

水稻品種의 大氣汚染適應性

朴 院 澈* · 金 光 鎬**

Study on Adaptability of Rice Varieties at Air-Pollution Site

Wan Cheol Park* and Kwang Ho Kim**

ABSTRACT

Ten recommended rice varieties were cultivated in paddy area affected by air-pollutants and in normal area to select varieties adaptable to air-pollution environment. Rice plants grown in pollution site showed higher contents of total sulfur and fluorine in leaf through the whole growing period compared with those in non-pollution site, and rice leaves destroyed by air-pollutants were found only in pollution site. Rice grain yield and four yield components of ten rice varieties grown in pollution site were lower than those in normal area. Five rice varieties among ten were selected as adaptable to air-pollution environment, based on their yielding potential in pollution site and grain yield ratio between two sites. Rice varieties adaptable to pollution showed little variation of percent ripened grains and number of panicles per hill between two sites. Chlorophyll content in flag leaf of rice plants grown in pollution area was lower than in non-pollution area. No relationship was found between grain yield ratio (pollution/non-pollution site) of ten varieties and total sulfur content ratio, fluorine content ratio, chlorophyll content ratio between two sites, and percent destroyed leaf in pollution site, respectively. This result suggest that varietal adaptability to air-pollution environment is not related with the amount of pollutants absorbed, but with the degree of response to pollutants.

緒 言

數회에 걸친 經濟開發計劃에 의해 大單位 重化學 工業團地가 造成된 後 各種 大氣汚染物質 特히 亞黃酸가스(SO₂) 및 弗化水素가스(HF)가 排出되어 農作物에 많은 被害를 주고 있다. 大氣中の SO₂는 葉의 氣孔을 통해 吸收된 後 細胞質溶液에 溶解되어 H⁺, HSO₃⁻, SO₃⁻²을 生成하여 H⁺은 細胞液의 pH를 低下시켜서 被害를 주고, HSO₃⁻와 SO₃⁻²는 직접 植物에 被害를 준다.³⁾ 그리고 HF는 氣孔을 통해 植物體內에 吸收된 後 直接 葉綠素를 破壞하거나²³⁾ 弗化物이 酵素中の Fe⁺² 및 Mg⁺²와 結合하여 Me-

tal fluorophosphate complex를 形成하여 酵素의 不活性化를 誘發하므로¹³⁾ 因해 各種 代謝作用을 阻害하여 被害를 준다.

大氣汚染의 被害程度는 植物의 種이나 品種에 따라 差異가 있고¹⁹⁾, 水稻의 경우에도 SO₂를 利用한 實驗室的인 實驗結果에서 金等⁹⁾은 可視的 葉被害率(煙斑率)이 높은 品種이 收量이 낮은 傾向을 보였다고 하였고, 寶¹⁾은 찰벼系統이 벼벼系統의 品種보다 抵抗性이 높다고 하였으며, 大村 等¹⁵⁾은 日本의 南部地方 在來種이 北部地方의 在來種보다 抵抗性이 높다고 하였다. 本實驗은 이러한 實驗室的인 單純接觸實驗에 의해 品種間의 抵抗性 및 適應性을 究明하는 方法의 缺點을 補完하기 위하여 水稻의 全生育

* 韓國科學技術 環境工學研究室(Environmental Engineering Lab., KAIST, Seoul 131, Korea)

** 建國大學校 農科大學(Dept. of Agronomy, Kon-Kuk University, Seoul 133, Korea)(1984. 11. 29 接受)

期에 걸쳐 계속적으로 排出되는 複合大氣汚染物(HF, SO₂)의 影響을 받고 있는 工業團地周邊의 耕作地와 非汚染地域의 耕作地에서 10個의 獎勵品種을 供試한 後 葉內的 汚染物蓄積量, 煙斑率, 葉綠素含量, 收量構成要素, 收量を 調査하여 大氣汚染地域에 適應하는 品種을 選定하고, 適應性品種의 特性을 究明하기 위하여 實施하였다.

