

黃化物 및 弗化物이 水稻生育과 收量에 미치는 影響

I. 汚染地域에서의 生育障害 및 收量減少

박 완 철* · 신 응 배* · 김 광 호**

(1987. 11. 9 접수)

Influence of Sulfur and Fluorine Compounds on the Growth and Yield of Rice Plants

I. Growth Retardation and Yield Reduction
under Various Stressed Conditions in the Field

Wan Cheol Park*, Eung Bai Shin* and Kwang Ho Kim**

Abstract

The study was performed to investigate the effect of gaseous emissions of sulfur dioxide and hydrogen fluoride on the growth of rice plants under stressed field conditions consisting of 88 industrial plants operating with 285 smoke stacks emitting pollutants.

As for the relationship between yields and yield components it is believed that the panicles per hill is the single most important component affecting the rate of yield of the rice plant. Based on the standard partial regression coefficient analysis, panicles per hill has the largest contribution to yield and the average contribution of 54%. Other components such as spikelets per panicle, percent fertility and 1000 grain weight are also contributing factors to yield, although far less so.

Fluorine content in the leaf appear to have more negative effect on panicles per hill, percent fertility and subsequent overall yield than does sulfur content in the leaf. It is constantly observed and interesting to note that fluorine and sulfur content in the leaf appears to have no effect on spikelets per panicle and 1000 grain weight.

Reduction in yield seems to be affected mainly by panicles per hill which are, in turn, affected more by fluorine content in the leaf as demonstrated by the standard partial coefficient analysis.

Regarding the prediction sum of the square of the regression equation, the lowest value was found when nine variables were used for the analysis. The variables taken into consideration were the monthly sulfur and fluorine content in the leaf as well as the monthly percent of leaf damage during the months of June, July and August.

* 韓國科學技術院(*Environment/KAIST, Seoul 131, Korea*)

** 建國大學校 農科大學(*Dept. of Agronomy, Kon-Kuk Univ., Seoul 133, Korea*)

A significant correlation is found between the actual and predicted yields by the regression equations selected as a result of a prediction sum of the square analysis.

緒 言

大氣汚染物과 植物의 生育과의 關係에 對한 研究는 많이 報告되였지만 이들은 大部分 實驗室內에서의 單純接觸實驗에 의한 結果이므로 全 生育期에 걸쳐 繼續的으로 排出되는 大氣汚染物의 影響을 받고 있는 自然圃場狀態에서의 農作物 栽培時에 應用하는데는 多少의 問題點이 있을 수 있다. 따라서 本 研究는 黃化物 및 弗化物이 繼續的으로 排出되고 있는 工業團地周邊의 自然圃場에서 大氣汚染物이 水稻의 生育 및 收量에 미치는 影響을 究明하고, 黃化物 및 弗化物에 의한 被害率을 合理的으로 算定하는 方法을 開發하기 위해 工業團地周邊의 여러 地點에서 各種 汚染指標과 水稻의 生育 및 收量을 調査하여 이들 相互間의 關係를 解釋코

져 하였다.

材料 및 方法

1. 調査地點 및 調査期間

調査地點은 그림 1 에서와 같이 蔚山工業團地의 SO₂ 및 HF排出業所와 隣接한 18 個地域의 被害豫想地點을 選定하고, 大氣汚染의 影響을 받지 않을 것으로 豫想되는 慶南 蔚州郡地域에 2 個, 梁山郡地域에 1 個地點을 對照地點으로 選定하여 1981 年부터 1984 年까지 4 個年동안 調査하였다.

2. 栽培方法

供試品種은 落東벼로 하였고, 每年 4 月 25 日경 播種, 6 月 10 日경 栽植距離 30×15cm, 株當 3 本植으

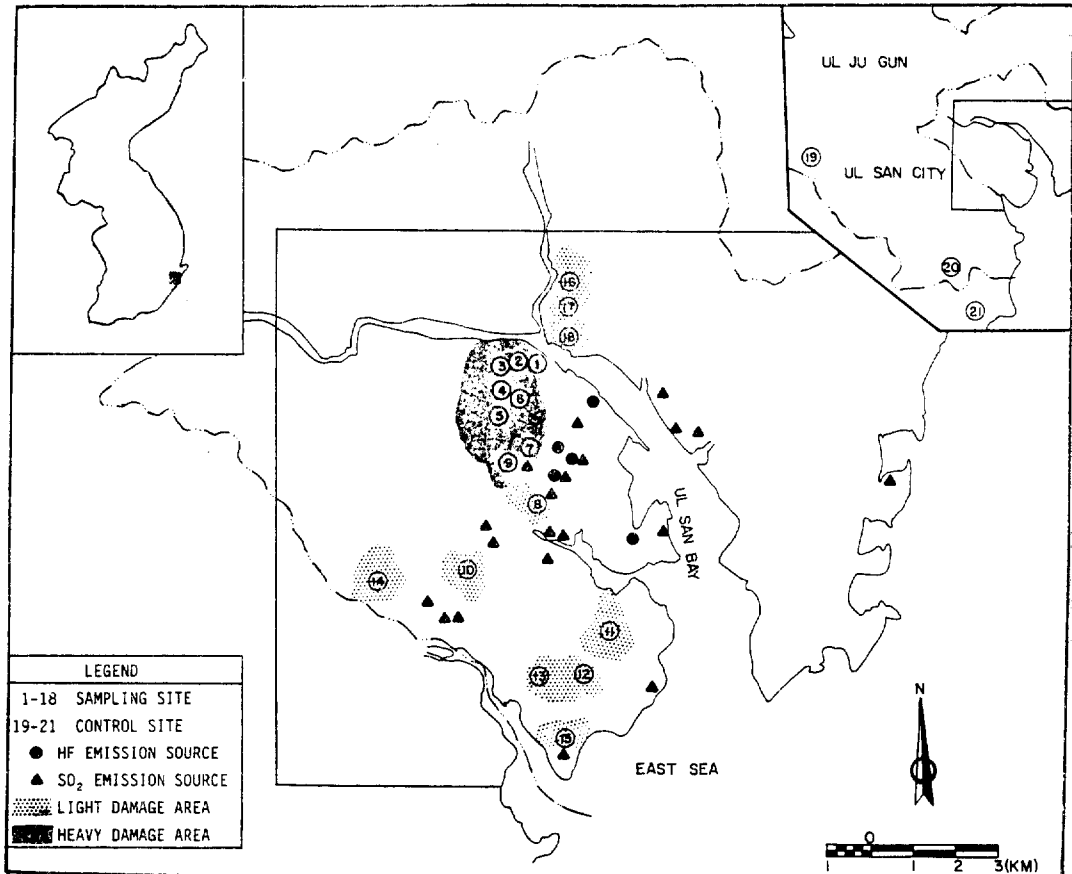


Fig. 1. Sampling sites.

