

# 慶北地域사과園의 改植障害 發生可能性에 關한 研究\*

金 圭 來

경북대학교 원예학과

Study on the Possibility of Occurrence of Apple Replant  
Disease in Kyungpook Region

Kyu Rae KIM

Dept. of Horticulture, Kyungpook National University

## Abstracts

In order to clarify the possibility of occurrence of apple replant disease and the severity of it in Kyungbuk area, 23 apple orchard soils older than 20 years were collected and growth response of apple seedlings in the soil was tested by soil fumigation. Some factors concerned with apple replant disease in some cases were also checked.

The results were as follows.

1. Plant height of apple seedlings was significantly increased in 6 apple orchards and up to 38% in a most conspicuous case by soil fumigation.
2. Fresh weight of aboveground part(except leaves), underground part and whole plant (except leaves) of apple seedlings was significantly increased in 10, 4 and 9 apple orchards, respectively by soil fumigation. The response of soil fumigation was pronounced in fresh weight of aboveground part of apple seedlings, more than 50% increase in 5 apple orchards.
3. The effects of available copper and arsenic content in soil and soil nematodes population on the plant height and fresh weight of apple seedlings were not recognized as important factors causing apple replant disease.
4. Effect of soil PH on the occurrence of apple replant disease was not recognized.

## 1. 緒 言

사과나무를 長期間 栽培한 土壤에 사과나무를 連作했을때 生育이 떨어지는 改植障害現象(replant problems, replant disease)은 여러나라

에서 報告되어 있다.<sup>4, 15, 20)</sup>

改植障害의 原因 中에는 土壤에 蓄積된 As<sup>1,2)</sup> 또는 Cu<sup>18)</sup>와 菌類<sup>6)</sup>, 土壤線蟲<sup>9,10,11)</sup>이 關聯되었다는 報告가 있으나, 根本的인 要因은 밝혀져 있지 않은 狀態이다.

\* 본 연구는 한국학술진흥재단의 지원에 의해 수행되었음.

Savory<sup>15)</sup>는 사과 改植障害를 specific apple replant disease(SARD)라고 명명하였으며, 증기 또는 훈증제에 의한 土壤消毒으로 改植障害가 소실되는 것으로 보아 改植障害의 原因은 어떤 微生物 또는 生命體에 의해 發生되는 것으로 推定하였다.

그에 의하면<sup>16)</sup> SARD는 땅속에서 長期間 지속되며 그 지속기간은 不明하나 적어도 8년간의 草地 또는 作物의 耕耘栽培에서도 그 影響이 減少되지 않기 때문에, 改植時期를 지연시키는 것은 實用的對策이 될 수 없다고 하였다.

SARD에 對한 現在까지 알려진 實用的인 對策은 Chloropicrin에 의한 土壤消毒<sup>4,5,8,9,12,16)</sup>이지만 處理費用이 많이 所要되는 問題點이 있다.

SARD는 果園에 따라 發生되지 않는 경우도 있으며 發生程度에도 差異가 크므로 花란에서는 改植豫定사과園 土壤에 대하여 사과實生苗를 利用한 生物檢定을 실시한 結果에 따라 100% 以上(新梢長 2倍以上)의 生長反應을 나

타내는 土壤에 대해서만 土壤消毒을 권장하고 있다<sup>16)</sup>.

우리나라의 사과栽培는 1900年代 初부터 始作되었으므로, 이미 改植된 사과園이 많을 것으로 推定되며, 今後에는 改植園이 急増할 것으로 豫想된다. 改植園에서는 客土效果가 1年次의 新梢生長에 100% 以上(2倍以上) 나타난 事例<sup>7)</sup>로 볼때, 改植障害發生園이 많을 것으로 推定되나 이에 대한 研究가 全無한 實情이다.

本 研究는 慶北地方의 主要사과栽培에서 20年間以上 사과栽培가 계속되고 있는 23個 사과園 土壤을 供試하여 改植障害의 發生與否와 그 程度를 究明할 目的으로 實施하였다.

## 2. 材料 및 方法

1991年 3月 初부터 4月 初에 걸쳐 23個 사과園(Table 1) 土壤을 採取하여 慶北大學校 農場으로 운반하였다.

Table 1. Location and period of apple growing of orchard soil tested.