材料 및 方法

本 實驗은 1983年 4~9월에 걸쳐 石油化學系列 工場이 入住해 있는 全南 麗州郡에 位置한 麗川工業團地內 SO₂ 및 HF 排出業所와 隣接한 麗川郡 三日邑 上岩里에 大氣汚染影響實驗畝를 選定하고, 排出業所에서 直線距離로 약 7km 떨어진 麗水市 純德洞에 大氣汚染無影響畝를 選定하여 實驗을 實施하였

으며, 實驗畝의 地力은 表 1과 같다.

品種은 10個 獎勵品種(統一系: 南豐, 漢江淸, 曙光, 豐產, 太白, 青青벼 등 6品種, 一般系: 洛東, 蟾津, 三南벼 등 4品種)을 供試하였으며, 4月 25日에 播種하여 6月 5日에 栽植距離 30×15cm로 1株 3本植으로 移秧하였다. 施肥量은 窒素-磷酸-加里 各各 15-10-10 kg/10a로 하고, 窒素質肥料는 移秧直前에 50%를 基肥로 施用하였고,

Table 1. Chemical properties of paddy soils.

Site	pH	CEC (me/100g)	O.M (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	K (me/100g)
Pollution	5.2	14.76	2.32	0.22	40.4	0.35
Non-pollution	5.3	8.80	2.66	0.23	38.0	0.36

Table 2. Analytical method of pollutants in rice leaf and air.

Items	Methods	Description
S	Gravimetric	<p>Sample + Mg(NO₃)₂ Soln. $\xrightarrow[180^\circ\text{C}]{\text{Heat}}$ Ignite $\xrightarrow[500^\circ\text{C}]{} \text{add H}_2\text{O \& HCl}$ <u>boil</u> Filter</p> <p>Filtrate + HCl $\xrightarrow{\text{Heat}}$ BaCl₂ Soln. $\xrightarrow[5 \text{ min.}]{\text{boil}}$</p> <p>Filter \rightarrow Dry ppt \rightarrow Ignite & weigh</p>
F	Electrode method	<p>Sample + Na₂CO₃ Soln. \rightarrow Dry & Ignite \rightarrow NaOH Fusion \rightarrow Dissolve in H₂O</p> <p>Stem Distillation \rightarrow Distillate</p> <p>165°C</p> <p>TISAB \rightarrow Ion Meter</p> <p>Adjust to pH 5.0~5.5</p>
HF		HF absorbed in 0.01 N NaOH; color developed with lanthanumtrate, buffer and alizarin complexon \rightarrow spectrophotometer at wave length, 620 mμ.
SO _x		SO _x absorbed in K ₂ CO ₃ paper; color developed with barium chloranil acid \rightarrow spectrophotometer at wave length, 530 μ.

移秧 15日 및 45日後에 30% 및 20%를 追肥로 施用하였으며, 磷酸과 加里質肥料는 全量 基肥로 施用하였다. 그리고 其他 栽培管理는 建國大學校 農科 大學 標準耕種法에 準하였다. 試驗區當 面積은 6m²로 하고 試驗區配置는 亂塊法 3反復으로 하였다.

大氣 및 葉內 汚染物質의 分析方法은 表 2와 같고, 葉綠素分析은 Mackinner 法으로 生葉 0.5g에 85% Aceton 10ml을 加하여 硝子 Homogenizer로

磨碎한 후 이를 No. 5 A 濾紙로 濾過하여 Spectrophotometer로 吸光度 663mμ 및 645mμ에서 測定하여 葉綠素 a 및 b의 含量을 計算하였다. 그리고 煙斑率은 7·8월에 每月 15日과 30日 2回에 걸쳐 各被害葉의 被害程度를 5%, 10%, 20%, 30%,100%로 區分하여 다음 式에 의하여 計算하였다. 煙斑率 = {(0.05 × 5% 被害葉數 + 0.1 × 10% 被害葉數) / 全葉數} × 100.

