

## 圃場栽培 水稻의 營養診斷

### 1. 止葉分析에 依한 診斷

朴 薰

農村振興廳 植物環境研究所

(1973, 1, 20, 수리)

## Diagnosis of the Field-Grown Rice Plant

### [I] Diagnostic Criteria by Flag Leaf Analysis

Hoon Park

Institute of Plant Environment, Office of Rural Development. Suwon, 170 KOREA

(Received Jan. 20, 1973)

### SUMMARY

The flag and lower leaves (4th or 5th) of rice plant from the field of NPK simple trial and from three low productive area were analyzed in order to find out certain diagnostic criteria of nutritional status at harvest.

1. Nutrient contents in the leaves from no fertilizer, minus nutrient and fertilizer plots revealed each criterion for induced deficiency (severe deficient case induced by other nutrients), deficiency (below the critical concentration), insufficiency (hidden hunger region), sufficiency (luxuary consumption stage) and excess (harmful or toxic level).
2. Nitrogen contents for the above five status was less than 1.0%, 1.0 to 1.2, 1.2 to 1.6, 1.6 to 1.9 and greater than 1.9, respectively.
3. It was less than 0.3%, 0.3 to 0.4, 0.4 to 0.55 and greater than 0.55 for phosphorus ( $P_2O_5$ ) but excess level was not clear.
4. It was below 0.5%, 0.5 to 0.9, 0.9 to 1.2, 1.2 to 1.4 and above 1.4 for potassium.
5. It was below 4%, 4 to 6, 6 to 11 and above 11 for silicate ( $SiO_2$ ) and no excess was appeared.
6. Potassium in flag leaf seemed to crowd out nitrogen to ear resulting better growth of ear by the inhibition of overgrowth of flag leaf.
7. Phosphorus accelerated the transport of Mg, Si, Mn and K in this order from lower leaf to flag, and retarded that of Ca and N in this order at flowering while potassium accelerated in the order of Mn, and Ca, and retarded in the order of Mg, Si, P and N at milky stage.
8. Transport acceleration index (TAI) expressed as  $(F_2L_1 - F_1L_2) 100 / F_1L_1$  where F and L stand for other nutrient contents in flag and lower leaf and subscripts indicate the rate of a nutrient applied, appears to be suitable for the effect of the nutrient on the translocation of others.

9. The content of silicate ( $\text{SiO}_2$ ) in the flag was lower than that of lower leaf in the early season cultivation indicating hinderance in translocation or absorption. It was reverse in the normal season cultivation.
10. The infection rate of Helminthosporium frequently occurred in the potassium deficient field seemed to be related more to silicate and nitrogen content than potassium in the flag leaf.
11. Deficiency of a nutrient occurred simultaneously with deficiency of a few other ones.
12. Nutritional disorder under the field condition seems mainly to be attributed to macro-nutrients and the role of micronutrient appears to be none or secondary.

## 緒 論

作物의 營養診斷은 主로 營養장애의 증상이 육안으로 식별되는 缺乏症 發現以下의 狀態를 對象으로 하여 왔고<sup>(1,2)</sup> 水稻의 營養診斷에도 그것이 常例였다.<sup>(3,4)</sup> 水稻는 특수한 土壤 조건에서만 微量元素의 缺乏을 나타내고 大量元素는 질소외에는 缺乏症을 쉽게 나타내지 아니한다. 이는 根圈이 항상 流動하는 물을 따라 養分이 공급되는 때문이 더 한편으론 莖數와 粒數等으로 生育 各段階에서 營養環境에 適應하여 自體構造의 크기를 敏感하게 調節하는 때문이라고 볼 수 있다. 따라서 大部分의 圃場은 外觀上 健全한 畝으로 差異를 認定하기 힘들다. 그럼에도 收量이 서로 심한 差異를 보이는 것은 缺乏症 以上の 狀態에서 여러계층의 不滿足程度에 差異가 있다는 것을 意味한다. 이로서 水稻의 營養診斷은 이와같이 最適水準에 未達하면서도 缺乏症 以上の 狀態인 潛在缺乏(hidden-hunger)<sup>(1)</sup>을 對象으로 하는 것이 더욱 重要함을 알 수 있다.

潛在缺乏의 主症狀는 收量의 低下로 葉內部の 營養상의 差異가 있을 것이며 이러한 營養不滿足症은 收量과 關聯하여 葉分析值를 檢討함으로써 診斷尺度를 찾을 수 있을 것이다. 圃場栽培 水稻의 營養診斷에 不滿足의 概念을 言及한 바 있으나<sup>(4)</sup> 研究 報告된 바 거의 없고 缺乏 또는 阻害含量의 尺度에 關하여도<sup>(3,5,6,7,11,14)</sup> 時期別 또는 部位別로 未洽한 바 많다.

우리나라의 畚土壤條件과 品種으로는 外國의 診斷 尺度와 다를 可能性이 없지 않으나 診斷尺度가 研究된 바 極少하다.<sup>(8,9,10)</sup> 全國적으로 해마다 실시되는 圃場試驗은 이러한 目的으로 大端히 좋은 것이며 특히 不滿足症 診斷에 더욱 適合한 것이다. 本報는 試料채취가 간편한 葉分析을 통하여 수개 문제지역의 圃場試驗을 對象으로 營養診斷 尺度를 設定코자한 試圖이다.

## 材料 및 方法

植物體 試料採取: 1966年度에 실시한 三要素 試驗圃場中 水稻의 生育에 差異가 나타나는 處理區와 低收畝 改良試驗圃場中 豫想主効 處理區에서 開花 乳熟 또는 收穫期(출수후 40~45일)에 止葉 또는 最下位 葉(第四 또는 5葉)을 區當 30~100個를 葉身部分만 採取하였다.

植物體 分析: 風乾한 試料를 70°C 熱風乾燥器에 24時間 乾燥後 40 mesh 로 分쇄하여 0.5g 을  $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$  로 分解, 여과잔사를  $\text{SiO}_2$  로 하고 N 는 micro-kjeldahl 증류로 P 는 vanadomolybdate 黃法으로, K 는 flame photometry, Fe 는 O-phenanthroline, Mn 은 Periodate, Ca 와 Mg 는 Versene titration 으로 定量하였다. 모든 成分含量은 70°C 24時間 乾重當 百分率로 表示하였다.

## 結果 및 考察

玄武岩에서 由來한 殘積土인 粘土畝(江原道 鐵原郡 동송면 오덕리)의 收穫期 止葉中 成分含量과 收量은 Table 1 과 같다. 加里의 施肥量에 따라 生育에 현저한 差異를 보였고 胡麻葉枯病에도 차이가 많았다. 收量은 加里增施에 따라 增加하였으며 止葉中 加里 含量도 높아졌다. 無肥區의 收量은 질소 8kg/10a 에 無加里區의 收量과 거의 같으나 止葉中 加里 含量은 無肥區에서 높아 이 圃場에서 加里가 收量을 強力히 制限하고 있음을 알 수 있으며 無加里區에서는 질소에 依한 生育量의 增加로 加里의 缺乏이 誘引된 것으로 볼 수 있다. 질소에 依한 生育量의 增加는 初期生育일 것이며 이것이 收量에 아무런 기여를 못한 것은 後期の 극심한 加里 缺乏 때문일 것이다. 無肥區의 比較의 높은 加里 含量은 無肥區에서의 收量은 加里만이 制限因子가 아니었음을 나타내는 것이라 하겠다.

Table 1. Nutrient content in flag leaf from potassium deficiency field.

Sinpoong at harvest, Chulwon 1966. % dry matter.