Table 1. Chemical properties of paddy soil of the sites investigated from 1981 to 1984

Site No.	pH		CEC(me/100g)		O.M.(%)		N(%)		P ₂ O ₅ (ppm)		K(me/100g)		F(ppm)											
	1981	1983	1984	1982	1983	1984	1981	1982	1983	1984	1981	1982	1983	1984										
1	5.7	5.4	5.9	5.3	14.4	12.2	15.4	2.98	2.52	3.37	0.13	0.13	0.19	0.13	52.5	52.4	49.6	57.3	0.25	0.32	0.22	0.30	206.0	250.0
2	4.7	5.2	5.1	5.4	16.1	11.8	15.5	3.07	2.43	3.13	0.18	0.16	0.14	0.15	49.5	54.2	48.7	52.1	0.27	0.34	0.47	0.28	147.8	287.9
3	4.9	4.5	5.6	4.9	15.7	13.1	14.3	2.79	3.16	2.89	0.13	0.16	0.12	0.13	56.9	55.7	52.6	59.4	0.31	0.26	0.32	0.28	164.4	207.1
4	4.8	5.0	5.7	5.4	16.2	12.5	14.9	4.53	3.12	3.30	0.17	0.17	0.16	0.17	55.2	51.3	55.8	57.5	0.33	0.29	0.28	0.28	292.8	259.5
5	4.8	5.3	5.9	5.4	11.4	14.1	13.2	2.60	2.58	3.01	0.18	0.16	0.14	0.14	58.9	61.2	55.6	54.7	0.32	0.31	0.28	0.36	225.7	247.9
6	5.2	5.8	5.0	5.2	16.2	15.4	17.2	2.69	2.51	2.68	0.16	0.17	0.13	0.15	52.1	50.6	54.7	52.4	0.36	0.50	0.29	0.35	241.3	243.1
7	4.6	5.2	5.1	4.9	18.8	15.4	20.1	3.34	3.46	3.04	0.17	0.18	0.12	0.21	54.7	58.7	60.3	56.7	0.29	0.42	0.27	0.33	162.2	259.6
8	5.1	4.7	5.2	5.3	11.9	12.8	15.6	2.21	2.78	2.53	0.17	0.12	0.12	0.13	55.3	57.3	62.1	60.4	0.25	0.24	0.26	0.36	149.3	213.1
9	4.8	5.2	5.4	5.8	22.9	19.1	21.6	3.78	3.26	3.31	0.13	0.17	0.15	0.14	59.6	60.1	58.8	59.7	0.28	0.46	0.37	0.34	170.7	202.5
10	4.5	4.9	5.2	4.8	16.2	14.3	17.4	3.04	3.40	2.86	0.12	0.18	0.13	0.19	57.4	55.3	57.9	59.4	0.29	0.27	0.31	0.33	161.1	183.4
11	4.3	4.9	4.9	4.6	11.9	18.1	11.8	2.03	2.59	2.31	0.18	0.12	0.13	0.20	53.3	58.2	65.4	57.2	0.30	0.32	0.33	0.31	238.0	218.8
12	4.4	4.9	5.2	5.0	12.7	12.8	11.5	2.49	2.25	2.62	0.18	0.16	0.17	0.12	51.8	54.2	56.2	57.7	0.34	0.29	0.27	0.32	187.1	154.0
13	5.1	5.0	5.1	5.0	11.9	11.8	16.1	2.76	2.89	2.75	0.17	0.17	0.18	0.17	57.2	50.7	49.2	54.9	0.32	0.33	0.30	0.28	131.2	144.7
14	5.2	5.1	5.9	5.4	11.1	13.1	14.8	3.02	2.63	2.42	0.14	0.15	0.16	0.17	56.1	55.3	56.7	58.4	0.27	0.30	0.26	0.36	114.0	152.9
15	5.6	4.9	5.4	4.8	13.2	14.1	13.2	4.21	3.37	3.89	0.19	0.18	0.15	0.21	55.2	58.6	59.4	57.8	0.30	0.42	0.36	0.31	181.7	158.7
16	4.3	5.2	5.3	5.7	19.7	15.2	20.1	3.98	3.22	3.64	0.21	0.16	0.21	0.22	52.8	53.7	55.2	58.6	0.29	0.40	0.29	0.35	185.0	221.2
17	4.5	5.0	5.3	5.6	14.5	13.2	16.6	3.92	3.64	3.55	0.14	0.15	0.17	0.21	57.4	56.5	58.6	59.5	0.28	0.45	0.34	0.36	176.1	145.2
18	4.5	4.9	5.0	5.5	14.5	10.0	11.4	3.42	3.49	3.29	0.17	0.13	0.19	0.19	58.9	57.8	56.9	58.8	0.31	0.29	0.22	0.31	143.6	182.6
Cont.	4.8	5.4	5.1	5.3	18.2	13.2	13.3	3.73	3.29	3.32	0.21	0.15	0.17	0.17	57.1	56.4	58.4	57.2	0.32	0.36	0.25	0.31	135.9	148.3

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

Item	Method	Description
S(leaf)	Gravimetric	Sample $\xrightarrow{\text{Na}_2\text{CO}_3}$ Dryness $\xrightarrow{\text{Na}_2\text{O}_2}$ Filtrate $\xrightarrow{\text{BaCl}_2, \text{HCl}}$ Filtrate $\xrightarrow{\text{Ignite}}$ 800°C, 1hr BaSO ₄ weigh
F(leaf)	Electrode	Sample + Na ₂ CO ₃ Soln. → Dry & Ignite → NaOH Fusion → Dissolve in H ₂ O TISAB Steam Distillation $\xrightarrow{\text{pH } 5.0 \sim 5.5}$ Ion Meter
SO _x (air)	Colorimetric (30 days)	SO _x absorbed in K ₂ CO ₃ paper: color developed with barium chloranil acid → spectrophotometer at wave length, 530mu

로 移秧하였다. 施肥量은 窒素(N)－磷酸(P₂O₅)－칼리(K₂O) 各各 15－10－10kg/10a 로 하고, 窒素質肥料은 移秧直前に 基肥 50%, 分蘖肥 30% 및 穗肥 20%를 施用하였으며, 磷酸과 칼리質肥料은 全量 基肥로 施用하였고, 其他 栽培管理는 蔚山地域의 標準耕種法에 準하였다. 그리고 每 調査地點當 3 圃場을 調査對象으로 選定하였으며, 圃場面積은 660m² 이고, 實驗圃場의 土壤條件은 表 1 과 같이 弗素를 除外한 他成分은 우리나라 土壤의 平均値와 비슷한 中間程度의 地力을 보여 주었다.

水稻의 收量에 對한 收量構成要素의 寄與度 및 汚染物의 影響度는 標準偏回歸係數로 표시하였고, 各 要素의 寄與率은 偏回歸係數의 全體 合計에 對한 百分比로 計算하였다. 그리고 大氣汚染에 의한 水稻의 正確한 減收率算定을 위한 多重回歸式에 利用될 適正汚染指標은 PSS를 利用하여 選拔하였다. PSS의 計算은 Allen¹⁾의 方法에 의해서 獨立變數 1...n 中, a 번째의 y를 豫測하는데 그 a 번째를 除外한 data를 利用하여 다음과 같은 回歸式을 만들었다.

$$ya^* = bo_a + \sum_{i=1}^n bia \times ai (a=1, 2, 3 \dots n) \quad (1)$$

n 個의 回歸式에 의해서 ya* 를 n 個 구한 후 다음 式에 의해 PSS를 計算하였다.

$$PSS = \sum_{a=1}^n (ya - ya^*)^2$$

3. 調査方法

株當穗數, 穗當粒數, 登熟率, 千粒重은 收穫期에 調査圃場別로 各各 10 株를 選定하여 調査하였고, 收量은 條刈法을 適用하여 72 株를 調査하였다.