Orchard No.	location	soil texture	period of apple growing(year)
1	Sangju city, Buwon dong	loamy sand	25
2	" , Kajang dong	"	29
3	" , Shinbong dong	sandy loam	22
4	Uisong gun, Oksan myun	"	20
5	" , Jumkok myun	loam	22
6	" , Danchon myun	"	32
7	Chongdo gun, Isui myun	"	50
8	" , "	sandy loam	35
9	" , "	"	40
10	Taegu city, Suibyun dong	"	25
11	" , "	"	23
12	" , "	silty loam	20
13	Kunwi gun, Uihung myun	sandy loam	53
14	" , "	"	50
15	Kyongsan gun, Namchon myun	loam	55
16	" , "	sandy loam	25
17	Taegu city, Sung dong	"	68
18	" , "	loam	65
19	Yongchon gun, Kumho uip	sandy loam	55
20	" , "	silty loam	60
21	" , "	loam	55
22	Kunwi gun, Hyoryong myun	silty loam	23
23	Taegu city, Sankyuk dong	clay loam	27

土壤採取方法是 果園別로 사과나무 5株를 任意로 選定하여 主幹으로부터 樹冠外部의 中間地點에서 깊이 30cm까지의 土壤을 나무別로 2個所에서 採取하고 5株分을 混合하였다.

栽培時의 排水不良에 의한 過濕을 防止하기 위하여 굵은 모래(直徑 2~3mm)와 腐葉土를 土壤試料 10에 대하여 各各 2容量을 混合하였다.

土壤試料는 內徑과 높이가 各各 20cm되는 plastic pot에 채우고 2群으로 나누어 1群에는 土壤消毒을 實施하였다.

土壤消毒은 5月 6日에 싸이론(Chloropicrin 32% + methyl bromide 14%) 1.5ml를 pot의 中心部 約 10cm깊이에 注入하고 0.1mm두께의 포리에칠렌필름으로 밀봉하여 비닐하우스內에 4週間 방치하였다. 6月 2日에 포리에칠렌필름을 除去하고 10日間 土壤表面을 헤쳐놓아 土壤內의 gas가 發散되도록 하였다.

試驗에 사용된 사과實生苗는 3月 25日에 후지品種의 種子를 비닐하우스內에서 播種하여 5月 4日 (本葉 5~6枚)에 直徑 8cm 높이 10cm의 비닐용기에 1株씩 移植하였다.

6月 12日에 供試土壤 pot當 1株씩 5反復으로 栽植하되, 同一한 土壤에는 均一한 크기의 實生苗를 栽植하였으며, 뿌리에 부착된 培養土는 가급적 除去하였다.

6月 20日과 9月 4日에 pot當 과수복비(N:16%, P:11%, K:12%)를 各各 2g과 3g씩 사용하였고 育苗期間 및 pot에 栽植後 9月 中旬까지 殺蟲劑 8回, 殺菌劑 6回를 混用 또는 單用으로 撒布하여 病害蟲을 防除하였다.

生長量은 6月 下旬부터 1個月 間隔으로 11月 初까지 樹高를 測定하였고 11月 5日에 實生苗를 굴취하여 잎을 除去하고 뿌리에 부착된 土壤을 깨끗이 水洗하여 제거후 陰地에서 물기를 말린 다음 地上部 및 地下部生體重을 調査하였다.

土壤分析試料는 土壤消毒前에 採取하여 風乾後 2mm체로 쳐서 PH(H<sub>2</sub>O)와 銅 및 砒素를 分析하였다. 銅은 1N 酢酸암모니아(PH 7.0)로 抽出하고<sup>19)</sup>, 砒素는 0.1M H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>로 抽出하여<sup>21)</sup> 原子吸光光度計로 定量하였다.

土壤線蟲은 實生苗 굴취시에 根群 부근의 土壤을 pot當 約 200g씩 採取 混合하여 土壤消毒區와 無消毒區別로 1點씩 調査하였다. 調査

方法은 Baermann의 갈때기체법<sup>17)</sup>으로 하였으며 線蟲調査 및 同定은 慶北大學校 線蟲學研究室에 의뢰하여 實施하였다.

