid含量을 測定하였다.

한편 위의 資料와는 別途로 各 處理水準別로 4個體씩을 選定하고 處理 다음날부터 5日 間격으로 處理後 26日까지 6회에 걸쳐 葉位別로 잎을 따서 dryoven에 넣어 55°C에서 72時間 말린 다음 上記方法으로 alkaloid含量을 測定하고 이것을 arcsin值로 換算하여 統計分析하였고 各 處理水準에 따른 葉位別 alkaloid含量의 變化는 最初測定值를 基準으로한 増減量을 乾葉 1g當 mg數로 表示했다.

- a) 2-Chloroethylphosphonic acid (CEPA):Ethrel.
Amchem 68~250.
Use-contact:Amchem Products Inc.

結果 및 考察

1. 成熟度

處理後 6日에 있어서는 無處理區의 成熟葉은 全體葉에 對하여 13.5% 였는데 500, 1,000 및 2,000ppm區는 각각 21.4, 23.4, 및 37.2%를 나타 냈다. (Table1) 이 事實은 CEPA의 處理濃度가 높아 갈수록 잎담배의 成熟度가 顯著히 促進된다는 것을 보여 준다고 生覺되었다. 11日, 16日, 21日의 各收穫日에 있어서도 6日과 같은 傾向을 보여 주었으나 收穫日이 늦어질수록 處理區와 無處理區와의 成熟度 差는 점점 적어 졌다. 同時에 各處理區間의 差는 處理後 11日까지는 有意한 差를 보여 주고 있으나 16日 이후에 가서는 2,000ppm區를 除外하고는 有意한 差를 나타 내지 않았다. 이런점으로 미루어 보아 CEPA의 藥効는 處理後 약 2週日까지 持續되는 것이 아니라 推測되었다. 이 結果는 處理濃度가 다르기는 하나 許¹⁵⁾의 發表結果와 거의 一致되었으며 郭, 孫, 許¹⁵⁾의 結果와도 一致되었다. 한편 各處理區의 促進된 成熟度가 無處理區에 比하여 收穫期가 며칠 短縮되었는가를 조사하였든마 그 結果는 Fig. 1과 같았다. 이에 의하면 處理後 6日 收穫에서는 500, 1,000, 및 2,000ppm區는 無處理區에 比하여 各 各 2.7, 3.4, 및 6.6日이 短縮된 셈이 었고 11日 收穫時에는 1.7, 3.4, 및 4.4日 그리고 16日 收穫時는 500ppm區는 無處理區와 差 없었고 1,000 및 2,000ppm區에서만 各 各 1.1 및 3.4日 그리고 또 21日 收穫時는 1,000 및 2,000ppm區 둘다 無處理區 보다 2日이 短縮된 셈으로

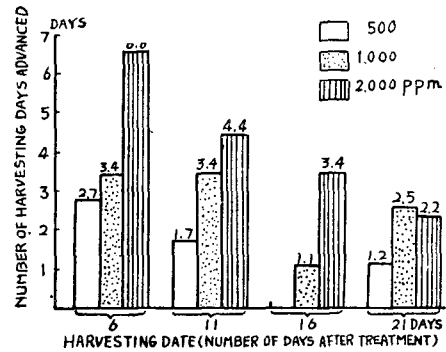


Fig. 1. number of harvesting days advanced by CEPA treatment, comparing with 'CHECK'

나타 났다. 대체로 處理濃度가 높을수록 더 많은 日數가 短縮되었으나 그 程度는 收穫日이 늦어 갈수록 低下되었다. 許¹⁰⁾는 收穫期別 收穫短縮日數를 調査하지는 않았으나 平均적으로 3,000ppm區는 약 7日, 900ppm區는 4日, 300ppm區는 3日 短縮되었다고 하였는데 許의 900ppm區와 本試驗의 1,000ppm區를 比할때 本試驗에서는 濃度가 높음에도 不拘하고 1日이 늦어진 結果를 보였지만 Table 1 및 Fig. 1을 綜合컨대 CEPA는 가지科의 果實成熟을 促進하는 것과 마찬가지로 같은 가지科인 담배잎의 成熟을 促進하는 作用도 가졌다라는 것을 明白히 알 수 있었다. 또 許¹¹⁾가 지적한 바와 같이 2,000ppm區에서 葉脚에 약간의 약해가 있었을 뿐 收量과 品質에는 變動이 없었다는 點으로 봐서 適正使用濃度만 把握된다면 畚前作에 實用化될 수 있다고 믿어졌다.