大氣 및 植物體의 汚染指標인 大氣中 SO₂ 濃度, 葉內

硫黃 및 弗素含量은 7, 8, 9 月 3 회에 걸쳐 每月 1~3 日 사이에, 葉被害率은 6 月은 19 日경, 7, 8 月은 各各 每月 2 日 및 16 日경에 調査圃場別로 10 株를 對象으로 上位 4 個葉을 試料로 採取하여 分析 및 調査하였으며, 葉內硫黃, 弗素 및 大氣中 SO₂ 分析方法은 表 2 와 같고, 葉被害率 調査는 各葉의 被害程度를 5%, 10%, 20%, ... 100%로 區分하여 다음 方法에 의하여 算定하였다. 葉被害率 = {(0.05 × 5% 被害葉數 + 0.1 × 10% 被害葉數 + 0.2 × 20% 被害葉數 ... 1 × 100% 被害葉數) / 全葉數} × 100

結果 및 考察

1. 收量 및 收量構成要素의 調査値는 表 3에서와 같고, 收量과 收量構成要素間의 關係, 그리고 收量에 對한 收量構成要素의 寄與率은 그림 2에서와 같다. 株當穗數와 登熟率은 每年 收量에 對한 直接效果가 컸고 穗當粒數도 1982 年을 除外한 他調査年度에는 그 效果가 컸다. 그러나 千粒重은 1982 年과 1983 年에만 그 效果가 認定되었다. 그리고 收量에 對한 收量構成要素의 寄與率을 보면 株當穗數가 1983 年에 44%, 1984 年에 50%, 1981 年과 1982 年에는 61% 程度되어 本 調査地域에서의 水稻收量은 株當穗數의 影響을 가장 크게 받는다는 것을 보여 주었다. 또 穗當粒數와 登熟率의 寄與率은 1981 年에 15.7%와 15.6%의 비슷한 값을 보여 주었고, 1983 年과 1984 年에는 穗當粒數가 27.5%와 17.5%, 登熟率이 18.8%와 24.8%이었다. 그리고 1981, 1983, 1984 年에는 千粒重의 寄與率이 10% 以內로 제일 낮았으나 1982 年에는 穗當粒數나 登熟率보다 千粒重의 寄與率이 높은 傾向을 보여 株當穗數를 除外한 다른 收量構成要素의 收量에 對한 寄與度는 年差間의 變異가 크다는 것을 알 수 있었다.

이 傾向은 우리나라의 北部地域을 除外한 벼 農事地

Table 3. Variation in yield and it's components

	Panicles/hill		Spikelets/panicle		% fertility		Wt. of 1000 grains			Yield(kg/10a)														
	1981	1982	1983	1984	1981	1982	1983	1984	1981	1982	1983	1984												
1	5.3	9.7	10.5	9.5	63.7	76.0	74.5	89.3	70.4	74.7	66.0	66.0	23.7	23.5	23.1	23.3	135.7	(26.1)	275.8	(57.2)	254.6	(48.5)	287.7	(56.2)
2	8.0	11.4	11.3	13.8	76.7	71.3	79.8	95.0	68.5	73.2	70.7	53.9	24.1	22.2	23.4	23.1	205.5	(39.5)	280.8	(58.2)	320.5	(61.1)	359.1	(70.2)
3	11.2	10.4	11.9	12.3	77.7	75.7	79.6	87.0	67.8	67.2	67.6	68.9	24.0	23.6	23.5	23.3	317.0	(61.0)	269.8	(55.9)	329.9	(62.8)	371.4	(72.6)
4	10.9	11.0	12.6	12.8	62.0	66.3	77.4	89.7	67.3	75.0	76.0	63.5	23.3	22.7	23.9	23.2	243.7	(46.9)	250.4	(51.9)	380.6	(72.5)	368.8	(72.1)
5	13.3	12.1	12.0	11.8	79.8	70.7	79.7	84.7	61.8	71.2	74.7	78.1	24.4	23.3	24.1	23.0	357.8	(61.5)	303.5	(62.9)	370.5	(70.6)	395.1	(77.2)
6	6.2	8.1	9.6	11.6	56.7	78.0	72.3	90.7	61.9	69.0	54.7	62.8	24.4	23.6	23.5	23.7	124.7	(24.0)	227.8	(47.2)	182.2	(34.7)	326.6	(63.8)
7	7.9	5.8	7.9	5.0	66.0	61.3	62.7	43.5	62.5	48.5	63.3	71.5	23.4	23.6	23.8	24.8	160.4	(30.9)	103.6	(21.5)	150.7	(28.7)	93.5	(18.3)
8	14.0	13.1	14.5	13.7	89.0	66.0	83.8	89.9	69.7	71.2	78.7	81.1	22.6	24.0	23.6	23.8	420.1	(80.8)	311.8	(64.6)	488.4	(93.1)	470.7	(92.0)
9	15.6	14.8	14.7	13.7	74.2	72.3	82.0	85.3	71.3	74.7	76.3	72.7	23.0	24.3	24.3	23.3	410.4	(79.0)	420.2	(87.1)	445.1	(84.8)	435.7	(85.2)
10	14.7	14.8	15.8	14.0	76.4	74.0	76.7	81.9	67.9	76.7	74.7	82.8	23.6	24.2	23.4	23.4	412.3	(79.3)	440.7	(91.3)	450.1	(85.8)	477.3	(93.3)
11	14.9	13.2	15.3	14.1	79.0	73.0	82.8	86.1	69.3	68.7	68.7	68.1	23.7	22.8	23.4	23.5	427.4	(82.2)	320.1	(66.3)	435.8	(83.0)	413.2	(80.8)
12	15.9	13.8	15.6	15.5	78.0	66.7	76.7	89.5	68.5	74.3	70.7	72.1	23.3	24.0	23.9	23.6	439.1	(84.5)	378.8	(78.5)	440.1	(83.9)	504.5	(98.6)
13	16.4	17.7	14.9	15.2	79.7	72.0	90.7	85.3	78.5	76.1	72.3	77.8	23.5	24.8	25.1	24.0	539.3	(103.8)	512.6	(106.2)	528.4	(100.1)	513.8	(100.4)
14	16.0	14.5	14.5	15.1	83.7	74.3	89.2	86.6	63.6	79.6	78.3	77.7	24.2	24.1	24.1	23.9	460.0	(88.5)	448.2	(92.9)	540.3	(102.9)	509.5	(99.6)
15	13.6	16.7	14.4	15.1	84.3	68.7	88.6	83.1	72.6	73.6	75.7	78.7	23.2	24.2	24.5	24.2	434.9	(83.7)	440.1	(91.2)	512.4	(97.6)	514.2	(100.5)
16	15.0	15.4	15.5	13.6	71.0	74.6	86.9	88.5	72.1	74.7	74.3	78.7	24.1	24.2	24.0	24.5	450.7	(86.7)	448.4	(92.9)	515.3	(98.2)	498.3	(97.4)
17	16.0	12.7	16.7	13.8	83.7	75.3	88.8	85.3	74.2	70.5	67.0	78.0	24.2	23.6	23.9	24.0	502.3	(96.6)	350.5	(72.6)	506.6	(96.5)	470.1	(91.9)
18	15.4	13.0	12.4	12.8	76.7	73.3	82.2	82.1	69.1	69.8	74.3	76.0	23.3	23.5	23.7	23.4	418.5	(80.5)	348.0	(72.1)	383.5	(73.1)	400.8	(78.3)
Con.	16.1	15.9	15.6	15.4	78.1	75.8	90.9	81.2	76.7	75.9	70.8	78.4	24.8	24.4	24.4	24.5	519.7	(100.0)	482.6	(100.0)	524.9	(100.0)	511.6	(100.0)