結果 및 考察

1. 汚染因子

7~9월에 繼續的으로 測定한 大氣中 硫黃酸化物(SO_x) 및 7月 12日과 9月 6日에 各各 24時間 測定한 HF의 濃度는 表 3과 같이 汚染地域에서의 測定濃度가 非汚染地域보다 높았다. 그리고 大氣中 SO₂ 및 HF 濃度の 指標로 많이 利用되는^{8,24)} 葉內 全硫黃 및 弗素含量과 이들 大氣汚染物의 複合汚染物의 複合汚染程度를 보여주는^{11,12,17)} 煙斑率은 表 4에서와 같다. 7, 8, 9月 平均 葉內 全硫黃 및 弗素含量은 汚染地域에서 栽培할 경우 그 濃度가 非汚染地域에서 보다 높고, 7, 8月 平均 煙斑은 汚染地域에서만 發生하고 非汚染地域에서는 전혀 發生하지 않았다. 汚染地域과 非汚染地域間 그리고 品種間의 葉內 汚染物含量差異가 統計的 有意差가 認定되었으며 地域과 品種間의 相互作用도 認定되어 汚染物質에

Table 3. Concentration of pollutants in air at pollution and non-pollution site.

Factor	SO _x (μg/100cm ² /day)				HF(ppb)		
	Jul.	Aug.	Sep.	Ave.	Jul.	Sep.	Ave.
Pollution	120	111	300	177	2.3	2.0	2.2
Non-pollution	34	35	69	46	<1.0	<1.0	<1.0

Table 4. Variation of pollutant contents in leaf and % destroyed leaf at pollution and non-pollution site.

Pollutant Site	Total Sulfur* %		Fluorine* (ppm)		% destroyed leaf**
	P	N-P	P	N-P	
Variety					
Nagdong	0.366	0.222	24.2	10.7	2.8
Seomjin	0.384	0.198	25.5	10.5	3.8
Dongjin	0.394	0.198	27.5	13.8	2.5
Samnam	0.459	0.199	25.2	12.8	3.5
Nampoong	0.348	0.171	30.8	14.7	13.5
Hangangchal	0.327	0.239	32.4	11.1	26.2
Seogwang	0.324	0.214	28.6	13.3	10.7
Poongsan	0.343	0.196	29.1	13.1	20.7
Taebaeg	0.325	0.172	30.0	13.0	22.0
Cheongcheong	0.379	0.202	29.8	10.6	22.5

* Average of June, July, and August measurements.

** Average of June and July measurements.

Table 4-1. Statistical analysis of data in table 4.

		T-S	F	
F- Value	A(Site)	29.00*	70.18*	
	B(Variety)	3.53**	4.61**	
	A · B	3.90**	3.03**	
L	Between	5%	0.131	0.054
	"A" treatment	1%	—	0.124
S	Between	5%	0.035	0.016
	"B" treatment	1%	0.047	0.022

Table 5. Regression equations and correlation coefficients between pollution factors in leaf of rice plant.

Equation	Correlation coefficient
Y=41.064-0.154X ₁	-0.444
Y=-32.852+0.197X ₂	0.673*
Y=-22.639-0.035X ₁ +0.181X ₂	0.678*

Y: % destroyed leaf(Ave. of June and July).
X₁: T-S in leaf ratio(Ave. of June, July and August).

X₂: F in leaf ratio(Ave. of June, July and August).

