

植物의 아황산 가스被害에 대한 암모니아 가스의影響

成 敏 雄
(慶尙大學 科學教育科)

Effects of Ammonia on the Sulfur Dioxide Injury in Plants

Sung, Min Wung

(Dept. of Science Education, Gyeongsang National University)

ABSTRACT

The experiments were conducted to examine the injuries of SO_2 , NH_3 , and SO_2 and NH_3 mixed gas to the germination and the growth of plants. Six kinds of plants were used as the material. These plant seeds were treated with the gases for five days.

Rate of the germination and the growth in height of varying plants were different according to the components of the gases. The critical concentration of the gases for both the germination and the growth were in 5ppm of SO_2 , 50ppm of NH_3 , and 50ppm SO_2 and 50ppm NH_3 mixed gases.

When a low concentration of SO_2 was treated together with NH_3 , especially it was reduced to 60 percent of the damage in the germination and the growth.

In the treatment with SO_2 , the germination of the seeds which soaked in water for 24 hours reduced the injuries more 40 percent than those which for one hour.

It was observed that the seeds with thick coats or with originally intact coats were suffered but little damaged by the gases, and the external symptoms of an injury were shown, at first, in water pore, and then, in guard cell on the leaves.

緒 論

植物에 對한 가스汚染의 報告는 많다. NH_3 (前田, 1969)와 SO_2 (Middleton, 1950)는 植物의 氣孔에서 體內로 들어가 細胞의 酸素를 빼앗아 그 被害가 急激하다는 것을 報告한바 있다. 植物에 對한 그 被害症狀은 이미 報告된바 있다.

庄司(1969)에 依하면 植物體는 SO_2 에 對하여 꽃잎이 가장 敏感하며 10種類의 樹木에서 전나무(*Abies holophylla* Maximowicz)가 가장 敏感하고 떡갈나무(*Quercus dentata* Thunberg)의 敏感度가 가장 낮다고 했다.

SO_2 가스(Thomas, 1937, 1944; Zimmerman, 1934; 谷山, 1972)는 葉綠素를 還元的으로 脫色하여 植物의 光合成과 呼吸作用을 阻害하며 有機酸의 分解生成物인 Aldehyde類와 反應하여 有害한 α -oxisulfonic acid를 形成하여 細胞를 破壞시킨다.

最近 $^{35}\text{SO}_2$ 가스를 植物體에 吸收시켰을 때 蛋白質合

成過程에 그 一部分이 利用되었고, 그 同位元素의 分布는 葉身>葉柄>莖>根의 順으로 나타난다(Zimmerman and Crocker, 1934; 山添, 1972). 한편 細胞에 蓄積되던 原形質分離를 일으켜 作物에 被害를 준다(中村, 1960).

國內에서는 農村振興廳의 鄭(1970)은 SO_2 가스의 處理로 植物體의 N, P, S 含量이 增加된다는 調査外에 SO_2 가스의 被害에 對한 NH_3 의 保護作用에 關한 報告는 없다. 1970年度 國內都市의 SO_2 가스는 最大許用量인 0.05ppm을 넘고 있었다(후, 1972). 이 濃度는 植物生長에 外形的 被害症狀을 나타낼 程度는 아니다.

筆者는 SO_2 가스의 被害를 植物體에 H^+ 가 蓄積되어 酸性化로 나타나는 原因의 一部分을 生覺하여 이 가스의 被害防除를 爲한 中和方法으로 NH_3 가스를 使用하는 理論的 假說을 세웠다. 이 假說을 檢討하기 爲하여 몇 가지 가스를 發芽中の 種子와 生長中の 植物에 處理하여 調査하였다.

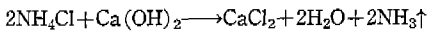
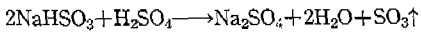
이 調査의 目的은 SO_2 와 NH_3 각 單獨處理時의 가스

被害가 混合處理에 依한 相補效果를 나타낼 수 있을 것인가를 檢討하여 植物의 汚染防除對策을 爲한 方法의 一環策에 寄與코져하는데 있다.