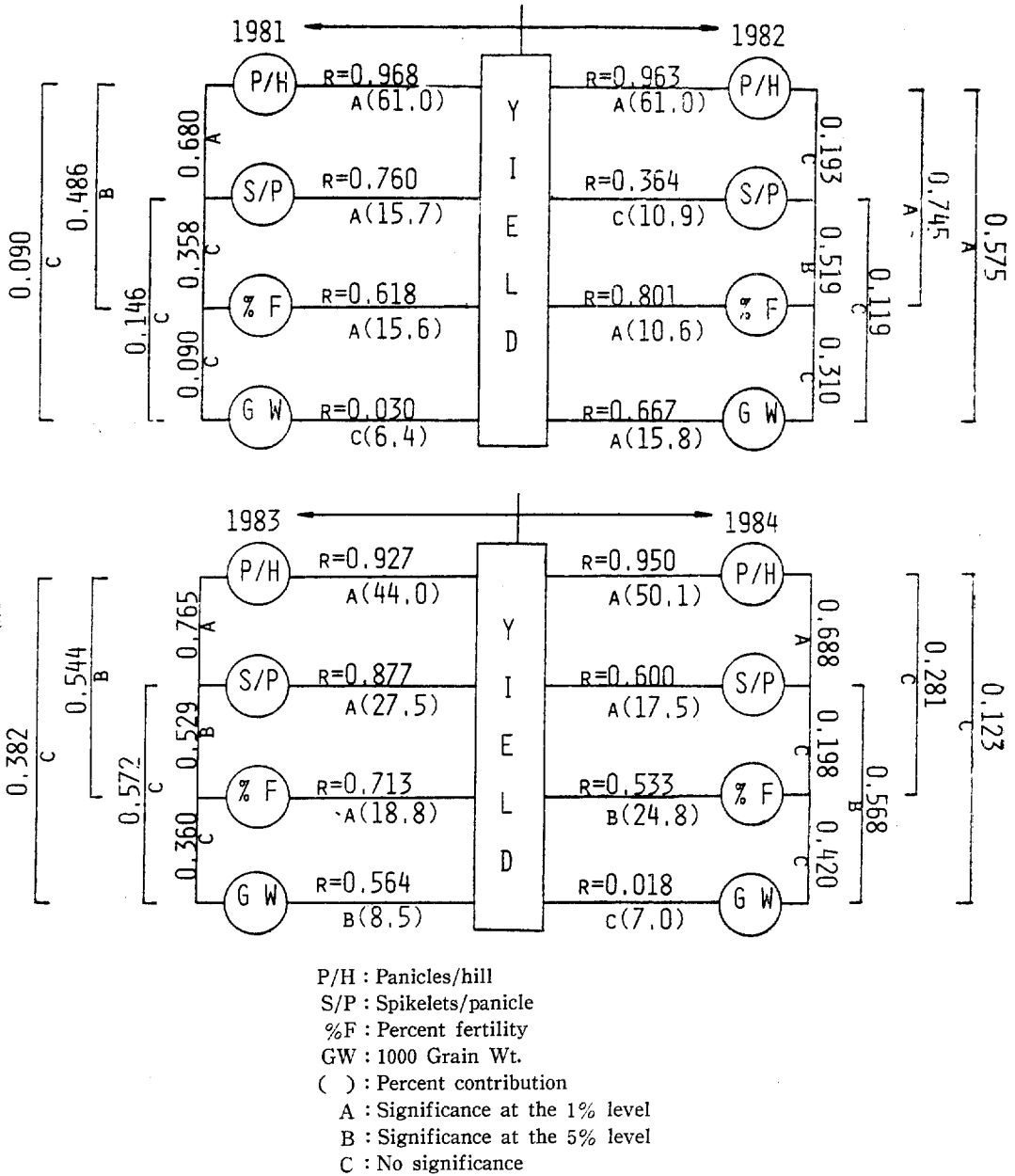


Fig. 2. Diagrammatic expression of path analysis between yield and it's components.

帶에서 水稻를 栽培할 때 穗數確保가 收量形成의 一次的 要素가 된다는 朴²⁾의 報告와 一致하고, 藤原,³⁾ 谷山等,⁴⁾ 山添⁵⁾의 報告와 같이 水稻에 SO₂ 나 HF 處理時 株當穗數의 減少가 收量形成에 제일 큰 影響을 준다는 것과 一致되는 結果였다. 그리고 株當穗數를 除外한 다른 收量構成要素의 收量에 對한 寄與程度가 每年 一定하지 않았던 것은 調查年度別로 汚染度를 비롯한 栽培環境이 一定하지 않았기 때문인 것으로 思料된다.

收量構成要素間의 關係를 보면 收量成立에 가장 큰 影響을 주는 株當穗數는 대체로 穗當粒數 및 登熟率과 正의 相關이 認定되었고, 株當穗數와 千粒重間에는 거의 相關이 認定되지 않았다. 穗當粒數와 千粒重間의 相關關係는 調查年度에 따라서 그 傾向이 一定하지 않았다. 그리고 登熟率과 千粒重間에는 전혀 相關이 認定되지 않았다. 以上에서와 같이 株當穗數와 穗當粒數 및 登熟率間에 正의 相關이 認定되는 것은 極甚 大氣汚染地域에서는 千粒重을 除外한 모든 收量構成要素들이

Table 4. Variation in Average Pollution Factors from June to August

Sife	SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{day}/100\text{cm}^2$)				Sulphur in leaf(ppm)				Fluorine in leaf(ppm)				% destroyed leaf			
	1981	1982	1983	1984	1981	1982	1983	1984	1981	1982	1983	1984	1981	1982	1983	1984
1	1024	977	945	513	3606	3360	3243	2470	195	123	153	176	19.8	15.9	13.5	16.1
2	1107	1026	875	583	3468	3562	2859	2589	113	113	162	157	13.0	12.8	12.5	10.8
3	1217	963	943	467	3526	3290	3306	2505	116	89	112	221	13.3	11.5	10.9	15.1
4	1057	944	924	540	3730	2999	3210	2599	111	99	120	198	13.4	10.5	13.3	12.9
5	1256	1257	1261	790	3356	3715	3480	2854	125	70	143	178	13.5	7.8	14.5	10.8
6	1619	1390	929	747	4022	3791	3319	2801	157	135	215	249	19.0	16.1	23.6	21.5
7	801	579	675	670	3114	2987	3202	2962	131	259	363	181	12.4	24.3	25.5	19.9
8	1282	1205	1354	800	3274	3812	3284	2555	35	53	38	32	0.5	2.3	0.3	1.0
9	945	969	933	517	3308	3101	3310	2387	38	23	29	50	1.5	0.4	0.5	1.7
10	860	937	577	583	3146	3485	2742	2524	17	25	31	49	1.1	0.2	0.2	0.8
11	860	928	779	683	3170	3142	3274	2951	21	46	28	45	0.8	1.4	0.8	1.3
12	628	917	696	430	2771	3181	2811	2530	24	29	24	39	0.3	0.8	0.2	0.9
13	381	700	569	407	2039	3211	2618	2351	17	27	18	20	0.0	0.0	0.0	0.0
14	630	419	455	157	2636	2708	2169	2129	17	17	20	27	0.1	0.2	0.0	0.0
15	840	1089	645	400	2724	3601	2447	2433	17	25	19	17	0.5	0.4	0.0	0.6
16	933	701	369	293	3301	3426	2275	2388	17	24	40	29	1.3	0.1	0.0	0.8
17	1199	910	635	413	3420	3263	2314	2229	16	25	50	54	0.4	0.5	0.9	1.6
18	1526	1008	671	620	3579	3524	2690	2697	49	45	85	118	2.8	1.7	6.8	6.8
Con.	159	134	247	183	1726	2018	1955	2057	14	20	17	19	0.0	0.0	0.0	0.0

被害를 받기 때문에 收量構成要素間的 相補性이 認定되지 않는다는 谷山等^{4,6)}의 報告와 一致되는 結果이다.