對한 葉內吸收反應이 品種間에 差異가 난다는 것을 알 수 있었다. 煙斑의 發生率은 多收系品種이 一般系品種보다 아주 높았는데 이는 多收系와 一般系品種間에 밝혀지지 않은 어떤 特性의 差異로 因해 이와 같은 煙斑率의 差異가 나는 것으로 判斷되며, 이 結果는 金等⁹⁾의 報告와 一致하지만 그 機作에 對해서는 앞으로 檢討가 되어야 할 것으로 思料된다. 그리고 表 5와 같이 煙斑率과 非汚染地域에 대한 汚染地域의 葉內弗素含量比率間의 單相關 및 煙斑率과(葉內全硫黃含量比率+弗素含量比率)間의 重相關은 有意性이 認定되지만 煙斑率과 全硫黃含量比率間에는 有意相關이 認定되지 않았다. 이는 本實驗의 경우 汚染地域에서의 煙斑發生은 大氣中 SO₂와 HF의 複合影響의 結果이지만 SO₂보다는 HF의 影響이 支配的이며 大氣中의 汚染物을 많이 吸收하는 品種일수록 煙斑發生率이 높다는 것을 보여준다.

2. 收量構成要素 및 收量

1) 收 量

汚染地域에서 品種間의 收量差異를 보면(表 6) 洛東, 東津, 雨豐, 曙光, 青青벼 등은 比較的 높은 收

量性(450 kg/10a 以上)을 보인 反面 蟾津, 三兩, 太白벼 등은 낮은 收量性(400 kg/10a 以下)을 보였다. 한편 非汚染地域에서는 南豐, 曙光, 豐産, 太白, 靑靑벼 등 大部分의 多收系品種의 收量性이 높았다. 表 6-1에서 보면 汚染地域과 非汚染地域間, 그리고 品種間에 收量差異가 分明했고 地域과 品種의 相互作用도 認定되어 汚染物質에 대한 收量反應이 品種間에 다르다는 것을 알 수 있었다. 供試한 10個 品種中 汚染地域에서 絶對收量이 높고, 非汚染地域과 比較한 收量比率도 높은 品種을 大氣汚染地域 適應性品種으로 보고 그에 해당하는 品種을 그림 1에서와 같은 方法으로 選定하였다. 즉 裕東, 曙光, 靑靑, 南豐, 東津벼 등의 品種은 汚染地域에서 收量性도 높고, 汚染地域/非汚染地域의 收量比率이 높으므로 SO₂ 및 HF가 排出되는 複合汚染 地域에서도 適應하는 品種이라고 할 수 있다. 그러나 非汚染地域에서 收量性이 높았던 豐産과 太白벼는 汚染地域에서는 收量이 낮았기 때문에 複合大氣汚染地域에는 適合치 않은 것으로 判斷된다.

2) 收量과 汚染因子

非汚染地域에 대한 汚染地域의 收量比率과 汚染指

Table 6. Variation of rough rice yield(kg/10a) at pollution and non-pollution site.

Variety(NO)	Site ① Pollu- tion	② Non- pollution	①/② index
Nagdong(1)	507.8	610.5	83.2
Seomjin(2)	400.6	526.6	76.1
Dongjin(3)	462.3	559.2	82.7
Samnam(4)	376.3	538.3	69.9
Nampoong(5)	469.0	591.7	79.3
Hangangchal(6)	426.0	565.2	75.4
Seogwang(7)	498.7	604.1	82.6
Poongsan(8)	422.1	639.7	66.0
Taebaeg(9)	369.4	594.4	62.2
Cheongcheong(10)	489.3	608.7	80.4

Table 6-1. Statistical analysis of data in table 4.

F-Value	A(Site)	10,926.14**
	B(Variety)	74.40**
	A · B	28.74**
Between	5%	5.8
L "A" treatment	1%	13.5
S Between	5%	12.3
D "B" treatment	1%	16.6

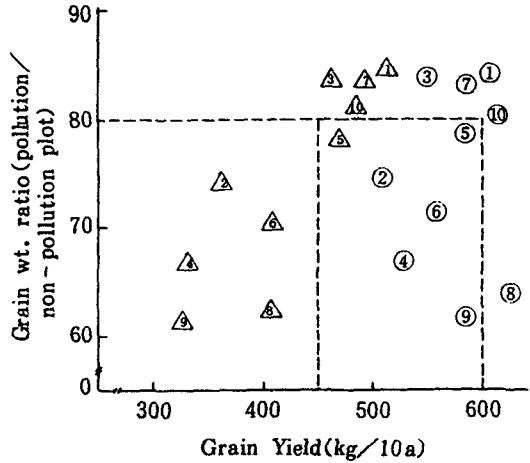


Fig. 1. Relationship of grain yield of ten rice varieties at pollution (△) and non-pollution (○) sites with grain weight ratio between two sites.