Treatment			Grain yield (kg/10a)	K <sub>2</sub> O	N	K <sub>2</sub> O/N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fe	Mn	D.W. (g)/10 leaves	*Degree of Helminthosporium	Block
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O											
8	0	0	229	0.53	1.96	0.27	0.29	4.14	150	25	1.53	S	1
8	0	4	290	0.98	1.68	0.58	0.38	4.80	120	1	1.42	M	2
8	0	8	322	1.10	1.48	0.74	0.40	3.33	120	500	1.39	N	3
8	3	0	267	0.36	2.00	0.18	0.44	3.92	180	275	1.61	S	2
8	3	4	315	0.86	1.84	0.47	0.32	2.97	140	240	1.58	N	3
8	3	8	381	1.20	1.30	0.92	0.27	5.50	100	487	1.39	N	1
8	6	0	225	0.36	2.00	0.18	0.41	3.55	140	400	1.50	S	3
8	6	4	352	1.20	1.48	0.81	0.32	4.75	140	400	1.37	M	1
8	6	8	334	1.20	1.70	0.71	0.35	4.39	120	110	1.34	N	2
10	0	0	273	0.55	1.92	0.29	0.45	3.98	150	290	1.41	S	2
10	0	4	307	0.77	1.82	0.42	0.38	3.45	160	325	1.55	M	3
10	0	8	344	1.20	1.66	0.72	0.35	4.64	320	100	1.49	M	3
10	3	0	302	0.53	1.92	0.28	0.35	3.45	170	190	1.61	VS	3
10	3	4	326	0.57	1.56	0.89	0.34	3.98	200	515	1.46	M	1
10	3	8	388	1.10	1.64	0.67	0.40	5.14	130	1	1.14	M	2
10	6	0	296	0.38	2.02	0.19	0.47	3.70	190	340	1.28	VS	1
10	6	4	326	0.89	1.68	0.53	0.34	4.15	130	340	1.32	M	2
10	6	8	347	1.20	1.70	0.71	0.37	4.92	110	275	1.38	M	3
12	0	0	318	0.58	2.22	0.26	0.41	3.25	190	110	1.60	VS	3
12	0	4	306	0.77	1.76	0.44	0.34	4.48	150	400	1.76	M	1
12	0	8	378	1.00	1.86	0.54	0.36	4.35	140	240	1.50	M	2
12	3	0	337	0.36	1.80	0.20	0.43	3.46	120	275	1.39	VS	1
12	3	4	351	0.86	1.78	0.48	0.44	3.61	170	110	1.21	M	2
12	3	8	389	0.96	1.96	0.49	0.34	3.85	130	115	1.55	M	3
12	6	0	341	0.48	2.02	0.24	0.41	3.36	190	25	1.59	VS	2
12	6	4	380	0.50	2.04	0.25	0.44	3.29	180	240	1.29	S	3
12	6	8	369	1.10	2.04	0.53	0.40	4.27	190	240	1.42	M	1
0	0	0	226	0.96	1.50	0.61	0.51	6.20	200	830	1.33	N	1
0	0	0	216	0.86	1.44	0.60	0.33	5.95	90	700	1.60	N	2
0	0	0	229	0.89	1.38	0.63	0.35	5.83	10	1150	1.11	N	3

\* N.M.S. and VS indicate negligible, mild, severe, very severe, respectively.

질소와 인산 施肥區는 無肥區와 달리 이들에 의한 加里의 誘引缺乏이 있을 것이며 따라서 無肥區를 除하고 收量(y)과 加里 含量(x)의 상관을 보면  $y=256.74+84.89x$  이고  $r=0.584$  로 1% 水準에서 有意性을 갖는다. 이는 收량이 加里에 크게 依存하였다는 것을 意味하며 또한 止葉中 加里含量이 加里 진단지표로 좋다는 것을 말한다. 加里가 不足한 이와 같은 토양환경에서 질소의 加里 흡수에 주는 영향은 Fig.1에서 잘 나타나 있다. Fig.1은 Table 1의 인산의 각水準을 무시하고 止葉中 加里含量을 加里와 질소 施肥量의 함수로 본 것이다.

無加里의 경우 질소 8kg의 施用에서 加里含量이 가장 낮고 질소가 增施肥에 따라 加里含量이 약간 높아져서 NH<sub>4</sub>가 土壤中的 K를 置換하여 K吸收를 도운 것으로 解析된다. K<sub>2</sub>O가 4kg/10a 施用된 경우엔 8kgN/10a에서 K<sub>2</sub>O 含量이 1%로 가장 높으나 질소 10kg/10a 施肥로 급격히 감소하여 N에 依한 K의 誘引缺乏을 잘 나타내고 있다. K<sub>2</sub>O가 8kg 施用된 경우 질소 12kg에서 질소에 의한 K의 誘引缺乏이 나타나고 있어 根圈에 K가 많아짐에 따라 K缺乏을 誘發시키는데 N의 施用량이 커지고 있음을 잘 알 수 있다.

질소에 의한 K 缺乏 또는 不滿의 誘發은 질소에 의한 乾物의 增加에서 오는 K의 稀釋效果 때문이겠지만  $NH_4^+$  와의 拮抗作用에서 오는 吸收지연도 排除할 수는 없을 것이며 이 두가지의 比重은 경우에 따라 다를 것이다. 加里 8kg인 경우 질소 12kg에서 加里의 含量이 低下하기 始作하였으며 이 경우엔 K가 많으므로 어느때 보라도 拮抗作用이 크리라고 생각되지만 질소도 많아서 稀釋效果에 의한 根部의 有效加里의 절대량이 적은 것이 主要原因일 것으로 推定되며 따라서 이 때의 止葉의 加里含量 1%는 充分 含量이 못된다고 볼 수 있고 질소 8kg이나 10kg인 경우의 1.15%는 充分量에 接近하고 있다고 볼 수 있다. 加里水準別 加里含量과 收量과의 關係를 보면 (Fig. 1) 平均 最高值인

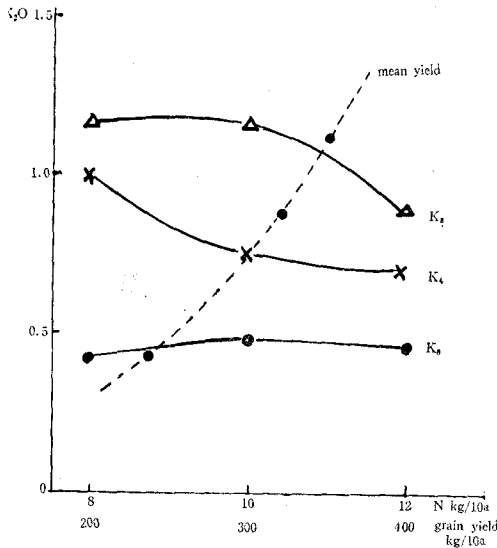


Fig. 1. Effect of nitrogen and potassium application on potassium content in flag leaf and grain yield. K8 indicates 8kg  $K_2O/10a$  application

1.1%는 收量과 거의 直線的 增加 關係에 있으므로 充分量에 未達임을 암시하고 있다. 이 圃場에서의 最高值인 1.2%도 위에서 이미 본 바와 같이 加里含量과 收量間의 直線 相關이 있음을 미루어 充分 含量이 못되는 것으로 생각된다. 養分含量과 乾物生産量과의 關係가 한 養分이 他養分에 의하여 영향을 받을 때에는 일반적인 세 段階<sup>(12,13)</sup>만므로 볼 수 없고 특히 穀實生産은 乾物生産의 경우와는 다를 것이 豫想되며 이미 加里에서 본바로 미루어 일곱 段階를 推定할 수 있다(Fig. 2). 즉

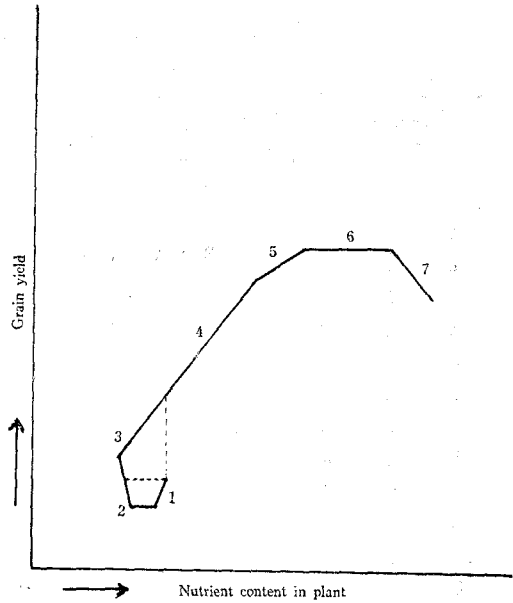


Fig. 2. Schematic drawing of the relation between grain yield and nutrient content in plant.

