

圃場栽培 水稻의 無機營養

[I] 三要素利用率과 養分吸取量, 収量 및 乾物生産量과의 關係

朴 薰

植物環境研究所

(1973년 1월 22일)

Mineral Nutrition of the Field-Grown Rice Plant

[I] Recovery of Fertilizer Nitrogen, Phosphorus and Potassium
in Relation to Nutrient Uptake, Grain and Dry Matter Yield

Hoon Park

Institute of Plant Environment, Suwon 170 KOREA

(Recived Jan., 22, 1973)

SUMMARY

Percentage recovery of fertilizer nitrogen, phosphorus and potassium by rice plant (*Oriza sativa* L.) were investigated at 8, 10, 12, 14 kg/10a of N, 6 kg of P_2O_5 and 8 kg of K_2O application level in 1967 (51 places) and 1968 (32 places). Two types of nutrient contribution for the yield, that is, P type in which phosphorus firstly increases silicate uptake and secondly silicate increases nitrogen uptake, and K type in which potassium firstly increases P uptake and secondly P increases nitrogen uptake were postulated according to the following results from the correlation analyses (linear) between percentage recovery of fertilizer nutrient and grain or dry matter yields and nutrient uptake.

1. Percentage frequency of minus or zero recovery occurrence was 4% in nitrogen, 48% in phosphorus and 38% in potassium. The frequency distribution of percentage recovery appeared as a normal distribution curve with maximum at 30 to 40 recovery class in nitrogen, but appeared as a shew distribution with maximum at below zero class in phosphorus and potassium.
2. Percentage recovery (including only above zero) was 33 in N (above 10kg/10a), 27 in P, 40 in K in 1967 and 40 in N, 20 in P, 46 in K in 1968. Mean percentage recovery of two years including zero for zero or below zero was 33 in N, 13 in P and 27 in K.
3. Standard deviation of percentage recovery was greater than percentage recovery in P and K and annual variation of CV (coefficient of variation) was greatest in P.
4. The frequency of significant correlation between percentage recovery and grain or dry matter yield was highest in N and lowest in P. Percentage recovery of nitrogen at 10 kg level had significant correlation only with percentage recovery of P in 1967 and only with

that of potassium in 1968.

5. The correlation between percentage recovery and dry matter yield of all treatments showed only significant in P in 1967, and only significant in K in 1968, Negative correlation coefficients between percentage recovery and grain or dry matter yield of no or minus fertilizer plots were shown only in K in 1967 and only in P in 1968 indicating that phosphorus fertilizer gave a distinct positive role in 1967 but somewhat negative role in 1968 while potassium fertilizer worked positively in 1968 but somewhat negatively in 1967.
6. The correlation between percentage recovery of nutrient and grain yield showed similar tendency as with dry matter yield but lower coefficients. Thus the role of nutrients was more precisely expressed through dry matter yield.
7. Percentage recovery of N very frequently had significant correlation with nitrogen uptake of nitrogen applied plot, and significant negative correlation with nitrogen uptake of minus nitrogen plot, and less frequently had significant correlation with P, K and Si uptake of nitrogen applied plot.
8. Percentage recovery of P had significant correlation with Si uptake of all treatments and with N uptake of all treatments except minus phosphorus plot in 1967 indicating that phosphorus application firstly increases Si uptake and secondly silicate increases nitrogen uptake. Percentage recovery of P also frequently had significant correlation with P or K uptake of nitrogen applied plot.
9. Percentage recovery of K had significant correlation with P uptake of all treatments, N uptake of all treatments except minus phosphorus plot, and significant negative correlation with K uptake of minus K plot and with Si uptake of no fertilizer plot or the highest N applied plot in 1968, and negative correlation coefficient with P uptake of no fertilizer or minus nutrient plot in 1967. Percentage recovery of K had higher correlation coefficients with dry matter yield or grain yield than with K uptake. The above facts suggest that K application firstly increases P uptake and secondly phosphorus increases nitrogen uptake for dry matter yield.
10. Percentage recovery of N had significant higher correlation coefficient with grain yield or dry matter yield of minus K plot than with those of minus phosphorus plot, and had higher with those of fertilizer plot than with those of minus K plot. Similar tendency was observed between N uptake and percentage recovery of N among the above treatments. Percentage recovery of K had negative correlation coefficient with grain or dry matter yield of no fertilizer plot or minus nutrient plot. These facts reveal that phosphorus increases nitrogen uptake and when phosphorus or nitrogen is insufficient potassium competitively inhibits nitrogen uptake.
11. Percentage recovery of N, P and K had significant negative correlation with relative dry matter yield of minus phosphorus plot (yield of minus plot \times 100/yield of complete plot) in 1967 and with relative grain yield of minus K plot in 1968. These results suggest that phosphorus affects tillering or vegetative phase more while potassium affects grain formation or Reproductive phase more, and that clearly show the annual difference of P and K fertilizer effect according to the weather.
12. The correlation between percentage recovery of fertilizer and the relative yield of minus nutrient plot or that of no fertilizer plot to that of minus nutrient plot indicated that nitrogen is the most effective factor for the production even in the minus P or K plot.

13. From the above facts it could be concluded that about 40 to 50 percent of paddy fields do not require P or K fertilizer and even in the case of need the application amount should be greatly different according to field and weather of the year, especially in phosphorus.

緒 論

水稻의 施肥適量을 찾고자 農家圃場을 對象으로 한 三要素試驗이 1960년에 始作되었으며⁽¹⁾ 國際食糧農業機構(FAO)와 政府의 共同投資로 1964년부터 1969년까지 全國의 規模로 其他 여러가지 포장시험과 같이 실시되었다.⁽²⁾ 이 事業이 끝난후에도 계속 植物環境研究所에서는 土壤肥沃度分野의 重要事業으로 實施하고 있다. 특히 새로 育種한 IR 667을 장려품종과 比較하여 71년부터 調査하고 있다. 그러나 이 방대한 全國의 規模의 시험이 土壤統制로 施肥量에 따른 收量만을 얻는 것 외에 보다 큰 意義는 간단한 실험실적 방법으로 포장의 특성에 알맞는 시비적량과 시비 방법을 長期의 안목에서 결정할 수 있도록여러 因果관계에 關한 理解를 넓히는데 있을 것이다. 그렇게 하자면 查土壤에 對한 관심은 查土壤-水稻體係로 돌려서 榮養生理의 調査가 先行되어야 할 것이다.

一次의인 榮養調査는 收量 및 乾物生産量과 關聯하여 養分總吸收量과 肥料利用率을 보는 것일 것이다. 肥料利用率은 土深·土性·물管理·土壤中의 有效養分量·共存養分の 種類와 量, 肥種 施肥方法 및 時期·品種의 根分布와 養分吸收 特性 및 氣象에 따라 다를 것이며^(3,4,5,6) 吸收量을 알면 土壤調査, 土壤化學의 分析, 氣象資料에 依하여 收量을 支配하는 養分吸收 體系을 理解할 수 있으며 나아가서 얻어진 積정시비량의 活用限界가 大幅 확장되게 될 것이다. 다루는 對象이 復雜한 體系이 므로 實用的 解答을 얻는데 試行錯誤式經驗科學의 方法이 不可避한 경우가 많지만 그러할수록 더욱 理論的 解明이 要請되는 것이다. 人力에서나 技術的인 制約으로 未洽한數였지만 1967년에 全國의 으로 榮養調査가 始作되었다. 그후 부진한 상태에서 中斷되었다가 1972년에 IR667 계통과 既存 品種을 對比로 조사가 다시 시작되었으나 그것으로 10여년 계속된 全國의인 三要素 單純 試驗이 끝맺게 되었으니 좋은 研究資源을 농진센이라 하였다.