### 3. 結果 및 考察

#### 樹 高

時期別 新梢生長을 調査한 結果(그림1, 表2) 栽植後 10日頃까지는 差異가 없었으나 栽植後 40日頃인 7月 20日에는 土壤消毒區의 平均新梢長이 無處理區에 比해 11.5% 많았고 이러한 差異는 11月 5日까지 큰 變化없이 지속되었다. 果園別로 보면 土壤消毒에 依한 新梢長增加가 10% 以上인 것은 9個園뿐이며, 그 中에서 統計의 有意差를 나타낸 것은 6個園뿐이었다. 가장 甚한 差異를 나타낸 果園(No. 16)도 38%의 增加에 그쳤고 나머지는 15%內外에 不過하였다.

화란에서는 사과實生苗에 依한 生物檢定에서 土壤消毒의 效果가 100% 以下の 生長增加를 나타낼 때는 土壤消毒의 經濟性을 감안하여 土壤消毒을 권장하지 않고 있는데, 이 기준에 따른다면 調査된 23個 果園에서는 改植障害가 輕微하여 土壤消毒의 經濟性이 없다고 判斷된다. 그러나 사과實生苗에 依한 生物檢定の 結果와 사과苗木을 栽植했을 때의 結果가 完全하게 一致되는 것은 아니며<sup>16)</sup>, 本 試驗에서 果園 No. 17의 경우 土壤消毒區에서 12% 程度의 新梢生長增加를 나타냈으나 1983年度에 栽植穴에 客土한 區에서는<sup>7)</sup> 對照區(無客土區)에 比해 栽植當年の 頂端新梢生長이 120% 以上 增加한 것으로 보아 사과實生苗에 依한 生物檢定の 結果를 實際의 사과苗 栽植에 適用함에 있어서는 앞으로 더욱 研究되어야 할 것으로 생각된다.

#### 生 體 重

植物體의 平均生體重(表 2)은 土壤消毒區가 82.6g, 無處理區가 67.7g으로서 土壤消毒區가 22.1% 增加되었다. 果園別로 보면 土壤消毒에 依한 生體重의 有意差를 나타낸 것은 9個園이며, 가장 甚한 差異를 나타낸 것은 76.8%, 그 다음이 46.2%이며 나머지는 30%內外의 差異를 보였다.

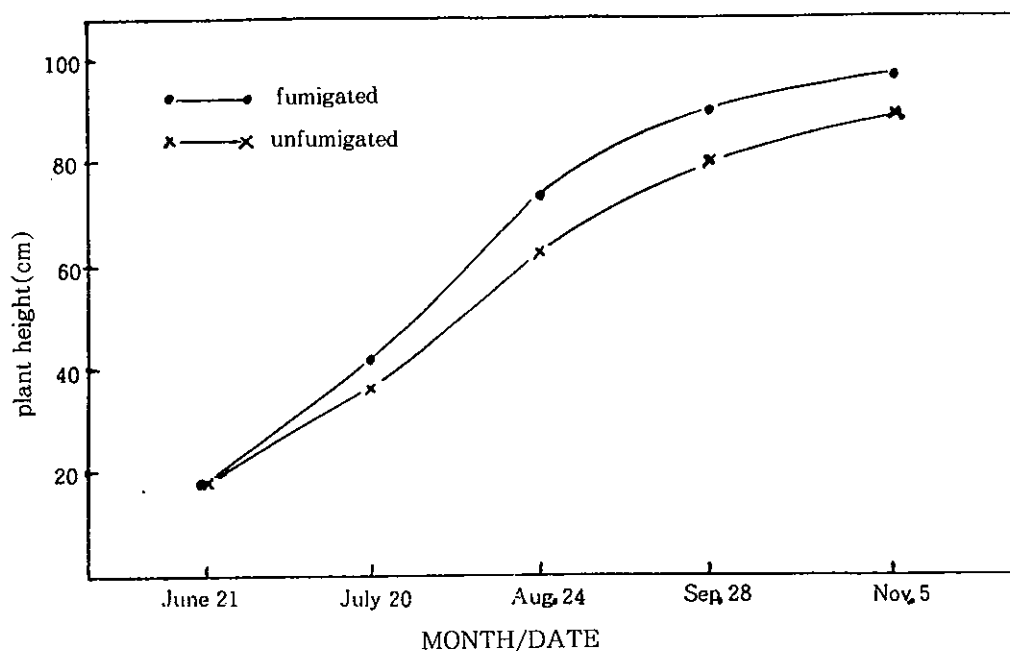


Fig 1. Growth responses of apple seedlings in fumigated or unfumigated soils of 23 apple orchards