材料 및 方法

이 實驗은 1972年 7월부터 9월까지 밀(*Triticum vulgare* V.), 벼(*Oryza sativa* L.), 보리(*Hordeum spontaneum* C.), 녹두(*Phaseolus radiatus* L.), 콩(*Glycine max* M.), 무우(*Raphanus sativus* L.)의 種子를 材料로 *in vitro* 條件에서 實施되었다.

가스의 發生은 다음 反應式과 같이 實施하였다.



이 反應에서 發生한 水分은 乾燥塔을 設置하여 除去하고 各 가스만 捕集하였다. SO_2 發生은 Basic Fuchsin 液의 無色反應으로, NH_3 發生은 NH_3 가 HCl 과 接觸時에 白色 固體의 NH_4Cl 形成으로 各各 確認하였다.

材料種子에 水分을 한時間 吸收시킨 것과 24時間 吸收시킨 것을 다음과 같이 處理하였다. 300ml 의 비이커안에 濾過紙를 깔고 各 種子 50 粒씩 뿌린 후 Hoagland 培養液을 一定量 넣고 비닐로 包裝하여 發芽 및 植物生長을 爲한 床으로 만들었다.

가스의 處理方法은 包裝한 비닐 위로 SO_2 , NH_3 , $\text{SO}_2 + \text{NH}_3$ 의 實驗區에 對한 一定한 濃도를 微細注射器로 注入한 後 注射時에 뚫린 비닐 구멍은 테이프(plastic tape)로 封하여 가스 誤差範圍 以上の 損失을 防止하였다. 一定한 가스의 濃度維持方法은 谷山, 宥門(1970)의 方法을 약간 變更하였다. 즉 비닐에 依한 가스의 透過量을 參酌하여 Gas tester(Nakamura company)로서 每日 測定하여 不足된 損失量을 補充하여 5日間 一定하게 가스濃도를 維持하였다. 이 가스내에서 種子 發芽 및 發芽 後의 植物生長을 調査하였다. 이때 室溫은 30°C 였다.

SO_2 , NH_3 , $\text{SO}_2 + \text{NH}_3$ 의 3種類의 實驗區에 對한 가스는 各各 Control, 1ppm, 5ppm, 10ppm 및 50ppm 의 濃도로 區分하고 15個區의 3反復으로 모두 45個 處理區를 設置하였다.

細胞生死에 對한 識別은 生體染色法에 依한 TTC 方法에 따랐다.

植物體의 pH 測定은 發芽한 境遇는 材料植物全體량, 發芽하지 않은 境遇는 種子를 Buffer solution 에서 Waring blender로 粉碎하여 濾過한 後 Beckman pH meter 의 電極으로 測定하였다. pH 값은 同一한 가스

의 濃度인 境遇는 植物種類에 따른 pH 값에 큰 誤差가 없었으므로 한데 묶어 4回 平均한 pH 값을 나타냈다.

植物細胞의 原形質分離는 別度로 비이커에서 培養한 平均 3.2cm 의 植物體를 5日間 가스濃度別로 處理하여 쌍떡잎植物은 胚軸(Hypocotyl), 외떡잎植物은 子葉鞘(Coleoptile)의 表皮組織을 Microtome 으로 切斷하여 슬라이드 위에 놓고 材料植物이 生長한 가스濃度の 培養液을 떨어뜨려 Mounting 한 後 1000x 의 Oil immersion 한 顯微鏡下에서 Control區와 肉眼的인 觀察로서 比較하여 細胞內에서 一部라도 原形質分離가 일어난 것은 原形質分離(+)로 看做하고 그렇지 않은 것은 非原形質分離(-)로 看做하여 記錄하였다. 同一한 濃度の 가스내에서는 植物의 種類에 따른 誤差는 크지 않았으므로 pH 의 境遇와 마찬가지로 한데 묶어 나타냈다.