2. 汚染指標와 收量 및 收量構成要素와의 關係

21個 調査地點에서 6月에서 8月까지 3個月동안 調査한 大氣中の 月中 硫黃酸化物(SO₂)濃度와 月別 葉內硫黃含量, 弗素含量 그리고 葉被害率의 平均値는 表 4에서와 같고, 收量 및 收量構成要素에 對한 葉內硫黃 및 弗素含量의 影響度는 表 5에서와 같다. 收量決定에 제일 큰 寄與를 하는 株當穗數의 決定에는 每年 葉內弗素의 影響度가 葉內硫黃의 影響度보다 매우 커서 本 調査地域에서의 株當穗數는 主로 大氣中 HF의 影響으로 減少가 되는 것으로 判斷된다. 그리고 株當穗數에 對한 月別 汚染物의 影響度를 보면 葉內硫黃含量의 경우 1982年 6月을 除外하고는 모두 15% 未滿의 작은 影響度를 보였을 뿐만 아니라 大部分의 경우 葉內弗素含量의 影響度보다 낮았다. 葉內弗素含量의 影響度는 1981년에는 8月>6月>7月順, 1982年은 7月>8月>6月順, 1983年은 7月이 제일 크고, 6月과 8月이 비슷하였으며, 1984年에는 8月>7月>6月順이었다. 1981年의 7月과 1982年 6月の 影響度는 2%以內의 매우 낮은 數值를 보여 이들 時期에는 大氣中の HF가 株當穗數의 決定에 影響을 주지 않았다는 것

을 보여주었으며, 대체로 葉內硫黃과 弗素의 影響度는 調査年度別로 一定하지 않았다. 또한 株當穗數決定에 큰 影響을 주는 葉內弗素의 경우 1982, 1983年에 7月の 影響度가 높았던 것은 主로 有效分藥限界期 以前의 分藥障害때문인 것으로 判斷되고, 1981年의 6,8月과 1984年 7,8月の 影響度가 높았던 것은 HF의 影響으로 有效分藥期の 分藥障害와 有效分藥限界期以後의 大氣汚染物의 影響으로 有效分藥限界期以前에 分藥이 된 藥子가 消滅되어 株當穗數가 減少한데 原因이 있는 것으로 判斷된다. 그러나 本 實驗에서와 같이 全 生育期에 걸쳐 繼續적으로 大氣汚染의 影響을 받을 경우에는 生育初期부터 받아들인 累積的인 影響도 함께 考慮가 되어야 할 것으로 思料된다.

穗當粒數에 對한 葉內硫黃 및 弗素含量의 影響度를 보면 1981년에는 葉內硫黃의 影響度가 弗素의 影響度보다 크고, 1982년에는 葉內硫黃과 弗素의 影響度가 비슷한 傾向을 보였다. 이에 反해 1983년에는 葉內弗素의 影響度가 葉內硫黃의 影響度보다 더 큰 傾向을 보여주어 穗當粒數에 對한 大氣中 SO₂ 및 HF의 影響度가 調査年度에 따라서 一定하지 않다는 것을 보여주었다. 그리고 1984년에는 殘差가 60% 以上되고, 그림 6에서와 같이 어떤 汚染物과도 相關의 有意性이 認定

Table 5. Percent contribution of sulfur and fluorine contents in leaf on rice yield and its components

Character	Year	Sulphur in leaf			Fluorine in leaf			Residual
		June	July	Aug.	June	July	Aug.	
Panicles/hill	1981	3.8	0.3	0.6	27.3	1.7	55.4	10.9
	1982	21.9	13.5	5.7	0.3	44.1	4.0	10.5
	1983	7.0	3.9	3.9	10.7	55.7	10.4	8.4
	1984	0.5	10.2	10.9	7.2	20.3	27.3	23.6
Spikelets/panicle	1981	17.6	8.1	16.2	2.7	13.8	4.3	37.3
	1982	12.5	8.3	3.4	3.1	9.3	13.5	49.9
	1983	11.9	2.4	17.2	32.6	3.0	13.9	19.0
	1984	0.1	5.1	6.5	8.7	0.7	15.3	63.6
% fertility	1981	1.1	4.6	4.0	20.3	6.4	20.6	43.0
	1982	17.9	10.0	3.2	7.7	12.4	24.1	24.7
	1983	8.1	13.8	2.5	4.3	25.2	8.7	37.4
	1984	11.6	4.7	2.1	13.7	12.7	2.7	52.5
1000 granins wt.	1981	2.9	0.6	2.4	2.6	10.7	5.0	75.8
	1982	7.7	9.2	5.9	15.3	6.7	1.8	53.4
	1983	12.3	16.1	2.9	6.6	3.7	7.7	50.7
	1984	3.4	7.5	3.8	1.7	5.2	3.1	75.3
Yield	1981	12.6	8.2	0.1	30.4	5.0	32.6	11.1
	1982	7.2	8.0	13.7	5.4	27.6	26.8	11.3
	1983	10.8	5.8	8.2	13.3	44.7	12.4	4.8
	1984	0.1	7.9	11.5	6.4	23.1	34.3	16.7

되지 않아서 大氣中 SO_2 및 HF 가 穗當粒數의 決定에 큰 影響을 주지 않았던 것으로 判斷된다. 月別 汚染物의 穗當粒數에 對한 影響度는 葉內硫黃의 경우 1981年 6月>8月>7月, 1982年 6月>7月>8月, 1983年 8月>6月>7月順이었으며, 葉內弗素는 1981年 7月>8月>6月, 1982年 8月>7月>6月, 1983年 6月>8月>7月順이었다. 時期的인 影響度는 그 差는 있었으나 1983年 6月 弗素의 影響과 他時期와의 差異를 除外하고는 6~8月이 거의 비슷하여 全 生育期에 걸쳐 繼續的인 大氣汚染의 影響으로 穗當粒數가 決定되는 것으로 判斷된다. 그리고 1983年에는 生育初期에 받은 大氣中 HF의 影響이 持續되어 穗當粒數의 決定을 주로 支配한 것으로 생각된다.

登熟率은 每年 葉內弗素의 影響度가 葉內硫黃의 影響度보다 높은 傾向을 보여 大氣中 HF의 影響을 많이 받는 것이 認定되었다. 登熟率에 對한 月別 汚染物의 影響度는 葉內硫黃의 경우 1981年은 每月 5%以內的 작은 影響度를 보였으며, 1982年과 1984年은 6月>7月>8月順, 1983年은 7月>8月>6月順이었다.

1984年은 6月과 7月이 비슷하고, 8月이 제일 낮은 傾向을 보여 調査年度別로 時期的인 影響度가 一定하지 않았다. 谷山⁷⁾은 穗朶期경의 大氣汚染度가 登熟率 決定에 重要한 役割을 한다고 하였는데 本 實驗에서는 月別 影響度가 一定하지 않은 것은 年度別 氣象環境 및 時期的인 汚染度의 差異때문인 것으로 判斷된다.

千粒重은 每年 殘差가 50%以上되고 그림 3~6에서와 같이 1982年과 1983年의 一部 汚染物을 除外한 어떤 汚染物과도 相關係數의 有意性이 認定되지 않아서 大氣中의 SO_2 와 HF는 千粒重에는 큰 影響을 미치지 않는 것으로 判斷된다.

