

施肥水準에 따른 病蟲害防除가 水稻收量에 미치는 影響

李庚徽* · 李銀鍾* · 金光錫* · 朱元俊* · 金政和*

Effect of Disease and Pest Control on Rice Yield in Relation to Various Combinations of Fertilizer Application.

K.H. Lee* · E.J. Lee* · K.S. Kim* · W.J. Chu* · J. H. Kim*

(접수일자 : 1972. 8. 15)

Abstract

The yield of rice is increased to amounts of fertilizer applied in paddy field but excessive application of fertilizer stimulates outbreaks of disease and insect pest. If, therefore, diseases and pests stimulated by excessive application of fertilizer would be effectively controlled, increased yield of rice would be possible.

This experiment was conducted to determine the fertilizer application rate that would produce maximum yields when diseases and pests are controlled.

1. The fertilizer application rates and the incidence of leaf and panicle blast were positively correlated at the 1% level.
2. Without disease and pest control the maximum yield of hulled rice was 347-378kg/10a, which occurred at nitrogen application levels of 8.0-8.5 kg/10a. with effective control of diseases and pests the maximum yield of hulled was 453-462 kg/10a, which occurred at nitrogen application levels of 18.5-19.0 kg/10a. Yield increase at appropriate nitrogen levels by disease and pest control resulted in more than 100 kg/10a.
3. There was no significant yield difference between the NPK experimental plots with fixed PK levels and with varying PK levels.
4. The maximum effect of disease and pest control as expressed by yield index of hulled rice was 65%, the minimum effect was 30%, the average effects were 42-45%.

1. 서 론

비료를 증시하면 할수록 수량이 증가한다는 것은 이미 상식화된 사실이지만 일정한 기준 이상으로 과용하면 증수효과가 점차 완만해지다가 나중에는 오히려 수량이 떨어지는데, 그 절대적인 원인의 하나가 시비량

의 증시로 인하여 병충해발생이 유발되기 때문이라고 보고하였다^{1,7,8,9,14,15,16)}.

일찌기 1930년대부터 모든 농사시험장에서 실시하여 온 시비적량사정시험결과는 질소시비량을 기준할 때, 12kg/10a 정도에서 최고수량을 얻었으나 병충해와 도복을 우려하여 거의 대부분 8~10kg을 시용토록 권장하였고^{16,16,17,18)} 실제로 1963년 농촌진흥청 식물환경연구

*農村振興廳植物環境研究所(Institute of Plant Environment, Office of Rural Development, Suweon, Korea)

소에서 전국 16개 주요미작지대를 중심으로 실시한 삼요소시험의 결과도 N.P.K 어느 것이나 시비추진량이 8kg/10a 을 넘는 곳이 없었다. 최근에 와서 비료의 다용경향을 보이고 있다고는 하지만 1970년 金⁴⁾ 등이 전국 240개소에서 각도장려품종을 대상으로 실시한 삼요소시비적량시험결과는 전국평균이 질소: 10.2kg, 인산: 4.6kg, 가리: 8.0kg 으로서 아직도 질소기준 10kg/10a 수준에서 머물고 있다.

시비량을 현행시비적량 보다 증시하면 수량의 증수론 기대할 여지는 충분하지만 병충해 발생으로 인한 피해가 두렵기 때문에 많은 토양비료연구자들은 규산이나 기타 무기성분을 병용하여 병충해의 이병을 덜어뜨릴려고 노력하였고 또 많은 효과를 보았다^{3,6,12,13)}. 즉 金⁵⁾ 등은 중합무기성분비료를 사용하여 최고수량점을 질소기준 28.9kg/10a 까지 상승시킬 수 있었다고 보고하였는데 증수원인으로서 규산의 질소과잉흡수억제로 인한 병충해이병을 감소를 크게 들고 있다는데 주목 하여야겠다. 이에 현행시비적량보다 많은 비료를 사용해서 증수를 노리는 반면, 약제살포를 통한 병충해방제를 보다 강화하므로써 비료과용으로 인한 병충해발생의 유발을 억제한다면 평균수량 이상의 다수확을 기대 할 수 있을 것이다. 그러므로 병충해방제의 효과를 측정하고 시비량과 병충해방제의 복합시험을 통하여 두가지 요인의 최대교호효과점을 찾아 내므로써 병충해방제의 목적을 지금까지 감수량을 다소라도 줄

이고자 하던 소극적인 방법에서 증수를 가져오기 위한 적극적인 방법으로서의 전환에 본 시험의 최종 목표론 두었다.