著者が 정리했던 1967년의 資料一部分가 FAO 專問家에 依하여 海外에서 發表된바 있으나⁽⁷⁾ 정리

방법을 재검토하고 1968년의 성적을 동시에 해석하여 肥料利用率과 收量 및 乾物生産量과의 關係를 이에 報告하는 것이다.

材料 및 方法

調査區處理 : 1967년과 68년에 全國의 으로 실시한 三要素單純 試驗圃場에서 無肥區(0-0-0)·缺肥區(0-2-2, 2-0-2, 2-2-0)와 施肥區(1-2-2, 2-2-2, 3-2-2, 4-2-2)에서 收穫期 最外列부터 2番列에 있는 生育중용의 平均 穗數를 갖는 4個株를 채취하여 精粗와 藁를 分離 40mesh로 하여 分析하였다. 위에서 표시한 시비수준의 질소 1, 2, 3, 4는 각각 8, 10, 12 및 14kg/10a이고 인산(P_2O_5) 및 加里(K_2O)의 2는 각각 6kg과 8kg이었다. 肥料는 硫酸, 重過石과 鹽加를 使用했다.

水稻品種 : 各道別 장려품종을 재배하였다.⁽⁸⁾

植物體分析 : 試料 0.5g을 $H_2SO_4-H_2O_2$ 法⁽⁹⁾으로 분해 여과잔사를 SiO_2 로 하고 질소는 증류법, 인산은 Vanadomolybdate 黃法, 加里는 淡光分光法으로 測定하였다. 化學分析值는 70°C 24時間 乾重으로 求하고 吸收量 計算에는 圃場에서 調査한 藁重과 收量의 風乾重을 水分補正없이 使用하였다.

三要素利用率 : 질소는 各수준별로 吸收量과 無窒素區 吸收量의 差을 施肥量에 對한 百分率로 하였으며 磷酸과 加里는 2-2-2區 吸收量과 無磷酸區(2-0-2) 및 無加里區(2-2-0)의 吸收量 差異을 6kg 및 8kg에 對한 百分率로 하였다.

利用率이 負의 값인 경우 0으로 100보다 큰 때에는 100으로 看做하였다. 養分吸收量計算에 있어 報告書⁽⁸⁾의 성적을 使用하였으나 수개곳에 있었던 誤植은 原資料에 依據 수정하였다.

結果 및 考察

Table 1은 N 施肥量別(1967년엔 8, 10, 12kg의 세수준 1968년엔 10, 14kg 두 수준)과 P 및 K의 6kg 및 8kg 水準에서의 利用率平均値와 標準偏差이다. 67년엔 53個 地點을 68년엔 33個 地點을 조사하였으나 모든 조사항목에 결겨되는 것이 없이 電子計算機에 넣을수 있었던 것은 각각 48개와 28개였다. 질소 수준별 利用率을 보면 67

년엔 8 kg 에서는 적고 10 kg 에서 가장 크며 12 kg 에서 다시 약간 적어진다. 68 年에는 수준별 큰 차이가 없어 N 利用率은 10 kg 내지 14 kg 범위에서 一定한 값을 보인다고 볼 수 있다. 利用率의 年度別 差異는 N 가 8%로 가장 크고 K 가 5%, P 가 1%로 가장 적다.

Table 1. Mean and standard deviation of percentage recovery of fertilizer nutrient.

		N ₁₄	N ₁₂	N ₁₀	N ₈	P ₆	K ₈
1967(48)*	Mean	—	29.7	31.8	24.6	12.2	23.1
	S.d	—	19.6	18.7	20.5	20.9	32.2
	C.V		66	59	83	171	139
1968(28)	Mean	38.7	—	38.2	—	11.4	27.8
	S.d	19.5	—	19.5	—	14.1	34.6
	C.V	50		51		124	125

*Sample size

여기서 利用率(crop recovery of fertilizer)이라고 하는 것은 施肥量中 作物이 吸收한 量의 百分率이며 金들⁽⁸⁾이 標識肥料을 使用한 試驗에서의 吸收利用率(Efficiency of fertilizer)과는 全然 다른 것이다. 吸收利用率이라 하는 것은 肥料에서 由來한 養分の 植物體 總吸收量에 對한 百分率(% nutrient derived from fertilizer)로 肥料吸收率이라고 부르는 것이 적절하며 既往의 利用率과 混同되지 않을 것이다. 同一 施肥量에서 養分含有率과 生育量이 같은 경우 肥料吸收率이 크면 클수록 肥料利用率도 커질 것이며 한 처리에서 時期別로 보면 肥料吸收率은 감소하는 경우라도⁽⁶⁾ 總奪取量은 增加할 것임으로 肥料利用率은 점점 증가할 것이다.

利用率의 標準偏差는 상당히 큰 편이며 P 와 K

는 利用率보다 偏差가 더 크다. 標準偏差의 年別 差異는 利用率과 反對로 P 가 가장 크고 N 가 가장 적다. N 에서는 水準別로도 偏差가 一定한 값을 보이고 있다. 偏差에 依한 利用率의 變異系數(coefficient of variation)를 보면 N 와 K 는 利用率이 높을수록 낮고 P 는 이와 반대이다. 질소에서 50 내지 83% P 는 124 에서 171 K 는 125 에서 140 으로 利用率 變異系數의 年別 差異가 가장 적은 것은 K 이고 가장 큰 것은 P 이다. CV%로 보아 P 利用率이 가장 변이 폭이 큰 것을 알 수 있다. P 와 K 의 變異가 큰 것은 67 年의 51 點과 68 年의 33 點에 대한 利用率이 0 이거나 그 以下の 값이 出現하는 頻度(Table 2)에서도 나타난다. 질소는 10kg /10a 인데 97%가 0 以上の 값을 보이고 施肥量이 이보다 많거나 낮으면 95%가 0 以上の 값을 보인다. N 利用率이 0 以下の 값을 갖는 것은 無 N 區의 N 吸收量이 施肥區의 그것보다 크기 때문인데 이는 N 施肥量이 많은 경우 N 過多에 依한 生育阻害에 基因할 수 있고 N 施用量이 낮은 경우 N 에 依하여 誘因된 初期生育의 促進과 뒤이은 肥切에 依한 後期生育의 不良에 基因했다고 볼 수 있다. N 水準別 및 年度別 利用率의 差異에도 不拘하고 0 以上の 出現頻도가 年度別로 水準間에 같은 傾向을 보이는 것은 10kg 이 거의 모든 畚土壤에 安全한 水準이라는 것을 의미한다. K 와 P 는 0 以上の 利用率出現頻도가 N 의 그것보다 훨씬 떨어져서 62% 및 52%이며 年度差異는 三要素 모두 3% 程度로 差異가 없다. 利用率 等級別 百分率 頻度分布를 보면 (Fig. 1) N 는 30 내지 40 에서 28 %의 최고頻度を 갖는 正規分布에 가까운 모양을 하고 있으며 P 와 K 는 0 또는 2 이하에서 最高頻도를 갖고 점차 감소하여 편기된 분포를 하고 있다. 특히 K 는 100 이상의 것이 6%나 되어 N 와

Table 2. Percentage occurrence of positive percentage recovery of fertilizer nutrient and mean of recovery.

Year	Sample size	N ₁₄	N ₁₂	Percentage recovery			N ₁₄₋₈	P ₆	K ₈
				N ₁₀	N ₁₄₋₁₀	N ₈			
1967	51	—	94 (30.1)	100 (32.6)	98 (31.4)	88 (25.5)	94 (29.4)	51 (14.0)	61 (24.8)
1968	33	94 (37.3)	—	97 (39.0)	95 (38.2)	—	95 (38.2)	55 (10.8)	64 (29.1)
Total	33	94 (37.0)	94 (30.1)	99 (35.1)	96 (34.1)	88 (25.5)	95 (32.9)	52 (12.7)	62 (26.5)

Number in parenthesis indicates mean value of percentage recovery. N₁₄ indicates percentage recovery at 14 kg N/10a, N₁₄₋₁₀ includes 14, 12, 10 levels.

