

시설재배 후작 벼 재배를 위한 친환경적 시비 기술

전원태* · 이재생¹⁾ · 박기도¹⁾ · 박창영¹⁾ · 노석원 · 양원하

작물과학원, ¹⁾영남농업연구소
(2005년 2월 22일 접수, 2005년 5월 20일 수리)

Method of Environmental-Friendly Fertilization for Rice Cultivation after Vegetable Copping in Green House Soil

Weon-Tai Jeon*, Jae-Sang Lee¹⁾, Ki-Do Park¹⁾, Chang-Yeong Park¹⁾, Sug-Won Roh, and Won-Ha Yang (National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 441-857, Korea, ¹⁾National Yeongnam Agricultural Institute, NICS, RDA, Milyang 627-803, Korea)

ABSTRACT: Green house soils have been intensively cultivated with excessive application of compost and chemical fertilizer for vegetable growth. The objective of this study was to establish the reasonable fertilizer application system for rice cultivation in green house soil. Field experiment was carried out with rice cv. Geumo-byeo 1 in Jisan series soil (fine loamy, mixed, mesic family of Fluventic Haplaquepts) that was previously cropped with green pepper (*Capsicum annuum* L.) for the last 3 years. Treatment consisted of conventional fertilization (N-P₂O₅-K₂O=11-4.5-5.7 kg 10a⁻¹), no basal fertilization, 50% reduction of basal fertilization, no top dressing, bulk blending fertilizer, and no fertilizer. The value of pH, available phosphate, and exchangeable potassium after experiment was lower than those before experiment, while organic matter content was not difference in all treatments. The value of salt elusion was the highest in no basal fertilization plot. The amount of NH₄-N in soil was higher in growth stage of rice as fertilizer amount increased in 1998. The changes of plant height and tiller were higher as fertilizer amount increased. Thousand-grain weight as yield component was higher in no basal fertilization plot all the year because of decreasing panicle. There was no significant difference in rice yield between treatments in 1998. However, conventional fertilization resulted in significantly increased rice yield in 1999. Nitrogen use efficiency was the highest in no basal fertilization plot in 1998 and in conventional fertilization plot in 1998. Our results suggest that no basal fertilization be best to increase salt elusion with slightly increased yield in first year for rice cropping after vegetable harvesting, which method improves fertilization efficiency. However, conventional fertilization was good for second rice cropping after vegetable harvesting in greenhouse.

Key Words: Environmental-Friendly, Rice, Fertilization, Green house soil, Soil nutrients

서 론

논의 공익기능¹⁾은 천연적인 댐이며 환경정화 기능을 가지고 있다. 또한 논은 농업적 부가가치 창출의 하나로서 연작장해 방지 즉 벼 재배시 담수로 인하여 토양의 유해한 병원균 및 선충의 사멸과 염농도 감소로 인하여 계속적인 농경이 가능한 것으로 알려져 있다. 담수상태에서 재배되어 온 벼는 5,000년 동안 연작장해가 없었다. 그러나 최근 농업기술의 발달에 힘입어 과거에는 벼만 재배하던 논에서 현재는 계절을 초월하

여 겨울과 봄에도 과채를 생산할 수 있게 되었다. 시설하우스에서 과채류를 생산하는 농가가 1970년에 3,727 ha이었던 것이 2000년도에는 90,627 ha로 급속히 증가하고 있다²⁾. 이러한 시설재배지는 국민에게는 과채류의 주년공급을 이룩하였으나 연작장해라는 새로운 문제점을 야기 시켰다. 시설재배지에서 연작장해 방지 등의 목적으로 후작 벼를 재배할 경우 단작이나 보리 후작과 다른 토양양분특성 변화를 가져오게 된다. 일반적으로 시설재배는 비료 등 농자재의 과다투입과 자연환경과 차단된 조건이므로 노지 토양에 비하여 각종 양분이 과다 축적된다. 따라서 시설재배 후작 벼의 경우에는 도복 및 병해충 발생이 심하다. 또한 토양 교질에 흡착되지 못한 유리 양분은 지표수 및 지하수의 비점오염원으로 작용할 우려가 높다. 시설재배 토양의 특징은 시설재배년수가 경과함에 따라 유

*연락처:
Tel: +82-31-290-6864 Fax: +81-31-290-6842
E-mail: jeon0550@rda.go.kr

기물, 유효인산, 치환성 칼리 함량이 많아진다고 보고한 바 있다^{2,3,7}). 특히 경북 성주 등지에서는 연작장해를 경감시키기 위해 2-3년 주기로 적도를 하고 있다⁶). 그러나 적도는 환경과피, 미생물의 불균형 등을 초래할 수도 있고 염류집적이 근권토양의 미생물상에 대한 연구에서 토양의 전기전도도(EC)가 5.1 dS m⁻¹ 이상이 되면 미생물의 B/F치와 형광성 세균이 감소함을 보고 하였다^{9,10}). 또한 중부지방 시설재배지의 토양 미생물 다양성에 관한 연구에서도 재배년수가 오래될수록 미생물의 다양성 지수가 감소함을 보고¹⁸)하였다. 또한 영남지역 농경지 고도이용을 위하여 다모작을 위한 답 토양 적성등급 구분에 관해서 기초시험을 수행하여 적성등급 구분 기준을 설정⁸)하였다. 그리고 소득작물 후작 벼의 관행 시비량은 질소, 인산은 관행시비보다 감비를 추천한바있다^{3,5}). 그러나 시설재배지 토양에 축적된 양분 이용에 관한 연구 보고는 적은 편이며¹⁷) 후작 벼 재배지의 토양특성 및 시비 효율에 관한 연구도 미미한 실정이다. 구미는 다양한 작부체계가 발달되어 있지만 원예작물 후작 벼 재배에 대한 연구는 잘 알려져 있지 않다.