2. 재료및 방법

공시품종으로 「팔달」을 사용하여 표준경중법에 따라 생육시켰으며, 시비량은 1개구는 인산, 가리를 일정표준량에 고정하고 질소만 110a 당 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30kg 의 7개수준으로 일정배량씩 증시하였고, 다른 1개구는 삼요소 모두 일정배량씩 증시하였다. 병충해방제구는 도열병방제를 위해서 일도열병과 이삭도열병방제적기에 각각 2회씩 히노산유제 1,000 배액을 4회 살포하였고, 일집무늬마름병방제를 위해서는 네오아소진 1,500 배액을 8월 3일에 살포하였다. 그리고 살충제로는 이화명충 1화기 및 2화기 방제적기에 호리치은유제 1,000 배액을 각 1회씩 2회 살포하였다. 병충해무방제구는 벼생육기간동안 전연 약제살포를 하지 않고 완전방치 하였다.

1개 시험구의 면적은 각각 10평씩, 총 280평(10평 × 7수준 × 2처리)의 포장에서 반복없이 임의배치하여 자연발병율을 조사하고 아울러 수량조사도 실시하였다.

3. 시험결과

발병조사와 수량조사에서 얻어진 결과로서 시비량에 따

Table 1. Outbreak of rice blast and effect of chemical control under various combinations of fertilizer application.

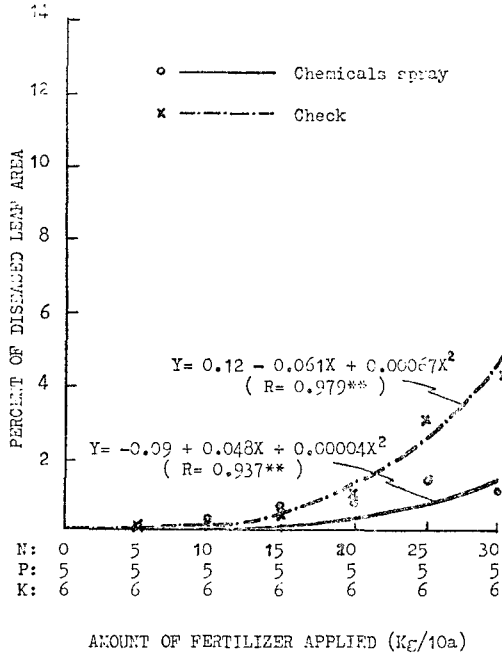
Amounts of fertilizer applied (kg/10a)			% of diseased leaf area			% of diseased panicle		
(N)	(R)	()	Check	Chemical control	Effect of chemical control (%)	Check	Chemical control	Effect of chemical control (%)
0	5	6	0.05	0.02	60.0	0	0	0
5	5	6	0.13	0.11	15.4	5.6	4.0	28.3
10	5	6	0.29	0.22	24.1	16.5	6.7	59.4
15	5	6	0.49	0.54	-10.2	17.7	8.6	51.4
20	5	6	1.25	0.98	21.6	20.8	11.7	43.8
25	5	6	3.45	1.47	57.4	24.1	13.0	46.1
30	5	6	4.10	1.15	71.9	25.2	14.2	43.7
Average			1.39	0.63	54.7	15.7	8.3	47.1
0	0	0	0.07	0.01	85.7	0	0	0
5	2.5	3	0.16	0.08	50.0	5.8	4.0	31.0
10	5.0	6	0.41	0.31	24.4	14.7	7.1	51.7
15	7.5	9	1.26	0.44	65.1	15.1	9.1	39.7
20	10.0	12	2.65	1.32	50.2	15.3	10.0	34.6
25	12.5	15	3.80	3.47	8.7	17.3	13.3	24.9
30	15.0	18	14.20	4.17	70.6	22.4	18.0	19.6
Average			3.22	1.40	56.5	12.9	8.8	31.8

른 병충해발생상황과 약제방제효과를 보면 [표 1]과 같았고, 병충해방제여부에 따른 시비수준별 수량과의 관계는 [표 2]와 같았다.

