

# 鹽素 및 鹽化水素가스가 水稻와 大豆에 미치는 影響

金福榮\* · 金奎植\* · 韓基碩\*  
(1982년 2월 25일 접수)

## Effects of Chlorine and Hydrogen Chloride Gas Fumigation on Rice and Soybean Plants

Bok Young Kim,\* Kyu Sik Kim\* and Ki Hak Han\*

### Abstract

A study was carried out to examine the effects of chlorine and hydrogen chloride gas with various concentrations (0.1, 0.25, 0.5 and 1.0 g/m<sup>3</sup>/hr) on rice and soybean plants. Symptoms, ratios of destroyed leaf, grain yield and chlorophyll contents in leaves were investigated. The results are as follows.

- 1) Hydrogen chloride gas damaged the margin parts of rice and soybean leaves, but chlorine appeared grayish subtle spots in whole parts of rice and soybean leaves.
- 2) Rice leaves showed higher damage ratio in hydrogen chloride fumigation than in soybean leaves, but less damage in chlorine.
- 3) Chlorophyll contents in rice leaves were higher in chlorine gas fumigated than hydrogen chloride fumigated.
- 4) The ratio of destroyed leaf was negatively correlated with chlorophyll contents.

### 序 論

鹽素는 할로젠원소의 하나로 주로 金屬鹽化物로서 地殼의 約 0.2%를 차지하며 NaCl로서 海水에 約 2.5%가 含有되어 있다. 鹽素(Cl<sub>2</sub>)가스는 沸點이 -34.7°C, 鹽化水素가스는 -85°C로 黃綠色의 氣體이며 鹽素는 漂白劑로서 pulp, 製紙, 무명 등의 漂白에 쓰이는 매우 重要한 工業藥品의 하나이며 또한 生物에 苦痛이 甚하고 生物組織을 破壞하는 生理的 作用을 가지고 있기 때문에 生物에 大端히 有害한 氣체로 알려져 왔으며 特히 人間에 有毒하여 第一次 世界大戰 때 戰爭武器로까지 등장되었던 가스이다<sup>(1)</sup>.

鹽酸 및 가성소다 製造工場, 製鋼工場, pulp工場 등에서 使用하므로 이들 工場에서 排出可能性이 높으며 取扱不注意, 事故, 技術未熟, 施設老朽 등에 의하여 往往外部로 排出되어 農作物을 加害하는 境遇도 있다<sup>(2,3)</sup>.

Thornton等<sup>(4)</sup>은 鹽素가스가 亞黃酸가스보다 植物에 接觸할 때 2~3배의 毒性을 가지고 있다고 報告하였으며, McCallan等<sup>(5)</sup>은 綠色植物葉에 亞黃酸가스, ammonia가스, 黃化水素가스, 靑酸가스, 鹽素가스 등을 同一濃度로 接觸實驗한 結果, 鹽素가스가 가장 有害하다고 하였다. Benedict 等<sup>(6)</sup>은 무우나 알팔파 등이 鹽素가스에 敏感한 植物로서 10 ppm 1時間 接觸으로 被害가 發生한다고 하며 양과, 옥수수, 해바라기 등은 10 ppm에서 4時間接觸으로 被害가 誘發된다고 報告하

\* 農業技術研究所 (Institute of Agricultural Sciences, Office of Rural Development, Suweon 170, Korea)

였다. 그러나 鹽化水素가스는 亞黃酸가스보다 被害가 훨씬 작다고 하였다. 筆者는 鹽素 및 鹽化水素가스에 대한 水稻 및 大豆의 被害特徵을 究明하기 위하여 가스被害後에 被害症狀, 被害程度, 植物體의 成分變化等을 調査하여 報告하는 바이다.

材料 및 方法

가. 供試作物 및 栽培法

大豆(陸羽 3號)를 1/2,000 a pot에 熟田土壤의 表土를 pot當 14 kg씩 充填하여 窒素, 磷酸, 加里(3-6-5 kg/10 a)를 尿素, 重過石, 鹽化加里로 pot當 各各 0.81 g, 1.62 g, 1.24 g을 全土壤에 混合施用하고 pot下部로부터 水分을 供給하면서 5月 15日 株當 2粒씩 pot當 4株를 播種하였고 播種後 栽培管理는 一般慣行法에 準하였다. 水稻는 密陽 23號를 供試하였고 熟田土壤의 表土(砂壤土)를 風乾하여 1/2,000 a pot에 15 kg씩을 各各 充填하고 窒素, 磷酸, 加里는 尿素重過石, 鹽化加里를 成分量으로 15-10-10 kg/10 a로 pot當 尿素 8.1 g, 重過石 5.4 g, 鹽化加里 4.2 g을 窒素는 基肥 60%, 追肥 25%, 穗肥 15%, 磷酸는 全量基肥, 加里는 基肥 70%, 追肥 30%로 施用하였고 40日苗를 pot當 一本 4株를 5月 25日에 移秧하였다. Pot에 地下水를 灌水하면서 露地에서 栽培하였다.