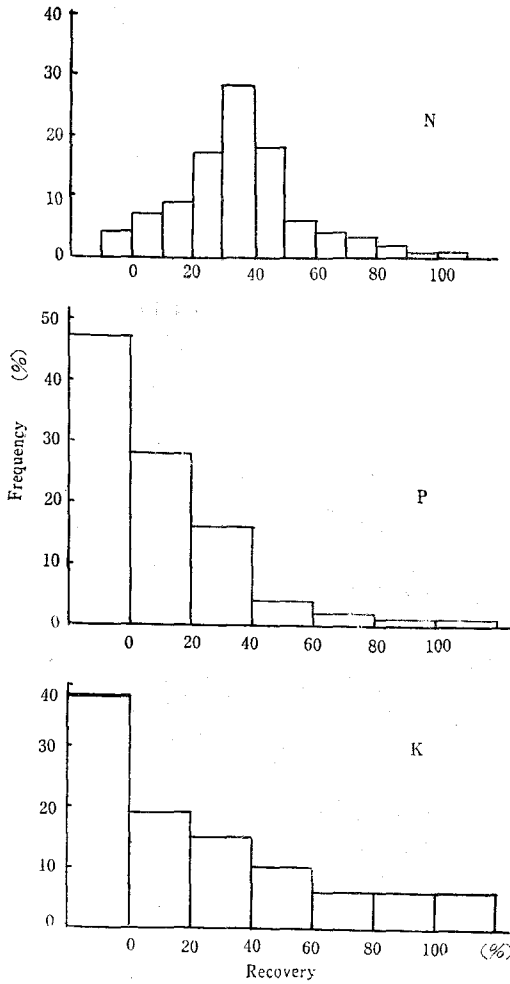


Fig. 1. Frequency distribution of percentage recovery of fertilizer by rice plant.

P의 그것이 1%인데 비해 커서 사치 吸收가 아니면 施肥量으로 不充分한 경우가 N나 P보다 많은 것을 의미한다. 利用率의 代表値는 最高頻度를 갖는 것으로 볼수도 있겠으나 이렇게 보면 正規分布를 하는 N는 妥當하지만 그렇지 않은 P나 K는 不適하다는 것을 알 수 있다.

三要素 利用率 計算에서 0 以下の 것을 除外하고 計算하면 (Table 3) N水準間 差異가 3% 以內로 줄어들고 K와 P는 거의 倍로 增加하여 K利用率은 N의 그것보다 커진다. 이것은 K 施肥効

Table 3. Percentage recovery of fertilizer when the value less than zero were not included.

	N ₁₄	N ₁₂	N ₁₀	N ₈	P ₆	K ₈
1967	—	32.6 (47)	32.6 (51)	29.6 (44)	27.4 (26)	40.7 (31)
1938	39.7 (31)	—	40.2 (32)	—	19.8 (18)	45.8 (21)

과가 있는 곳에서는 N보다 적지 않은 施肥量을 주어야 한다는 것을 의미한다. 이 경우의 年度別 利用率 變異는 N와 K에서는 差異가 없으나 P에서는 0 以下를 포함한 경우와는 상당한 差異를 보이고 있다. 利用率의 平均値를 畝에 있어 0 以下를 버리고 0 보다 큰 값만으로 하는 것이 實際 肥料 反應이 있는 것만이므로 더욱 合當할 것으로 생각되며 이를 뒷받침하는 것은 첫째 N水準間 利用率 差異가 적어지는 점, 둘째 三要素 利用率의 年度別 差異가 類似해지는 점 셋째 K 利用率이 N의 것 보다 높아서 畝土壤 K 含量이 一般적으로 적고 K의 收支로 볼때⁽¹⁰⁾ K가 要求되는 곳에서는 要求度에 뒤지지 않을 것이라는 점들이다. 特別 磷酸의 年度別 差異가 뚜렷하여 67년에는 27%로 크고 68년에는 N나 K와는 反對로 감소하여 20%가 되는 사실이다. 따라서 利用率이 있는 것만의 平均으로 全國 三要素 利用率을 보면 (Table 3) N는 30 내지 40 P는 20 내지 27 K는 40에서 46의 범위라고 할 수 있겠다. 그러나 全國 畝土壤에 對한 三要素 利用率은 0 以下の 값을 포함한 平均値로 보아야 할 것이며 (Table 2). 이 경우 2年 平均値는 N가 33% P가 13% K가 27%로 볼 수 있다.

N 利用率은 日本에서의 N 分施의 것⁽⁶⁾을 平均해 보면 34.8로 우리의 것과 거의 같은 값이다. 金들의 資料⁽³⁾에 依하여 硫酸의 利用率을 計算하면 (6kgN/10a로 畝) 全量 基肥 경우 20% 幼穗形成 期 2週前에 준것이 25.4%로 開花期에 調査한 것으로 推定되는데 이상에서 본 平均보다는 상당히 적고 늦게 준것이 이용율이 높은 점도 一般的 推定과 極 反對인 것이다. 一般 沖積畝에서의 P 利用率은 10% 以下이며 火山灰 土壤은 20% 以上이고 火山灰 土壤의 N 利用率은 50% 以上으로 보고되고 있어⁽¹¹⁾ 우리나라 畝土壤에서 P 利用率이 약간 높다고 볼 수 있다.

三要素 利用率과 이들의 年別變異, 頻度分布, CV%로부터 三要素 施肥上의 特異性을 알 수 있

다. 即 N는 모든 포장에 施肥해야 하고 施肥量이나 施肥方法에 있어 圃場間 또는 年間變異幅이 상당히 적을수 있지만 P는 약 50%, K는 약 40%의 논에 이 肥料를 施肥하지 아니해도 될뿐아니라 施肥하는 경우에도 그 量과 方法에서 圃場에 따라 年度에 따라 變異를 크게 두어야 할 것이다. 三要素 利用率에서 보면 N는 施肥量의 약 2/3가 P는 약 7/8이 K는 약 3/4이 土壤中에 남게된다. P는 過量を 주어도 土壤中에 固定되어 損失의 염려가 없으므로 土壤中에 貯藏하는 셈이 된다 하더라도 有效磷酸은 畚土壤中에 상당히 많은 것으로 알려져 있으므로 ⁽¹²⁾磷酸의 過多吸收과 이로 因한 養分의 不均衡에서 오는 阻害의 可能性이 크다. K는 排水에 依한 損失이 많으므로 ⁽¹⁰⁾ 磷酸과 같은 貯藏效果도 없으며 K가 過多한 경우 畚土壤中 NH₄⁺의 용탈을 促進하며 NH₄⁺ 吸收를 경쟁적으로 阻害하고 K의 奢侈吸收에 依한 消費가 增加하게 되므로 K는 分施로 P는 隔年 施肥方向으로 이끄러야 하고 長期的 收支관계에서 計劃 樹立되어야 할 것 같다.