(가) 시비수준별 도열병발생상황과 약제방제효과

(1) 잎도열병

인산, 가리는 표준량에 고정하고 질소만 증시할 때



나 삼요소 모두 일정배량씩 증시할 때나 다 같이 질소 증시량에 비례해서 잎도열병의 발생이 증가하였으며 질소비료 10kg/10a 이상을 증시하면 잎도열병의 발병율은 급격히 상승하였다.

약제방제효과는 다비구일 수록 현저하였는데, 질소만 증시할 경우 평균병반면적율이 무방제구가 1.39%인데 비하여 방제구는 0.63%로서 54.7%의 방제효과를 나타내었고 삼요소 모두 증시할 경우는 평균병반면

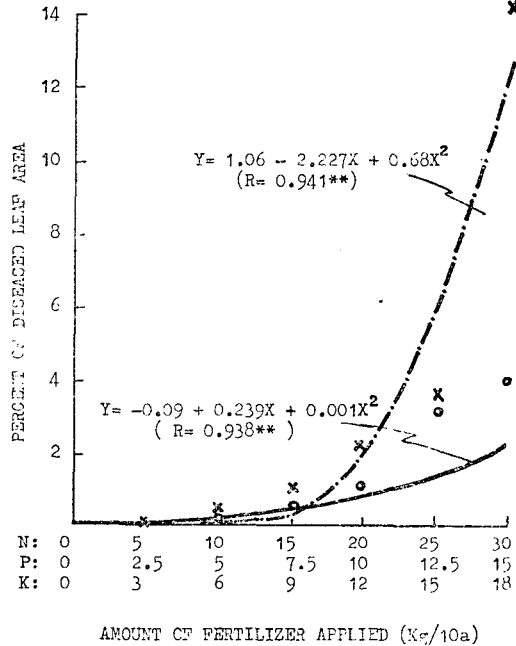


Fig. 1. Relation between amounts of fertilizer applied and outbreak of leaf blast in case of chemicals spray and check in Paddy field.

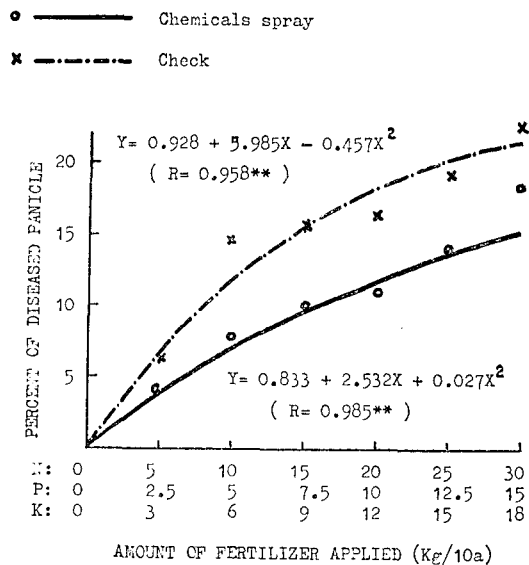
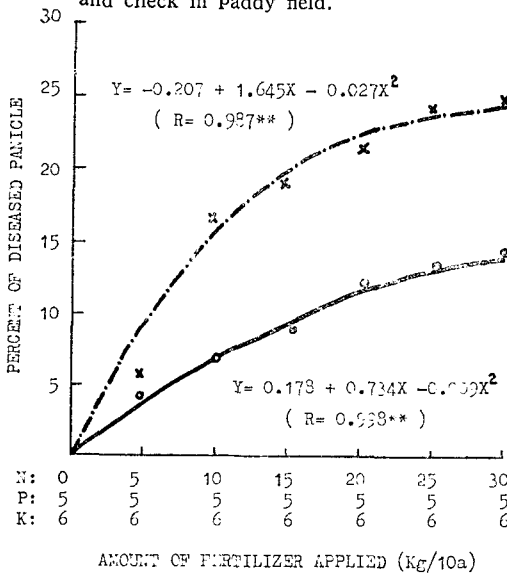


Fig. 2. Relation between amounts of fertilizer applied and outbreak of leaf blast in case of chemicals spray and check in Paddy field.