Fig. 2는 같은 植物體의 天葉(A II, 本葉(B II), 中

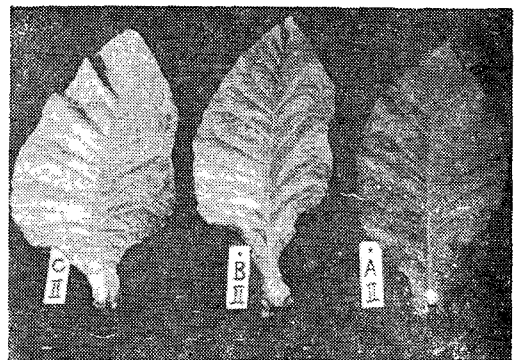


Fig. 2. Tobacco leaves at different positions showing different degrees of response to CEPA treatment on the half (left) surface. A II; tip leaf, B II; mian leaf, C II; middle leaf.

葉(C II)에 다같이 半쪽 表面에만 1,000ppm의 水溶液을 붓으로 바르고 5日後에 촬영한 것이다. 中葉은 처리한 3日만에 눈에 띄게 黃變하였으나 生長中인 天葉은 5日이 지난 後도 變色을 나타 내지 않았다. 本葉은

中葉과 天葉의 中間色을 나타 냈는데 이런 點에서 CEPA는 葉表面에만 處理해도 効果가 있으며 또 體內에서의 移動性이 극히 完滿하거나 아니면 移動하지 않는다는 것을 推測할 수 있었다.

CEPA가 熟期를 促進시키는 것은 이것이 吸收되었을 때 ethylene gas가 發生되어 그 分壓이 增加되기 때문이라 하는데^{5,8,18)} 이에 對하여는 今後 더 研究할 必要가 있다고 生覺되었다.

2. 니코틴 含量

適期收穫葉의 全alkaloid含量은 Table 2 나타난바와 같이 處理濃度가 높을수록 有意性 있는 減少를 나타냈다. 담배에 있어서는 上部葉일 수록 니코틴含量이 많기 때문에 處理에 依한 葉位別 全 alkaloid는 上部葉으로 갈수록 0.26%에서 1.52%에 이르기 까지 漸增되었지만 無處理區를 基準로한 各 處理水準別 減少率은 葉位와는 關係없이 각각 31, 38, 32, 39%로서 平均 33%를 중심으로 비슷한 數値를 나타냈다.

Fig. 3, 4, 5, 6, 은 처리한 다음날 부터 5日 간격으로 全 alkaloid含量을 葉位別로 分析하여 그 增減을 表示한 것이다.

土葉(Fig. 3) 에서는 2,000ppm區를 除外한 모든 區

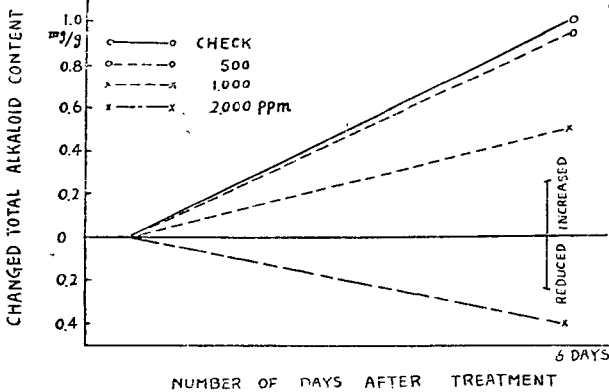


Fig. 3. Effect of CEPA on accumulation of the total alkaloid in the ground leaves.

에서 증가되었다. 2,000ppm區에서 減少된 것은 높은 濃度때문에 土葉의 老化가 더 급속히 促進되었기 때문이 아닌가 믿어졌다. 담배잎이 老化하여 過熟하면 니코틴이 播散되므로 니코틴含量은 시일이 경과됨에 따라서 減少되는데^{7,24)} 이런 作用도 있지 않은가 生覺되었다.