利用率間의 相關을 보면 (Table 4) N利用率間에는 어느 수준에서나 有意相關(1% 이상)이 있으며 P利用率이 높았던 67년에는 P利用率만이 N利用率과 1% 수준에서 K利用率과 5% 수준에서 有意相關을 보이고, K利用率이 높았던 68년에는 K利用率이 10kg 수준의 N利用率과 가장 큰 有意相關(1%)을 보이며 P利用率은 14kg 수준의 N利用率과 有意相關(1%)을 보인다. 10kg 수준의 N利用率이 가장 안정하였던 사실로 보아 P와 K利用率이 10kg 수준의 N利用率과의 이상과 같은 年度別

Table 4. Correlation between percentage recovery

Percentage recovery	N ₁₀	N ₈	P ₆	K ₈
1967				
N ₁₂	0.424**	0.663**	0.059	0.135
N ₁₀		0.541**	0.289**	0.117
N ₈			0.138	0.155
P ₆				0.233*
K ₈				
1968				
N ₁₄	0.573**	—	0.407**	-0.003
N ₁₀		—	0.144	0.455**
P ₆				0.133
K ₈				

N₁₀, P₆, K₈ indicate each percentage recovery at 10, 6, and 8kg/10a level.

差異에서 N가 生産에 가장 밀접하게 관련되어 있고 P나 K는 年度別 氣象條件에 따라서 N를 通하여, 即 N의 役割을 補助하는 方式으로 生産에 기여하는 것이라고 해석되어 67년에는 P가 68년에는 K가 주로 N效果를 上昇시키는데 主役했다고 생각된다.

三要素 利用率과 收量 및 乾物生産量과의 關係를 보면 Table 5와 같다. 大部分 利用率은 利用率을 計算한 그 水準에서의 收量이나 乾物生産量과 가장 높은 有意相關을 보인다. N利用率은 가장 많이 有意相關을 보이며 收量보다 乾物生産量에서 훨씬 많은 有意性을 보인다. 가장 많은 有意相關은 10kg/10a로 이 水準에서 利用率이 比較的 安定되어 있음을 나타낸다. N水準이 낮은 경우 相關이 적은 경향으로 나타나고 14kg水準에서는 그 處理의 生産量과는 有意相關이 없으나 10kg 處理區의 것들과는 高度의 有意性을 보여 14kg水準의 利用率은 土壤의 N反應을 잘 나타내며 吸收量은 10kg水準에서 土壤의 N反應을 잘 나타낸다고 볼 수 있다. 無肥區의 生産量은 14kg水準의 利用率과 有意負相關(5%)을 갖고 10kg水準 利用率과도 有意性은 없으나 負相關을 보여 無N區 生産량이 낮은 것일수록 施肥N에의 依存도가 크다는 것을 알 수 있다.

N各水準의 利用率이 收量이나 乾物生産量과의 相關에서 無P區의 것보다 無K區의 것들과 더 큰 有意相關을 보이고 P利用率이 적었던 68년에 이 현상은 더 뚜렷하다. 이것은 K가 N吸收를 P가 적은 경우에 더욱 阻害한다는 것을 意味한다. 無肥區보다 無N區에서 적은 것은 N가 적은 경우에 K의 阻害가 있음을 나타낸다. 無K區보다도 三要素 施肥區가 큰것은 K의 阻害가 P가 充分할 때에는 일어나지 않는다는 것을 말하는 것이다. 이것은 또한 P에 의하여 N吸收가 助長되기 때문이다.

P利用率은 二個年 모두 最高施肥區의 收量과 有意相關(5%)을 가지므로 P肥効는 多肥條件에서 잘 나타난다는 것을 알 수 있다. P利用率이 컸던 67년에도 無K區와 8-6-8區에서만 收量과 有意性을 보여 N에 비해 收量에 기여도가 적은 것을 나타낸다. 그러나 乾物生産量과의 關係는 1967년에 모든 處理에서 有意性을 보여 收量과는 달리 N에 지지 않는 기여를 하고 있으며 特히 無肥區나 無N區에서 N利用率과는 有意性이 없거나 負의 關係이던 것이 P利用率에서 有意性을 보인 것은 P가

Table 5. Correlation analyses between yield and percentage recovery of fertilizer nutrient by rice plant.

Percentage recovery	Grain yield						
	0-0-0	0-6-8	10-0-8	10-6-0	8-6-8	10-6-8	12(14)-6-8
1967							
N ₁₂	0.078	0.014	0.284**	0.148	0.199	0.210*	0.406**
N ₁₀	0.002	-0.057	0.310**	0.332**	0.240*	0.368**	0.372**
N ₈	0.070	0.005	0.172	0.144	0.302**	0.216*	0.286**
P ₆	0.028	0.082	0.148	0.256*	0.217*	0.143	0.229*
K ₈	-0.058	-0.029	-0.087	0.100	0.019	-0.063	-0.072
1968							
N ₁₄	—	-0.210*	0.177	0.317**	—	0.387**	0.096
N ₁₀	—	-0.096	0.235*	0.418**	—	0.573**	0.244*
P ₆	—	-0.083	-0.179	-0.042	—	0.118	0.236*
K ₈	—	0.400**	0.095	0.238*	—	0.182	0.330**

Percentage recovery	Total dry matter yield						
	0-0-0	0-6-8	10-0-8	10-6-0	8-6-8	10-6-8	12(14)-6-8
1967							
N ₁₂	0.001	-0.080	0.221*	0.252*	0.157	0.231*	0.414**
N ₁₀	0.122	0.105	0.369**	0.350**	0.345**	0.484**	0.449**
N ₈	-0.047	-0.069	0.150	0.233*	0.271**	0.207*	0.232*
P ₆	0.231*	0.215*	0.227*	0.219*	0.241*	0.411**	0.293**
K ₈	-0.026	-0.063	-0.011	0.069	0.010	0.149	0.001
1968							
N ₁₄	—	-0.230*	0.217*	0.440**	—	0.398**	0.184
N ₁₀	—	-0.176	0.242*	0.285**	—	0.566**	0.197
P ₆	—	-0.043	-0.163	0.106	—	0.166	0.140
K ₈	—	0.417**	0.270*	0.269*	—	0.578**	0.518**

**; Significant at p=0.01 *; at p=0.05 10-6-8 indicates N-P₂O₅-K₂O kg/10a.
(14) indicates nitrogen level in 1968

N가 적은 경우 N吸收를 도우고 있어서 N보다 P가 乾物生産에 더 크게 기여하고 있다는 것을 알 수 있다. P利用率이 낮았던 68년에는 乾物生産량과 어느 處理에서도 有意性이 없으며 오히려 缺肥區의 收量 또는 無N, 無P區의 乾物生産량과 有意性은 없으나 負의 값을 보여서 P의 기여도가 해에 따라 크게 다르며 氣象에 의한 土壤中の P有效度나 吸收가 예민한 것을 알 수 있다.

K利用率은 P와는 反對로 K利用率이 낮았던 67년에는 收量이나 乾物生産량과 有意相關이 없었으나 높았던 68년에는 無N, 無K 및 14-6-8區의 收量과 모든 處理의 乾物生産량과 有意相關을 보여 K의 役割도 해에 따라 큰 差異가 있음을 보여준

다. 67년에 無肥區 無N區 無P區에서 收量 또는 乾物生産량과 有意性은 없어도 負의 값을 보이는 것은 K過多에 의한 N吸收의 阻害를 暗示한다. K利用率은 P利用率보다 收量과의 相關이 커서 收量生産에 P보다 K가 더 크게 작용하는 것 같다.