Table 2. Effect of soil fumigation on the growth of apple seedling at the end of growing season

Orchard no.	Plant height(cm)		Increase(%)
	fumigated	unifumigated	
1	96.8	90.1	7.4
2	96.9	91.2	6.3
3	97.2	93.8	3.6
4	101.1	90.7	11.4
5	91.7	80.2	4.4
6	105.6	89.7	17.7**
7	112.4	93.4	20.4*
8	88.9	86.3	3.0
9	87.0	84.6	2.8
10	74.8	79.8	-6.7
11	98.2	84.3	16.5*
12	87.7	86.0	2.0
13	73.9	84.9	-14.9
14	94.0	90.4	4.0
15	102.6	101.0	1.6
16	115.0	83.2	38.2**
17	113.0	100.6	12.3
18	96.8	93.7	3.3
19	88.7	76.9	15.3*
20	101.7	95.6	6.4
21	96.3	81.5	18.1*
22	98.1	84.7	15.8
23	86.8	80.8	7.4

\*, \*\* means significant difference at the 5% and 1% level respectively

地上部와 地下部別로 生體重을 調査한 結果, 地上部生體重에서는 10個果園에서 有意差를 나타내었고 地下部生體重에서는 4個果園에서만 有意差를 나타내어, 地上部生體重在 地下部生體重이나 全生體重에 비하여 土壤消毒에 의한 反應이 가장 顯著하였다.

Savory<sup>16)</sup>는 改植障害의 特徵 中の 하나가 Top/Root率이 떨어지는 것이라고 하였는데, 이

상의 結果로 볼때 土壤의 無消毒區에서 地上部生體重在 地下部生體重에 비해 더욱 낮아진 것은 改植障害의 影響때문이라고 推定된다.

地上部生體重在 新梢長보다도 土壤消毒의 影響을 더욱 현저하게 나타내므로 土壤消毒에 의한 生物檢定方法으로서 地上部生體重에 나타내는 反應을 기준으로 하는 것이 妥當할 것으로 생각된다.

Table 3. Effect of soil fumigation on the fresh weight of apple seedlings at the end of growing season

orchard No.	fresh weight(g) of whole plant without leaves		Increase (%)	fresh weight(g) of aboveground part without leaves		Increase (%)	fresh weight(g) of underground part		Increase (%)
	fumigated	unfumigated		fumigated	unfumigated		fumigated	unfumigated	
	1	78.3	68.8	13.8	32.1	25.5	25.9	46.2	43.3
2	81.1	67.6	20.0	30.9	25.0	23.6	50.2	42.6	17.8
3	88.1	67.7	30.1*	35.8	26.3	36.1*	52.3	41.4	26.3*
4	78.4	69.2	13.3	34.4	27.3	26.0	44.1	41.9	5.2
5	82.8	61.4	34.8	32.7	19.8	65.2*	50.1	41.6	20.4
6	97.4	66.6	46.2**	38.4	24.1	59.3**	59.0	42.5	38.8*
7	102.0	81.8	24.7*	46.1	30.7	50.2*	55.9	51.1	1.5
8	77.9	67.7	15.1	29.7	23.0	29.1	48.2	44.7	7.8
9	79.2	59.9	32.2	27.1	20.7	30.9*	52.1	39.2	32.9*
10	63.2	61.2	3.3	20.5	21.2	-3.4	42.7	40.0	6.7
11	83.1	66.2	25.5*	31.4	22.6	38.9*	51.7	43.6	18.6
12	65.4	59.7	9.5	26.7	22.5	18.7	38.7	37.2	4.0
13	63.3	53.6	18.1	21.6	20.7	4.3	41.7	32.9	26.7
14	85.7	71.1	20.5	33.7	25.0	34.8*	52.0	46.1	12.8
15	95.2	90.1	5.7	37.6	34.0	10.6	56.7	56.1	1.1
16	122.2	69.0	76.8**	50.7	23.7	113.9**	71.7	45.3	58.3*
17	95.2	79.0	20.5	41.7	34.1	22.3	53.5	44.9	19.1
18	80.0	72.8	9.9	32.2	27.8	15.8	47.8	45.0	6.2
19	74.5	58.1	28.2	28.4	20.3	39.9*	46.1	37.8	22.0
20	80.9	78.1	3.6	38.3	31.9	20.1	42.6	46.2	-8.5
21	77.2	59.0	30.8*	31.9	19.7	61.9*	45.3	39.3	15.3
22	80.9	61.3	32.0	31.6	22.0	43.6	49.3	39.3	25.4
23	68.5	66.4	3.2	27.3	22.1	23.5	41.2	44.3	-7.5