中葉(Fig. 4)에서는 500 및 1,000ppm 區가 無處理區에 比하여 약간 많은 增加를 보이고 있으나 本試驗에서 나타난 全體의인 趨勢로 보아 이것은 實驗上의 誤差라고 보는 것이 옳을것 같이 느껴졌다.

本葉(Fig. 5)에서는 11日까지는 같은 傾向으로 增加되다가 그후는 無處理區에 比하여 그 增加率의 減

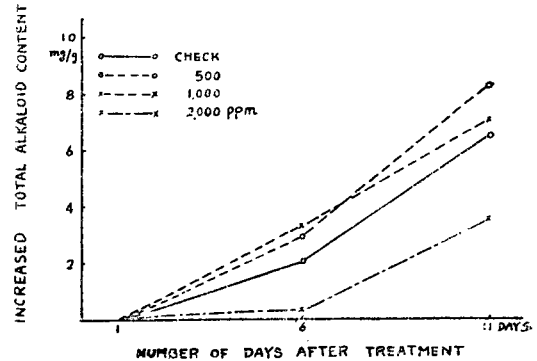


Fig. 4. Effect of CEPA on accumulation of the total alkaloid in the middle leaves.

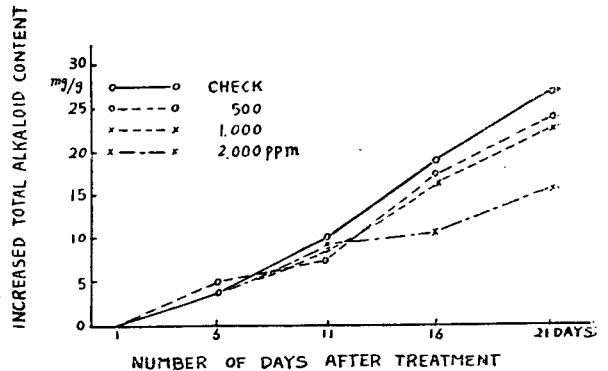


Fig. 5. Effect of CEPA on accumulation of the total alkaloid in the main leaves.

減少되므로서 CEPA 처리가 alkaloid 含量을 抑低한 感覺을 확실히 들어갔다.

天葉(Fig. 6)의 경우에는 處理後 11日부터 定率히 如 作했는데 處理後 11日까지는 各區 共히 비슷한 alkaloid 蓄積이 이루어진 것으로 보이나 11日 以後에 있어서는 無處理區에서 현저히 減積되었다. 以上 各 部位別 앞 에서 보여진 共通의 傾向은 無處理區에서 가장 많은 alkaloid 蓄積이 있었고 處理區에 있어서는 濃度가 낮은

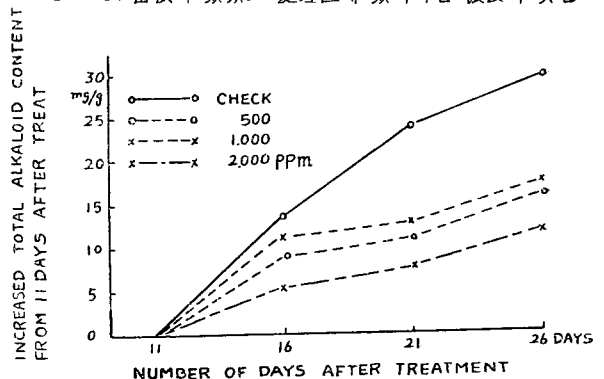


Fig. 6. Effect of CEPA on accumulation of the total alkaloid in the tip leaves.

處理區일 수록 또한 그 蓄積이 많았고, 그 抑制作用은 成熟度가 낮은 일일 수록 強하였다는 點이다. 이것으로 CEPA의 alkaloid 合成抑制作用은 成熟促進作用과는 달리 長期間에 걸쳐 나타나는 것이 아닌가 보여졌다. alkaloid 合成抑制作用이 長期間에 걸쳐 되는 것은 일에서 合成된 同化合物이 일단 뿌리에 轉流하여 니코틴으로 변환 후 다시 잎으로 옮겨져서 有機酸과 結合되어 安定된 狀態의 alkaloid로 蓄積^{2,3,4,24,27)} 되기까지는 상당한 時間을 要하기 때문이라고 믿어졌다. CEPA의 alkaloid 含量을 低下시키는 機構에 關하여는 아직 밝혀진바 없어 잘 알 수 없으나 CEPA에 의하며 熟期에 도달한 下部잎은 老化되고 그리고 生長中에 있는 上部잎에 있어서는 alkaloid 合成生理作用이 支障을 받기 때문이라고 보였다.