1. Induced deficiency-yield decrease phase
2. Induced deficiency-yield constant phase
3. Induced deficiency-yield increase phase
4. Critical deficiency phase
5. Insufficiency (hidden hunger) phase
6. Sufficiency (luxury) phase
7. Excess-yield decrease phase

1. 誘引缺乏減收段階 他養分 또는 그 養分에 의한 初期 乾物生産의 增加로 後期缺乏 및 收量의 減少

2. 誘引缺乏停滯段階 初期乾物 主産의 增加만 있을 뿐 收量은 無肥區와 같으며 養分含量만 낮아지는 領域

3. 誘引缺乏增收段階 初期乾物生産의 增加로 養分含量은 減少하지만 收量이 無肥區보다 높아져 가는 영역

4. 監界缺乏段階 他 養分에 의한 誘引缺乏보다는 그 養分 自體부족의 단계로 양분함량이 무비구의 그것보다 약간 높은 임계 濃度에까지 증가하며 동시에 수량이 월등히 증가하는 영역

5. 潛在缺乏段階 養分含量은 임계농도 이상으로 含量증가는 근소하나 收量이 比較的 增加하는 영역

6. 修養吸收段階 養分含量은 增加하나 收量은 그 이상 증가하지 아니하는 영역

7. 過剩減收段階 養分含量이 증가하지만 감소되는 영역

이상의 일곱단계중 처음 세단계는 주로 他 養分에 依한 유인 缺乏段階로 각영역이 극히 좁아서 한단계로 간주한다면 다섯 단계로 볼수도 있을 것이다 그러나 Table 1에서 無肥區보다 질소 施肥區에서 K 함량이 낮아지지만 收量은 증가하는 제 3단계 현상을 볼 수 있고 질소와 인산 施肥區에서 無肥區 收量보다 낮고 K 함량도 낮은 제 1 단계를, 질소 시비구에서 無肥區 收량과 差異가 없으나 K 함량이 떨어지는 제 2 단계의 경우들이 잘 나타나 있어 誘引缺乏段階를 확실히 세단계로 분류할 수 있다. 이상의 일곱단계중 大部分의 圃場에서는 제 5 단계에 있을 것으로 이 潛在缺乏 즉 不滿의 診斷이 영양진단에 중요한 비중을 가질 것이라고 생각된다.

葉中  $K_2O/N$  값(x)이 收量(y)과  $y=269.88+118.78x$ 의 관계에 있고  $r=0.560$ 으로  $K_2O$ 에서의 마찬가지로 1% 水準에서 有意성을 보여 加里 單獨效果에 대등한 加里와 질소의 상호관련효과를 인정할 수 있다. 各처리별 止葉重을 보면(Table 1) 질소 8kg의 경우 언제나 無加里區에서 가장 크고 加里 施肥量이 커갈수록 減少하여 收量과 逆의 관계에 있으며 질소가 10kg 및 12kg의 경우는 이러한 경향이 희박하다. 이러한 사실은 K와 N 관련효과가 N가 부족한 단계에서 더욱 크다는 것을 의미하고 있다. 止葉重이 클수록 收량이 적다는 것은 止葉과 穗間에 養分의 경쟁이 있었음을 의미하며 특히 질소수준이 낮은 경우 뚜렷한 것은 질소 영양의 경쟁일 것으로 생각된다. 穗와 止葉間的 질소경쟁에서 K는 질소가 보다 穗의 發育에 사용되도록 하는 기능을 가진 것을 알 수 있다. 이러한 加里의 기능은 이동성탄수화물대사를 원활히 하여 영양기관 발육보다는 번식기관 발육으로 生育을 調節한 것으로 推定되지만<sup>(18)</sup> 確實한 대사기작의 해명은 糊蘖比 변이의 한 원인을 설명할 수 있을 것이다. 무비구에서도 止葉重과 收量과의 逆관계가 뚜렷하여 질소대사에 관한 加里의 영향이 큰 것을 보여주고 있다. 加里는 질소가 부족한 경우에 穗의 자람을 도울뿐 아니라 止葉을 적게하여 受光대세를 향상시키므로 加里 營養은 構造改善이란 면에서도 그 役割을 考察할 必要가 있음을 提示한다.

加里缺乏은 胡麻葉枯病에 弱한 것으로 보고되었는데<sup>(9)</sup> 이 포장에서도 이병이 모든 處理에 發生하였다. 罹病程度를 達觀調査로 微弱(negligible) 弱間(moderate) 甚(severe) 極甚(very severe)으로 分類(Table 1)하고 止葉中の 化學成分 濃度와의

관계를 보면 Fig. 3과 같다. 加里는 罹病 정도와 逆相關의 關係에 있으나  $SiO_2$ 만은 못하여 胡麻葉枯病에  $SiO_2$ 가 K보다 관련이 더 큰 것을 보여 주고 있다.  $K_2O/N$  值도 罹病과 逆相關의 관계이지만  $K_2O$ 와 꼭 같은 관계를 보이고 있을 뿐이며 Mn이 逆상관의 관계를 보이나  $K_2O$ 만도 못한 것 같다. Mn과 對稱적으로 胡麻葉고병과 正상관 관계에 있는 것은 Fe로 이병이 植物體內酸化-還元系와 어떤 관계가 있음을 意味하는 것 같다. 磷酸도 正比例의 경향을 보이나 뚜렷하지 못하며 질소가  $SiO_2$ 와 對稱적으로 이병 정도와 正相關을 보이는데  $SiO_2$ 보다는 못하다. 胡麻葉고병은  $SiO_2$ 와 N가 가장 깊은 관계를 보이는 것을 알 수 있는데  $SiO_2$ 와 N는 吸收에 있어서 相互억제의 關係에 있으므로 N가 많아서 조적이 유연한 것이 主因인지  $SiO_2$ 가 적어 세포의 규질화가 안된 것이 主因인지는 區分하기가 곤란하나, 이포장의 結果에서 보면 (Table 1) 止葉中  $SiO_2$ 가 4% 以下인 경우 또 N가 1.9% 以上인 경우엔 胡麻葉枯病에 극히 약한 반면  $SiO_2$ 가 6% 以上이고 N가 1.5% 以下이면 葉사리 罹病되지는 않는다고 볼 수 있다. 따라서 止葉中  $SiO_2$ 가 11% 以下에서 均산질 肥料의 肥効가 인정된 사실을<sup>(9)</sup> 고려하면  $SiO_2$ 는 6% 以下에서 缺乏이고 6% 以上 11%까지는 不滿이며 11%以上에서 充分하다고 할 수 있을 것이다.

