

水稻의 收量 및 收量構成要素에 關與하는 主要 要因의 效果分析

韓 元 植* · 蔡 永 岩**

Effect Analysis of the Factors Affecting Yield and Its Components in Rice

Hahn, Weon Sik* and Yeong Am Chae**

ABSTRACTS

The effects of various factors affecting yield and its components in rice were estimated by analyzing the yield forecasting trial data from 1966 to 1979. The results obtained are as follows:

1. The year effects was increased by 3.46kg per year, and one day early planting increased by 2,26kg.
2. The effect of japonica varieties was negative while that of indica-japonica hybrid varieties was positive and the effect of each varieties was increased by 3.46kg per year.
3. The contribution of each effect of the planting date, nitrogen variety, pest control and other improvement of cultivation to yield was estimated as 1.76kg (14.5%), 1.04kg (8.7%), 5.84kg (48.2%), 3.47kg (28.6%) per year, respectively.

縮 言

作物의 收量を 最大化하기 위하여는 이에 關與하는 여러 가지 遺傳的 選境的 要因의 效果를 보다 正確히 究明하여 人爲的으로 制御가 可能한 要因에 對하여는 이를 積極 助長하여 주고 制御가 不可能한 要因에 對하여는 이에 적절히 對處할 수 있는 方案을 강구하여 나가는 것이 重要한 課題라고 하겠다. 그러나 이러한 諸要因들은 그 種類가 매우 多様하고 效果가 條件에 따라 可變的이며 또 相互作用을 하고 있기 때문에 收量이나 收量構成要素에 미치는 效果들이 과연 얼마나 되는가 하는 것을 定量的으로 正確히 推定하기란 대단히 어려운 일일 것이다. 한편 현재 수행하고 있는 農事試驗도 대부분 이러한 諸要因들과 收量과의 關係 究明을 爲한 것이라고 볼 수 있겠으나 各 要因들에 對하여는 部分的 制限的

일 수 밖에 없으며 이러한 要因들을 同時에 多數 包含하는 試驗設計는 現實的으로 대단히 어렵다고 보아야 할 것이다. 따라서 本 分析에서는 過去 1966년부터 1979년까지 14年間 이미 遂行된 既存 水稻 作況試驗 中 1,261個의 標本을 抽出하여 水稻의 收量 및 收量構成要素에 영향을 미치는 要因 中 가장 重要하다고 生覺되는 年次, 地域, 品種, 窒素施肥量, 移秧時期 등의 直接의 效果를 同時에 推定하여 水稻의 生産性 向上을 爲한 栽培法 改善 및 作況豫測을 爲한 基礎資料를 얻고져 하였다.

材料 및 方法

本 分析에 使用된 資料는 1966~1979年(14年間) 農村振興廳 傘下 3個 作物試驗場 및 道農村振興院에서 遂行한 水稻作況試驗 研究報告書 中 品種의 頻度가 아주 적거나(7이하) 特殊環境에서 栽培된 것

* 農村振興廳, ** 서울大學校 農科大學.

* The Office of Rural Development, Suweon 170. ** Department of Agronomy, Seoul National University, Suweon 170. Korea.

을 除外한 1,261個의 標本을 取하여 收量(玄米重)과 收量構成 要素로서 m^2 當 穗數 穗當粒數, 登熟率, 千粒重을 調査하였다. 各 要因들의 效果를 推定하기

爲하여 各 要因의 水準을 다시 코딩하였으며 그 內容과 各 要因 水準의 頻度는 表 1과 같다. 各 要因들의 效果를 推定하기 爲하여 다음과 같은

Table 1. Frequency of sample by various factors.