가스濃度別로 發芽率, 植物生長, 植物組織의 pH, 原形質分離 및 外的 被害症狀等を 調査하여 SO_2 와 NH_3 各 가스로 因한 被害의 相補 效果를 比較檢討하였다.

結 果

SO_2 와 NH_3 各 가스에 依한 種子發芽 및 植物生長의 被害를 減少시킨 수 있으리라 假定했던 SO_2 와 NH_3 의 混用效果를 調査한 結果는 Table 1~4, Fig. 1~5 와 같다.

한 時間 水分을 吸收시킨 種子를 5日間 가스에서 發芽시켰을 때 Table 1 과 같이 SO_2 는 10ppm 以上에서 種子의 發芽는 停止되었고 種子의 發芽能力도 喪失되었다. 10ppm 濃度에서 벼와 무우는 SO_2 에 對한 發芽의 低抗性이 強하다고 할 수 있다. 本實驗을 通해 種子의 種皮가 두꺼울수록 가스에 對한 發芽抑制가 減少됨을 觀察하였다. 그러나 SO_2 10ppm 에서 發芽되지 않은 種子是 同一한 NH_3 의 濃도와 混用하므로 그 濃度에서 發芽되었다. 이는 SO_2 의 發芽抑制 被害를 NH_3 로서 減少시킬 수 있었음을 示唆하는 것이다. NH_3 의 單獨處理에서는 50ppm 에서 發芽가 停止되고 發芽能力도 喪失되었다.

24時間 水分을 吸收시킨 種子를 5日間 가스에 處理하였을 때 發芽한 結果는 Table 2 와 같다.

한時間 水分을 吸收시킨 種子是 SO_2 5ppm 에서 發芽되었으나 24時間 水分을 吸收시킨 種子是 그 濃度에서 發芽되지 않았고 發芽能力도 喪失되었다.

SO_2 處理에 對한 發芽의 被害는 한時間 水分을 吸收한 種子보다 24時間 水分을 吸收시킨 種子에서 더욱

Table 1. Effects on the germination rate of the seeds absorbed water for one hour and treated with varying gas concentrations for five days (unit; %)

Gas and seed Concentrations	SO ₂						NH ₃						SO ₂ +NH ₃					
	Wheat	Barley	Rice	Bean	Green bean	Radish	Wheat	Barley	Rice	Bean	Green bean	Radish	Wheat	Barley	Rice	Bean	Green bean	Radish
Control	98.5	89.6	99.8	98.1	99.5	96.5	98.5	88.7	99.8	97.8	99.6	96.3	98.3	92.1	99.8	98.8	99.6	97.8
1 ppm	99.0	88.4	99.8	98.7	98.6	97.1	98.3	89.1	99.7	97.4	99.5	97.2	94.2	91.5	99.8	98.3	99.6	97.8
5 ppm	89.0	25.7	99.8	30.0	40.5	55.4	97.9	88.6	99.9	98.5	98.8	97.3	98.7	91.4	99.7	97.7	99.8	95.3
10 ppm	00.0	00.0	85.0	00.0	00.0	20.1	98.5	87.9	99.9	99.3	95.5	97.8	85.5	93.1	99.8	56.1	69.8	76.1
50 ppm	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	99.5	00.0	00.0	65.6	44.5	47.8	70.1	20.0	30.6	41.1

Table 2. Effects on the germination rate of the seeds absorbed water for 24 hours and treated with varying gas concentrations for five days (unit; %)

Gas and seed Concentrations	SO ₂						NH ₃						SO ₂ +NH ₃					
	Wheat	Barley	Rice	Bean	Green bean	Radish	Wheat	Barley	Rice	Bean	Green bean	Radish	Wheat	Barley	Rice	Bean	Green bean	Radish
Control	98.5	89.6	99.8	98.1	99.9	98.7	98.5	89.7	99.9	98.7	99.8	98.7	98.4	89.9	99.9	98.9	99.9	98.7
1 ppm	98.0	89.5	99.5	98.2	99.9	98.8	98.7	89.7	99.5	98.6	99.8	98.8	98.5	90.1	99.8	98.9	99.8	98.8
5 ppm	00.0	00.0	99.5	00.0	00.0	65.0	98.4	89.8	99.6	98.6	99.9	99.6	51.1	81.6	99.8	90.3	30.8	71.4
10 ppm	00.0	00.0	99.3	00.0	00.0	00.0	80.7	86.1	99.7	98.7	99.8	99.8	00.0	00.0	99.7	00.0	00.0	20.8
50 ppm	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	99.5	00.0	00.0	60.7	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0