Note : Numbers denotes the test varieties as shown in table 6.

標로 많이 利用되는 7·8月 平均 煙斑率^{11,12,17}間에는 有意相關($r = -0.430$)이 認定되지 않았으므로 煙斑의 發生率이 높은 品種이 반드시 減收率이 높지 않은 않다는 것을 보여주었다. 이는 煙斑의 發生率이 높은 品種일수록 大氣汚染에 의한 被害程度가 크기 때문에 減收率이 높다고 하는 報告¹¹와는 다른 結果인데 同一品種을 여러 地點에 栽培하여 汚染程度나 被害程度를 究明하는 데는 煙斑率이 有用한 指標^{11,12,21}가 될지 모르지만 同一地域에서 品種間의 大氣汚染抵抗性程度를 究明할 경우에는 品種固有의 各種 特性이 모두 作用하기 때문에 煙斑發生率이 그 指標가 될 수 없다는 것으로 생각되는데 이에 對해서는 앞으로 더 檢討하여야 할 課題이다.

또 收量比率과 7, 8, 9月的 平均 全硫黃($r = -0.221$) 및 弗素($r = 0.029$) 含量比率間의 單相關, 그리고 收量比率과 全硫黃·弗素含量比率間의 重相關($r = 0.248$)에서도 有意相關이 認定되지 않았으므로 同一大氣汚染狀態에서 葉內에 大氣汚染物質을 많이 吸收하는 品種이 적게 吸收하는 品種보다 收量이 떨어지지 않는다는 것을 보여주고 있다. 結局 同一汚染地域에서의 大氣汚染 適應性의 差異는 品種間 汚染物質을 吸收하는 程度의 差異가 아니고 吸收한 汚染物質에 對한 反應의 差異 때문인 것으로 判斷된다.

3) 收量構成要素

汚染地域과 非汚染地域에서 生育한 벼의 收量構成

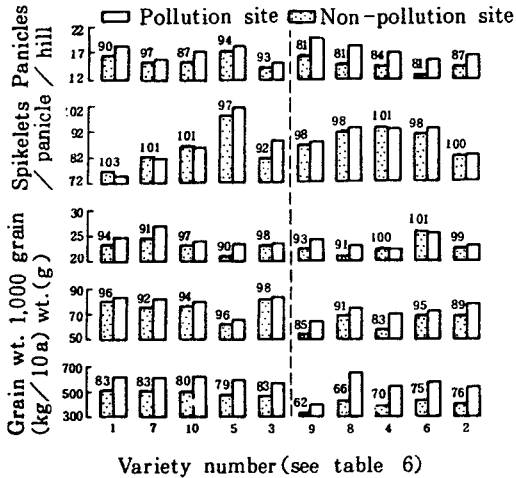


Fig. 2. Differences in yield and yield components at pollution and non-pollution sites.

Table 7. Correlation coefficients between yield and yield components ratios from pollution to non-pollution sites.