Year	Freq.	Variety	Freq.	Variety	Freq.
1966	75	Palkweng	206	Sadominori	20
1967	91	Jinheung	126	Mangyeong	10
1968	95	Jaegon	73	Tongil	114
1969	90	Gwanok	34	Akibare	51
1970	92	Sirogane	41	Josaeng tongil	52
1971	65	Shin 2	9	Yusin	60
1972	59	Norin 6	107	Milyang 15	40
1973	70	Suweon 82	21	Suweon 264	16
1974	69	Hogwang	50	Milyang 21	20
1975	97	Norin 29	61	Iri 326	8
1976	120	Pung Gwang	38	Milyang 23	12
1977	116	Gimmaje	40		
1978	109	Palgeum	28	Total	1,261
1979	113	Nongbaik	24		

Table 1. Continued

Place	Freq.	Nitroge	Freq.	Planting date	Freq.
Gyeong Gi	171	0 - 6kg	311	5.17-5.26	88
Gang Weon	121	6.1 - 9	371	5.27-6. 5	139
Chung Buk	132	9.1 - 12	376	6. 6-6.15	396
Chung Nam	153	12.1 - 15	192	6.16-6.25	197
Jeon Buk	120	15.1 - over	11	6.26-7. 5	98
Jeon Nam	238			7. 6-7.15	334
Gyeong Buk	166			7.16- over	9
Gyeong Nam	141				
Jeju	19				

線型統計 模型을 使用하였으며 計算上의 複雜性 때문에 各 要因 相互間의 交互作用은 고려하지 않았다.

$$X_{ijklmn} = \mu + Y_i + P_j + V_k + N_l + D_m + E_{ijklmn}$$

μ : Overall mean

Y_i : year effect ($i=1, 14$)

P_j : place effect ($j=1, 9$)

V_k : varietal effect ($k=1, 25$)

N_l : nitrogen effect ($l=1, 5$)

D_m : planting date effect ($m=1, 7$)

E_{ijklmn} : random error

本 分析은 各 要因의 水準에서 標本數가 相異하여 最小自乘法을 利用하여 回歸의 方法에 依하여 그 效

果를 推定하였고 그 解를 爲하여 各 要因들의 效果 合이 0이 되도록 制限을 加하여 分析하였다.^{4,8)}

結果 및 考察

1. 收量 및 收量構成 要素에 對한 各 要因의 效果

各 要因들의 效果를 알기 爲하여 우선 收量 및 收量構成 要素에 對한 分散分析의 結果를 보면 登熟率만이 窒素 水準에 對한 有意性 있는 差異가 나타나지 않을 것을 除外하고 收量 및 收量構成 要素 모두 年度, 地域, 品種, 窒素水準, 移秧期의 變景에 對

하여 高度로 有意性 있는 差異를 나타냈다(表 2). 이 및 收量構成 要素에 깊이 關與한다는 것을 다시 實 結果는 本 分析에서 使用된 各 要因들이 모두 收量 證하여 주는 것이라 하겠다.

Table 2. Analysis of variance of yield and its components

SV	df	M. S.				
		NPM	NGP	MTR	1000 GW	YLD
Total	1,260					
Year	13	7,992.84**	1,058.77**	1,278.97**	5.98**	32,275.93**
Place	8	19,263.53**	1,764.10**	513.12**	6.87**	70,332.81**
Variety	24	9,971.87**	1,951.31**	591.27**	42.09**	43,478.95**
Nitrogen	4	13,880.79**	1,237.04**	183.69 ^{NS}	4.44**	11,813.95**
Planting date	6	19,671.01**	4,894.32**	641.52**	9.58**	144,989.87**
Error	1,205	2,228.42	128.08	83.84	1.13	3,547.94

*, ** : Significant at 5%, 1% probability level respectively

NPM : Number of Panicles per m²

1000 GW : 1000 Grain Weight

NGP : Number of Grains per Panicles

YLD : Yield

MTR : Maturity Ratio

(1) 年度の 效果

收量에 關與하는 年度の 效果를 推定하여 보면 年度가 經過함에 따라 漸增하는 現象을 보였는데(表 3, 그림 1) 年度別로는 1970年度가 8.49kg로서 가장 적었고 大豊을 이룩하였던 1977年은 42.81kg으로 서 가장 컸음을 알 수 있다. 여기에서 年度の 效果는 氣象的 要因과 本 分析에서 除外한 病虫害 防除 및 其他 栽培法 改善 等の 여러 가지 要因에 基因한 다고 보면 氣象的 要因에 依한 效果의 漸增은 없다