收量에 對해서는 每年 葉內弗素의 影響度가 葉內硫黃의 影響度보다 높은 傾向을 보여 本 實驗에서는 水稻의 收量減少는 大氣中 SO_2 보다 HF가 主要 支配한다는 것을 보여주었다. 이와 같은 結果는 松岡⁸⁾나 松島⁹⁾의 報告처럼 作物에 對한 HF의 毒性이 SO_2 보다 10~100倍程度 높기 때문인지 아니면 SO_2 와 HF의 排出時期의 差異로 因한 SO_2 의 被害回避性 때문인지는 不分明하다. 그러나 本 調査地域은 大氣中의 SO_2 나

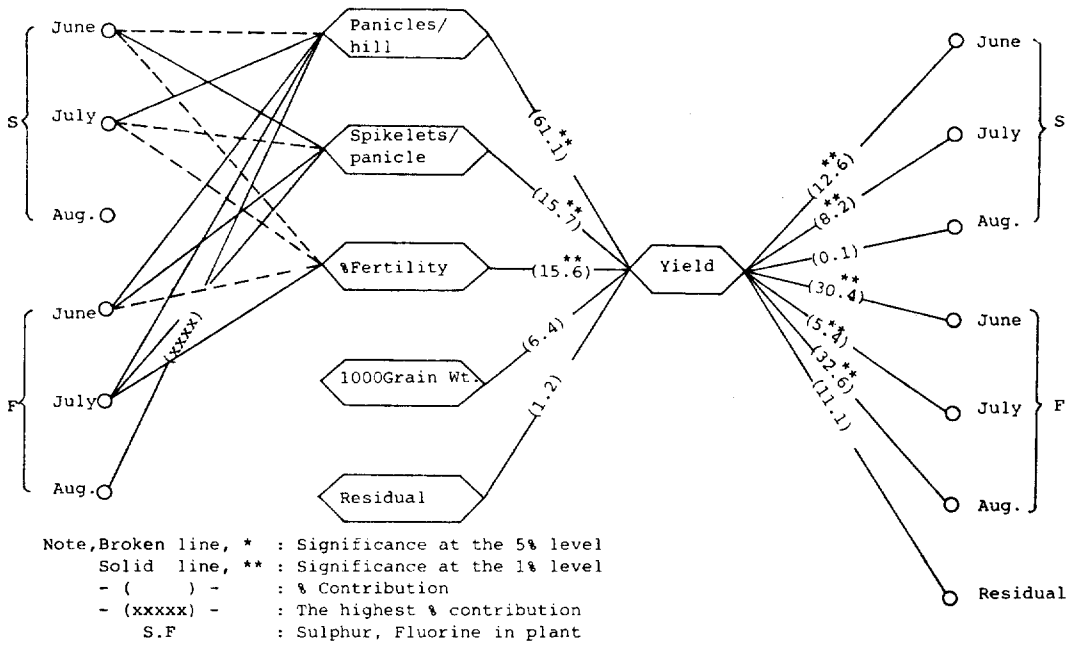


Fig. 3. Correlation coefficient and percent contribution among rice grain yield, it's components and pollution indicators in 1981.

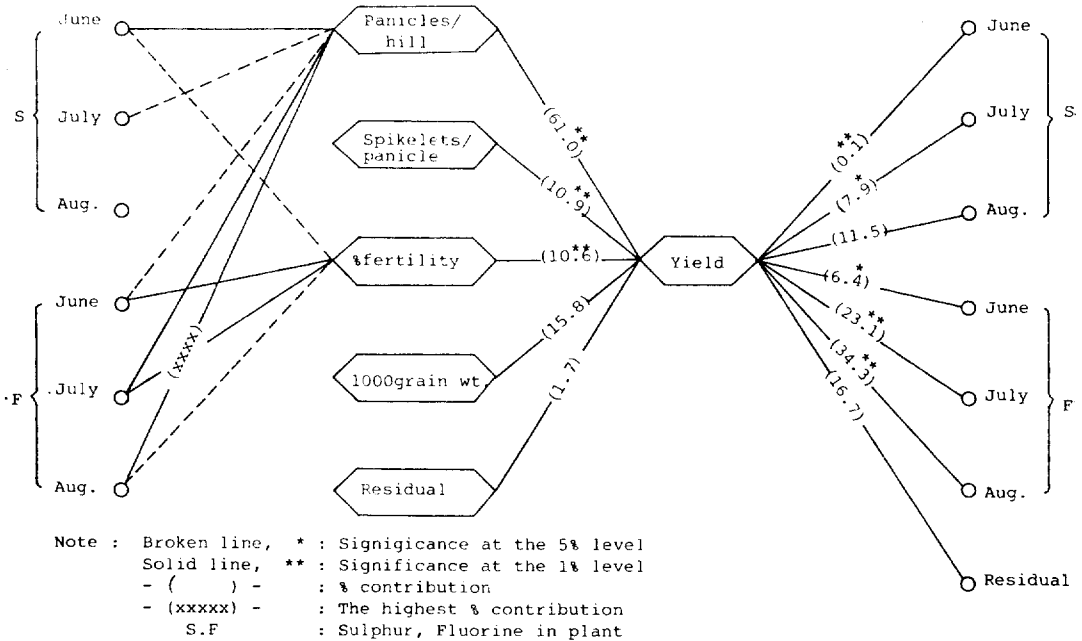


Fig. 4. Correlation coefficient and percent contribution among rice grain yield, it's components and pollution indicators in 1982.

HF가 항상 존재하므로 SO₂보다 毒性이 강한 HF의 影響이 크게 作用하였기 때문인 것으로 判斷되지만 이에 對하여는 앞으로 더 檢討해야 할 것으로 思料된다. 그리고 月別 汚染物의 影響度는 葉內硫黃의 경우 1981 年은 6月>7月>8月順, 1982 年과 1984 年은 8月>7

月>6月順, 1983 年은 6月>8月>7月順이었으나 1981 年 8月과 1984 年 6月의 影響度가 0.1%밖에 되지 않아서 이 時期의 大氣中 SO₂는 收量決定에 전혀 影響을 미치지 않았다는 것을 보여 주었다. 葉內弗素의 경우 1981 年에는 6月과 8月이 비슷하였고, 7月이 제일

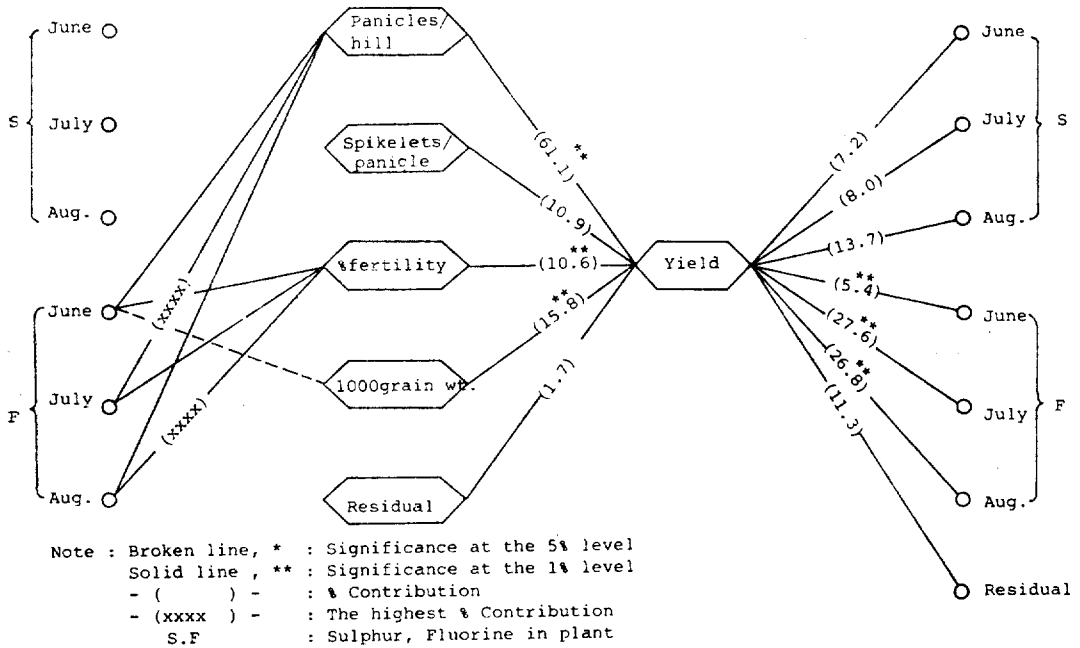


Fig. 5. Correlation coefficient and percent contribution among rice grain yield, its components and pollution indicators in 1983.