나. 가스發生 및 接觸

供試한 Cl<sub>2</sub>가스는 36%의 鹽酸에 KMnO<sub>4</sub>를(2KMnO<sub>4</sub> + 16HCl → 2MnCl<sub>2</sub> + 2KCl + 5Cl<sub>2</sub> ↑ + 8H<sub>2</sub>O) 過量加하여 아크릴板으로 製作된 가스接觸室內에 發生시켰으며 HCl가스는 鹽酸을 flask內에서 微溫으로 加熱하면서 發生시켰다. 供實驗으로 發生된 가스量을 分析하여 不足되는 가스를 補正하였으며, Cl<sub>2</sub> 및 HCl가스 모두 가스接觸室內(5.3 m<sup>3</sup> = 1.8 m × 1.7 m × 1.7 m)에 0.1 g/m<sup>3</sup>, 0.25 g/m<sup>3</sup>, 0.50 g/m<sup>3</sup>의 濃度로서 對流條件下에서 大豆는 營養生長期, 水稻는 分蘖最盛期인 7月 4日에 各各 1時間씩 接觸시켰다<sup>(7)</sup>. 가스接觸時 接觸室內 溫度는 最高最低溫度計로 測定하여 25~30°C 범위이었고 濕度는 乾濕度計로써 70~80%이었다.

다. 被害症狀 및 被害率率

被害症狀는 가스接觸後부터 落葉時까지 觀察하였으며 被害率率은 가스接觸 5日後에 個個의 被害率率의 被害를 肉眼으로 全體葉數에 對한 被害葉數의 比率을 다음式에 依하여 算出하였다.

$$R = \frac{r_1n_1 + r_2n_2 + r_3n_3 \dots}{T - N} \times 100$$

R = 被害率率

r = 葉被害率

n = 被害葉數

T - N = 全葉數

라. 葉綠素 含量測定

水稻生葉 0.5 g에 85% acetone 10 ml를 加하여 유리 homogenizer로 磨碎하여 No. 5A濾紙로 濾過하고 Spectrophotometer(Hitachi Model-101)로 波長 663 mμ 및 645mμ에서 吸光度를 測定하여 chlorophyll a 및 b의 含量을 Mackiney法<sup>(9)</sup>에 依하여 算出하였고, spectra의 變化調査를 위하여 Double Beam Spectrophotometer (Shimadzu UV-200)로 acetone으로 浸出된 各試料의 absorbance를 測定하였다<sup>(9)</sup>.

結果 및 考察

가. 被害症狀

鹽素가스와 鹽化水素가스를 水稻와 大豆에 接觸시킨 結果 寫眞 1,2와 같이 水稻와 大豆 共히 鹽素가스는 微細한 灰白色의 斑點이 葉의 表面에 無數히 나타나고 甚한 境遇는 赤褐色의 큰 斑點으로 나타나며 Barton<sup>(10)</sup>等은 鹽素가스는 亞黃酸가스보다 有害하고 무우와 라이種子에서도 漂白作用이 明白했다고 報告하였으며 強力한 酸化力을 가진 漂白劑이므로 植物의 氣孔에 吸收될 경우 細胞內 有機物質들을 酸化시키므로 自然히 細胞는 死滅하는 것으로 생각되며 가스接觸當時 잎에 가리워져 그늘진 部分은 被害가 輕微하게 나타난 것으로 보아 接觸當時의 光度가 鹽素가스 被害에 크게 作用한 것으로 나타났다. 이는 炭素同化作用이 鹽素가스의 細胞內 吸收를 容易하게 하는 것으로 생각된다.