顯著하다. 發芽時에는 種皮가 自然破裂되고 이 自然損傷을 입지 않은 種子일 수록 發芽被害는 減少되었다.

24時間 水分을 吸收한 種子가 5ppm SO₂에서 發芽되지 않았으나 이 濃度의 NH₃를 處理함으로써 發芽는 可能했다. NH₃ 單獨處理에서는 水分吸收의 時間에 關係없이 50ppm의 濃度에서 發芽되지 않았으며 發芽能力도 喪失되었다.

發芽率의 抑制는 實驗한 氣斯의 濃度增加와 比例하여 增加되었고 氣斯의 種類와 濃度 및 種子의 種類에 따라 差異가 있었다.

發芽抑制의 被害는 SO₂가 呼吸作用의 Mechanism에 有害한 影響을 미친다고 한 報告로 說明된다(Thomas and Hill, 1937; 山添, 眞弓, 1972).

氣斯의 濃度 別로 나타난 生長의 被害는 Fig. 1~4와 같다.

各 氣斯가 50ppm 以下의 濃度에서 曲線이 끝난 것은 그 濃度 以上에서 눈이 나온 植物의 生長이 停止되어 枯死한 것을 意味한다. Fig. 1과 같이 短時間 水分을 吸收시킨 種子에서 자란 눈(芽)은 밭의 境遇 5ppm SO₂ 以上에서 生長이 停止되었으나 NH₃를 混用하므로 10 ppm SO₂까지 生長이 可能했다. 씨는 10ppm SO₂까지 生長可能하였으나 10ppm NH₃를 混用 했을 때는 50ppm SO₂에서도 枯死하지 않았다. 보리도 밭과 同一한 結果를 나타냈다.

Fig. 2와 같이 長時間 水分吸收시킨 種子는 氣斯處

理時에 發芽하여 1ppm SO₂ 以上의 濃度에서 生長이 停止되어 枯死했으나 NH₃를 混用했을 때 枯死의 被害는 없었다. 이 傾向은 發芽時에 받은 氣斯被害로 因하여 植物이 生長함에 따라 繼續影響을 미치고 生長하는 동안 完全回復이 어려운 것이라 生覺된다.

SO₂가 種子의 發芽後에 植物生長에 미치는 被害는 NH₃를 混用함으로써 減少시킬 수 있었던 것은 單子葉 植物의 傾向과 같이 雙子葉植物에서도 同一한 結果를 나타냈다(Fig. 3, 4).

細胞의 原形質分離에 미치는 氣斯의 影響을 調查한 結果는 Table 3과 같다. 原形質分離가 일어나기 始作한 濃度는 5ppm SO₂, 50ppm NH₃, 10ppm SO₂+10ppm NH₃ 以上에서 였다.

植物體의 pH를 測定한 結果 Table 4와 같이 SO₂의 濃度가 增加함에 따라 酸性化되었고 NH₃의 濃度增加에 따라 알칼리性으로 되었으며 SO₂의 酸性은 NH₃로 中和되었다. 이와 같은 事實은 本實驗의 假說과 一致하였으며 SO₂의 被害를 NH₃로서 減少시킬 수 있을 뿐만 아니라 SO₂와 NH₃의 植物被害를 相互減少시키는 相補 效果를 나타낸다고 生覺된다.