질소는 1.9%가 질소과다에 의한 沮害作用이 뚜렷해지는 농도라고 볼 수 있으나<sup>(15)</sup> 充分농도는 1.5% 이상일 것으로 생각된다. 無肥區에서 水稻가 有效 양분을 최대로 活用하며 자랐을 것이며 植物體가 比較的 건전한 것은 養分이 缺乏狀態라고 할 수 없으나 充分상태는 아니라고 볼 수 있다. 양분에 따라 差異가 있겠지만 이 圃場의 경우 無肥區에서 加里는 充分 상태에서 많이 떨어졌지만 질소는 상당히 접근했을 것으로 생각된다. 질소의 결핍 개념을 작물의 건강성이란 점에서 보더라도 收穫을 目的으로 하는 部位의 經濟的 회수가 증가할 때로 본다면<sup>(11)</sup> 無肥區의 收量은 施肥에 의하여 상당히 증가하므로 無肥區의 농도인 1.44는 不滿 농도로서 1.5%에 未達이며 1.5% 이상을 充分영역 즉 사치흡수단계로 보는 것이 타당할 것이다.

위에서 이미 칼리는 1.2%라도 充分하지 못하다고 했거니와 칼리 8kg 施肥의 경우도 1.2%에 도달하기 힘들며 무칼리구의 0.5%는 극심한 결핍이고 無肥區나 4kg  $K_2O$ 에서도 未達인 1%는 심한 不滿이라고 볼 수 있는데 Fig. 3에서 보면 0.5%

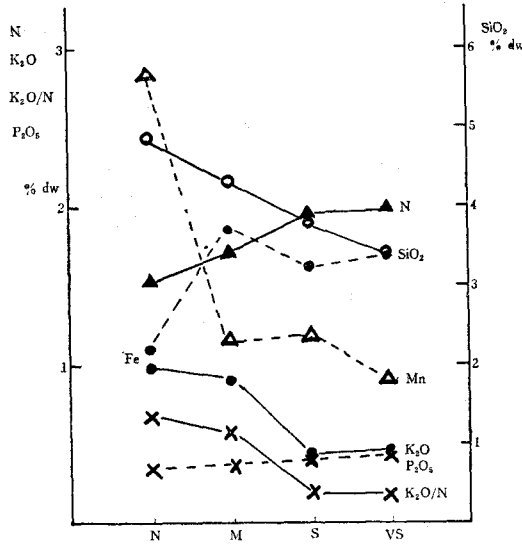


Fig. 3. Relation between Helminthosporium infection rate and nutrient content in flag leaf. N, M, S and V S indicate negligible, moderate, severe and very severe, respectively.

이하면 胡麻葉枯病이 심한 한계이고 1% 以上이면 증상은 경시할 정도로서 다른 圃場의 경우와 比較 檢討하므로써 確定될 수 있을 것이다. 이 경우 土壤의 치환성 K 함량은 0.1me/100g 으로 상당히 적 으며 이러한 土壤에서는 不滿含量보다 缺乏含量을 찾는데 좋을 것이다. 江原道 명주군 사천면 석교 리의 花崗岩 河成沖積土인 砂壤土에서 칼리 施肥 量別로 生育의 差異를 보였던 곳의 止葉中 成分含 量은 Table 2 와 같다. 加里施肥로 만드시 증수되 었고 K<sub>2</sub>O 함량도 월등히 높아졌다. 加里含量과 收 量과의 相關式(無肥區 除外)은  $y=367.68+2.04x$  이고  $r=0.589$  로 5% 수준에서 有意性을 보였다. 鐵原의 경우와 마찬가지로 無加里區의 含量이 無 肥區함량 보다 낮으며 無肥區의 함량이 철원보다 낮은 것은 土壤中 치환성 加里함량이 0.06 me/100g 으로 鐵原보다도 낮았던 때문인 것 같다. 無加里 區의 止葉中함량이 0.5% 선으로 이상에서 본 缺 乏症 發現함량과 잘 一致하고 있으며 施肥區에서 도 1% 미만으로 모두 심한 不滿의 범위에 있다. 鐵原의 경우와 같이 K가 낮을 때에는 N 함량이 높아서 K<sub>2</sub>O/N 比率이 無加里의 경우 상당히 낮은

Table 2. Nutrien content of flag leaf in potassium deficiency. Jinheung at harvest, Myongju, Kangwon 1966 % dry matter

Treatment			K <sub>2</sub> O	N	K <sub>2</sub> O/N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Yield (kg/10a)
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O						
8	0	0	0.51	1.24	0.41	0.52	11.75	355
8	0	8	0.72	1.58	0.46	0.53	8.15	404
10	0	0	0.45	1.63	0.28	0.47	8.41	375
10	0	8	0.72	1.17	0.62	0.48	9.70	377
12	0	0	0.42	1.64	0.26	0.59	8.20	301
12	0	8	0.87	1.30	0.67	0.60	9.32	343
12	3	0	0.63	1.75	0.36	0.76	9.80	347
12	3	8	0.84	1.38	0.61	0.53	9.50	464
10	3	0	0.63	1.79	0.35	0.63	9.95	330
10	6	0	0.81	1.33	0.61	0.45	9.53	470
8	6	0	0.51	1.42	0.36	0.53	10.90	349
0	0	0	0.63	1.22	0.52	0.50	12.50	327

값을 보이고 있다. 이 圃場에서 加里缺乏이 심했 음에도 胡麻葉枯病이 發生하지 아니한 것은 以上 에서 본바와 같이 胡麻葉枯病이 SiO<sub>2</sub> 와 보다 밀접 한 관계에 있고 6%가 缺乏含量인데 여기서는 모 두 이보다 높았던 때문이라고 생각된다. 그러나 SiO<sub>2</sub> 의 充分함량인 11% 이상은 두경우에 지나지

아니한다. 無肥區의 질소는 1.22%로 充分함량으 로 推定한 1.5%에 미달이며 한경우를 제외 하고 는 加里施肥에 의하여 이보다 떨어지고 있어서 充 分질소함량을 유지하면서 充分加里 含量에도 울러 주는 것이 중요한 문제일 것 같다. 질소농도가 1.5% 이상일 때 充分함량이라고 하면 이는 등속의

下限농도를 1.0~1.5%<sup>(15)</sup>로 본것이나 1.0~1.5에서 枯死한다<sup>(7)</sup>는 경우로 보아서 타당한데 환경에 따라 최적농도가 약간 달라질 수 있을 것이며 특히 타영양과의 균형문제에서 달라질 것으로 생각된다.

**Table 3.** Nutrient content of flag leaf from field effective in potassium, Palgoeng at harvest, Sungjoo, Kyongbuk 1966.

Treatment N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O (kg/10a)	Grain yield (kg/10a)	K <sub>2</sub> O	Dry weight/10 leaves
0 0 0	435	1.44	1.15
8 6 0	508	1.37	1.42
8 6 8	513	1.26	1.57
10 3 0	474	1.37	1.29
10 3 4	511	1.29	1.33
10 6 0	584	1.26	1.31
10 6 8	510	1.47	1.35
12 3 0	526	1.23	1.40
12 3 4	547	1.39	1.49
12 6 0	489	1.35	1.43
12 6 8	547	1.20	1.26

土壤中加里가 0.1 me/100g 인 花崗片麻岩 河成冲積 壤土畚(경남 성주군 벽직면 해평리)에서도 加里施肥에 따라 生育에 차이를 보였으며 收量 및 止葉의 K<sub>2</sub>O 함량은 Table 3과 같다. 亦是 K施肥에 따라 增收되었으며 無加里區의 함량이 無肥區에서 보다 낮은 것은 다른 곳에서와 같은 結果이