鹽化水素가스는 寫眞 1,2와 같이 植物葉의 被害症狀이 黃褐色 혹은 灰白色으로 나타나는데<sup>(11)</sup> 鹽化水素가스는 細胞內 chlorophyll의 Mg<sup>++</sup>와 鹽化水素가스의 H<sup>+</sup>가 置換되어 chlorophyll을 破壞하며<sup>(12)</sup> 또한 水稻 大豆 共히 弗化水素가스의 被害症狀과 類似하게 잎의 가장자리에서 부터 黃褐色 내지 灰白色으로 枯死한다. 이는 吸收되어진 鹽化水素가스에 依한 被害物質이 植物葉첨단에 移動蓄積되어 가장자리의 被害가 甚한 것으로 判斷되며 Thomas<sup>(13)</sup>等도 鹽化水素가스는 弗化物에 依한 被害와 같이 잎의 가장자리에서 부터 症狀이 나타난다고 報告한 것과 같은 傾向을 보이고 있다.

나. 被害率率

鹽素가스와 鹽化水素가스를 作物에 接觸시킨 結果 表 1에서와 같이 鹽素가스나 鹽化水素가스 모두 濃度增加에 따라서 被害率率이 增加되었다. 0.1 g/m<sup>3</sup>의 Cl<sub>2</sub>가스接觸에서는 水稻, 大豆 모두 可視的 被害症狀이 없었으나 HCl가스에서는 5%의 被害症狀을 나타내어 水



Photo 1. Typical symptoms of Cl<sub>2</sub> and HCl toxicity on rice leaf



Photo 2. Typical symptoms of Cl<sub>2</sub> and HCl toxicity on soybean leaf

稻에서는 HCl가스가 Cl<sub>2</sub>가스보다 有害한 것으로 생각되며 0.25 g/m<sup>3</sup>에서도 水稻에서는 HCl가스가 더 被害가 컸으나 大豆에서는 反對로 Cl<sub>2</sub>가스가 HCl가스보다 被害葉率이 커서 水稻에서는 被害症狀이 없었으나 大豆에서는 40%의 葉被害率을 나타냈다. 0.5 g/m<sup>3</sup>과 1.0 g/m<sup>3</sup>에서도 같은 傾向을 나타내어 水稻는 HCl가스가 Cl<sub>2</sub>가스보다 被害가 크고, 大豆는 Cl<sub>2</sub>가스가 HCl가스보다 被害가 컸다. 水稻는 珪酸性 植物인데 反하여 大豆는 石灰性植物인 差異가 있으나 그 原因에 對하여는 좀더 研究가 되어야 할 것으로 생각된다.

鹽素 및 鹽化水素가스의 濃度가 增加함에 따라서 그림 1과 같이 葉被害率이  $y=107.5x-26.9x^2-3.8$ 의 關係로 增加하는 것을 볼 수 있었다.

Table 1. Percentage of destroyed leaf on rice and soybean plant exposed to chlorine and hydrogen-chloride gas  
Unit : %

| Gas             | Crop    | Concentration of gas (g/m <sup>3</sup> ) |       |      |      |
|-----------------|---------|--|-------|------|------|
|                 |         | 0.10                                     | 0.25  | 0.50 | 1.0  |
| Cl <sub>2</sub> | Rice    | Trace                                    | 13.9  | 45.0 | 70   |
|                 | Soybean | Trace                                    | 40.0  | 77.5 | 100  |
| HCl             | Rice    | 5  | 25    | 47.5 | 82.5 |
|                 | Soybean | Trace                                    | Trace | 7.5  | 15.0 |

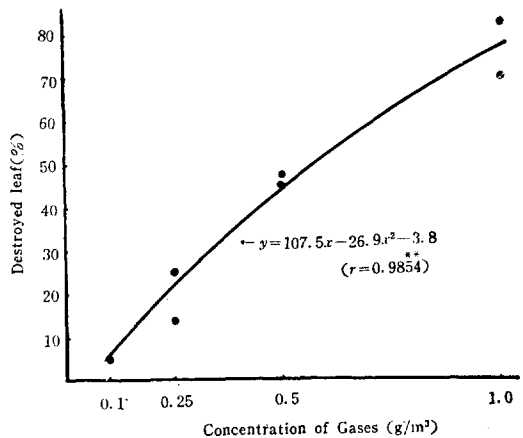


Fig. 1. Relationship between concentration of chlorine and hydrogen chloride gas and percentage of destroyed leaf