3. 生産量

Table 3은 CEPA가 잎담배 收量에 미치는 效果를 나타내는 分散分析表이다. 이에 依하면 處理區間에 有意差가 없었다. 따라서 10a당 生産量에 있어서도 (Table 4)

有意差가 나타나지 않았다.

本表에 表示된 10a당 生産量은 土壤이 瘠薄하고 地下水가 不足하였던 關係로 一般圃場의 生産量보다 大端히 적게 나타났다. 許¹⁰⁾도 CEPA 處理는 잎담배의 成熟을 促進하는 作用을 하면서도 收量과 品質의 低下를 招來하지 않았다고 지적 했다.

Table 1. Maturity of the tobacco leaves at each harvest date. Unit in %

Treatment	Number of days after treatment				
	6	11	16	21	19
Check	13.5	27.9	56.5	73.7	100
500	21.4*	37.5*	53.4	77.6	100
1,000	23.4**	47.8**	60.4	81.8**	100
2,000ppm	37.2**	53.4**	68.4**	80.8**	100

*Significant at 5% level.

**Significant at 1% level.

Table 2. Effect of CEPA on the total alkaloid content of ripened leaves. Unit in %

Leaf position	Ground leaf	Middle leaf	Main leaf	Tip leaf	Average	Index
Check	0.84	1.79	3.12	5.07	2.71	100
500	0.78	1.57	2.73	4.30	2.35*	87
1,000	0.64	1.04	2.19	3.60	1.87*	69
2,000ppm	0.58	1.10	2.14	3.45	1.82*	67

*Significant at 1% level.

Table 3. Analysis of variance for the yield of tobacco leaves.

Factor	d. f.	S. S.	M. S.	F
Total	15	294.02		
Treatment	3	36.32	9.08	0.515 < P
Replication	3	99.13		0.05 = 3.86
Error	9	158.57	17.62	

C. V = 11.7%

Table 4. Effect of CEPA on the yield of tobacco leaves. Unit: kg/10a

Treatment	Check	500	1,000	2,000pp
Dry wt.	77.9	73.7	71.2	79.2
Index	100	94.6	91.4	101.7

No significant difference.

摘 要

CEPA를 畚前作 및 雨期前에 收穫할 수 있는 잎담배 早期栽培에 適用할 때 어떤 濃度에서 成熟이 가장 빨리 促進되며 또 니코틴 含量이 低減되는지를 알고저 Yellow Special A 品種을 供試하여 摘心 直後該當 濃度의 CEPA 水溶液을 撒布한 後 一定期間을 두고 收穫하여 處理水準別 成熟度 및 全 alkaloid 含量을 調査하였던 바 그 結果는 다음과 같았다.

1) 處理濃度가 높을수록 잎담배 成熟에 미치는 效果가 컸으며 그 效果는 處理後 6~11日間에 있어서 顯著하였다.

2) CEPA는 葉表面에만 處理해도 效果가 있으며 成熟促進效果는 處理部分에 있어서 더욱 뚜렷하였다.

3) 處理濃度가 높을수록 잎담배의 全 alkaloid 含量이 減少되는 傾向이 있으며 그 效果는 成熟促進作用後에 더 크게 나타났다.

4) CEPA의 成熟促進作用은 成熟期에 가까운 下部葉에서 컸고 alkaloid 蓄積抑制作用은 反對로 熟期에

到達하지 않은 上部葉에서 컸다. 그러나 適期收穫葉에 있어서는 蓄積抑制效果가 部位에 關係없이 같았다.

5) CEPA 處理는 收量에 變化를 주지 않았으며 施用 適正濃度는 500~2,000ppm 사이라고 느껴 컸다.

6) CEPA의 成熟促進 및 alkaloid 合成抑制作用의 機構에 關하여는 今後 더욱 研究할 必要가 있다고 보았다.