P와 K의 生産에 對한 役割의 해거리는 氣象과 關聯 檢討되어야 할 興味있는 과제라 하겠다. 이들의 利用率이 적은 해에는 利用率이 클수록 無肥區나 缺肥區 即 이들 量이 적은 處理에서 生産을 적게 하는 반면 컸던 해에는 利用率이 클수록 이들 量이 적었던 처리에서도 生産이 增加한다는 것은 養分이 生産에 기여도가 큰해에는 소량이라도 기여하는바 크고 기여도가 적은 해에는 적은 량이

Table 6. Correlation analyses between nutrient uptake and percentage recovery of fertilizer nutrient by rice plant(1967)

Percentage recovery	N												P ₂ O ₅																							
	0-0-0			0-6-8			10-0-8			10-6-0			8-6-8			10-6-8			0-0-0			10-0-8			10-6-0			8-6-8			10-6-8			12-6-8		
	0-0-0	0-6-8	10-0-8	0-0-0	0-6-8	10-0-8	0-0-0	0-6-8	10-0-8	0-0-0	0-6-8	10-0-8	0-0-0	0-6-8	10-0-8	0-0-0	0-6-8	10-0-8	0-0-0	0-6-8	10-0-8	0-0-0	0-6-8	10-0-8	0-0-0	0-6-8	10-0-8	0-0-0	0-6-8	10-0-8	0-0-0	0-6-8	10-0-8			
N ₁₂	-0.008	-0.122	0.228*	0.165	0.135	0.139	0.524**	-0.047	0.171	-0.212	0.072	0.172	0.153	0.314**																						
N ₁₀	0.147	0.039	0.368**	0.397**	0.390**	0.671**	0.474**	-0.014	0.106	-0.016	0.290**	0.177	0.381**	0.502**																						
N ₈	0.056	-0.039	0.212*	0.185	0.453**	0.282**	0.395**	0.093	0.144	-0.095	0.278**	0.345**	0.270**	0.300**																						
P ₆	0.259*	0.283**	0.198	0.307**	0.267**	0.384**	0.350**	0.050	0.023	0.237*	0.315**	0.157	0.564**	0.210																						
K ₈	-0.060	0.027	0.090	0.123	0.142	0.079	0.196	-0.136	-0.076	-0.094	-0.034	-0.021	0.094	0.033																						

Percentage recovery	K ₂ O												SiO ₂																							
	0-0-0			0-6-8			10-0-8			10-6-0			8-6-8			10-6-8			0-0-0			10-0-8			10-6-0			8-6-8			10-6-8			12-6-8		
	0-0-0	0-6-8	10-0-8	0-0-0	0-6-8	10-0-8	0-0-0	0-6-8	10-0-8	0-0-0	0-6-8	10-0-8	0-0-0	0-6-8	10-0-8	0-0-0	0-6-8	10-0-8	0-0-0	0-6-8	10-0-8	0-0-0	0-6-8	10-0-8	0-0-0	0-6-8	10-0-8	0-0-0	0-6-8	10-0-8	0-0-0	0-6-8	10-0-8			
N ₁₂	-0.002	-0.043	0.198	0.129	-0.019	0.237*	0.282**	0.001	-0.016	0.100	0.126	-0.021	0.039	0.283**																						
N ₁₀	0.174	0.061	0.275**	0.171	0.158	0.388**	0.229*	0.065	0.126	0.154	0.140	0.173	0.207*	0.231*																						
N ₈	-0.160	-0.144	0.064	0.014	0.015	0.126	0.019	-0.098	-0.045	0.115	0.121	0.071	0.062	0.135																						
P ₆	0.240*	0.101	0.119	0.155	0.148	0.280**	0.255*	0.386**	0.374**	0.327**	0.365**	0.440**	0.448**	0.402**																						
K ₈	-0.081	-0.111	0.083	-0.087	-0.078	0.209*	0.007	0.004	-0.015	0.024	-0.093	0.004	0.125	0.010																						

**, Significant at p=0.01 *; at p=0.05

Table 7. Correlation analyses between nutrient uptake and percentage recovery of fertilizer nutrient by rice plant(1968)

Percentage recovery	N												P ₂ O ₅																		
	0-6-8			10-0-8			10-6-0			10-6-8			14-6-8			0-6-8			10-0-8			10-6-0			10-6-8			14-6-8			
	0-6-8	10-0-8	10-6-0	0-6-8	10-0-8	10-6-0	0-6-8	10-0-8	10-6-0	0-6-8	10-0-8	10-6-0	0-6-8	10-0-8	10-6-0	0-6-8	10-0-8	10-6-0	0-6-8	10-0-8	10-6-0	0-6-8	10-0-8	10-6-0	0-6-8	10-0-8	10-6-0	0-6-8	10-0-8	10-6-0	0-6-8
N ₁₄	-0.415**	-0.003	0.300**	0.185	0.265*	-0.159	0.104	0.418**	0.370**	0.141																					
N ₁₀	-0.409**	0.038	0.280**	0.592**	0.214*	-0.203	0.102	0.196	0.413**	0.013																					
P ₆	-0.138	-0.131	0.209*	0.054	0.264*	0.131	0.117	0.276*	0.445**	0.104																					
K ₈	0.199	0.255*	0.309**	0.674**	0.435**	0.363**	0.327**	0.326**	0.526**	0.385**																					

Percentage recovery	K ₂ O												SiO ₂																		
	0-6-8			10-0-8			10-6-0			10-6-8			14-6-8			0-6-8			10-0-8			10-6-0			10-6-8			14-6-8			
	0-6-8	10-0-8	10-6-0	0-6-8	10-0-8	10-6-0	0-6-8	10-0-8	10-6-0	0-6-8	10-0-8	10-6-0	0-6-8	10-0-8	10-6-0	0-6-8	10-0-8	10-6-0	0-6-8	10-0-8	10-6-0	0-6-8	10-0-8	10-6-0	0-6-8	10-0-8	10-6-0	0-6-8	10-0-8	10-6-0	0-6-8
N ₁₄	-0.242*	0.171	0.413**	0.354**	0.194	0.032	0.072	0.197	0.285**	0.301**																					
N ₁₀	-0.259*	0.004	0.052	0.467**	0.032	0.067	0.105	0.119	0.379**	0.256*																					
P ₆	-0.067	-0.035	0.315**	0.207*	0.251*	0.009	-0.253*	-0.015	0.113	0.127																					
K ₈	0.314**	0.048	-0.236*	0.550**	0.325**	0.235*	0.041	-0.040	0.102	0.293**																					

**, Significant at p=0.01 *; at p=0.05

라 하더라도 과잉에 의한 不均衡이 야기된다는 것을 意味하며 生産에 미치는 三要素의 均衡이 重要함을 나타내는 것이다. N 利用率이 큰해에는 K 利用率이 커지고 P 利用率이 적어졌으며 68 年の K 의 効果는 67 年の P 의 效果보다 큰 것으로 推定되는데 이러한 관계의 普遍性如否는 여러해에 걸친 觀察에 依하여 解明될 것이다.

三要素 利用率과 NPK 및 Si 吸收量과의 相關은 Table 6 및 7 에서와 같다. N 利用率은 낮았던 67 年에 (Table 6) N 施肥區에서만 N 吸收量과 有意性이 있어 乾物生産量과의 관계와 類似하다. 높았던 68 年에는 無 N 區 吸收量과 有意負相關(1%)을 보여 乾物生産量보다는 N 吸收量과 밀접한 관계를 보이며 N 利用率이 높은 포장일수록 無 N 區의 N 吸收량이 적어지는 것을 잘 나타내고 있다. N 利用率이 無 P 區의 N 吸收量보다 無 K 區의 N 吸收량과 큰 有意相關을 갖고 無 K 區보다 施肥區의 N 吸收량과 더 큰 有意相關을 갖는 것은 이미 서술한 K 의 N 吸收 阻害를 意味한다. N 利用率은 N 施肥區의 P 吸收량과 여러 경우 高度의 有意相關을 보이며 특히 12kg N 施肥에서 높아 N 吸收와 P 吸收間에 깊은 關係를 보인다. P 利用率이 높았던 67 年에는 N 利用率이 높은 土壤일수록 無 P 區나 無肥區에서 P 吸收량이 감소하는 경향을 나타내고 있다.