	Yield Panicles/ (1) hill (2)	Spikelets/ Panicle (3)	1,000 % grain fertility wt. (4) (5)
(1)	0.813**	0.021	0.088 0.753*
(2)		-0.034	-0.322 0.513
(3)			-0.115 -0.360
(4)			-0.092

要素는 그림 2와 같이 일부品種의 穗當粒數를 除外한 株當穗數, 千粒重, 登熟比率 등이 汚染地域에서 非汚染地域보다 작은 傾向을 보였다. 그리고 適應性品種으로 選定된 5個品種의 收量構成要素는 汚染地域과 非汚染地域에서 모두 兩豊벼를 除外한 4個適應性品種의 登熟比率이 높은 特性을 가졌고, 汚染地域/非汚染地域의 登熟率과 株當穗數의 比率이 높았으며 또한 表 7에서와 같이 이 두 形質의 比率만 收量比率과 有意相關을 보였다. 그러므로 大氣汚染地域에 適應한 品種은 收量構成要素中 登熟比率이 높은 特性을 가진 品種이나 汚染地域에서도 株當穗數나 登熟比率이 크게 減少되지 않는 品種일 것으로 判斷된다.

3. 葉綠素含量

出穗期の 止葉內 葉綠素 a, b의 含量은 表 8에서와 같이 汚染地域에서 栽培할 경우에 작은 傾向을 보여 다른 實驗에서의 7, 14, 15, 20, 23) 結果와 一致하였다.

Table 8. Variation of chlorophyll content in content in flag leaf at heading time from pollution and non-pollution site.

Variety	Chlorophyll a		Chlorophyll b		Chlorophyll a+b	
	P	N-P	P	N-P	P	N-P
Nagdong	1.223	1.272	0.943	0.967	2.166	2.239
Seomjin	1.111	1.181	0.941	0.955	2.052	2.136
Dongjin	1.247	1.288	0.979	1.000	2.226	2.288
Samnam	1.184	1.277	0.912	0.955	2.096	2.232
Nampoong	1.098	1.306	0.830	0.885	1.928	2.191
Hangangchal	1.059	1.316	0.879	0.906	1.938	2.222
Seogwang	1.170	1.301	0.889	0.913	2.059	2.214
Poongsan	1.018	1.361	0.839	0.889	1.857	2.250
Taebaeg	1.256	1.402	0.913	0.932	2.169	2.334
Cheongcheong	1.308	1.463	0.974	0.979	2.282	2.442

Table 8-1. Statistical analysis of data in table 6.

	a	b	a+b		
A (Site)	26070.76**	20.32**	19898.69**		
F- Value B (Variety)	1122.02**	797.06**	3768.22**		
A · B	518.36**	25.44**	1023.21**		
L	Between	5%	0.004	0.005	0.002
	"A" treatment	1%	0.009	-	0.004
S	Between	5%	0.006	0.005	0.005
	"B" treatment	1%	0.008	0.006	0.006

그리고 表 8-1과 같이 栽培地域間, 品種間의 葉綠素含量差異가 統計적으로 認定되고, 汚染物質에 對한 葉綠素破壞反應이 品種間에 다르다는 것도 認定되었다. 이는 植物體內에 吸收된 SO₂는 海綿組織의 水分에 溶解된 後 體內에 蓄積되어 發生器水素를 生成하여 이것이 葉綠素와 作用하므로서 葉綠素를 破壞하며⁶⁾, 또 HF는 葉內에 吸收된 後 葉綠素中の Mg⁺²와 結合하므로서 葉綠素를 破壞하기도 하고²⁾, HF가 直接 葉綠素를 破壞하여²³⁾ 葉綠素含量이 減少되기 때문인 것으로 判斷된다. 그리고 葉綠素 a가 b보다 減少程度가 큰 것은 葉綠素 a가 pheophytin

Table 9. Correlation coefficient between chlorophyll content ratio and % destroyed leaf.

	Month	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Chlorophyll a+b
%	Jul.	-0.751*	-0.035	-0.678*
destroyed	Aug.	-0.761*	-0.025	-0.696*
on leaf	Ave.	-0.759*	-0.027	-0.693*

Table 10. Correlation coefficient between yield and chlorophyll content ratio.

	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Chlorophyll a+b
Yield	0.450	0.279	0.452

化될 때의 平衡常數가 b보다 10배 程度 높기⁵⁾ 때문인 것으로 判斷된다.