적율이 무방제구 3.22%인데 비하여 방제구는 1.40%로서 56.5%의 방제효과를 나타내어 약제살포로써 잎도열병 발병율의 50% 이상까지 방제할 수 있었다(표 1). 그리고 삼요소를 모두 증시하였을 때는 질소만 증시하였을 때 보다 질소기준 15kg/10a 까지는 발병이 적었으나 그 뒤는 급격히 상승하였다(그림 1).

(2) 이삭도열병

질소만 증시할 경우나 삼요소를 모두 증시할 경우, 다 같이 질소시용량에 비례해서 이삭도열병의 이병수율은 증가하였으며 증가속도는 잎도열병과 비교할 때 처음에는 시비량증가에 따라 보다 급격히 증가하다가 10kg/10a 이상 과용하면 이병수율은 완만하게 증가하므로써 잎도열병과 경반대현상을 나타내었다(그림 1과 2 대조).

질소만 증시할 경우, 무방제구의 평균이병수율이 15.7%인데 비하여 방제구는 8.3%로서 방제효과는 47.1%

였으며, 삼요소 모두 증시할 경우는 무방제구의 평균 이병수율이 12.9%인데 비하여 방제구는 8.8%로서 32%의 방제효과를 나타내었다.

약제방제의 효과면에서는 이삭도열병방제효과가 잎도열병방제효과보다 떨어졌으나 이삭도열병이 잎도열병보다 수량과 더 밀접한 관계를 갖고 있기 때문에 이삭도열병방제에 보다 유의하여야 하며 방제구의 질소 30kg 시용구 이병수율이 무방제구의 질소 10kg 시용구 보다 떨어지므로 다비재배조건 하에서는 이삭도열병방제작업이 다수확과 직결된다는 것을 알 수 있었다.

(나) 시비수준에 따른 병충해방제의 증수효과

시용비료의 양과 성분을 각각 달리하면서 병충해방제를 실시하였을 때와 무방제시의 정조수량과 현미수량 그리고 현미수량지수를 기준으로 환산한 방제효과는 [표 2]와 같았다.

Table 2. Effect of disease and pest control on rice yield under various combination, of fertilizer application.

Amounts of fertilizer applied (kg/10a)			Yield of unhulled rice (kg/10a)		Yield of hulled rice (kg/10a)		Index on yield of hulled rice		Effect of disease and pest control(%)
(N)	(P)	(K)	Check	Chemical control	Check	Chemical control	Check	Chemical control	
0	5	6	415	330	344	276	100	100	0
5	5	6	490	495	408	412	119	149	30
10	5	6	480	525	390	435	113	158	45
15	5	6	445	535	362	443	105	161	56
20	5	6	425	525	341	440	99	159	60
25	5	6	410	515	316	416	92	151	59
30	5	6	399	525	314	431	91	156	65
Average			438	493	354	408	103	148	45
0	0	0	405	360	334	297	100	100	0
5	2.5	3	407	495	333	417	100	140	40
10	5.0	6	437	495	354	420	106	141	35
15	7.5	9	435	530	352	439	105	148	43
20	10.0	12	385	545	309	451	93	152	59
25	12.5	15	360	515	282	428	84	141	57
30	15.0	18	330	516	253	412	76	139	63
Average			394	494	317	409	95	137	42

(1) 인산 및 가리는 표준량시용하고 질소만 달리 시용했을 때.

병충해방제여부에 관계없이 질소를 증시할 수록 처음에는 수량이 증가 되었으나 각각 일정수준 이후부터는 오히려 수량이 떨어지는 경향을 보였는데 병충해방제를 실시할 경우는 무방제구 보다 질소시용량을 10kg/10a 이상 증시해도 무방제구 보다 많은 수량을 얻을수 있었다.

이에 어느 시비수준에서 최고수량을 올릴 수 있는가

를 찾아내기 위하여 시비량과 현미수량과의 회귀식을 구하여 본 결과 [그림 3]에서와 같이, 무방제구는 질소기준 8kg 수준에서 378kg/10a의 최고수량을 얻을 수 있었는데 비하여 방제구는 질소 19kg 수준에서 462kg의 최고수량을 얻어 무방제구보다 22.2%가 많은 84kg의 증수를 가져 왔다.