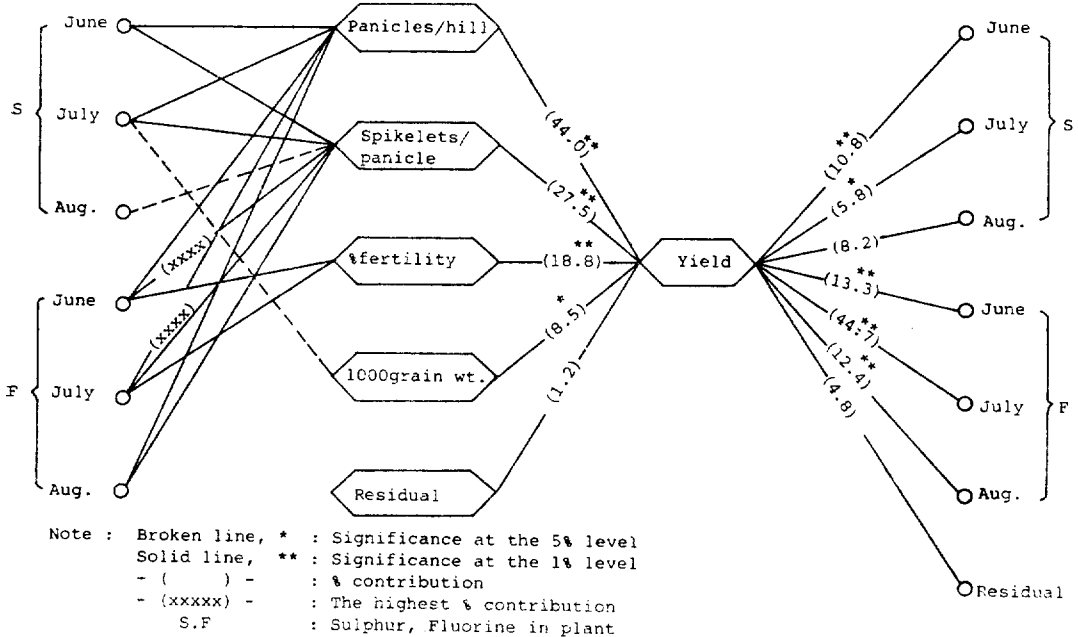


Fig. 6. Correlation coefficient and percent contribution among rice grain yield, its components and pollution indicators in 1984.

낮았으며, 1982년에는 7월과 8월이 비슷하고, 6월이 제일 낮았다. 그리고 1983년에는 7월이 제일 높고, 6월과 8월이 비슷하였으며, 1984년에는 8월 > 7월 > 6월 순이었으므로 汚染物의 時期別 影響度가 調査年度에 따라서 달랐다. 이는 鄭,¹⁰⁾ 山添^{5),11)}의 報告와 같이 대

氣汚染物의 種類에 따라서 이에 敏感한 生育段階가 다르고, 調査年度別로 汚染度가 時期的으로 一定하지 않기 때문에 大氣汚染物이 收量決定에 影響을 미치는 時期가 調査年度에 따라서 差異가 나는 것으로 判斷된다.

調査年度別 收量, 收量構成要素, 汚染物間的 相互關

Table 6. Regression equation between rice grainyield and pollution indicators from 1981 to 1984

Year	API	Equation	R	R ²	PSS
1981	①	$\hat{y}=650.330-0.051x_2-2.188x_4$	0.931	0.867	54,076
	②	$\hat{y}=458.710-9.869x_8$	0.915	0.838	60,092
	③	$\hat{y}=650.330-0.051x_2-2.188x_4$	0.931	0.867	54,076
1982	①	$\hat{y}=608.792-0.045x_3-3.058x_6$	0.920	0.846	36,898
	②	$\hat{y}=427.286-13.655x_9$	0.910	0.828	40,897
	③	$\hat{y}=614.905-0.052x_3-2.427x_6-3.477x_7$	0.927	0.860	34,261
1983	①	$\hat{y}=649.503-0.064x_3-0.830x_5+0.381x_6$	0.969	0.940	23,917
	②	$\hat{y}=488.714-11.820x_8$	0.943	0.890	32,870
	③	$\hat{y}=649.503-0.064x_3-0.830x_5+0.381x_6$	0.969	0.940	23,917
1984	①	$\hat{y}=682.616-0.056x_3-0.231x_5-2.141x_6$	0.904	0.817	73,818
	②	$\hat{y}=500.225-12.219x_9$	0.910	0.829	58,833
	③	$\hat{y}=408.436+0.043x_1+0.526x_4-1.256x_6-14.612x_9$	0.974	0.948	24,050
Total	①	$\hat{y}=744.448-0.050x_1-0.042x_3-0.408x_4-0.429x_5$	0.858	0.736	323,364
	②	$\hat{y}=464.617+1.393x_7-10.763x_8$	0.882	0.779	246,880
	③	$\hat{y}=619.577-0.063x_3-9.902x_8$	0.917	0.841	175,069

Note. API : Applied pollution indicators

- ① : x_1, x_2, x_3 (Sulphur in leaf in June, July, August), x_4, x_5, x_6 (Fluorine in leaf in June, July, August)
- ② : x_7, x_8, x_9 (% injured leaf in June, July, August)
- ③ : $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9$

$$PSS(\text{Prediction Sum of Squares}) = \sum_{a=1}^7 (y_a - \hat{y}_a)^2$$

係는 그림 3, 4, 5, 6 과 같다.

每年 收量成立에 가장 큰 影響을 주는 株當穗數에 對한 影響度가 제일 큰 月別 汚染物(1981年과 1984年은 8月의 葉內弗素, 1982年과 1983年은 7月의 葉內弗素)이 收量에 對한 影響度도 제일 커서 結局 株當穗數를 支配하는 汚染物이 收量을 주로 支配한다는 것을 보여주었다. 이와 같은 結果는 藤原,³⁾ Ibrahim,¹²⁾ 谷山⁴⁾, 山添⁵⁾가 小麥과 水稻를 利用한 研究報告와 一致되는 것으로서 水稻가 大氣中の SO₂ 나 HF의 影響을 받으면 주로 株當穗數의 減少에 의해 收量이 減少되는 것으로 判斷된다.