다. 收 量

鹽素가스와 鹽化水素가스를 水稻와 大豆에 表 2와 같이 濃度를 增加시키면서 各各 1時間씩 接觸시킨 結果 鹽素가스와 鹽化水素가스 모두 濃度增加에 따라서 收量減少가 많았다. 鹽素가스는 大豆가 水稻보다 被害가 컸고 鹽化水素가스에서는 水稻의 被害가 大豆보다 크게 나타났는데 水稻 對照區 收量 142.1 g/pot에 比하여 0.25 g/m<sup>3</sup>의 Cl<sub>2</sub>가스에서는 121 g/pot로서 85.6%였으며, HCl가스 0.25 g/m<sup>3</sup> 接觸에서는 102.1 g/m<sup>3</sup>로 71.9%이며 水稻에서는 葉被害率에서와 마찬가지로 HCl가스가 Cl<sub>2</sub>가스보다 減收가 많았다. 大豆에서는 對照區 52 g/pot에 比하여 0.25 g/m<sup>3</sup>의 Cl<sub>2</sub>가스接觸에서는 41.4 g/pot로서 79.6%이며 HCl가스 0.25 g/m<sup>3</sup>接觸에서는 42.5g/pot로서 81.7%로서 被害葉率과 마찬가지로 Cl<sub>2</sub>가스가 HCl가스보다 被害가 크게 나타났다. 水稻는 珪酸植物인데 反하여 大豆는 石灰性植物이므로 植物과 가스의 種類에 따라서 被害의 差異가 생기는 것으로 생각되나 그 原因에 對하여는 밝혀진바 없으며 鹽素系가

Table 2. Grain yield of rice and soybean exposed to chlorine and hydrogen chloride gas  
Unit : g/pot

| Gas             | Crop    | Concentration of gas (g/m <sup>3</sup> ) |                 |                 |                 |                 |
|-----------------|---------|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                 |         | 0  | 0.10            | 0.25            | 0.50            | 1.00            |
| Cl <sub>2</sub> | Rice    | 142.1<br>(100)                           | 123.6<br>(87.0) | 121.6<br>(85.6) | 108.9<br>(76.6) | 105.7<br>(74.4) |
|                 | Soybean | 52.0<br>(100)                            | 44.5<br>(85.6)  | 41.4<br>(79.6)  | 24.0<br>(46.2)  | —               |
| HCl             | Rice    | 142.1<br>(100)                           | 104.3<br>(73.4) | 102.1<br>(71.9) | 91.8<br>(64.4)  | 77.6<br>(54.6)  |
|                 | Soybean | 52.0<br>(100)                            | 47.0<br>(90.4)  | 42.5<br>(81.7)  | 38.7<br>(74.4)  | 36.9<br>(71.0)  |

Table 3. Chlorophyll contents in rice leaves exposed to chlorine and hydrogen chloride gas  
Unit : mg/g fresh weight

| Gas             | Chlorophyll | Concentration of gas (g/m <sup>3</sup> ) |       |       |       |       |
|-----------------|-------------|--|-------|-------|-------|-------|
|                 |             | 0  | 0.10  | 0.25  | 0.50  | 1.0   |
| Cl <sub>2</sub> | a           | 2.108                                    | 2.241 | 1.439 | 1.322 | 0.992 |
|                 | b           | 0.911                                    | 1.257 | 0.785 | 0.650 | 0.476 |
|                 | a+b         | 3.019                                    | 3.498 | 2.224 | 1.972 | 1.468 |
| HCl             | a           | —  | 1.962 | 1.434 | 1.036 | 0.495 |
|                 | b           | —  | 0.859 | 0.610 | 0.397 | 0.156 |
|                 | a+b         | —  | 2.821 | 2.044 | 1.433 | 0.651 |

스도 가스의 種類, 作物의 種類에 따라서 그 被害가 相異하게 나타났다.

라. Chlorophyll含量

水稻의 chlorophyll含量은 表 3과 같이 對照區의 chlorophyll含量은 3.019 mg/g이나 Cl<sub>2</sub>가스 및 HCl가스 모두 가스濃度增加에 따라서 減少하고 있으며 0.25 g/m<sup>3</sup>의 濃度에서는 Cl<sub>2</sub>가스가 2.224 mg/g, HCl가스가 2.044 mg/g이었다. Chlorophyll 역시 水稻에서는 HCl가스의 減少가 Cl<sub>2</sub>가스의 減少보다 크게 나타났고 chlorophyll a와 chlorophyll b도 total-chlorophyll과 같은 傾向이었다. 1.0 g/m<sup>3</sup>의 Cl<sub>2</sub>가스接觸時 水稻葉의 chlorophyll含量은 0.5 g/m<sup>3</sup>의 HCl가스接觸時 chlorophyll含量과 類似하며 0.50 g/m<sup>3</sup>의 HCl 가스接觸時 chlorophyll含量은 0.25g/m<sup>3</sup>의 HCl가스接觸時 chlorophyll含量과 類似하고 HCl가스 2 mole은 Cl<sub>2</sub> 가스 1 mole과 重量이 비슷하므로 가스의 有害程度를 mole로 表示할 경우는 Cl<sub>2</sub>가스와 HCl가스의 被害程度가 水稻에서는 類似한 것으로 생각된다. 水稻葉의 chlorophyll의 spectra를 調査한 結果 그림 2와 같이 同一 濃度에서는 Cl<sub>2</sub>가스보다는 HCl가스에서 spectra의 減少