\*, \*\* means significant difference at the 5% and 1% level respectively by t-test between soil treatment

土壤 PH, 置換性 Cu 및 有效 As 含量 (表 4)

土壤 PH는 果園에 따라 5.39~7.10 範圍에 있었으며 平均은 6.47였다. 果園別 土壤 PH와

土壤消毒에 의한 生長量의 增加間에는 一定한 傾向을 찾아볼 수 없었다. SARD는 土壤 PH가 6.0以上인 土壤에서 發生하기 쉬운 것으로 報告<sup>16)</sup>되고 있으나 本 研究에서는 PH 6.0以上인

土壤에서도 土壤消毒의 效果가 나타나지 않는 果園이 많고 PH 5.39의 土壤에서도 土壤消毒의 效果가 크게 나타난 果園이 있는 것으로 보아 우리나라에서 發生하고 있는 改植障害는 土壤 PH와 關聯이 적은 것으로 推定되나, 이것은 앞으로 더욱 세밀하게 研究되어야 할 課題라고 생각된다.

置換性 Cu의 濃度は 全果園土壤에서 0.3ppm 以下였다. 日本에서 人爲的으로 土壤에 硫酸銅을 添加하여 1年生사과묘를 2年間 栽培後 해체조사한 結果<sup>16)</sup>에 의하면 土壤內的 1N酢酸암모니아 溶出銅이 41ppm인 區에서도 3ppm 溶出區에 비해 地上部生體重이 약간 떨어진다고 한 報告로 보아 本 試驗의 土壤內 銅含量은 사과나무生長에 惡影響을 전혀 미치지 않았을 것으로 判斷된다.

土壤內的 可溶性 As濃度は 1個園에서만 0.2ppm이 檢出되었고 나머지 果園에서는 測定이

不可能하였다. 佐藤<sup>17)</sup>가 배나무苗木으로 實驗한 結果에 依하면 0.1N 酢酸암모니아 可溶 As가 0.2ppm인 土壤(total As 100ppm)에서는 幹間肥大에 全혀 惡影響을 미치지 않았던 것으로 보아 本 研究에서는 0.1M H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 可溶 As가 0.2ppm以下이므로 As의 土壤蓄積때문에 사과묘의 生育에 障害를 일으키리라고는 생각되지 않는다. Benson등<sup>2)</sup>은 土壤內的 total As가 150ppm以下에서는 사과묘의 生育에 큰 障害가 되지 않는다고 하였는데, 本 研究에서는 total As를 調査하지는 않았으나, 0.1M H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>可溶 As의 量으로 보아 total As가 150ppm에 達하는 土壤은 없는 것으로 推定된다. 그러나 本 研究에서의 土壤試料은 깊이 30cm까지의 土壤을 混合하였기 때문에 Cu와 As의 濃도가 낮았을 可能性이 높다. Cu와 As는 깊이 30cm에 비해 10cm以內의 表土에 5~6倍程度 많이 蓄積되어 있으므로<sup>18)</sup> 30년 이상 오래된 사과園의

Table 4. soil PH, copper and arsenic level in 23 apple orchards

orchard no.	soil PH (H <sub>2</sub> O)	Cu level(ppm)	As level <sup>z</sup> (ppm)
1	6.65	0.10	
2	6.71	0.20	
3	6.85	0.15	
4	6.48	0.14	
5	7.05	0.20	
6	5.99	0.15	
7	5.87	0.20	
8	6.62	0.13	
9	6.42	0.19	
10	7.10	0.23	
11	6.91	0.25	
12	6.70	0.12	
13	6.63	0.19	
14	6.54	0.14	
15	5.43	0.29	
16	5.39	0.09	
17	6.34	0.26	0.02
18	6.38	0.18	
19	6.20	0.23	
20	6.61	0.16	
21	6.83	0.07	
22	6.69	0.14	
23	6.45	0.22	

z. arsenic(extracted by 0.1M H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> solution) was undetectable in all orchard except No. 19.