3. 汚染指標를 利用한 收量被害推定

水稻의 收量推定을 위한 回歸式은 첫째, 月別 葉內硫黃 및 弗素含量만을 利用한 경우, 둘째 月別 葉被害率만을 利用한 경우, 셋째 月別 葉內硫黃 및 硫內弗素含量 그리고 葉被害率을 모두 利用한 경우로 나누어서 計算하였다. 年度別 各 경우別로 計算된 많은 回歸式中에서 PSS 값이 가장 낮은 것을 選定한 것이 表 6에

提示되어 있는데 여기에 提示된 回歸式들은 PSS 값이 年度別로 큰 變異를 보였고, 回歸式 計算에 利用된 ①, ②, ③ 汚染指標組合間에도 큰 差異가 있었다. 여기서 年差間 變異보다는 回歸式 計算에 利用된 汚染指標組合間의 變異가 더 큰 意味가 있기 때문에 이것에 對하여만 論議하기로 한다. ①, ②, ③ 汚染指標中에서 ③ 組合 即, 月別 葉內硫黃 및 弗素含量과 葉被害率을 함께 適用하는 것이 PSS 값이 낮았는데 1981年과 1983年에는 ①組合과 ③組合의 PSS 값이 같았다. 그런데 ③組合에서 選定된 適正汚染指標를 보면 1981年에는 7月의 葉內硫黃含量과 6月의 葉內弗素含量, 1982年에는 8月의 葉內硫黃 및 弗素含量과 6月의 葉被害率, 1983年에는 8月의 葉內硫黃 및 弗素含量과 7月의 葉內弗素含量, 1984年에는 6月의 葉內硫黃과 弗素含量, 그리고 8月의 葉內弗素含量과 葉被害率 등으로 年差間의 差異를 보였다. 그러므로 大氣汚染에 의한 水稻의 被害率算定을 위한 收量推定回歸式을 만들기 위해서는 이들 모든 汚染指標 및 收量을 調査하여 調查年度別로 回歸式에 適用될 汚染指標를 PSS를 利用하여 選拔하

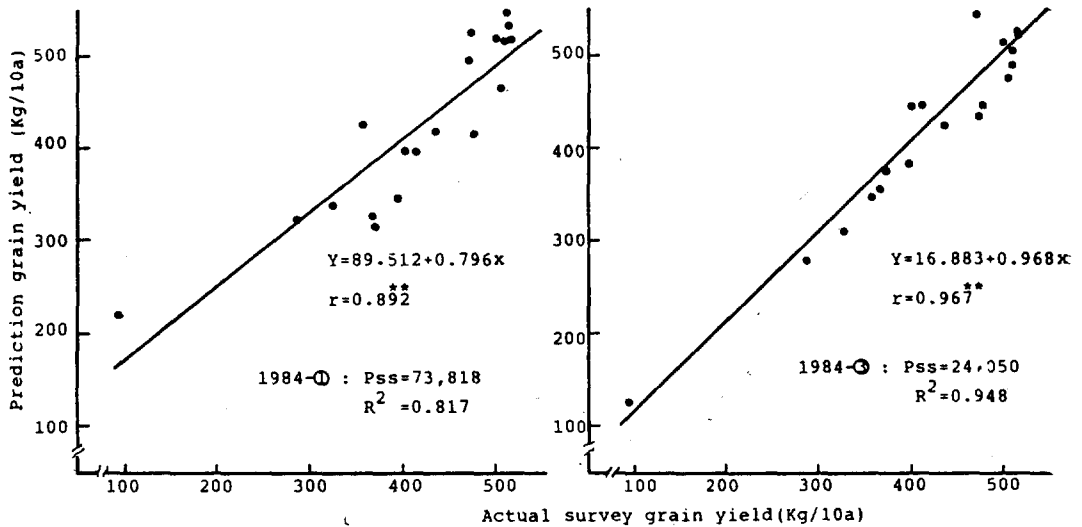


Fig. 7. Relationship between actual survey rice grain yield and prediction rice grain yield by means of regression equation.

는 것이 좋을 것으로 判斷된다. 또한 大氣汚染地域에서 收量調査上의 問題點 때문에 收量を 調査하지 않고 汚染指標만 調査된 경우에는 本 實驗에서 1981~1984 年까지의 4 個年 data 를 適用하여 만든 回歸式에 調査된 汚染指標를 適用하여 收量を 推定한 後 被害率을 算定하는 것이 調査年度에 따른 變異를 줄일 수 있으므로 適合한 方法이 될 수 있을 것으로 判斷된다.

PSS 에 의해 選定된 汚染指標를 適用하여 만든 回歸式에 의한 豫測收量과 實測收量과의 關係를 보면 그림 7과 같으며, PSS 값이 작은 回歸式을 利用하여 收量を 豫測할 경우 높은 相關關係가 認定되었다. 이 結果는 PSS 에 의해 回歸式에 適用될 汚染指標를 選定하는 것이 回歸式의 精度를 높일 수 있다는 事實을 뒷받침해 주고 있다.

要 約

本 研究은 1981 년부터 1984 년까지 4 個年에 걸쳐 蔚山工業團地周邊 21 個地點에서 遂行되었다. 大氣中 黃化物 및 弗化物이 水稻의 生育 및 收量에 미치는 影響을 究明하기 위해 水稻의 收量構成要素, 收量, 大氣中の 硫黃酸化物, 葉內硫黃 및 弗素含量, 葉被害率을 調査하여 檢討한 結果는 다음과 같다.

1. 水稻의 收量에 對한 收量構成要素의 寄與率은 株當穗數의 寄與率이 每年 제일 높았으며, 他 收量構成要素들의 寄與率은 株當穗數보다 현저히 낮았고, 이들의 寄與程度는 調査年度에 따라 差異가 있었다.
2. 收量과 株當穗數 및 登熟率에 對해서는 每年 葉

內弗素含量에 의한 影響度는 葉內硫黃에 의한 것보다 크고, 穗當粒數에 對한 葉內硫黃과 弗素에 의한 影響度는 調査年度에 따라 一定한 傾向이 없었으며, 이들 汚染指標와 千粒重間에는 相關의 有意性이 認定되지 않았다. 그리고 收量 및 收量構成要素에 對한 月別 汚染物의 影響은 調査年度에 따라 差異가 있었으며, 每年 株當穗數의 減少에 가장 큰 影響을 미친 月別 汚染物이 最終收量의 減少에도 가장 影響이 컸다.

3. 水稻의 收量推定에 適用할 汚染指標를 選定할 때 月別 葉內硫黃 및 弗素含量과 葉被害率을 함께 適用하는 것이 PSS 값이 제일 낮았다. 그리고 PSS 에 의해 選定된 汚染指標를 利用하여 만든 回歸式에 의한 豫測收量과 實測收量間에는 높은 相關關係가 認定되었다.

參 考 文 獻

1. Allen, D.M. (1974) : The relationship between variable selection and data augmentation and a method for prediction, *Technometrics*, **16**(1), 125.
2. 朴錫洪(1975) : 水稻收量構成要素에 미치는 氣象影響의 解析的 研究, 韓國作物學會誌, **18**, 55.
3. 藤原喬(1975) : 低濃度地域二酸化イオウによる植物の障害發現とその診斷に關する研究, 電力中央研究所報告, **74001**, 1.
4. 谷山鐵郎, 澤中和雄(1975) : 作物のガス障害に關する研究, 第12報 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, 日本作物學會紀事, 44 (1), 74.
5. 山添文雄(1962) : ふっ化物による煙害の實態ならび機作に関する研究, 日本農業技術研究所報告, 27, 1.
 6. 谷山鐵郎, 水野隆(1982) : 作物のガス障害に関する研究, 第17報 伊勢灣周域の大氣汚染と配置法による水稻の生育特性, 三重大環境科學研究紀要, 7, 101.
 7. 谷山鐵郎, 澤中和雄作(1973) : 物のガス障害に関する研究, 第11報 亞硫酸ガスの長期間接觸が水稻の子實生産におよぼす影響, 日本作物學會紀事, 42 (2), 143.
 8. 松岡義浩(1970) : 大氣汚染と農作物, 農業および園藝, 45(3), 463.
 9. 松島二良(1971) : 農林作物におよぼす大氣汚染の影響, 硫酸と工業, 24(6), 22.
 10. 정영호(1970) : 벼에 대한 아류산가스의 피해, 농시연보(식물환경), 13, 57.
 11. 山添文雄(1970) : フッ化水素の植物に及ぼす影響について, 公害と對策, 6, (7), 27.
 12. Ibrahim, J.H. (1970) : Air pollution injury to vegetation, *National Air Pollution Administration Publication*, p.71.