무방제구의 평균정조수량이 438kg 인데 방제구의 평균정조수량은 493kg 으로서 병충해방제실시로 10a 당 평균 55kg의 증수를 기대할 수 있는 셈이나 실제로는

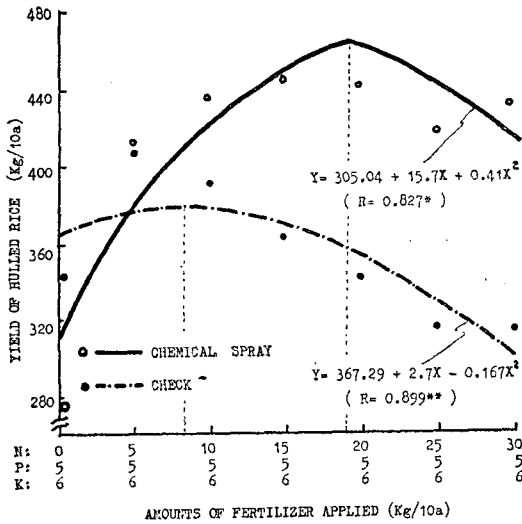


Fig. 3. Relation between amounts of fertilizer applied and yield of hulled rice when disease and pest were effectively controlled in paddy field.

질소시비량 5kg 수준까지는 방제효과가 없다가 10kg 수준에서 효과를 나타내기 시작해서 15kg 수준부터는 정조수량으로 100kg 이상의 차이를 계속 유지하여 다리재배조건 하에서는 병충해방제로 인한 증수효과가 더욱 현저하였다. 그리고 질소증시에 따라 증수된 현미수량 지수를 기준으로 환산한 평균방제효과는 45%에 달하였다.

(2) 삼요소를 모두 증시하였을 때

질소만 증시하였을 때와 거의 마찬가지로 병충해방

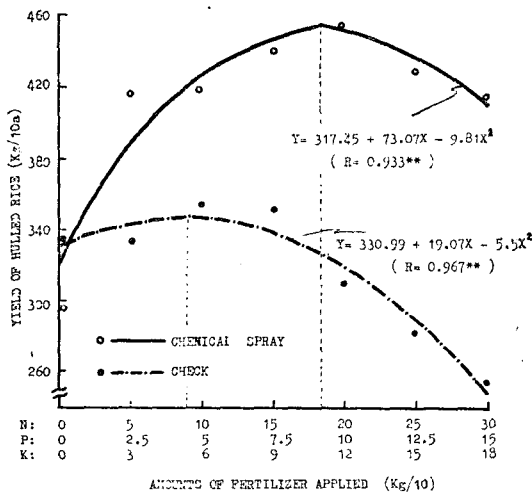


Fig. 4. Relation between amounts of fertilizer applied and yield of hulled rice when disease and pest were effectively controlled in paddy field.

제구와 무방제구 다 같이 시비량의 증가에 따라 수량이 증가하다가 각각 일정수준 이후부터는 현저히 수량이 떨어지는 경향을 보였다(그림 4).

시비량과 현미수량과의 회귀식에 의한 무방제구의 최고수량점은 질소기준 8.5kg/10a에서 347kg의 수량을 얻었는데 비하여 방제구는 질소기준 18.5kg에서 453kg의 최고수량을 올려서 무방제구 보다 30.6%가 많은 106kg의 증수를 가져 왔다.

또한 정조수량으로 비교해 보면 무방제구의 평균정조수량이 394kg인데 방제구는 494kg으로서 10a 당 평균 100kg의 증수를 나타내었으며, 시비수준별로는 질소기준 5kg 수준에서 벌써 정조수량으로 80kg 이상의 차이를 보이기 시작해서 질소기준 20kg 수준부터는 방제구와 무방제구의 수량차이가 무려 150kg 이상이나 되었다. 그리고 삼요소 증시에 따라 증수된 현미수량 지수로 환산한 평균방제효과는 42%에 달하였다.

(3) 시비성분과 양에 따른 병충해방제효과의 차이

질소만 증시하였을 때와 삼요소를 동시에 증시하였을 경우의 방제효과를 비교해 보면 [그림 5]와 같았다.