고 볼 수 있으므로 年間效果 增加量 3.47kg은 病虫 害 防除와 其他栽培法 技術發達 및 經濟 社會的 要 因에 基因하였다고 볼 수 있을 것이다. 이러한 전체 하에서 氣象效果를 그림 1의 回歸直線에 依한 偏差 로 算定하여 보면 1966, 1975, 1976, 1977年度는 正의 效果를 나타냈고 그 밖의 年度는 負의 效果를 나타냈다. 이는 朴²⁾ 등이 推定한 것과 다소 相異한 結果이나 이는 資料 및 分析方法의 相異함 때문으로 一部 생긴 것이라고 생각되며 한편으로는 作況試驗

Table 3. Estimated year effect on the yield and its componets

(unit : kg)

Year	NPM	NOG	MTR	1000 GW	YLD
μ	341.96	87.12	75.11	22.01	410.16
1966	-8.20	-7.66	6.70	-0.05	-11.10
1967	-0.05	-4.59	6.07	0.33	-15.62
1968	-6.40	-7.81	6.73	0.03	-22.39
1969	-22.26	-5.84	-2.16	0.06	-31.28
1970	-18.33	-5.16	-3.22	0.27	-38.49
1971	-1.34	-0.77	-1.70	-0.20	35.97
1972	7.58	-1.88	-6.67	-0.34	-9.56
1973	3.61	-0.65	0.35	0.20	-0.46
1974	-2.43	0.06	-2.30	0.13	-3.67
1975	0.41	8.14	1.69	-0.42	24.61
1976	22.25	4.53	-3.67	0.29	20.66
1977	6.33	9.54	1.79	0.32	42.81
1978	14.71	8.05	-2.39	-0.33	3.66
1979	4.13	4.06	-1.22	-0.02	4.88

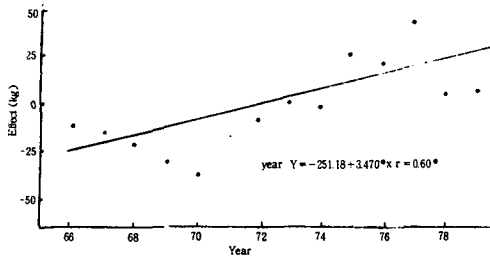


Fig. 1. Trend of year effect on the yield

의 性格上 氣溫이나 日照 等を 除外한 旱魃이나 水害 等이 人爲的으로 극복되어 氣象으로 因한 效果의 變異가 적어졌고 結果的으로 各 年度의 氣象效果가 相異하게 推定되었을 可能性도 排除할 수는 없을 것이다.

(2) 地域의 效果

各 試驗地를 道別로 分類하여 各 道의 地域의 效果를 보면 (表 4) 京畿, 忠南, 慶北, 慶南은 각각 27.18kg, 13.59kg, 26.62kg, 53.36kg으로 正의 效果를 나타냈고 江原, 忠北, 全北, 全南, 濟州는 각각 -19.27kg, -15.11kg, -26.68kg, -23.74kg, -39.94kg으로서 負의 效果를 나타냈다. 全北, 全南에서 負의 效果를 나타낸 것은 二毛作으로 因한 生産性의 底下에 基因한 것이 아닌가 推測된다. 한편 이 結果는 李⁵⁾가 作況 및 地方適應連絡 試驗成績을 가지고 分析한 各 道의 平物收量과 대체로 一致하는 傾向이나 一般農家 平均 收量과는 다소 相反되는 점이 있어 이 結果가 各 道의 生産性을 代表한다고 確信하기는 어렵다고 보겠으며 地域生産性의 正確한 評價는 金후 하나의 研究課題라고 보겠다.