나 다른 곳에서 최고 값이었던 그러나 充分함량에 미달인 것으로 推定했던 1.2% 보다 모두 높았다. 止葉重이 加里施肥에 依하여 增加된 것도 前例와 다르며 加里施肥과 止葉中 K<sub>2</sub>O 含量은 一定性이 없다. 加里施肥에 依하여 加里가 增加한 두경우중 加里함량이 1.47로 가장 높았던 경우 無加里보다 收量이 현저히 떨어져서 이상에서본 제7단계인 과잉해독단계와 같은 결과를 보이고 있다. 植物體各部別別 加里含量이 반드시 지엽의 칼리함량과 平行관계에 있다고 할 수 없으므로 지엽의 함량만 가지고 단정하기는 곤란한 일이나 無肥區 보다도 加里區에서 加里含量이 떨어지면서 수량이 증가하는 것은 加里不足현상을 잘 나타내는 것이다. 상당히 칼리 함량이 높음에도 불구하고 이러한 현상을 보이는 것은 토양환경이나 품종의 특수성으로 不滿의 영역에서 특히 收量의 變異가 크며 充分含量 부근에서도 수량에 민감한 반응을 보인다고 할 수 있다. 따라서 이 경우가 특수한 것이 아니라면 加里영양은 오히려 充分농도 부근에서 더 문제가 될 수 있음을 시사하는 것이다. 이 결과가 보여주는 것은 1.4% 이상에서는 加里의 해독을 보인다는 것과 充分含量 이상에서 吸收가 증가해도 저해를 받지 않는 修養吸收段階의 存在가 인정되지 않는다는 것이다. 1.4% 이상에서의 加里의 저해작용은 기타 지역에서 加里함량이 질소함량과 逆의 關係를 보였던 것으로 미루어 질소영양장해를 통하여 이루어지는 것이 아닌가 생각된다. 또한 1.4%가 充分量의 상한선임을 의미하며 1.2%가 充分

**Table 4.** Nutrient content of flag leaf deficient in phosphorus, Jinheung at harvest, Kosung, Kangwon 1966.

Treatment N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O (kg/10a)			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N	K <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	Yield kg/10a	Tiller/hill
0	0	0	0.34	1.72	1.23	8.70	45	12.3
8	0	0	0.34	2.06	1.20	14.20	36	9.7
8	0	4	0.27	2.22	1.08	15.40	44	9.8
8	6	4	0.35	1.98	1.29	13.00	191	13.4
10	0	4	0.37	2.16	1.08	15.3	123	12.5
10	0	8	0.26	1.95	1.44	11.1	40	11.8
10	3	4	0.30	2.06	1.35	13.6	239	13.6
10	6	0	0.52	2.10	1.23	12.9	304	14.2
10	6	8	0.37	1.96	1.38	12.9	325	15.3
12	0	3	0.28	1.88	1.26	12.0	242	10.7
12	6	8	0.41	2.02	1.44	9.9	332	15.1

含量에 未達인 것이라는 타지역 결과에서의 推定에 타당성을 부여하고 있다. 土壤中 加里가 0.21 me/100g 으로 어느 지역보다도 높았고 收量에서도 加里效果가 인정되지 아니하였던 곳(Table 4)에서는 두처리외에는 모두 1.2% 이상으로 역시 充分含量이 1.2% 이상이라는 것을 뒷받침하고 있다. 이상 네 지역을 종합한다면 收穫期 止葉中 加里含量은 0.5% 이하에서 극심한 缺乏이고 0.5%에서 0.9%까지 결핍 0.9%에서 1.2%까지 不滿이고 1.2%에서 1.4%까지 充分 1.4% 이상에서 과잉이라고 볼 수 있을 것이다.

無磷區에서 현저히 出穗가 지연된 花崗岩 河成 沖積 砂壤土畝(강원도 고성군 죽왕면 인정리 Table 4)은 磷酸이 收量決定에 主要 制限因子로 作用한 것 같다. 即 止葉中  $P_2O_5$  함량(x)과 收量(y)은  $y=1028x-217.8$ 의 관계에 있고  $r=0.730$ 으로 5% 수준에서 有意성을 갖는다. 磷酸과 株當穗數와의 相關은  $r=0.515$ 로 有意성은 없지만 높은 값으로 磷酸이 穗에 많이 移動하는 것을 고려한다면 인산의 穗數증가를 통하여 收量에 영향을 준 것도 적지 않다고 볼 수 있다. 무인산구에서의 出穗 지연으로 보아 人산의 收量에의 영향은 물론 수수만에 作用한 것은 아님을 나타낸다. 기타지역의 시험전 土壤의 人산함량과 이곳의 52ppm을 비교하면 시험전 土壤의 磷酸함량은 水稻에 對한 人산 유효도와는 아무런 관계를 보이지 않는데 土壤환원 정도에 磷酸의 有効도가 지배되므로 이 土壤은 환원이 안되거나 지나쳐서 吸收에 障害를 받았을 것이다. 止葉中 磷酸함량을 보면(Table 4) 加里와 마찬가지로 無肥區에서보다 無磷區에서 내려가고 磷酸施肥에 의하여 높아지는 경향이다. 病蟲害로 因하여 收量에 영향을 받았으나 8kg 질소수준에서 無磷區의 人산濃度는 無肥區보다 낮고 收量도 떨어져서 誘引缺乏段階인 第1段階에 位置함을 나타내고 있으며 질소가 磷酸缺乏을 誘引한 것을 알 수 있다. 이러한 현상은 10-0-8의 處理에서 더욱 심하게 나타나고 있으며 12-0-3, 10-3-4 處理에서는 養分含量이 無肥區보다 減少하지만 收量이 높아지는 第3의 誘引缺乏 增收 段階를 보인다. 10-6-8이나 12-6-8과 같이 磷酸을 많이 준 경우엔 第4段階인 鹽界缺乏의 狀態로 無肥區보다 收量이나 함량이 모두 높다. 10-6-0 處理에서는 人산함량이 0.52로 가장 높았는데 수량은 10-6-8이나 12-6-8보다 낮아서 第6段階인 過剩吸收에 의한 減收를 보이고 있다. 磷酸이 缺乏한 土壤에서 보

통 施肥量이 수량을 감소시키지 않는 경우 이때의 人산 최고 농도를 充分농도의 下限으로 볼 수 있을 것이며 이는 加里의 결핍이 심한 鐵原에서 最高加里 농도가 加里의 充分수준 下限이 되었던 것과 유사한 논거이다.

그런데 여기서는 감수의 결과지만 病蟲害와 같은 減收의 기타 원인을 고려하고 磷酸의 效果가 약간 있었던 명주(Table 2)나 상당히 인정되었던 鐵原(Table 1)의 無肥區 농도를 磷酸 시비구들의 그것과 비교해 보면 0.55%가 充分含量의 下限으로 타당할 것 같다. 磷酸缺乏 土壤에서 질소에 의한 誘引缺乏이 있는 無磷區의 함량은 심한 缺乏 함량의 上限이 될 것인데 Table 4의 無磷區의 平均값 0.3%가 이에 해당할 것으로 생각된다. 無肥區의 농도는 誘引缺乏이 없으나 缺乏한 상태로 鹽界농도 즉 潛在缺乏의 下限에 약간 未達일 것으로 보며 磷酸의 缺乏 정도에 따라 다를 것이다.

인산결핍정도가 서로 다른 이상의 삼개지역 無肥區의 人산함량의 平均値 0.4%를 鹽界含量 即 缺乏의 上限으로 보아 좋을 것이다. 따라서 0.4%에서 0.55% 사이가 不滿영역이고 0.3%에서 0.4% 사이가 결핍영역으로 볼 수 있다. 인산 결핍이 가장 적게 인정된 명주의 12-3-0 處理에서(Table 2) 0.76의 磷酸 最高値를 보였으나 過剩減收限界는 確實하지 않다.