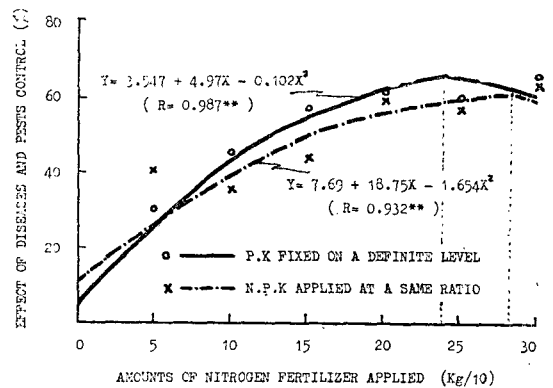


Fig. 5. Relation between amounts and component parts of fertilizer applied and effect of disease and pest control which were expressed by index on yield of hulled rice.

즉 질소시용량을 기준으로 했을 때 5kg 수준까지는 삼요소시용구가 질소단독시용구보다 방제효과가 다소 좋았으나 5kg 수준부터는 계속해서 질소만 증시하였을 때가 다소 방제효과가 더 나았는데 유의차는 없었다. 시비량과 방제효과와의 회귀식에 의한 최고효과점은 질소만 증시하였을 때는 24kg 수준에서 65%의 최고방제효과를 보였고, 삼요소를 동시에 증시하였을 경우에는 질소기준 28.5kg 수준에서 61%의 최고방제효과를 나타내었다. 그리고 질소단독증시구와 삼요소증시구의 수량으로 방제효과를 추론하여 보더라도 평균정조수량은 각각 493kg 과 494kg, 평균현미수량 역시 각각 408kg

과 409kg으로 별 차이가 없었으나(표 2) 시비량에 따라 증수된 현미수량지수로 환산한 평균 방제효과는 질소만 증시했을 때가 45%로서 삼요소를 동시에 증시했을 때의 42% 보다 약간 높았다.

4. 고 찰

지금까지 수 많은 시비량과 병충해발생과의 관계시험결과를 보면 대부분 비료를 증시하면 할수록 병충해의 발생이 증가하였다고 보고 하고 있다. 특히 질소비료는 시용량에 비례해서 거의 예외없이 모든 병충해를 유발시키는데 그 기구를 생각하여 보면, 질소흡수량이 많아져서 작물이 과잉성장하게 되면 결과적으로 작물의 조직자체는 연약하여지고 조직성분 가운데 병원균이 번식하기에 용이한 형태의 질소화합물이 증가하기 때문이며 식물체내의 가용태질소량과 도열병발병과는 높은 정(+)의 상관을 나타내었다^{6,9,11,12}. 그의 다비구는 소비구보다 휴간미세기상(睡眠微細氣象)이 발병에 유리한 온도범위와 높은 습도를 초래한다⁵는 등 질소비료의 발병유발기구에 대하여는 이제 의심을 가질 수 없을만큼 많은 진전을 보이고 있거니와 증수에 가장 깊이 관여하는 것이 질소비료인데도 불구하고 병충해유발에 절대적으로 작용하는 것 또한 질소비료라는 이룰배반적인 결과 때문에 가장 효과적인 시비적정량을 구명하고자 우리 나라에서도 이미 1913년 도열병과 비료와의 관계시험¹⁰을 필두로 지금까지 매년 이와 유사한 시험들을 실시하여 오고 있다.

본 시험결과에서도, 시비량의 증시에 따라 잎도열병이나 이삭도열병발병은 다 같이 1% 수준에서 고도의 정(+)의 상관을 나타내었다.

잎도열병은 질소만 증시하거나 삼요소 모두 증시하거나 기타 성분에 관계없이 질소시용량에 비례해서 발병이 많았는데 특히 삼요소를 동시에 증시할 경우 질소기준 15kg 수준까지는 질소단독증시구 보다 발병이 완만히 증가하였으나 그 후부터는 급진적으로 격발하여 질소의 양이 많을 경우에 가리 및 인산의 과용은 도열병발병을 많게 한다는 日本山形農試(1941)결과와 일치하였다. 그러므로 삼요소를 동시에 다량 시용할 때는 특히 병충해방제를 철저히 하여야 하겠다.

이삭도열병의 경우도 시용한 비료의 성분과 관계없이 질소시비량과 비례하여 잎도열병에서보다 초기에는 더 급진적으로 나중에는 점차 완만하게 발병율이 상승하였다.