Table 4. Estimated place effect on yield and its components (kg)

Province	NPM	NGP	MTR	1000 GW	YLD
Gyeon Gi	14.89	-2.34	-0.34	-0.01	27.18
Gang Weon	25.72	-7.70	-5.54	0.12	-19.27
Chung Buk	-3.23	-8.22	0.53	0.57	-15.11
Chung Nam	-18.52	2.34	2.91	0.24	13.59
Jeon Buk	-15.67	1.20	1.69	-0.29	-22.68
Jeon Nam	3.76	0.11	-1.66	-0.22	-23.74
Gyeong Bok	7.36	2.23	-1.89	0.22	26.62
Gyeong Nam	-23.36	11.33	1.96	0.12	53.36
Jeju	9.04	1.03	2.34	-0.76	-39.94

(3) 移秧期의 效果

移秧期의 效果를 보면 (表 5) 5월 17일~26일, 5월 27일~6월 5일의 早期移秧을 한 경우는 各 各 57.20kg, 49.51kg의 正의 效果를 보였으며 移秧期가 7월 6일~15일, 7월 16일 이후로 지연되면 各 各 55.26kg, 61.13kg의 負의 效果를 보이고 있어 移秧期가 收量에 關與하는 큰 要因으로 나타나고 있

다. 特히 收量構成 要素를 보면 移秧이 遲延됨에 따라 穗當粒數, 登熟率, 干粒重에서 현저한 減少를 보여 結果的으로 이 要素들이 收量에 關與하였음을 알 수 있다.

移秧期의 遲延에 따른 收量의 減少率을 보면 (그림 2) 移秧期가 1日 遲延됨에 따라 2.26kg 程度 減少되는 것으로 나타났다.

Table 5. Estimated planting date effects on yield and its components

Planting date	NPM	NGP	MTR	1000 GW	YLD
5.17 - 5.26	-8.80	7.03	5.17	0.18	57.20
5.27 - 6. 5	14.87	5.79	3.07	0.19	49.51
6. 6 - 6.15	-9.06	5.78	2.54	0.45	39.09
6.16 - 6.25	-4.95	3.61	0.17	0.04	1.02
6.26 - 7. 5	4.81	-7.99	-1.04	-0.45	-30.43
7. 6 - 7.15	19.31	-10.98	-3.60	-0.21	-55.26
7.16 -	-16.18	-3.26	-6.33	-0.22	-61.13

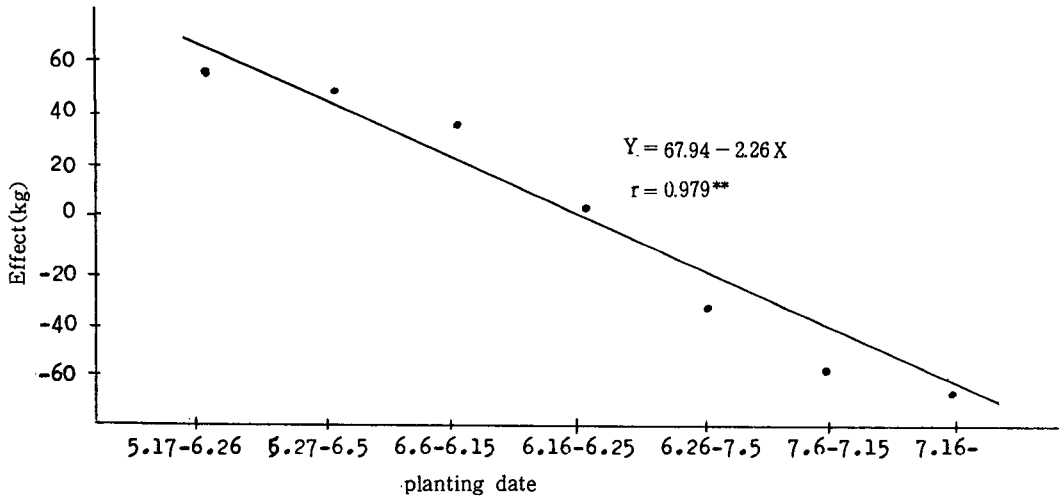


Fig. 2. Relationship between planting date and its effect on yield

(4) 窒素水準의 效果

窒素水準의 效果를 보면(表 6) 施用량이 6kg 以下일 때는 收量이 顯著히 減少하나 6~15kg에서는 거의 비슷한 效果를 보였고 15kg 이상에서는 15.82kg으로 顯著한 增加效果를 보였는데 이는 70年代以後 登場한 統一系統에 對한 多肥多收穫의 結果가 그

原因이 아닌가 짐작된다. 窒素 1kg 增施에 따른 效果의 增加는 2.1kg으로 推定되었으나 그 有意性은 認定되지 아니 하였다.