改植時에는 栽植구덩이에 10cm以內의 表土를 될 수 있는한 投入하지 않는 것이 좋을 것으로 생각된다.

토양내의 As축적의 主要原因인 砒酸鉛은 1950년대 말부터 거의 사용되지 않고 있으며, Cu축적의 主要原因인 석회불도액은 1980년대 초부터 살포회수가 현저히 감소하거나, 전혀 사용하지 않는 농가가 많아지고 있으므로 As와 Cu의 토양내 농도가 현재 수준 이상으로 높아질 가능성은 적은 것으로 豫測된다.

土壤線蟲 (表 5)

植物의 生長에 影響을 끼치는 土壤內 線蟲<sup>3,9</sup>

<sup>10,11,13)</sup>를 調査한 結果 사과나무의 生長에 影響이 큰 것으로 報告된 *Pratylenchus penetrans*<sup>9,10,11)</sup>는 全果園土壤에서 檢出되지 않았고 *Tylenchorynchus*屬이 全果園에서 가장 많았으며 一部 果園에서 *Tylenchus*屬과 *Helicotylenchus*屬이 少數가 檢出되었다. 土壤消毒에 依해 *Tylenchorynchus*屬은 大部分의 土壤에서 1/10以下로 減少되었으나, 나머지 그 屬은 오히려 增加한 結果를 보였는데 그 理由는 分明하지 않다.

사과實生苗의 生長量과 土壤線蟲數를 비교해 볼때 土壤消毒區에서 線蟲數가 현저하게 減少되었으면서도 生長量에는 處理間에 有意

Table 5. Effect of soil fumigation on soil nematodes in 23 apple orchard(No/300g of soil)

orchard No.	fumigated			unfumigated		
	Tylen.	Tylencho.	Helico.	Tylen.	Tylencho.	Helico.
1	48	-	-	6	45	21
2	12	108	-	-	393	-
3	24	408	-	-	501	-
4	16	144	-	-	1497	-
5	40	56	-	-	1056	-
6	24	60	-	-	663	-
7	-	312	60	-	9	-
8	-	12	6	-	66	-
9	-	96	48	4	711	4
10	80	384	-	-	2379	-
11	-	48	48	-	3168	-
12	16	32	-	-	2922	-
13	12	180	-	-	8200	-
14	12	48	-	-	1278	-
15	24	138	-	-	528	-
16	-	36	-	-	198	-
17	-	224	32	8	2784	-
18	6	96	6	-	822	-
19	-	40	-	-	2862	-
20	36	222	-	-	3768	-
21	-	138	48	-	816	-
22	12	72	24	-	36	-
23	64	153	9	12	-	-

Remark : Tylen. - *Tylenchus* spp.  
 Tylencho. - *Tylenchorynchus* spp.  
 Helico. - *Helicotylenchus* spp.

차를 나타내지 않은 果園土壤이 많은 것으로 보아 本 實驗의 果園土壤에서는 土壤線蟲이 改植障害의 主要因이 아닌 것으로 判斷된다.

以上の 結果를 종합해 볼때 우리나라 사과원 토양에서는 과원에 따라 改植障害가 發生되는 곳이 있으나, 그 정도가 심하지 않은 편이어서 화란에서 추천되고 있는 장해기준에 따르면, 토양소독 처리가 不必要한 것으로 判斷되었다.

그러나 우리나라에서는 사과 實生苗에 依한 生物檢定 結果와 사과묘의 재식에 依한 生長量間에는 큰 차이가 있을 수 있는 것으로 推定되므로, 금후 사과苗木을 사용한 改植障害 실험이 補完되어야 할 것으로 生覺된다.

#### 4. 摘 要

慶北地方사과園의 사과나무 改植障害 發生與否와 發生程度를 밝힐 目的으로 20年以上 사과栽培가 계속되고 있는 23個 사과園의 土壤을 採取하여, 土壤消毒에 依한 사과實生苗의 生長과 改植障害에 關聯된 것으로 알려진 몇 가지 要因을 調査한 結果는 다음과 같았다.