N 利用率은 10-6-8 區나 12-6-8 區에서 K 吸收량과 有意相關을 보이지만 14-6-8 에서는 有意性이 없고 68 年の 無 N 區에서는 有意負相關을 보여 N 가 적은 때에는 K 吸收가 N 吸收에 依하여 경쟁적으로 지연되고 N 가 심히 많은 경우에는 N 에 依하여 K 吸收가 뚜렷한 영향을 받지 않고 N 가 알맞는 때에는 N 와 K 는 吸收가 併行됨을 보이고 있다. N 가 상당히 많을 때에는 K 의 吸收를 지연시켜 N 吸收量에 뒤따르지 못하게 되는 것으로 生覺된다.

N 利用率은 10kg 이상 水準에서의 利用率과 10kg 이상 N 를 施肥한 處理의 Si 吸收량과 有意相關을 보여 Si 吸收가 원활한 圃場일수록 N 利用率이 높았다고 볼 수 있고 N 施肥效果를 키우려면 珪酸이 많이 供給되어야 함을 나타낸다. 珪酸이 N 利用率을 높이는 것은 珪酸이 N 吸收를 連年시키되 總吸收量은 增加시키는 即 根圈窒素低濃度 供給效果를 주기 때문일 것으로 풀이된다.

P 利用率은 10kg N 施肥區의 P 吸收량과 有意性을 보이고 P 利用率이 높았던 67 年에 有意性이 더

크다. P 利用率은 P 吸收量 보다도 Si 나 N 吸收량과 더욱 관계가 깊어서 P 利用率이 컸던 67 年에는 모든 處理의 Si 吸收량과 1% 以上の 有意相關을 보이며 無 P 區를 除한 모든 處理의 N 吸收량과 有意相關을 보이고 있고 無肥區와 N10kg 以上の 施肥區의 K 吸收량과도 有意相關을 보이고 있다. P 利用率이 클수록 Si 吸收가 크다는 것은 P 施肥가 Si 吸收 및 體內移動을 助長한⁽¹³⁾ 結果라고 解析되며 P 가 N 吸收를 助長함에 있어 珪酸吸收를 先行한다고 볼 수 있다. P 利用率이 클수록 無肥區에서 K 吸收량이 크다는 것은 施肥한 P 의 效果가 土壤의 有效 K 含量에 比例함을 意味한다. P 의 效果가 큰해에 N 吸收를 助長하는 것이 P 의 役割이라고 한다면 土壤有效 K 가 많을수록 無肥區에서 N 吸收가 억제될 것이고 이러한 경우일수록 P 의 效果가 두드러지게 나타날 것임으로 이상과 같은 P 利用率과 K 吸收량의 關係가 성립될 것이다. P 利用率이 적었던 68 年에는 無 P 區 Si 吸收량과 有意負相關을 보이고 無 K 區와 14-6-8 區의 N 吸收량과 有意性을 보이며 無 N 및 無 P 區의 N 吸收량과는 有意性은 없으나 負의 關係이며 無 K 區와 施肥區의 K 吸收량과 有意性을 갖고 無 P 區와 無 N 區의 K 吸收량과는 有意性은 없으나 負의 關係를 보인다. P 利用率이 높은 포장일수록 無 P 區의 Si 吸收가 감소한다는 것은 P 가 Si 吸收를 助長하는 때문이다. 67 年の 無 P 區에서 Si 吸收가 P 利用率이 클수록 증가한 事實과는 모순되는 것 같으나 利用率과 生産量과의 관계에서 본바와 같이 生産에 기여도가 큰 해에는 利用率이 큰포장 즉 養分の 效果가 좋은 포장일수록 그 養分을 施肥하지 아니한 處理에서도 生産량이 增加하는 것과 같은 原理가 P 利用率과 Si 吸收間에 작용한 것이다. 即 P 의 기여도가 큰 해에는 P 의 양이 비록 적을지라도 Si 吸收를 돕고 2 次的으로 N 吸收를 도와서 生産을 높인 것이라고 하겠다. 따라서 無 P 區의 P 에 依한 Si 吸收는 P 가 기여 하지 않는 해에는 P 가 不足하여 부진하게 되고 P 가 기여하는 해에는 소량의 P 라도 助長하게 되는 것을 알 수 있다. 無 K 區의 N 吸收량이 P 利用率이 높은 포장일수록 커지는 반면 無 P 區의 N 吸收량은 감소하는 경향이 라는 것은 P 가 N 吸收를 돕는다는 것을 나타낸다. P 利用率이 큰 포장일수록 無 K 區와 施肥區의 K 吸收량이 증가하는 반면 無 P 區와 無 N 區에서 K 吸收량이 감소하는 경향은 K 吸收에 依하여 P 施肥 效果가 結定된다는 것을 意味한다. 即 K 가 生産

에 기여한 해에는 K 吸收가 클수록 P 吸收를 促進하여 P 利用率을 높이는 것을 암시한다. 이러한推定은 K 利用率과 養分吸收量에서 더 잘 뒷받침하고 있다.

K 利用率은 生産에 크게 기여했던 68 년에만 모든 처리의 P 吸收量과 1% 以上の 有意相關을 보이고 無 N 區를 除한 모든 처리의 N 吸收量과 有意相關을 보이고 있다. (Table 7) 이것은 K의 生産에 기여하는 方式은 1 次的으로 P 吸收를 돕고 二次的으로 P가 N 吸收를 돕는 때문이라고 풀이된다. 이때에도 P가 N 吸收를 促進하는데에 Si 吸收를 통하여 하는 것으로 추정되는데 K 利用率이 無 K 區의 Si 吸收量과만 負의 係數를 갖으며 無 N 區와 最高施肥區의 Si 吸收量과는 有意相關을 보이는 결과가 뒷받침하고 있다. K 利用率이 적었던 해에는 K 利用率이 어느 처리의 P 吸收량과도 有意性이 없으며 오히려 10kg N 以上の 施肥區를 除한 기타 처리의 P 吸收량과 負의 係數를 가지며 10-6-8 區의 K 吸收량과만 5%의 有意相關을 갖고 기타의 K 나 N 나 Si 吸收와 아무런 有意相關이 없다. K 利用率이 클수록 P 吸收량이 감소되는 것은 P의 기여도가 크고 K의 기여도가 적은 해의 生産量을 低下하는 PK 관계로 해석되며 이러한 경우에는 P가 N 吸收를 돕게되는 것과는 反對로 K에 의하여 N 吸收가 경제적으로 阻害되고 따라서 N 吸收에 의하여 誘引되는 P 吸收마저 오히려 감소하게 되는 것이라고 생각된다. 加里利用率은 K의 기여도가 높았던 68 년에 無 P 區를 除한 모든 처리의 K 吸收량과 有意相關을 갖는데 無 K 區에서만 負相關이어서 K 施肥 效果가 큰 포장일수록 土壤有効 K가 적을 것이며 이런 경우 N에 의한 K 吸收의 경제적 阻害가 있음을 보이고 K 利用率과 無 P 區의 K 吸收량과 관련이 없다는 것은 K 效果가 P 吸收를 助長하고 P 吸收가 N 吸收를 助長하고 N 吸收가 乾物生産量을 가져오며 이에 의하여 K 吸收가 促進되는 것으로 풀이되어 P가 적으므로 K 吸收량이 적어진 것이라고 하겠다. K가 乾物生産에 기여하지만 K의 吸收量은 乾物生産量에 의하여 결정된다는 것은 K 利用率이 K 吸收量 보다도 乾物生産량과 더 큰 相關係數를 갖는다는 것과 無 K 區의 K 吸收량과는 負相關임에도 無 K 區의 乾物生産과는 正相關이라는 사실로서 알 수 있다.