加里缺乏에 의하여 질소과다가 초래되지만 磷酸 缺乏인 경우 더욱 질소과다가 촉진 되는 것으로 보이는데 고성(Table 4)의 경우 止葉中 질소농도가 鐵原(Table 1)보다 높아 거의 過剩減收含量인 1.9% 이상으로 N/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 값은 거의 5 이상이다. 鐵原(Table 1)에서도 질소함량이 높았던 것은 인산 결핍이 결드린 때문인 것 같고 N/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 값이 거의 5에 未達이지만 比較的 높으며 磷酸은 여러 경우가 缺乏段階에 놓여 있다. 窒素過剩의 被害는 同化作用의 低下라는 機能的 障害와 倒伏이라는 構造障害로 볼 수 있는데 固城에서(Table 4)는 거의 모두 SiO<sub>2</sub>가 모두 11% 이상의 滿足含量이므로 構造障害는 없었을 것이나 鐵原(Table 1)의 경우는 두가지 障害가 모두 상당히 있었을 것으로 보인다.

鑛山의 모래로 덮여 鑛毒地라고 불리는 성환(평택 광독지)과 報恩의 老朽畝, 忠北 江外의 排水不良畝等 문제지역의 葉位別 分析에 의한 改良劑處理別 診斷을 檢討해 보면 다음과 같다.

심한 土壤환원이 低收의 主要因으로 論議된 성



**Table 5.** Nutrient content in rice leaf from Akagare-field.

(Palgoeng at flowering, Sunghwan, 1966 % dry matter)

Culture season	Treatment*	leaf**	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Mn (ppm)	Yield kg/ha
Early	1	F	3.44	0.57	1.88	3.77	1.13	0.149	263	426
		L	2.07	0.47	1.20	4.81	1.36	0.730	2250	
	2	F	3.32	0.54	2.01	4.22	0.94	0.331	750	489
		L	1.99	0.45	1.75	5.26	1.32	0.647	2700	
	8	F	3.13	0.48	2.00	3.08	0.94	0.083	1062	474
		L	1.92	0.42	1.89	4.86	1.11	1.011	2450	
Usual	1	F	2.86	0.52	1.97	6.55	0.41	0.315	—	438
		L	2.44	0.42	1.86	5.35	1.09	0.796	1700	
	2	F	2.76	0.55	1.93	7.00	0.57	0.216	463	477
		L	1.92	0.45	1.86	6.29	1.13	0.680	1325	
	8	F	2.86	0.49	1.91	6.32	0.63	0.282	650	473
		L	2.08	0.45	1.86	6.12	0.94	0.696	1625	

\* 1: N—P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>—K<sub>2</sub>O 12—6—8 kg kg/10a 2: N.P.K.+turnover of subsoil

3: N.P.K. 12—6—12 kg/10a.

\*\* F and L indicate flag leaf and the lowest leaf (mostly 4th), respectively.

환<sup>(16)</sup>은 硫黃缺乏이 主因으로 報告 되었었는데<sup>(10)</sup> 開花期 上葉과 最下位葉(大部分 4位葉)의 성분함량은 Table 5와 같다. 銅嶺山에서 모래들이 유래하여 鎳毒地라 하였으나 赤枯가 심히 나타나서 加里를 2倍 増施하여 增收을 하였다. 그러나 土壤中 加里함량은 0.19 me/100g으로 다른 곳에 비하여 적은 편이 아니다. 止葉中 加里함량은 早期栽培에서 뚜렷하게 差異가 나고 加里増施에 의하여 下位葉의 加里含量이 높아 지는데 적기 재배는 止葉에서는 加里増施區가 떨어지고 있다. 언제나 收量을 가장 많이 보였던 表土에 鎳毒를 半半씩은 反轉區는 加里증서구와 유사한 加里含量을 보인다. 早期栽培의 加里含量을 보면 加里만이 增收原因이라고 말할 수 없지만 加里의 영향이 크다고 볼

수 있고 加里不足은 止葉의 含量도 낮아지지만 下位葉에서 더욱 떨어져서 下位葉과의 차이가 클수록 심한 것 같이 보인다. 수량이 낮은 경우엔 위에서 본바와 같이 加里含量이 떨어지거나 止葉과 下位葉의 差가 클뿐 아니라 질소함량은 이와 반대로 止葉이나 下葉에서 모두 높았으며 (Table 5) 이는 加里와 질소가 밀접한 관계를 가지고 있음을 의미하는 것이다.

磷酸은 處理間 栽培時期別 일정성이 없으며 出穗後 계속 감소하는 것을<sup>(17)</sup> 고려하면 이경우 이 미 0.55%에 미달인 것이 많으므로 收穫期엔 모두 인산이 결핍 또는 不滿水準에 머물게 될 것이 확실하다. 인산뿐 아니라 珪酸도 전체적으로 缺乏이다. 加里増施는 SiO<sub>2</sub>의 止葉에로의 이동을 저지하

**Table 6.** Nutrient content in rice leaf from low productive field at milky stage (Aug. 16) Boeun, Chungbuk 1966 (% dry weight)

Field character	**Treatment	Leaf*	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Mn (ppm)	Yield kg/10a
Field I	NPK	F	2.32	0.49	1.91	6.25	1.48	0.232	850	384
		L	1.88	0.63	2.02	6.51	1.29	0.365	838	
Degraded	Ball Fertilizer	F	2.30	0.47	1.74	8.16	1.44	0.083	325	365
		L	1.45	0.63	1.99	5.55	1.58	0.315	1600	
Field II	NPK	F	1.74	0.47	1.86	4.27	1.55	0.199	885	301
		L	1.53	0.57	2.20	5.70	1.44	0.298	775	
Degraded	Ball Fertilizer	F	1.72	0.47	1.73	5.53	1.16	0.249	—	317
		L	1.40	0.57	2.16	6.25	—	—	1250	

\* F, and L indicate flag leaf, and the lowest leaf (mostly 4th leaf), respectively.

\*\* NPK indicates 10—6—8 kg/10a fertilizer application.

여 止葉의 규산함량이 훨씬 낮았다. 早期栽培은 適期재배보다 규산함량이 훨씬 낮고 止葉보다도 下位葉에서 높은 반면 적기재배는 그와 반대이다. 收量이 가장 높았던 心土反轉處理에서는 언제나 止葉과 下葉에서 모두 높았다. Ca, Mg, Mn은 모두 下位葉이 높고 止葉에서 낮는데 수량과는 관련성이 없는 것 같다. Mn과 Ca는 SiO<sub>2</sub>와는 反對로 早期栽培에서 높고 Mg는 일정치 않다.

忠北 報恩郡 외곽이면 老朽畝의 乳熟期 葉分析 結果는 Table 6과 같다. 後期窒素 缺乏이 低收의 主因으로 보아 單子肥料를 處理하였으나 收量을 올리지 못하였다. 單子肥料로 줄때는 질소량을 많이 주었어야 하는데 單子肥區는 止葉에서도 늘 낮지만 下葉의 질소 함량이 심히 낮은 것은 生育

中期 질소 결핍을 의미한다. 加里含量이 乳熟期の 것으로는 상당히 높은 편인데 止葉이 下葉에서 보다 낮은 것이 특징으로 加里過剩의 害가 아닌가 생각된다. 성환과는 反對로 칼슘이 상당히 높은 것도 영향을 주었을 것으로 생각되며 규산이 낮고 SiO<sub>2</sub>가 많을 때에는 Ca도 많은 것이 다른 곳에서의 結果인데 이곳에서는 꼭 反對로 나타나고 있고 止葉의 Ca가 下葉에서 보다 높은 것도 老朽畝의 특징이 아닌가 생각된다.