被害症狀는 5ppm SO₂에서 일의 尖端部가 熱湯한 것 과 같이 組織이 軟化되고 單子葉植物은 白色 乃至 黃白色으로 枯死하였다. 雙子葉植物에서는 黃褐의 症狀를 나타냈으나 무우는 黑色斑點 더욱 甚하면 白色斑點으로 일의 뒷면에 나타났다. 콩은 根端이 말렸으며 黃

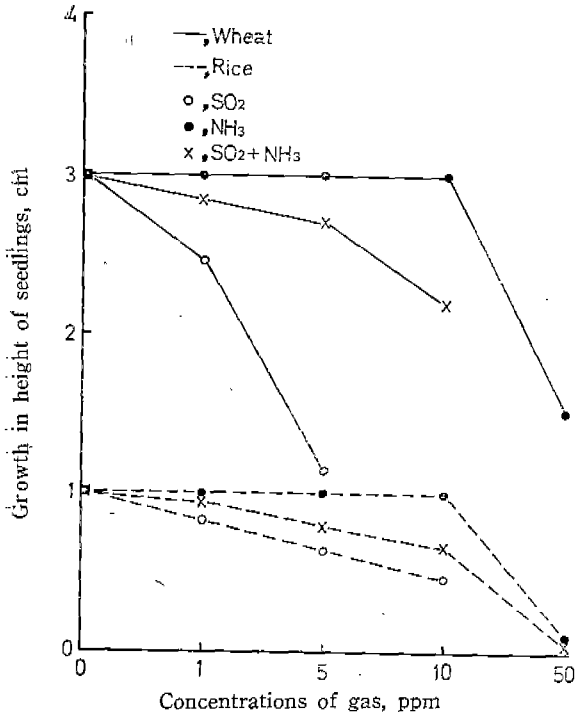


Fig. 1. The growth in height of wheat and rice seedlings, which seeds soaked in water for one hour and then treated with certain gases for five days.

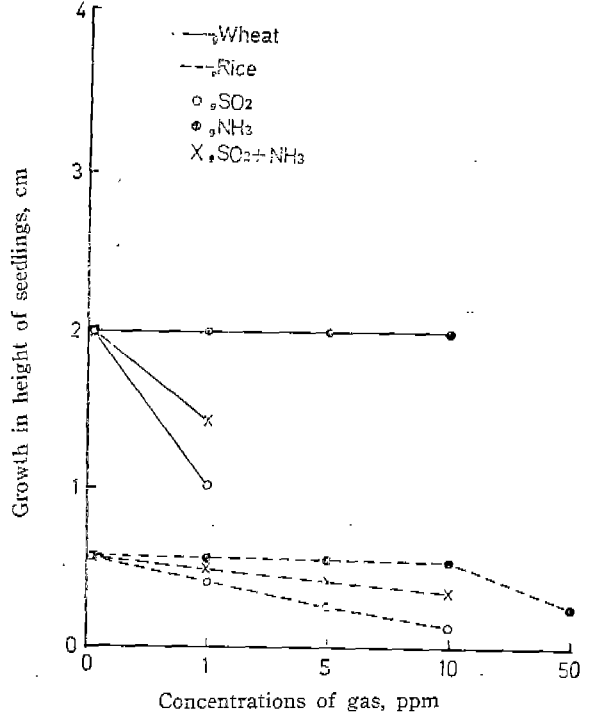


Fig. 3. The growth in height of bean and radish seedlings, which seeds soaked in water for one hour and then treated with certain gases for five days.