1. 사과實生苗의 生長은 6個 果園에서 有意差가 있었고, 가장 큰 差異를 나타낸 果園에서 38% 增加되었다.

2. 生體重에서는 地下部가 4個園, 地上部가 10個園 全生體重에서는 9個園에서 有意差를 나타내었고, 地上部에서 土壤消毒에 依한 差異가 가장 顯著하였으며, 5個果園에서는 50%以上 增加되었다.

3. 土壤中の Cu 및 As 濃度, 土壤線蟲數는 사과實生苗의 生長과 生體重에 뚜렷한 影響을 미치지 않았다.

4. 土壤 PH와 改植障害發生間에는 뚜렷한 關係를 認定할 수 없었다.

#### 引 用 文 獻

1. Benson, N. R. 1976. Retardation of apple tree growth. J. Amer. soc. Hort. Sci. 101:251-253.
2. Benson, R. P. Covey, Jr., and W. Haglund.

1978. The apple replant problem in Washington state. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103:156-158.
3. Birchfield, W., and W. J. Martin. 1956. Pathogenicity on sugarcane and hostplant studies of a species of *Tylenchorhynchus*. *Phytopathology* 46(5):277-280.
4. Hoestra, H. 1969. Replant diseases of apple in the Netherlands. Ph. D. thesis. Medelingen Landbouwhogeschool. Wageningen, Netherland. Publ. 68-13.
5. Jackson, J. E. 1973. Effects of soil fumigation on the growth of apple and cherry rootstocks on land previously cropped with apples. *Ann. Appl. Biol.* 74:99-104.
6. Jaffe, B. A. 1982. Fungi associated with roots of apple seedlings grown in soil from an apple replant site. *Plant dis.* 66(10):942-944.
7. 金圭來. 未發表.
8. Koch, B. L., R. P. Covey, Jr., and W. A. Haglund. 1980. Growth response of apple and pear seedlings to Pear soil Fumigation with Chloropicrin. *HortScience*. 15:598-600.
9. Mai, W. F. and G. S. Abawai. 1978. Determining the cause and extent of apple, cherry and pear replant disease under controlled conditions. *Phytopathology* 68:1540-1544.
10. Mai, W. F. and G. S. Abawai. 1981. Controlling replant disease of pome and stone fruits in northeastern United States by preplant fumigation. *Plant dis.* 65(11):859-864.
11. McElroy, F. D. 1972. Nematodes of tree fruits and small fruits, P. 335-375. In: J. M. Webster(ed), *Economic nematology*. Academic, Newyork.
12. Pitches, R. S., D. W. Way, and B. M. Savory. 1965. Specific replant disease of apple and cherry and their control by soil fumigation. *J. Hort. Sci.* 41:379-396.
13. Reynolds, H. W., and M. M. Evans, 1953. The Stylet nematode *Tylenchorhynchus dubius*, a root parasite of economic impor-



- tance in the South West. *Plant Disease Repr.* 37:540-544.
14. 佐藤公一. 1942. 砒素の梨の生長に及ぼす影響及磷酸の砒素毒性軽減に對する效果. *園學雜.* 13(3):238-244.
  15. Savory, B. M. 1966. Specific replant diseases, causing root necrosis and growth depression in perennial fruit and plantation crops. *Research Rev. I. Commonw. Bur. Hort. plant. Crops, East Malling, Maidstone, Kent, England.*
  16. Savory, B. M. 1967. Specific replant diseases of apple and cherry. *Rpt. East Malling Res. Sta.(1966)* p. 205-208.
  17. Southey, J. F. 1970. Laboratory methods for work with plant and soil nematodes. *Tech. Bull Minist. Agric. Fish. Fd. 2(5th Ed) I ~ IV:1-148.*
  18. 津川力. 1984. りんご栽培技術. pp. 106-111. 養賢堂.
  19. 土壤養分測定法委員會. 1975. 土壤養分分析法. pp. 368-373. 養賢堂.
  20. Yadava, U. L. and S. L. Doud. 1980. The short life and Replant problems of deciduous fruit trees. In *Horticultural Rev. vol. 2.* pp. 1-85.
  21. Yamamoto, M. 1975. Determination of Arsenate, methanearsenate, and dimethyl arsinatate in water and sediment extracts. *Soil sci. Soc. Am. Proc.* 39:859-861.