排水不良으로 因한 인산 결핍지로 推定, 두배 增 施 處理를 한 忠北 淸源郡 江外面의 이웃한 두 圃 場의 乳熟期 葉分析 結果는 Table 7과 같다. 止葉 中 磷酸이 報恩에 比하여 상당히 적고 下位葉에서 도 적지만 培量 施肥에 依하여 增收되지는 아니하

Table 7. Nutrient content in rice leaf from low productive field at milky stage (Aug. 16) Kangoe, Chungbuk 1966. % dry matter

Field character	**Treatment	Leaf	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Mn (ppm)	Yield kg/10a
Field I	NPK	*F	2.45	0.42	1.56	9.19	1.55	0.166	1800	—
		*2	2.53	0.49	1.66	4.81	1.36	0.265	975	
		*L	1.90	0.52	1.44	7.50	1.33	0.928	2000	
Poor drainage	N2PK	F	2.43	0.42	1.57	10.02	1.54	0.232	2000	—
		2	2.47	0.54	1.73	5.05	1.29	0.381	2050	
		L	1.96	0.50	1.32	6.08	1.39	0.862	950	
Field II	NPK	F	2.72	0.46	1.82	6.06	1.18	0.232	825	451
		2	2.66	0.56	2.25	4.25	0.94	0.282	875	
		L	2.01	0.50	2.30	0.76	1.18	0.763	675	
Poor drainage	N2PK	F	2.62	0.44	1.83	6.12	1.11	0.298	1200	403
		2	2.57	0.56	2.07	5.12	1.16	0.365	688	
		L	2.03	0.48	2.16	5.61	1.40	0.597	1025	

\* F, 2 and L stand for flag leaf, 2nd leaf, and the lowest leaf (mostly 4th leaf), respectively

\*\* NPK and N2PK indicate 10-6-8 kg/10a 10-12-8 kg/10a fertilizer application.

였다. 止葉의 磷酸함량이 最高 0.46으로 이미 不滿의 段階이며 收穫期の 함량은 缺乏단계에 있을 가능성이 있다. 報恩도 이곳보다는 높다하나 人산의 결핍이 豫想된다. 특히 磷酸증시의 영향은 오히려 植物體 磷酸함량에는 큰 영향이 없으나 止葉의 K 및 SiO<sub>2</sub> Mn과 Mg의 함량을 높이고 下葉에서 감소시킨 반면 Ca와 N는 이 반대여서 이들의 下葉에서 上位葉으로의 전류에 人산이 영향을 준 것으로 풀이된다. 葉중이나 止葉과 下葉사이의 第2 및 3 葉中의 함량도 관계가 되겠지만 止葉과 下葉의 함량차이는 전류 속도에 의존할 것이다.

전류를 촉진한 것은 결과적으로 吸收가 많은 때문이라고 하겠지만 吸收가 많이 되는 것이 전류가 촉진된 결과라고 보는 것이 上下葉의 함량으로서 알 수 있다. 즉 흡수가 적은 경우에 下葉의 함

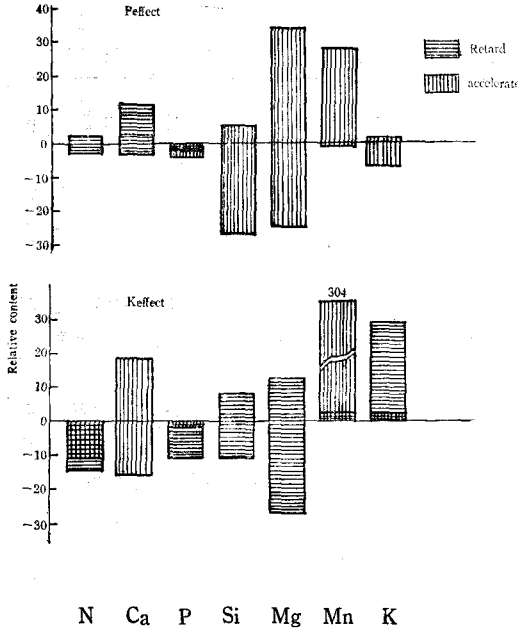
량이 吸收가 많을 때 보다 높다는 것은 (Table 7) 모순되며 상부로 이동이 안되기 때문에 아래잎에서 많고 그 때문에 吸收가 억제되는 것으로 보아야 할 것이다. 人산이 Mg의 전류를 촉진하는 促進指數는 磷酸 1수준의 止葉中 Mg 함량에 대한 2수준 지엽의 Mg 함량 백분율 차이에 下葉의 그것을 습한 값으로 볼 수 있다. 이때 止葉에서는 증가한 값이 촉진한 것으로 되지만 下葉에서의 증가는 지연시킨 것이 되므로 促進指數는 다음과 같이 구할 수 있다.

轉流促進指數(Acceleration Index)

$$= \left[ \left( \frac{F_2}{F_1} - 1 \right) + \left( 1 - \frac{L_2}{L_1} \right) \right] \times 100$$

즉 AI = (F<sub>2</sub>L<sub>1</sub> - F<sub>1</sub>L<sub>2</sub>) · 100 / F<sub>1</sub>L<sub>1</sub>이며 여기서 F<sub>2</sub>는 人산 2수준의 止葉中 기타 養分함량이고 L<sub>1</sub>

은 인산 1수준 下葉의 기타 양분함량을 意味한다. 이에 따라 Table 7의 두 포장의 平均値로 磷酸의 影響을, Table 5의 早期와 適期栽培의 平均値로 加里 影響을 보면 Fig. 4와 같다.



	N	Ca	P	Si	Mg	Mn	K
Transport Acceleration Index							
P	-4.3	-14.9	1.7	32.1	48.4	29	8.2
K	-3.4	34.6	-9.1	-18.6	-39.5	302	-27.1

Fig. 4. Effect of phosphorus and potassium on the transport of other nutrients from lower leaf (4th) to flag leaf at milky stage for P and at flowering for K under the field condition.

Transport Acceleration Index (TAI) =  $(F_2L_1 - F_1L_2) / 100 / F_1L_1$  where F and L designate other nutrient content in flag and lower leaf and the subscription for P or K fertilizer level

磷酸増施는 Mg>Si>Mn>K의 순으로 止葉에 對의 移動을 促進하며 Ca>N의 순으로 阻止한다. 이에 반하여 加里는 Mn>Ca 순으로 促進하고 Mg>Si>P>N의 순으로 阻害한다. 인산 증시의 경우 인산의 促進指數는 磷酸의 흡수증가가 있으므로 다른 것과 그 의미가 다르지만 큰 차이가 없고 약간 促進된 것으로 나타나서 그 흡수가 그리 크지 않다는 것을 알 수 있으며 이와반대로 加里 増施의 경우 加里는 크게 저지된 것으로 나타났으나 加里의 吸收는 훨씬 증가되어 下葉의 含量을 늘

었던 것으로 해석된다. 인산과 加里의 植物體內 Ca, Mg, Si의 轉運에 미치는 이와 같은 相反性은 P와 K 施肥에 考慮되어야 할 것이다. P를 結제했을 때 Mg와 Si의 흡수가 저하된다고 하는 것은<sup>(10)</sup> 이상의 결과와 일치하는 것이지만 이것은 이상에서 말한바와 같이 지상부에서의 이동력이 吸收에 影響을 주는 것이라 해석되어야 할 것 같다. Ca의 移動은 인산 缺損으로 되는 때문일 것이며 Fe와 Mn의 含量이 서로 逆의 關係에 있고 (Fig. 3) Mn이 P에 의하여 移動이 促進되는 것을 보면 P에 의하여 Fe는 Ca와 같이 阻止될 것으로 예상된다. 江外도 報恩과 마찬가지로 止葉의 Ca 含量이 成환에 비하여 유난히 높음에 인산은 Ca와 Mg의 불균형을 調整하는 作用을 할 수 있을 것으로 보인다. 인산증시에 의하여 收量이 오히려 減少하였다고 하더라도 위와 같은 인산의 작용과 인산 농도가 減少한 경향으로 보아 第1段階인 誘引缺乏 減收 狀態일 것으로 推定되고 이러한 土壤엔 適正 磷酸 施肥量이 훨씬 더 높을 것으로 推定된다. 이웃한 두 圃場사이에도 植物體內 성분含量에 差異를 보이는데 (Table 7) 윗 포장에서는 加里 不足도 예상되며 Mn이 分藥期地上部에서 害毒水準인 2500ppm<sup>(6)</sup>에는 未達이나 鑛毒地의 收穫期 葉重 800~1100ppm<sup>(7)</sup>보다 훨씬 높은 2,000ppm으로 報恩의 두배가 되지만 害毒의 여부는 確實치않으며 成환 (Table 5)에서와 달리 止葉이 下葉보다 높고 Ca의 행동과 같은 보조를 취하고 있다.