가 큰 것으로 나타났으며, 葉綠素에 HCl이 加해지면 phaeophytine이 生成된다고 報告되고 있는데<sup>(13)</sup> phaeophytine이 測定되어지는 波長 535 mμ부근에 Cl<sub>2</sub>가스에서는 spectra의 增加痕跡이 없으나 HCl가스에서는 1.0 g/m<sup>3</sup>, 0.5 g/m<sup>3</sup>, 0.1 g/m<sup>3</sup> 濃度에서 微量이나마 增加되었는데 이는 phaeophytine의 生成을 意味하는 것으로 생각되며 Cl<sub>2</sub>가스에서는 phaeophytine이 生成되지 않는 것으로 推定된다.

가스의 濃度增加에 따라 減少된 total-chlorophyll含量과 被害葉率과는 그림 3과 같이  $y=121.9-55.6x-5.4x^2$  ( $r=-0.954^{**}$ )의 高度의 有意性있는 否의 相關을 나타내었으므로 葉被害率 調査만으로 被害程度를 表示할 수 있다고 생각된다.

要 約

水稻 및 大豆를 pot栽培하여 가스接觸室內에서 Cl<sub>2</sub> 가스 및 HCl가스를 0.1, 0.25, 0.50, 1.0 g/m<sup>3</sup>의 濃度로 1時間씩 接觸시켜 가스接觸後에 나타나는 被害症狀, 被害葉率, 收量 및 chlorophyll含量 등을 調査한 結

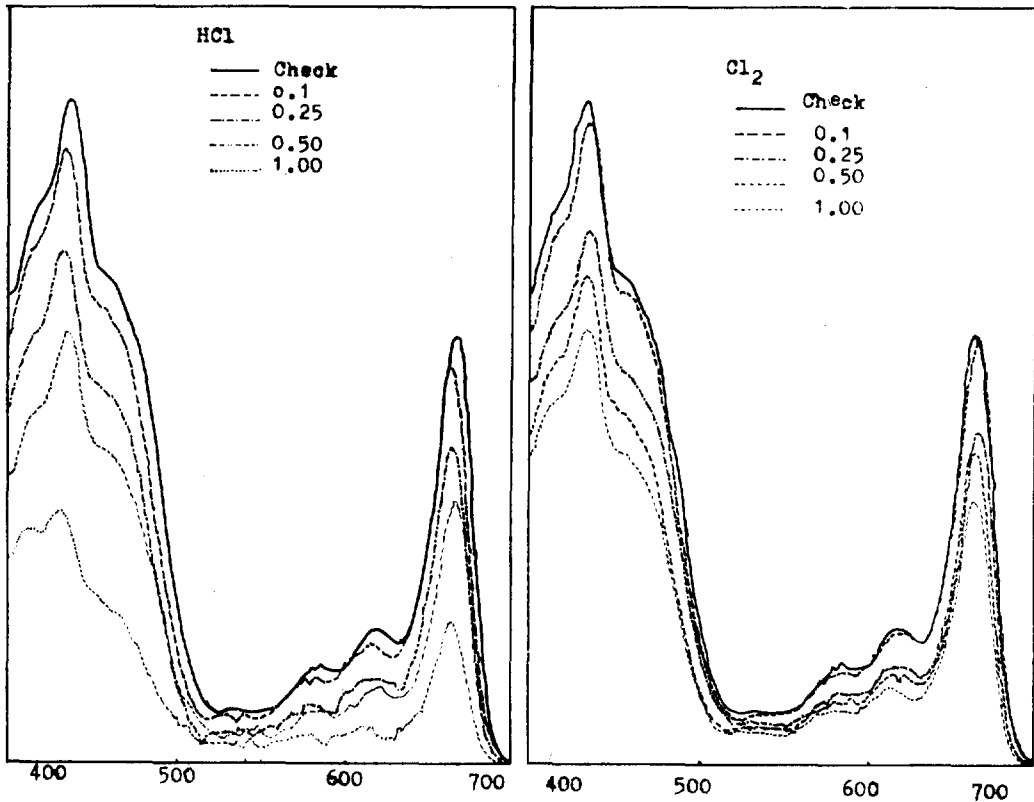


Fig. 2. Absorption spectra of acetonetic chlorophyll solution from rice leaves treated with chlorine and hydrogen chloride gas