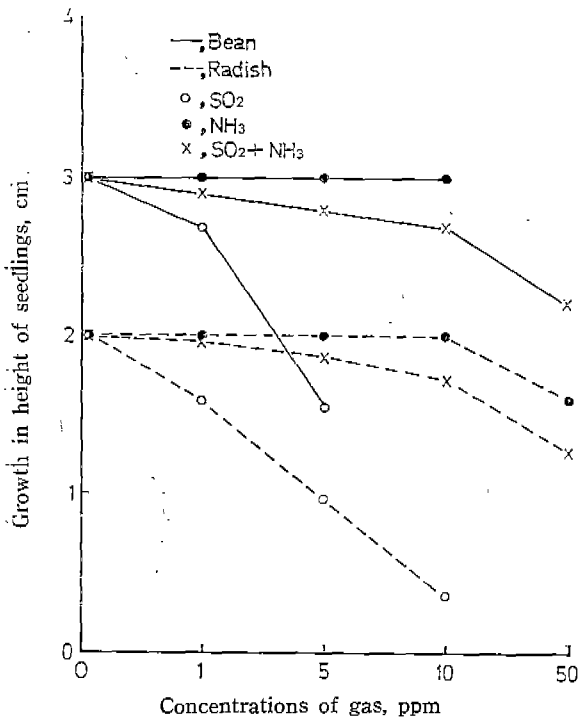


Fig. 2. The growth in height of wheat and rice seedlings, which seeds soaked in water for 24 hours and then treated with certain gases for five days.

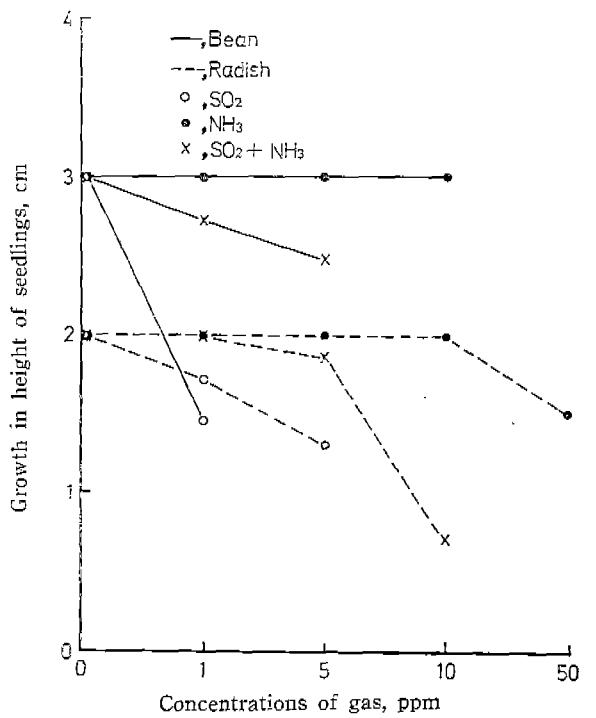


Fig. 4. The growth in height of bean and radish seedlings, which seeds soaked in water for 24 hours and then treated with certain gases for five days.

Table 3. Plasmolysis of cells in six kinds of seedlings treated with varying gas concentrations for five days
(-, Nonplasmolysis. +, Plasmolysis.)

Concentrations	SO ₂	NH ₃	SO ₂ +NH ₃
Control	-	-	-
1 ppm	-	-	-
5 ppm	- +	-	-
10 ppm	+ +	-	- +
50 ppm	+++	- +	+ +

Table 4. pH values of the plant tissues treated with varying gas concentrations for five days

Concentrations	SO ₂	NH ₃	SO ₂ +NH ₃
Control	6.5	6.5	6.5
1 ppm	6.5	6.5	6.5
5 ppm	6.0	6.7	6.3
10 ppm	5.8	6.8	6.1
50 ppm	3.5	7.1	5.2

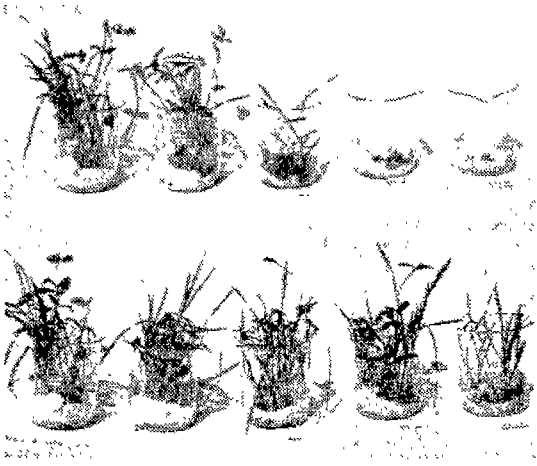


Fig. 5. The comparison between the damages by SO₂ gas only, and by SO₂ and NH₃ mixed gases.
Above; 0, 1, 5, 10, and 50ppm SO₂ gas.
Below; 0, 1, 5, 10, and 50ppm of SO₂ and NH₃ mixed gases.