岡本(1950) 등은 인산비료를 증량비용하므로써, 中川(1952)은 가리비료를 다량비용하므로써 도열병의 발병억제효과를 보고하였으나¹⁰ 본 시험의 결과에서는

이러한 인산 및 가리의 발병억제작용을 인정할 수 없었고 日本山形農試나 廣島農試의 결과에서와 같이 인산, 가리를 과용하면 오히려 발병이 많았다.

그러므로 가리의 증수효과는 지금까지 생각해온 병원균에 대한 직접적인 작용이나 기주식물에 대한 상대적인 양분균형을 파괴하여 발병을 억제한다²고 해석할 것이 아니라 가리를 질소와 병용하면 질소증시로 인하여 낮아진 등숙율을 높일 수 있다³는 수량구성요소에 미치는 효과로 보아야 할 것이다.

한편 인산의 발병억제효과 역시 P_2O_5 가 없으면 $Mg^{#}$, $Mn^{#}$, $Cu^{#}$ 같은 2가의 양 ion이 당(糖)의 흡수를 저해한다¹¹는 이론과 추락담이나 이병엽의 K_2O , MgO , MnO , SiO_2 함량이 건진담이나 건진엽보다 훨씬 떨어졌다¹²는 시험결과를 결부시켜 생각해 볼때 인산의 결핍은 당의 흡수를 저해하여 영양성분간의 양적인 평형을 잃게 하므로써 체내대사작용에 이상이 생겨서 도열병이 병율이 증가되는 것임으로 인산의 증시는 성분간의 잃었던 양적평형을 되찾게 함으로써 대사작용을 원활히 만들어 이병율을 떨어뜨리는 것으로 해석하여야 할 것이다. 그러나 삼요소 가운데 인산, 가리의 통일되지 않은 발병억제 또는 유발설의 기구에 대하여는 좀 더 깊은 연구가 있어야 확실한 설명이 가능해질 것이다.

기타 규산질비료를 증시하면 수도의 포피조직을 튼튼하게 하여 이삭도열병과 도복에 강하고 $SiO/T-N$ 을 높이어 이삭도열병이 병율을 적게 한다^{6,12,13}는 보고가 많은데 이후 계속 시험에서 실시할 계획이며, 분시(分施) 등 시비방법에 따라 발병을 효율적으로 기피하는 방법도 좋은 연구과제의 하나로 사료된다.

시비량에 따른 병충해방제의 증수효과를 보면, 질소만 증시할 때나 삼요소 모두 증시할 경우 다 같이 어느 수준까지는 시비량의 증가에 따라 수량도 증가하였으나 점차 증수효과가 완만해져서 나중에는 오히려 수량이 떨어지는 경향을 나타내었다. 이에 시비량과 수량과의 회귀식을 구하여 최고수량을 올릴 수 있는 가장 효과적인 시비수준을 계산하여 본 결과, 병충해방제를 안을 때는 질소기준 8~8.5kg/10a 수준에서 최고수량(현미중: 347~378kg)을 얻었는데 비하여 방제시에는 질소기준 18.5~19kg 수준에서 최고수량(현미중: 453~462kg)을 얻어서 병충해방제에 의한 평균증수량은 질소만 증시한 곳은 84kg, 삼요소 증시구는 106kg이었다. 삼요소구의 증수량이 질소구보다 높은 것은 삼요소구의 무방제최고수량이 질소구의 무방제최고수량보다 31kg이나 떨어졌기 때문에 나타난 상대적인 현상이고 실제 최고수량은 질소단독증시구(462kg)가 삼요소증시구(453kg)보다 높았다.

본 시험의 결과로는 인산 및 가리의 효과를 인정할

수 없었고 오히려 과용하면 병해를 유발시켜 감수를 초래하였다. 그러므로 앞으로 계속시험에서는 비료의 절대시용량의 관계를 볼 것이 아니라 작물의 생육기간을 통하여 정기적으로 도체분석(稻體分析)을 실시하여 작물의 실제 비료흡수량과 관계를 구명하는 방법도 고려하여야 할 것이다.

결론적으로 병충해방제를 철저히 한다면 현행 시비량의 약 2배까지 증시해서 평균수량이상의 다수확을 거둘 수 있을 것으로 기대된다. 지금까지 수 많은 토양비료시험과정에서 대부분 병충해방제를 병행하고서도 증수요인으로는 토양이나 비료의 효과만을 강조하여 왔는데 본 시험에서 병충해방제를 전연 실시하지 않고 비료만 증시하였을 경우의 증수효과는 극히 미약하다는 것이 실증되었으며 다비재배하에서의 병충해방제의 중요성이 다시 한번 강조되었다.