(5) 品種의 效果

品種의 效果를 보면(表 7) 60年代末에 栽培되었던 一般系 品種들은 거의가 負의 效果를 나타냈고

Table 6. Estimated nitrogen effects on yield and its components (kg)

Nitrogen level	NPM	NOG	MTR	1000 GW	YLD
0 - 6kg	-19.88	0.18	-1.92	-0.44	-16.42
6.1 - 9kg	3.92	-3.81	0.73	-0.28	4.28
9.1 - 12kg	0.92	-4.62	0.77	-0.20	-6.17
12.1 - 15kg	-4.88	1.46	2.18	0.12	2.48
15.1 - over	19.91	6.78	-1.76	0.80	15.82

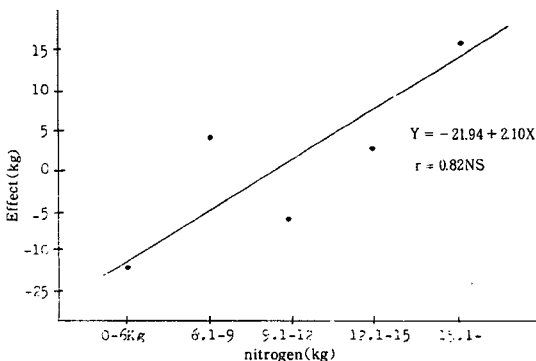


Fig. 3. Relationship between amount of nitrogen and its effect on yield

70年代以後 育成되어 栽培되었던 統一系 品種들은 全部 正의 效果를 나타냈는데 그 중에서 統一, 維新, 密陽 21號, 密陽 23號 等은 各各 69.53kg, 72.32kg, 63.68kg, 119.5kg으로 效果가 큰 것으로 나타났다. 이 結果를 基礎로 品種效果의 年間 增加量을 推定하기 爲하여 各 品種들의 獎勵品種 指定年度에 따른 直線回歸分析 結果를 보면(그림 4) 年間 5.84kg이 增加한 것으로 나타났다. 特히 여기에서 70年代는 60年代에 比하여 效果의 變異폭이 적음을 알 수 있는데 이는 品種育成技術의 發展으로 因하여 새로 育成된 品種들의 生産性이 거의 平準化된 것임을 시사하는 것으로 볼 수 있을 것이다.

Table 7. Estimated varietal effects on yield and its components (kg)

Variety	NPM	NOG	MTR	1000 GW	YLD
Palkweng	0.32	-5.60	0.72	- 0.21	-10.13
Jinheung	-28.23	-3.17	0.05	2.29	-29.86
Jaegeon	1.06	-4.57	-1.12	0.24	-48.87
Gwanok	-14.48	-3.62	-1.45	1.12	-61.26
Sirogane	-28.65	0.85	-2.40	- 0.97	-87.75
Shin 2	8.57	-5.50	2.10	- 0.48	27.98
Norin 6	40.98	-10.32	-0.14	- 1.54	-10.73
Suweon 82	-14.83	-9.62	2.60	0.07	-102.35
Hogwang	18.32	2.12	-3.42	1.16	-23.24
Norin 29	11.86	-2.18	-5.00	0.24	-26.96
Pung Gwang	33.43	-5.16	1.21	1.17	-17.33
Gimmaje	-15.97	-11.87	9.13	2.10	38.38
Palgeum	8.29	4.23	-1.39	1.47	10.30
Nongbark	-13.81	-5.68	3.89	- 0.10	-28.64
Sadominori	-4.36	-5.05	9.64	0.48	7.49
Mangyeong	-21.35	5.53	-6.40	- 1.04	-71.59
Tongil	-10.47	15.54	-9.08	1.19	69.53
Akibare	26.57	-14.96	7.84	- 0.99	-21.40
Josaeng tongil	7.75	1.78	-6.59	0.99	36.71
Yusin	12.26	13.18	-7.78	- 0.74	72.32
Milyang 15	8.19	-10.85	6.46	0.44	48.78
Suweon 264	4.69	6.73	5.85	- 3.14	38.38
Milyang 21	-11.16	13.78	-5.19	- 1.80	63.68
Iri 326	29.89	8.47	1.83	- 2.96	15.52
Milyang 23	-48.89	25.96	-1.35	0.98	119.50