止葉內 葉綠素含量과 汚染物質과의 關係를 보면 葉綠素含量比率과 葉內 全硫黃 및 弗素含量比率間에는 有意相關이 認定되지 않았는데 反해 表 9와 같이 複合大氣汚染物(SO₂, HF)의 影響으로 發現되는 煙斑率과 葉綠素 a, (a+b)含量比率間에는 負의 有意相關이 認定되어 煙斑은 大氣汚染物에 의해 葉綠素 a가 破壞되기 때문에 發生하는 것으로 判斷된다.

한편 收量比率과 葉綠素含量 比率間에는 表 10에서와 같이 有意相關이 認定되지 않았으므로 同一大氣狀態에서 葉綠素가 많이 破壞되는 品種이 적게 破壞되는 品種보다 收量이 떨어지지 않는다는 것을 보여주었다. 이는 出穗期에 止葉內 葉綠素含量이 많을수록 收量이 많아진다는 報告⁶⁾와는 一致하지 않았는데 大氣汚染地域에서의 減收는 葉綠素破壞를 비롯한 各種因子가 共同으로 作用하고, 品種間의 大氣汚染 適應程度의 差異는 葉綠素破壞程度의 差異만이 作用하는 것이 아니기 때문인 것으로 判斷된다.

摘 要

大氣汚染地域에 適應하는 水稻品種을 選定할 目的으로 10個 獎勵品種을 供試하여 年中 계속해서 排出되는 複合汚染物(SO₂, HF)의 影響을 받고 있는 汚染地域과 이로부터 7km 떨어져 있는 非汚染地域에서 實驗을 遂行하였으며 葉內汚染物含量, 煙斑率, 收量 및 葉綠素含量을 調査, 比較한 結果는 다음과 같다.

1. 汚染地域에서 栽培한 벼의 葉內 全硫黃 및 弗素含量이 非汚染地域에서보다 많았으며 煙斑은 汚染地域에서만 發生하였는데 多收系品種이 一般系品種보다 煙斑發生率이 훨씬 높았다.

2. 煙斑發生率과 汚染地域에 대한 非汚染地域의 弗素含量比率間에는 單相關이 그리고 煙斑發生率과 弗素 및 全硫黃含量比率間의 重相關은 有意성이 認定되었으나 全硫黃含量比率과는 關係가 없었다.

3. 供試한 10個 品種中 汚染地域에서 收量성이

높았고 非汚染地域에 대한 汚染地域에서의 收量比率이 높았던 낙동벼, 동진벼, 남풍벼, 서광벼 및 청청벼 등을 大氣汚染地域에 適應하는 品種으로 選定할 수 있었다.

4. 汚染地域에서 生育한 벼는 株當穗數, 1,000粒重 및 登熟比率이 非汚染地域보다 낮았으며 大氣汚染에 適應하는 品種들은 두 地域間 株當穗數 및 登熟比率의 變異가 적었다.

5. 汚染地域에서 生育한 벼의 止葉內 葉綠素含量은 非汚染地域에서의 것보다 낮았는데 葉綠素 a가 b보다 大氣汚染物에 대하여 더 敏感한 反應을 보였다.

6. 非汚染地域에 대한 汚染地域의 品種別 收量比率은 品種의 煙斑率, 두 地域間 葉內 全硫黃含量比率, 弗素含量比率 및 葉綠素含量比率 등과 아무런 關係도 認定되지 않았다.