이상의 三要素 利用率과 三要素 및 珪酸의 吸收량과 또는 乾物生産量과의 關係로부터 네가지 要素의 生産과의 關聯主軸을 Fig 2와 같이 表示할수 있으며 67 년에는 出發點이 P인 第 I 型 68 년에는

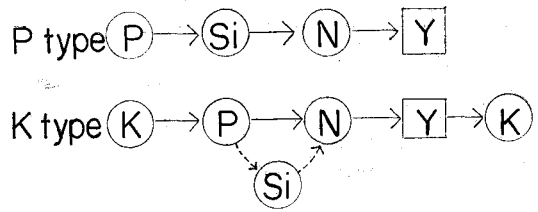


Fig. 2 primary nutritional path for yield, a schematic expression of the relationship of nitrogen phosphorus potassium and silicate for dry matter yield.

K인 第II型으로 볼 수 있으며 第II型에서는 P와 N 사이에 Si를 거치는 것이 分明하나 主軸인지 副軸인지는 不確實하다. 이렇게 볼 때 N은 Y에 가장 近接해 있으므로 가장 크게 영향을 주며 第I型인 P Type 해에는 P가, 第II型인 K Type 해에는 K가 N 다음으로 收量에 기여하며 Si는 P와 N 사이의 관여도에 따라 그 기여도가 결정되며 K는 Y 이후에도 위치하므로 奢侈吸收의 可能性이 가장 크다는 것이다. 生産에 關한 이들 要素의 關係가 이 두가지 뿐인지 어쩐지 더욱 검토해야 될 것이며 양분 흡수량 상호간의 관계로부터 Fig 2에서의 상호관계가 明確해질 것이다.

三要素利用率과 缺肥區 相對收量 (缺肥區 正租收量 × 100 / 施肥區 正租收量) 또는 相對乾物生産量과의 關係는 Table 8에서와 같다. N 利用率은 67 년에 無 N 區 相對收량과 無 P 區의 相對乾物生産量과 N 利用率이 컸던 68 년에는 三要素 各缺肥區의 相對收量이나 相對乾物生産량과 1% 이상에서 有意負相關을 보일뿐 아니라 그 係數가 다른 어느 것 보다도 커서 缺肥區 相對生産量에 N의 영향이 가장 큰 것을 알 수 있다. P 利用率은 67 년에 無 K 區의 相對收量 및 無 P 無 K 區의 相對乾物生産量과 有意負相關을 68 년에는 無 P 및 無 K의 相對收量 및 無 N 및 無 P 區의 相對乾物生産量과 有意相關을 보이고 K 利用率은 67 년에 無 P 區의 相對乾物生産량과 68 년에 無 K 區의 相對收量 및 乾物生産量과 有意負相關을 보여서 有意相關 頻度로 볼때 P가 K보다 더 無肥區 生産에 관여하고 있다고 볼 수 있다. 그러나 有意相關이 있는 경우의 係數로 보면 K가 크기 때문에 영향을 줄 때에는 K가 더 강하다고 할 수 있겠다. P나 K 施肥 效果의 해거리가 여기에서도 잘 나타나고 있다. 即 P 利用率이 컸던 67 년에는 三要素利用率이 모두 無 P 區의 相對乾物 生産량과 K 利用率이 컸던 68 년에는 三要素利用率이 모두 無 K 區의 相對收량과

Table 8. Correlation analyses between percentage yield of minus-nutrient plot and percentage recovery of fertilizer nutrient.

Percentage yield ⁺	1967 (48) Percentage recovery			1968 (28) Percentage recovery		
	N ₁₀	P ₆	K ₈	K ₁₀	P ₆	K ₈
Grain						
N ₀	-0.379**	-0.061	-0.003	-0.632**	-0.170	0.122
P ₀	-0.021	0.137	0.182	-0.282**	-0.236*	0.070
K ₀	-0.199	-0.274**	-0.225	-0.391**	-0.358**	-0.379**
Total						
N ₀	-0.047	-0.010	-0.097	-0.359**	-0.368**	-0.088
P ₀	-0.473**	-0.220*	-0.288**	-0.754**	-0.206*	-0.170
K ₀	-0.188	-0.224*	-0.031	-0.449**	-0.065	-0.501**

** Significant at p=0.01

* Significant at p=0.05

⁺ Percentage yield of minus plot as the yield of applied plot (10-6-8) is 100.

Number in parenthesis is samplesize in each year.

Table 9. Yield type of rice plant in relation to mineral nutrition.

Type	Effective factor	Main nutritional path to yield	Weather during growth temp. rainfall. solar radiation	Nitrogen response	Effective growth phase	Effective yield component
P Type	Phosphorus, high P response	P→Si→N→Y	high, small, abundant	low	vegetative tillering	Panicle number
K Type	Potassium, high K response	K→P→Si→N→Y→K	low, heavy, limiting	high	reproductive grain forming	Panicle weight

有意負相關을 보이는 것이다. P의 기여도가 큰 해에는 無P區에서 乾物生産量이 그리고 K의 기여도가 큰 해에는 無K區의 收量이 三要素 利用率과 關係되는 것은 P의 效果가 分蘖을 促進하여 莖數確保에 主로 기여하는 반면 K의 效果는 粒數 및 粒重確保에 더 기여함을 나타내는 것으로 풀이된다. P Type 해에는 榮養生長 期間의 榮養條件이 生産量을 決定하는 데 K Type 해에는 生殖生長 期間의 營養조건이 生産量을 결정하고 N 利用率도 K Type의 해에 크므로 穀實生産면에서는 K Type 해가 우월할 것으로 추정되나 收量과 收量構成要素와 關聯 檢討되어야 할 것이다. 두개 Type의 收量型은 P Type는 穗數型이 K Type는 穗重型이 될 것이다. 67年과 68年의 水稻作期間인 5월부터 10월까지의 月別 平均氣溫과 降雨量을 보면 (14) 67年엔 高溫多雨였으며 68年엔 低溫多雨였으며 특히 8月엔 약 3°C나 낮은 氣溫의 差異를 보이고 있다. 低溫多雨인 해에는 相互遮光에 依하여 莖數確保가 不可能하고 따라서 收量은 穗重確保에 依存하였을 것이며 雨水에 依한 K의 손실도 기대되

며 때문에 K의 役割이 크고 高溫多照의 67年은 莖數確保가 용이하나 그러기에는 P 영양에 의하여 제한되었을 것이다. 氣象의 比較는 15個地域의 측 후소 平均이므로 試驗地域의 그것들과 같다고는 할 수 없으나 그 경향은 같을 것으로 생각된다. 이상에서 서술한 P Type와 K Type을 Table 9과 같이 요약할 수 있을 것이다. P Type나 K Type의 신빙도는 獨立因子로서의 獨立性 정도에 달려있겠으나 이의 검정은 영양 및 토양 氣象의 相互作用으로 쉬운 일이 아니며 여러해에 걸친 방대한 자료를 生育時期別로 檢討하므로써만 가능할 것이다.

三要素 利用率과 無肥區의 缺肥區나 施肥區에 對한 相對收量이나 相對乾物生産量과의 相關을 보면 (Table 10) N 利用率과만 有意負相關을 보이며 收量에서는 施肥區와 無P 및 無K區에서(1% 이상) 乾物生産量과는 無P區에서 有意負相關(5% 이상)을 보인다. 이는 缺肥區라고 하더라도 N가 收量이나 乾物生産에 支配的 役割을 한다는 것을 의미하며 無N區에서 有意性이 없다는 것은 無N區나

Table 10. Correlation analysis between percentage recovery and relative yield of no fertilizer plot to minus nutrient or complete plot (1967).