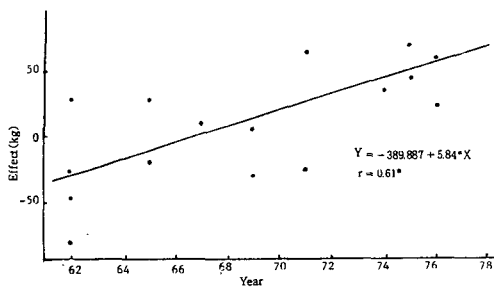


Fig. 4. Trend of varietal effects on yield with year

(6) 各要因의 分散成分量

收量에 關與하는 各要因의 收量에 關한 分散成分을 보면(表 8) 移秧期 및 品種이 各各 1489.93, 1365.67 으로 가장 커서 收量에 影響하는 가장 큰 要因으로 나타났고 다음이 地域으로 分散量이 800.24 이었으며 年度 效果는 363.97 이었다. 窒素效果는 分

散量이 70.66kg 으로서 가장 적었다. 以上の 結果를 綜合하여 보더라도 生産性 增大를 爲해서는 여러 多收性 品種의 選擇과 適期 移秧이 必須要件이라 하겠다.

2. 收量에 關與하는 相對的 寄與率의 推定

以上の 結果를 基礎로 하여 各要因에 依한 年間 增加量을 相對的으로 가정하고 各要因들의 年間 效果增加量과 相對的 寄與率을 計算하였다(表 9). 우선 移秧期 效果는 1966年의 6月 5日 適期에서 1979年 5月 25日 適期로 11日 程度 앞당겨졌다고, 보면⁷⁾ 1年에 0.76日 앞당겨졌다고 볼 수 있으므로 年間 1.72kg의 效果增大를 가져왔고 窒素效果는 1966年 年 10a當 8kg에서 1979年에 15kg으로 增加하였다고 보면⁷⁾ 年間 1.05 kg의 效果增加를 가져왔다고 할 수 있으며 前述한 바와 같이 品種의 年間 效果增加를 5.84 kg, 病虫害 및 其他 栽培法 改善效果를 年間 3.47kg로 推定한다면 年間 總 效果增加를 12.12

Table 8. Estimated proportion of variance of various factors influencing yield and its components.

Source Factor	NPM	NGP	MTR	1000 GW	YLD
Year (σ_y^2)	73.03	11.79	15.14	0.06	363.97
Place (σ_p^2)	204.12	19.60	5.14	0.06	800.24
Variety (σ_v^2)	264.83	62.35	17.35	1.40	1,365.67
Nitrogen (σ_n^2)	99.61	9.48	0.85	0.02	70.66
Planting date (σ_d^2)	183.73	50.20	5.87	0.08	1,489.93
Residual (σ_e^2)	2,228.41	128.07	83.83	1.13	3,547.94