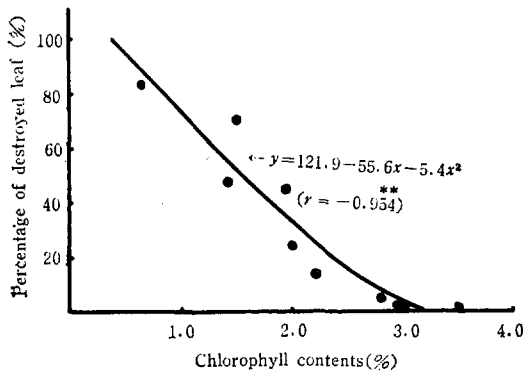


Fig. 3. Relationship between percentage of destroyed leaf and chlorophyll contents in rice leaves

果는 다음과 같다.

1) 鹽素가스는 水稻, 大豆 모두 葉全면에 灰白色의 微細한 斑點이 나타나며 甚할 境遇는 白色으로 枯死하나, 鹽化水素가스는 葉의 가장자리에서 부터 灰白色으로 枯死한다.

2) 가스濃度 增加에 따라서 減收가 컸으며 水稻는 鹽化水素가스에서 大豆는 鹽素가스에서 被害가 컸다.

3) 同一濃度에서의 被害葉率은 鹽素가스에서는 大豆가, 鹽化水素가스에서는 水稻가 크게 나타났다.

4) 水稻葉의 chlorophyll含量은 鹽素가스接觸이 鹽化水素가스 接觸보다 被害가 적었다.

5) 水稻葉의 chlorophyll含量과 被害葉率과는 高度의 有意性있는 否의 相關을 나타내었다.

### 引用 文 獻

1. 金泰鳳, 楊東秀, 張世憲 (1959): 一般化學, 集賢社. pp. 319~346.
2. 谷山鐵郎, 渡邊徹 (1973): コンビナート事故によって 流出した 鹽素가스による 農作物および植物被害, 大氣汚染研究, 8(3), 371.
3. 谷山鐵郎, 渡邊徹 (1973): 鹽素가스による植物の被害症狀とその感受性, 大氣汚染研究, 8(3), 372.
4. Thornton, N. C. and Setterstrom, C. (1940): Toxicity of ammonia, chlorine, hydrogen cyanide, hydrogen sulphide, and sulphur dioxide gases, III Green plants. *Contrib. Boyce Thompson Inst.*, 11, 343.

5. McCallan, S. E. A. and Setterstrom, C. (1940): Toxicity of ammonia, chlorine, hydrogen cyanide, hydrogen sulphide, and sulphur dioxide gases I, General methods and correlations, *Contrib. Boyce Thompson Inst.*, **11**, 325.
6. 大韓民國學術院 (1973): 大氣汚染物質에 對한 植物의 感受性, 環境問題研究報告書, pp. 3~34.
7. 金福榮, 韓基碩, 金善寬 (1979): 大豆에 對한 ammonia가스의 影響, 韓國土壤肥料學會誌, **12**, 109.
8. 金福榮, 韓基碩, 金善寬, 金奎植, 金福鎮 (1979): 複合가스接觸이 大豆生育에 미치는 影響에 關한 研究, 農事試驗研究報告, **21**, 1.
9. 松坂義明 (1976): 色素分析法, 栽培植物分析測定法, 養賢堂(日本) pp.387~389.
10. Barton, L. V. (1940): Toxicity of ammonia, chlorine, hydrogen cyanide, hydrogen sulphide and sulphur dioxide gases, *Contrib. Boyce Thompson Inst.*, **11**, 357.
11. Treshow. M. (1970): *Environment and Plant Response*, McGraw-Hill, p.422.
12. 禹麟根 (1959): 植物成分學, 東明社, pp.265~268.
13. Thomas, M. D. and Hendricks, R. H. (1956): Effects of air pollution on plants in P. L. Magill, F. R. Holden, and A. C. Ackley(eds), *Air Pollution Handbook Ser. 9*, McGraw-Hill, New York.