引 用 文 獻

1. 資榮鎬, 1976. 大氣汚染이 作物生育에 미치는 影響(SO₂에 대한 水稻 品種의 抵抗性 差異에 對하여). 慶尙大 農業研究所報 10: 63-66.
2. 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: 3-43.
3. 近藤矩朗·菅原淳, 1978. 二酸化イオウに對する 植物の抵抗性に關する研究.(1) 二酸化イオウ吸收から障害發現の過程における植物の防禦機構. 國立公害研究所 特別研究成果報告 R-2: 15-26.
4. 許文會·朴淳直·李暎泰, 1980. 水稻葉色에 관한 Near Isogenic 系統間 收量形質比較. 洪基昶博士回甲記念論文集: 16-22.
5. 조덕현, 1974. Kinetics of acid catalyzed pheophytinization of chlorophylls(농업분야 박사학위논문 초록집). 농촌진흥청: 168-169.
6. 정영호, 1970. 벼에 대한 아류산가스의 피해. 농시연보(식물환경연) 13: 57-61.
7. 鄭永浩·金福榮·李重吉·韓基鎬, 1976. 大豆에 對한 低濃度亞黃酸가스의 影響. 農試研報(土肥, 作保, 菌相編) 18: 29-34.
8. 金福榮·金奎植·金善寬·韓基鎬·金福鎭, 1979. 複合가스 接觸이 大豆生育에 미치는 影響에 關한 研究. 農試研報(土肥, 作保, 菌相編) 21: 1-10.

9. 金福榮·韓基確. 1980. 水稻品種別 亞黃酸가스의 被害解析에 關한 研究. 農試研報(土肥, 作保, 菌根編) 22: 1-6.
10. 金寅煥. 1977. 環境汚染物質에 의한 農作物被害, 主要作物病害. 生理障害圖鑑: 39-72.
11. 이광호. 1982. 울산공업단지 지역의 대기오염에 따른 농작물 영향조사 및 기여도 산출에 관한 연구. KAIST 보고서: 48-74.
12. _____. KAIST 보고서: 46-73.
13. McCune, D. C., A. E. Hitchcock, J. S. Jacobson and L. H. Weinstein. 1965. Fluoride accumulation and growth of plant exposed to a fluoride atmosphere, contrib. Boyce, Tompson Inst. 23(1): 1-12.
14. 松岡義浩·高崎強·宇田川理. 1973. 植物中に 集積する硫黃成分と大氣中の亞黃酸가스について. 大氣汚染研究, 8: 538.
15. 大村武·佐藤光·菅原淳. 1978. 二酸化イオウ에 對するイネ의 抵抗性에 對하여의 品種間差異. 國立公害研究所 特別研究成果報告 R-2: 135-144.
16. Rao, D. D. and B. F. LeBlang. 1965. Effect of sulfur dioxide on the Lichen algae with special reference to chlorophyll. The Bryologist 28: 69-75.
17. 신용백. 1984. 울산공업단지 지역의 대기오염에 따른 농작물 영향조사 및 기여도 산출에 관한 연구. KAIST 보고서: 40-65.
18. 谷山鐵郎·澤中和雄. 1975. 作物のガス障害に 關する研究. "大氣汚染地域(四日市市)における 水稻の生育." 收量の特徴と大氣汚染に對する指標 植物としての意義について. 日作紀 44: 74-85.
19. Van Haut, H. and H. Stratmann. 1970. "Farbtafelatlas über Schwefel dioxid-wirkungen an Pflanzen", Verlag W. Girardet, Essen, Federal Republic of Germany.
20. 和達清夫·鈴木後夫監修. 1966. 大氣汚染I, 白亞書房: 48.
21. 渡邊麗美·上田榮造. 1966. 大氣汚染による植物 被害(1) 亞硫酸カスが水稻に及ぼす影響ならびに煙 斑の發生に關する 2・3 の因子について. 大氣汚 染研究 1: 37-39.
22. 山添文雄. 1961. わが國における煙斑について. 日本土肥誌 32(6): 284-291.
23. _____. 1962. フッ化水素に於ける煙害の 實態 ならびに機作に關する研究. 農技研報 B(12): 1 -107.
24. _____. 眞弓洋一. 1976. 大氣複合汚染防止に 關する研究(3). 農技研肥料化學資料 188: 1- 23.