5. 적 요

시비량의 증시에 따라 수량은 증가하지만 어느 일정 수준 이상 과용하면 병충해발생을 유발하여 수량의 감소를 초래하므로 시비량을 현행수준 보다 올리는 반면 병충해방제를 강화하여 병충해피해를 줄이고 최대한의 증수를 가져 올 수 있는 적정시비수준과 병충해 방제효과를 구명하고자 본 시험을 실시하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

(1) 잎도열병, 이삭도열병발병율은 다 같이 시비량과 1%수준에서 높은 정(+)의 상관을 나타내었고 인산과 가리콜 과용하면 삼요소표준구보다 발병이 훨씬 많았다.

(2) 병충해방제를 실시하지 않을 때는 시비량을 질소기준 8~8.5kg/10a 시용하였을 때 347~378kg/10a의 최고현미수량을 얻었는데 비하여 병충해방제를 실시하면 질소기준 18.5~19kg/10a 수준에서 453~462kg/10a의 최고수량을 나타내었고 병충해방제 실시여부에 따른 수량의 차이는 평균 100kg/10a을 상회하였다.

(3) 질소비료만 증시한 구와 삼요소비료를 동시에 증시한 구 사이의 수량에 미치는 영향은 유의차가 없었다.

(4) 현미수량지수로 환산한 병충해방제효과는 최고 65%에서 최저 30%까지 나타났으며 평균방제효과는 42~45%였다.

참 고 문 헌

1. 井上義孝. 1960. 肥料と稻熱病. 農藥 7(6); 27~32.

2. 金政和, 趙鏞涉, 1970. 三要素施肥量과 水稻生育狀態가 白葉枯病發病에 미치는 影響. 한국식물보호학회지. 9(1); 7~13

3. 김우겸, 이윤환, 1969. 수도작에 대한 종합무기성분비료에 관한 시험. 농진청, 식환보고서, 151~175

4. 김유섭, 김정업. 1970. 곡간담벼에 대한 삼요소시험. 농진청, 식환보고서(3); 112~135

5. 小林裕, 1963. 本田における葉いもち發生の經過に關する解析的研究. 第4報異なる栽培條件下の畦間微細氣象といもち病發生との關係. 日植病報. 28(2). 62.

6. 小林裕, 1959. 稻葉内成分と稻熱病發生との關係. 日植病報. 25(1). 1

7. 李庚徽, 李銀鍾, 1969. 窒素肥料増施에 따른 稻熱病藥劑防除對策, 농진청, 식환보고서.

8. 李始鍾, 姜寅穆, 金淵福, 尹誠根. 1966. 三要素施肥量과 稻熱病發生과의 關係. 농진청, 식환보고서(4); 182~187.

9. 松禾五樓, 1951. 綜合肥料學, 朝倉書店. 438~444

10. 中川九一, 1954. 稻熱病並に稻小粒菌核病の藥劑防除に關する研究. 福島縣農試報. 2~12

11. 西田藤次, 1910. 稻の白葉枯病と肥料との關係. 肥料研究界. 3: 12

12. 박영대, 김영진, 김성경. 1964. 水稻葉中の成分含暈과 胡麻葉枯病과의 關係. 농진청, 식환보고서. 30~40

13. 박영대, 권항광, 박천서. 1967. 窒素와 珪酸의 相互作用이 水稻增收에 미치는 影響. 농진청, 식환보고서. 1~14

14. 全北農試, 1940. 施肥量과 穗首稻熱病과의 關係試驗. 全北農試報.

15. 全北農試, 窒素用量과 稻熱病發生과의 關係. 全北農試報.

16. 忠南農試, 1963~1965. 施肥量 및 施肥方法試驗. 忠南農試報.

17. 慶北農試, 1940~1943. 水稻에 對한 窒素用量試驗 農事試驗結果要覽(引用).

18. 京畿農試, 1937~1941. 稻熱病에 對한 加里效果試驗, 農事試驗結果要覽(引用).

19. 勸業模範試, 1913. 稻熱病과 肥料와의 關係試驗勸業模範場事業報告書.