開花期와 乳熟期의 診斷尺度는 더 많은 資料가 요구되며 收穫期의 止葉中 NPK 및 SiO<sub>2</sub>의 診斷尺度는 Table 8로 요약 될 수 있을 것이다. 過剩減收段階는 充分 영역의 上限線이상 이겠으나 SiO<sub>2</sub>와 磷酸에서는 過剩영역을 推定할만큼 資料가 充分하지 못하였다. 위에서 본바와 같이 인산과 SiO<sub>2</sub> Mg 및 Ca와의 밀접한 관계나 SiO<sub>2</sub>와 K와의 關係등은 過剩害가 SiO<sub>2</sub>에서도 있을 것이 예상된다. 과잉해는 직접 대사를 阻害하는 1次的 障害가 있겠지만 他養分의 吸收 및 轉運을 攪亂하는 二次的인 障害도 있으며 強度는 경우에 따라 다를 것이다.

三要素 單純試驗 圃場의 止葉 및 葉位別 分析은 以上에서 본바와 같이 無肥, 缺缺 및 施肥區들에서 서로 달리 반응을 보이므로 Table 8과 같이 誘引 缺乏 鹽界缺乏 潛在缺乏 侈奢 및 過剩의 尺度를 찾는 데 適合하다고 할 수 있고 많은 地域을 대상으로 하여 모든 養分에 대한 상당히 詳밀한 尺

Table 8. The range and proposed diagnostic criteria of NPK and Si in the flag leaf at harvest. (% dry weight)

Nutrient	Severe deficient	Deficient	Insufficient	Sufficient	Excess	Range	
						min.	max.
N	<1.2	1.4-1.2	1.2-1.6	1.6-1.9	1.9<	1.20	2.22
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	<0.3	0.3-0.4	0.4-0.55	0.55<	—	0.26	0.76
K <sub>2</sub> O	<0.5	0.5-0.9	0.9-1.2	1.2-1.4	1.4<	0.36	1.47
SiO <sub>2</sub>	<4	4-6	6-11	11<	—	2.97	15.40

도를 確立할 수 있을 것이다. 收穫期 止葉分析 結果에 依한 營養診斷은 다음 栽培를 위한 施肥改善에 만 有用하므로 各生育期의 診斷尺度를 찾아 내는 것이 무엇보다도 重要할 것이다. 微量元素의 營養障害는 거의 없거나 적어도 次要적인 것으로 推定되는데 더 많은 問題 地域을 대상으로 調査해 봐야 할 것이다.

### 要 約

三要素 單純試驗 圃場(1966)을 대상으로 止葉 및 下位葉 分析에 依한 水稻의 營養診斷 尺度를 찾고자 하였던 바 다음과 같은 結果를 얻었다.

1. 어떤 營養이 缺乏한 土壤의 無肥區 缺乏區 및 施肥區에서 誘引缺乏 鹽界缺乏 潛在缺乏 侈奢吸收 過剩障害의 諸段階 尺度를 推定할 수 있었다

2. 收穫期 止葉中 窒素含量이 1% 以下이면 誘引缺乏이고 1.0~1.2%가 鹽界缺乏 1.2~1.6이 潛在缺乏 1.6~1.9가 滿足영역으로 侈奢吸收段階이고 1.9 以上에서 障害를 받는다.

3. 磷酸(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)은 各段階가 0.3% 이하 0.3~0.4 0.4~0.55 0.55 以上으로 나타났으며 過剩障害水準은 알 수 없었다.

4. 珪酸(SiO<sub>2</sub>)은 4% 이하 4~6 6~11 및 11 以上으로 나타났다.

5. 加里(K<sub>2</sub>O)는 0.5% 以下 0.5~0.9 0.9~1.2 1.2~1.4 및 1.4 以上の 障害영역을 보였다.

6. 止葉中 加里는 窒素를 穗生育에 기여케한 結果로 止葉中 窒素含量을 낮추고 止葉重을 줄인다.

7. 磷酸은 Mg>Si>Mn>K의 順으로 下葉에서 止葉으로의 移動을 促進하고 Ca>N의 順으로 沮止하는 반면 加里는 Mn>Ca의 順으로 促進하고 Mg>Si>N의 順으로 沮止하였다.

8. 養分轉流促進指數는 (F<sub>2</sub>L<sub>1</sub>-F<sub>1</sub>L<sub>2</sub>)·100/F<sub>1</sub>L<sub>1</sub>으로 계산할 수 있는데 한 養分의 施肥量이 他養分의 移動에 對한 영향의 指標로 適合하였다. 여

기서 F와 L은 止葉 및 下葉中의 養分濃도를, 2는 肥料의 施肥水準을 意味한다.

9. 適期栽培에 比하여 早期栽培는 葉中 SiO<sub>2</sub>의 含量이 下葉보다 止葉에서 낮아 珪酸의 吸收 및 移動이 不良한 것으로 나타났다.

10. 加里缺乏畝에서 나타난 胡麻葉枯病은 止葉中 加里含量보다 SiO<sub>2</sub>含量에 더 깊은 關係를 보였다.

11. 生育이 不良한 低收畝 水稻의 葉位別 分析은 主因 營養을 밝혀줄 뿐만 아니라 2~3개의 기타 營養障害가 수반되고 있음을 나타내었다.

12. 問題地域의 營養障害는 모두 大量元素가 一次的 要因이며 微量元素는 二次的인 것으로 推定되었다.

### 引 用 文 獻

1. Sprague, H.B. 1964. Hunger signs in crops David Mckery Company New York, N.Y
2. 前田正男 原色作物의 要素缺乏, 過剩症 昭和 43 農山漁村文化協會
3. Ann. Rept. 1967 IRRI in "Plant Physiology" Las Banos, Laguna, Philippines.
4. 戶荊義次·天辰克己 1967 稻作診斷法(下) 農業技術協會
5. IRRI 1964, Symposium of Mineral Nutrition of Rice Plant
6. IRRI. Ann. Rept. 1969 in "Plant Physiology" Las Banos Laguna, Philippines.
7. 柳澤宗男·高橋治助 1964 農技研報 14(B) 41~171 水田의 生産力 要因의 解析에 關する 營養生理學的 研究
8. 朴英善·吳旺根·朴天緒 1964 農振廳研報 7: 31-38
9. 朴永大·金泳燮 1964 韓農化 5.49
10. 朴薰·金泳燮·李春寧 1971 韓農化 14: 109-116

11. Chapman H. D. 1966 Diagnostic criteria for plants and soils. University of California
12. Macy P. 1936 Plant Physiol. 11; 749-764
13. Ulrich A. 1952 Ann. Rev. Plant Physiol. 3; 207-228
14. 長谷川儀一・大庭高明 1958 日作紀 27; 185-190
15. 致村敦彦 1956 日作紀 25; 214-218
16. 박준규・김영섭・오왕근・박훈 矢澤文雄 1969 土肥 2; 53-68
17. 長谷川儀一・大庭高明・西川欣一 1959 日作紀 28; 169-174
18. 田中明 1955 日土肥 26; 341-345
19. 戸苅義次・山田登・林武 1967 植物生理學 (2) p. 14 朝倉書店