kg으로 推定할 수 있을 것이다. 이 결과는 李⁵⁾가 推定한 試驗場 成績의 年間 增收量 10.52kg 보다 약간 上廻하나 이것은 아마도 基準年度의 相異함에 基因한 것 같다. 또 年間 增加量을 100으로 하였을 때 各 效果의 寄與率을 보면 品種效果가 48.2%로 가장 커서 生産性的 증가가 品種改良에 依하여 주도되었음을 알 수 있으며 移秧期 效果도 14.5%로 比較的 높은 寄與率을 나타냈으나 窒素效果는 8.7%로 比較的 낮았다. 그 밖의 病虫害防除나 栽培法 改善의 效果도 28.6%로서 상당히 그 寄與度가 높음을 알 수 있으나 여기에서 病虫害 및 其他 栽培法 改善의 效果를 보다 상세히 分割하기 爲해서는 상당한 基礎資料가 要求되어 대단히 어려운 앞으로의 課題로 生覺된다.

끝으로 以上の 結果를 解析함에 있어서 本 結果가 環境과 條件의 變化에 따라 항상 可變的이며 또 各 要因 相互間에 복잡한 交互作用이 있을 뿐만 아니라 여기에서 설명되지 않은 많은 要因들이 상당히 內在하여 있다는 점에 有意하여야 할 것이다.

Table 9. Estimated effect on yield by various factors.

Factors	Increasment per year (kg)	Ratio (%)
Planting date	1.76	14.5
Nitrogen	1.05	8.7
Variety	5.84	48.2
Year trend	3.47	28.6
Total	12.12	100.0

摘 要

1966~1979年(14年)間 遂行된 水稻作況 試驗結果를 利用하여 水稻의 收量 및 收量構成 要素에 關

與하는 年次, 地域, 品種, 窒素水準, 移秧期 等の 效果를 分析한 結果는 다음과 같다.

1. 年度의 效查는 年次的으로 漸增하며 年間 3.46kg의 效果增加를 보였다.
2. 地域效果는 京畿, 忠南, 慶北, 慶南은 正의 效果, 江原, 忠北, 全北, 全南, 濟州는 負의 效果를 나타냈다.
3. 移秧期의 效果는 早期移秧일수로 效果가 增加하여 移秧期가 1일 빨라짐에 따라 收畝는 2.26kg 增加하였다.
4. 窒素水準 效果는 6kg이하일 때 현저히 減少하고 6kg~15kg에서는 거의 비슷하였으며 15kg 이상에서 현저히 增加하였다.
5. 1960年代 一般系 品種들은 거의 負의 效果였고 1970年代 育成된 統一系 品種들은 正의 效果를 나타냈으며 年間 5.84kg의 品種效果의 漸增을 보였다.
6. 收量에 對한 分散成分의 크기는 移秧期, 品種, 地域, 年次, 窒素의 順序였다.
7. 1966~1979년까지 年間 增收에 대한 寄與度는 移秧期 1.76kg(14.5%), 窒素施肥 1.04kg(8.7%) 品種 5.84kg(48.2%), 病虫害 및 기타 栽培法改善 3.47kg(28.6%)로 年間 12.12kg이 增收된 것으로 推定되었다.

參 考 文 獻

1. 朴錫洪(1975) 水稻收量 構成 要素에 미치는 氣象 影響의 解析的 研究. 韓作會誌. 18:55-88.
2. 朴錫洪·咸泳秀·韓元植(1976) 水稻生産에 있어서 技術效果와 氣象效果에 關한 考察. 農業研報 18:121-125.
3. 咸泳秀(1980) 水稻增收을 爲한 品種과 栽培技術의 改善. 韓農科協會誌. 65-86.

4. Harvey, W. R. (1960) Least - squares analysis of data with unequal subclass numbers,
5. 李殷雄(1982) 水稻統一品種育成 普及 前後 20 年間の 生産性變量. 韓作會誌 27(3) : 183-192.
6. 李弘柘 · 曹章煥 · 李鍾薰 · 洪殷熹 · 金光鎬(1980) 2000年代의 食糧需要와 生産展望. 韓農科協會誌 29-47.
7. 李鍾薰 · 金鍾昊(1982) 水稻品種 및 栽培技術의 1962年 以後의 變遷. 韓作會誌. 27(4) : 439-451.
8. Snedecor, G. W., Cochran, W. C. (1976). statistical method,