Percentage recovery	Grain Yield				Total Yield			
	NPK	N ₀	P ₀	K ₀	NPK	N ₀	P ₀	K ₀
N ₁₀	-0.314**	0.102	-0.317**	-0.322**	-0.325**	0.061	-0.219*	-0.193
P ₆	-0.113	-0.084	-0.142	-0.184	-0.116	0.063	0.073	0.058
K ₃	-0.037	0.000	0.013	-0.127	-0.181	0.034	-0.050	-0.096

Table 11. Correlation coefficient between percentage recovery and relative yield of no nitrogen plot to no phosphorus or no potassium plot. (1968)

Percentage recovery	Grain yield		Total yield	
	N ₀ /P ₀	N ₀ /K ₀	N ₀ /P ₀	N ₀ /K ₀
N ₁₀	-0.377**	-0.502**	-0.439**	-0.475**
P ₆	0.100	-0.056	0.097	-0.150
K ₃	0.168	0.074	0.131	0.153

無肥區의 生産量에 큰차이가 없을 것이므로 N의 役割이 나타나지 않을 것이기 때문이다. 無P區 및 無K區의 生産量에 對한 無N區의 相對生産量과 三要素利用率과의 關係를 보던(Table 11) 위에서와 마찬가지로 N利用率과만 高度의 有意負相關을 보여서 無P 및 無K區에서도 N가 生産에 主役을 담당하는 것을 알 수 있다.

摘 要

全國의으로 실시한 三要素 試驗中 1967年 51 個所 68年에 32 個所에서 N 8, 10, 12, 14 kg/10a 水準과 P₂O₅ 및 K₂O 各 6과 8kg 施肥水準에 對한 三要素 利用率을 調査하였다. 三要素 利用率과 收量 및 乾物生産量, 三要素 및 珪酸收量과의 아래와 같은 關係에서 無機養分の 生産에 기여하는 樣相이 施用한 P가 1次的으로 Si 吸收를 二次的으로 Si가 N 吸收를 助長하여 기여하는 P型과 施用한 K가 P 吸收를, 二次的으로 P가 N 吸收를 助長하여 기여하는 K型으로 年度別 主導型을 區分할 수 있었다.

1. 窒素는 全圃場數의 4%, 磷酸은 48%, 加里는 38%가 0 또는 負의 利用率을 보였으며 利用率의 發現頻度 百分分布가 N는 30 내지 40에서 最高頻度を 보이는 正規分布에 가깝게, P와 K는 0 以下에서 最高頻度を 갖고 점차 감소하는 偏의 分布를 갖는다.

2. 三要素 利用率(0 以上단)은 67年에 N는 33 (10kg 施肥 水準以上) P는 27, K는 40 이고 68年

엔 40, 20, 46%이고 負의 利用率을 0 으로한 2個年 平均은 33(8kg 以上) 13, 27이었다.

3. 利用率의 標準偏差는 P와 K에서 利用率보다 크고 P 利用率의 變異가 가장 크다.

4. 利用率과 收量 또는 乾物生産量과의 有意相關 出現頻度は N>K>P의 順이며 10kg 수준의 N 利用率は 67年엔 P 利用率과만 68年엔 K 利用率과만 有意相關을 갖는다.

5. P 利用率は 그것이 높고 K 利用률이 낮았던 67年에만, 그리고 K 利用率は 그와 반대였던 68年에만 모든 처리구의 乾物生産量과 有意相關을 보이고, 有意相關이 없는 해에는 無肥區 및 缺肥區에서 負關係係數를 보이고 있다.

6. 利用率과 收量과의 相關은 利用率과 乾物生産量과의 相關과 경향은 유사하나 유의성이 적어 三要素 營養은 乾物生産에서 잘 표현된다.

7. N 利用率は N 施肥區의 N 吸收량과 많은 경우 有意相關을, 無N區의 吸收량과는 有意負相關을 보이며, N 施肥區의 P, K 또는 Si 吸收량과도 여러 경우 有意相關을 보였다.

8. P 利用率は 그것이 높았던 67年에만 모든 처리구에서 Si 吸收량과, 그리고 無P區를 除한 모든 처리구의 N 吸收량과 有意相關을 보여 P는 一次的으로 Si 吸收를 돕고 二次的으로 Si 吸收가 N 吸收를 助長함을 나타낸다. P 利用率は N 施肥區의 P 吸收량과 K 吸收량과도 많은 경우 有意相關을 보였다.

9. K 利用率は 그것이 컸던 68年에 모든 처리구

의 P 吸收量과 無N區을 除한 모든 처리구의 N 吸收量과 그리고 無P區을 除한 모든 처리구의 K 吸收量과 有意相關을 보이며 無K區의 K 吸收量과는 負相關이고 K 利用率이 적었던 67년에는 無肥區나 缺肥區의 P 吸收量과 有意性은 없으나 負相關이었다. K 利用率은 N 나 P 와는 달리 K 吸收량과 보다 收量이나 乾物生産量과의 相關이 더 크며 K 利用率이 컸던 해에만 Si 吸收량과 無N區와 最高施肥區에서 有意相關을 갖고 無K區에서 有意 負相關을 보였다. 이로서 K 는 一次的으로 P 吸收를 돕고 二次的으로 P 가 N 吸收를 도와서 生産에 기여하는 것 같다.

10. N 利用率과 收量이나 乾物生産量과의 相關이 無P區에서 보다 無K區가 높고 無K區보다 施肥區에서 높으며 이러한 경향은 N 利用率과 N 吸收量사이에서도 同一하였다. 이 사실과, K 利用率과 乾物生産量과의 관계는 P 가 N 吸收를 돕고 N 나 P 가 不足할 때에는 K 가 N 吸收를 경쟁적으로 억제하여 生産을 低下시키는 것을 나타낸다.

11. 三要素 利用率은 67년에는 無P區의 相對 乾物生産량과, 68년에는 無K區의 相對收量과 有意相關을 갖는다. 이는 P 가 分蘖 즉 營養生長단계에, K 가 곡실형성 즉 生殖生長단계에 더 作用하였음을 나타내고 있다.

12. 三要素 利用率과 缺肥區의 相對生産量이나 無肥區의 缺肥區에 對한 相對生産量과의 相關에서 어느 경우에도 N 가 水稻生産에 가장 큰 役割을 하고 있음을 보였다.

13. 이상의 결과에서 40 내지 50%의 圃場은 P 와 K 를 施肥하지 아니해도 되며 施肥量도 年度및 포장에 따라 變異가 커야 할 것이며 특히 P 에서 그러하다.

謝意: 資料分析에 있어 농촌진흥청 시험국 computer 室의 장석환, 이영단 두분의 협조에 감사를 드린다.

引用文獻

1. Mineral Nutrition of Rice Plant 1964 IRRI Los Banos Laguna Philippines
2. 유인수·김영섭·박천서 1971 農試研報 14. (p) 1-16
3. 金浩植·趙伯顯·李春寧 等 1968 韓土肥 1. 13-26
4. 심상철·유장걸·김경기·박우철 1972 韓土肥 5, (2)43-52
5. 柳澤宗男·高橋治助 1964 農技研報 B. 14, 41-171
6. Park, H. 1965 A study on the availability of phosphates in paddy field soil by means of P³². (MS thesis)
7. 矢澤文雄 1969 「溫帶의 稻作」 第6回 世界稻作 심포지움 55-64
8. 朴俊奎·金泳燮·朴薰·矢澤文雄 1969 韓土肥 2, 53-68
9. 水稻에 對한 三要素試驗成績 1967 및 1968 韓國土壤肥沃度 事業機構
10. 趙伯顯·柳順昊·朴薰 1966 加里심포지움 韓國 農化學會 9-14
11. 小西千賀三·高橋治助 編 1961 土壤肥料講座 3, 45
12. 李春寧, 柳順昊, 朴薰 1968 農試研報 11, 35-42
13. 朴薰 1973 韓農化 16, 18-30
14. 氣象月報 1967 및 1968 中央觀象臺