引用 文 獻

1. Amchem Products Inc. : Technical service data sheet, E-172, Ethrel. 1969.
2. Bonner, J. (山田登·丸尾文治 譯) : 植物生化學p. 344. 朝創書店. 1954.
3. Dawson, R. F. : Accumulation of nicotine in reciprocal grafts of tomato and totacco. Am. Jour. Botany 29:66-71. 1942.
4. — : Nicotine synthesis in excised tobacco roots. Am. Jour. Botany 29:813-817. 1942.
5. Dennis, F. G., Mileznski, H., de la Guardia M. and Robin, R. W. : Ethylene levels in tomato fruits following treatment with Ethrel. Hortsci. (USA) 5:168-170. 1970.
6. 飯田文吉 : OED 가葉にばこにおよぼす影響について (1) OED撒布가葉たばこの收量, 品質, alkaloid 含有率等におよぼす影響. 日本作物學會 九州支報 27:26-28. 1965.
7. Garner, W. W. : The Production of Tobacco P. 314. Blakiston Co., N. Y. 1951.
8. Hale, C. R., Coombe, B. G. and Hawker, J. S. ; Effects of ethylene and 2-Chloroethylphosphonic acid on the ripening of grape. Plant Physiol. (USA) 45:620-623. 1970.
9. 韓東旭·金昞濟·郭炳華 : 고추 赤熟에 미치는 2-Chloroethylphosphonic acid의 處理效果에 關하여, 園會誌 9:31-35. 1971.
10. 許 溢 : 잎담배 栽培에 있어서 植物生長調節劑 使用 및 그 展望. 作會誌 9:53-59. 1971.
11. —, 이정덕·박은수 : Chemical control에 의한 품질 개선시험, 중앙전매기술연구소 시연보(연초경작부문) P. 377-384. 1970.
12. Iwahori, S. and Lyons J. M. : Accelerating tomato fruit maturity with Ethrel. Calif. Agr. 23(6):17-18. 1959.
13. 專賣廳中央技術研究所 : 煙草 및 材料品 分析方法 P. 10-12.
14. 岡克·江口葉三 : 黃色種タバコの個體收量と alkaloid含量의 遺傳. 育雜 15(1):47-52. 1965.
15. 郭炳華·孫膺龍·許溢 : 2-Chloroethylphosphonic Acid가 잎담배 早熟에 미치는 影響. (未發刊).
16. 松山 晋 : ニコチンレスたばこ. 化學と生物 9 (2) : 102-103. 1971.
17. Mc Murray. A. L. and Miller. C. H. : Cucumber sex expression modified by 2-chloroethanephosphonic acid science (USA) 162:1397-1398, 1968.
18. 西貞夫 : 園藝作物と ケミカル・コントロール P:182-184. 1971.
19. 大熊規矩男 : 黃色種タバコの品種改良に關する栽培學的研究. 專奏試報 45:1-45. 1959.
20. Schmid. K. : Nicotine control and quality o tobacco. Second Int'l Scientific Tob. Congress P. 316-. 1958.
21. 孫膺龍·郭炳華 : 담배 生長과 低 nicotine 含量에 미치는 生長調節劑의 影響. 高大論文集 自然科學 12:45-51. 1970.
22. Takahashi. T. : Studies on the control of nicotine content in tobacco. Proceedinds of the Third World Tob. Scientific Congress P. 350. 353-355. 1963.
23. 田中正雄 : 蒸散抑制劑 OED의開發とその應用, 第六章 タバコの應用. 日本農林水産技術會議事務局編. 1966.
24. — : 葉たばこのニコチン含量に及ぼす蒸散抑制劑의 影響. 日作紀 36:185-191. 1967.
25. — : 葉たばこの葉質に及ぼす蒸散抑制劑의 影響. 日作紀 37(3):436-441. 1968.
26. 吉田大輔 : タバコアルカロイド生成に關する營養生理學的研究 (1). 專奏試報 54:1-36. 1964.
27. — : タバコの葉から根へのアミノ酸の轉流とその nicotine へのとりこみ. 專奏試報 60:15-26. 1967.
28. — : 摘芯前と摘芯後とに同化された炭素の nicotine へのとりこみ. 專奏試報 60:9-13. 1967.
29. —. Relationships between the translocatin of photosynthetic products and the nicotine synthesis in tobacco plants. Soil Sci. & Plant Nut. 13:63-70. 1967.