褐色으로 되었다.

50 ppm NH₃에서 雙子葉植物은 黃褐色의 症狀를 나타내었으며 雙子葉植物은 黑色乃至 黃褐色으로 枯死하는 傾向이 많았고 組織은 硬化되는 SO₂와 正反對의 症狀를 나타냈다. 10ppm SO₂에서 枯死했으나 10ppm NH₃를 混用함으로써 枯死하지 않고 黃褐色乃至 白色

을 나타냈다.

NH₃는 土壤에서 많이 發生하며(金, 吳, 1971), 有機質을 過用하거나 암모니아態의 窒素肥料을 石灰質과 苦土와 같은 알카리性 資材와 混用하여도 發生하여 作物에 被害가 나타난다(前田, 1969). SO₂는 無煙炭이 燃燒할 때나 自動車의 排氣가스, 黃酸製造工場 등에서 많이 發生되어 植物體에 被害를 준다(松道, 白鳥, 三好, 1966; 鄭, 1971).

筆者의 實驗에서 水分을 長時間 吸收한 種子일 수록 發芽抑制 및 停止의 被害가 더욱 甚하였다. 이것은 지금까지 알려진(郭, 任, 孫, 1968) 250ppm 및 1000ppm의 가스被害濃도와 比較하면 約 20배나 낮은 10ppm: SO₂, 50ppm NH₃, 各 50ppm의 SO₂+NH₃ 濃度였다. 이와 같은 濃度의 差는 筆者의 實驗條件과 달리하였기 때문이다.

NH₃를 處理함으로써 SO₂의 發芽被害는 減少되었으며(Thomas et al, 1944; 山添外, 1972) NH₃의 이와같은 効果는 SO₂ 10ppm 以下の 低濃度에서 可能하였고 그 以上の 濃度에서 나타나는 가스의 被害는 이미 SO₂의 發生媒介物에서 調節되어야 할 것이다.

種子에 따라서 發芽被害가 다르게 나타난 原因은 發芽前까지 種皮의 自然損傷이 없거나 種皮가 두꺼울 수록 가스接觸에 對한 保護作用을 하는데 起因되는 것으로 생각된다.

SO₂ 가스에 對한 敏感度의 差異는 庄司(1969)의 樹木類에 關한 調査와 같이 植物의 種類에 따라 다르게 나타났다.

植物組織에 對한 pH는 SO₂+H₂O→H₂SO₃→2H⁺+SO₃²⁻로서 SO₂는 H⁺를 植物組織에 蓄積시켜 植物體를 酸化性 시켰으며, NH₃+H₂O→NH₄OH→NH₄⁺+OH⁻로서 NH₃는 OH⁻를 蓄積시켜 植物體를 알칼리性으로 만들었다. 이로부터 被害는 두 가스가 中和作用을 하여 相補效果를 나타낼 것이라는 假說이 實驗結果와 一致되었다.

SO₂와 NH₃가 植物에 미치는 外部形態의 被害症狀는 水孔에서 最初로 黃白色의 症狀으로 나타나 擴大되었다. 氣孔에서도 黑色 혹은 黃褐色의 症狀이 나타났다. 이의 原因은 두 氣體가 水分과 接觸이 가장 容易한 植物部位가 水孔과 氣孔이기 때문이라 生疑된다.

SO₂와 NH₃의 混用으로 各 가스 單獨處理로 나타난 植物의 被害는 低濃度에서 60% 減少될 수 있었다.

本實驗의 結果 土壤에서 發生되는 NH₃와 大氣中の SO₂ 가스가 低濃度에서 共存할 때 被害가 더욱 甚하다고 생각되었으나 오히려 相補效果를 나타내어 各 가스

의 單獨被害는 減少되었다.

摘 要

1972年 7月부터 9월까지 *in vitro* 條件에서 水分을 吸收시킨 6種類의 植物種子를 濾過紙를 깔아 둔 비이커 안에 넣고 5日間 SO_2 , NH_3 , SO_2+NH_3 의 가스를 Control, 1ppm, 5ppm, 10ppm 및 50ppm 의 濃度別로 接觸시켰을 때 이들 가스가 種子의 發芽 및 植物生長에 미치는 影響과 單獨가스의 被害를 減少시킬 수 있는 方法을 檢討한 結果는 다음과 같다.

1. 5ppm SO_2 , 50ppm NH_3 및 50ppm $\text{SO}_2+50\text{ppm NH}_3$ 以上の 濃度에서 種子發芽 및 植物生長은 停止 및 枯死되었고 그 以下の 濃度에서 濃度가 增加할 수록 抑制되었다.
2. 두 가스의 外形的 被害症狀는 水孔에서 最初로 나타났고 다음 氣孔에서 나타났다. 植物의 種類에 따라 被害程度는 差異가 있었다.
3. 發芽前에 種皮의 損傷이 없는 것과 種皮가 두꺼운 것은 가스에 對한 發芽被害는 減少되었다.
4. 24時間 水分을 吸收한 種子는 1時間 水分을 吸收한 種子보다 가스로 因한 發芽抑制被害率은 40% 더 높았다.
5. 低濃度에서 SO_2 에 依한 種子發芽 및 植物生長에 미치는 被害는 NH_3 와 共存時 60%까지 減少되었다.

參 考 文 獻

1. 車誌煥 1972. 人間環境세미나. p. 53
 2. 정영호 1970. 벼에 대한 아류산가스의 피해. 농사시험연구보고. 13. 57~61.
 3. 金遵敏, 吳智泳 1971. 土壤으로부터 휘발되는 알모니아와 이산화질소의 消失에 對한 植被型의 影響에 對하여. Kor. Jour. Bot. 14(3). 43~46.
 4. 郭炳華, 任綱彬, 孫膺龍 1968. 植物生理學. p. 36~211
 5. Lindenbein, W. 1965. Tetrazolium testing. Proc. Int. Seed Test Ass. 30. 89~97.
 6. 松道義浩, 白鳥孝治, 三好洋 1966. 農作物에 對する 亞硫酸 가스障害について大氣汚染研究. 農業技術. 1(2). 39~41.
 7. 前田正男 1969. 原色作物의 要素缺乏過剩症. 農山漁村文化協會 發行. p. 181~182.
 8. Middleton, J. T., J. B. Kendrick Jr, and H. Sohwalm 1950. Injury to herbaceous plants by smog or air-pollution. Plant Disease Report. 34. 245~252.
 9. 中村輝雄 1960. フッ化水素による水稻體の作物影響學的變化について植物に及ぼす煙害に關する基礎的研究(第三報). 日土肥誌. 31. 29~32.
 10. 庄司光 1969. 環境衛生學概說. 光生館發行. p. 40.
 11. 立谷壽雄 1964. 農作物의 煙害と被害輕減策. 農業技術. 39. 69~74.
 12. 谷山鐵郎, 有門博樹, 岩田幸弘, 澤中和雄 1972. 作物의 가스障害に關する研究. 日本作物學會紀事. 41(2). 120~125.
 13. Thomas, M. D. and G. R. Hill 1937. Relation of sulfur dioxide in the atmosphere to photosynthesis and respiration of alfalfa. Plant Physiol. 12. 309~383.
 14. Thomas, M.D, R.H., Hendricks and G. R. Hill 1944. Plant Physiol. 19. 212
 15. 山添文雄, 眞弓洋一 1972. 二酸化硫黃を吸收した植物中の硫黃の分布および形態について. 日本土壤肥料科學雜誌. 43(7). 245~250.
- (1973. 4. 5. 접수)