따라서 본 시험에서는 시설재배지 후작지에서 벼 재배시 연차간 합리적 시비체계를 확립하여 시비량 절감, 각종 재해 방지, 수질오염 방지 등의 환경 농업의 기초 자료를 얻고자 본 시험을 수행하였다.

재료 및 방법

본 시험은 경남 밀양시 부북면에서 시설 풋고추를 3년간 연작한 후에 벼를 1998년에서 1999년까지 2년간 재배하였다. 1998년에는 시설 풋고추 후작으로 벼를 재배하였고 1999년에는 벼 단작이었다. 토양은 곡간지에 분포한 식양질 보통달 지산토이며 벼 품종은 단기성인 금오벼 1호를 재배하였다. 처리내용은 관행시비, 기비생략, 기비 시비량의 50% 감비, 완효성비료, BB비료구, 무비구 이었다. 파종기는 1998년에는 5월 29일, 이앙기는 6월 22일이었다. 1999년에는 파종기는 5

월 18일, 이앙기는 6월 17일이었다.

관행구의 시비량(kg 10a⁻¹)은 N-P₂O₅-K₂O=11-4.5-5.7 이었고 질소는 기비 70%, 분얼비 10%, 수비 20% 분시하였고, 인산은 전량기비로 사용하였고, 칼리는 기비로 70%, 수비로 30%로 사용하였다. 완효성 비료(LCU, 18-12-13)구는 관행 질소 시비량의 50% 수준으로 전량기비로 사용하였으며 BB 비료구는 경운 30일전에 토양을 분석한 결과 시비량(kg 10a⁻¹)은 N-P₂O₅-K₂O=13.7-3.18-3.07이었다. 분시비율은 기비로 70%, 추비로 30%를 사용하였다. 비종은 저 BB비료(18-6-4)를 기비로 사용하였고 추비(수비)는 저 BB비료(22-0-5)를 사용했으며 자세한 시비량과 분시비율은 표 1과 같다. 그 외 재배법은 영남농업연구소 표준 재배법에 준하였고 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 수행하였다.

토양의 pH는 토양과 증류수의 비율을 1:5로 희석하여 초자전극법으로 분석하였다. EC는 토양과 증류수의 비율을 1:5로 희석하여 EC메타(Jenway, 4330) 사용하여 측정하였다. 제염률은 다음의 계산식을 이용하여 산출하였다⁴).

$$\text{제염률} = \frac{(\text{시험전EC} - \text{시험후EC})}{\text{시험전EC}} \times 100$$

NH₄-N은 습도 10 g에 2M-KCl 용액을 50 ml 가하여 30분간 진탕 후 여액을 Kjeldahl법으로 분석하였다. 유기물은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법, 양이온인 K, Ca, Mg는 1N-NH₄OAc으로 침출시켜 원자흡광분석기(Perkin Elmer 2380)를 이용하여 분석하였다. 식물체는 60°C에서 건조후 분쇄한 시료를 H₂SO₄-HClO₄-H₂O 혼액으로 분해하여 분석하였다. T-N은 Kjeldahl법, 인산은 Ammonium Vandate법, 양이온은 원자흡광분석기(Perkin Elmer 2380)를 이용하여 분석하였다. 그 외 토양 및 식물체 분석은 농촌진흥청 농업기술연구소 토양분석법¹⁴)에 준하였다. 시비질소 이용률은 다음의 식을 이용하여 산출하였다.

Table 1. Fertilization amount and application methods for six different treatments

Treatment	Fertilization amount (kg 10a ⁻¹)			Split application rate (%)					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Basal		Tillering top dressing		Panicle top dressing	
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	N	K ₂ O
CF ^{a)}	11.0	4.5	5.7	70	100	70	10	20	30
NBF ^{b)}	3.3	0	1.7	0	0	0	30.3	66.7	100
RBF 50% ^{c)}	7.15	2.25	3.7	53.8	100	70	15.4	30.8	30
NTD ^{d)}	5.5	3.67	4.0	100	100	100	0	0	0
BBF ^{e)}	13.72	3.18	3.07	70	100	70	0	30	30
NF ^{f)}	0	0	0	0	0	0	0	0	0

^{a)}CF : Conventional Fertilization,

^{d)}NTD : No Top Dressing,

^{b)}NBF : No Basal Fertilization,

^{e)}BBF : Bulk Blending Fertilizer,

^{c)}RBF 50% : Reduced Basal Fertilization 50%,

^{f)}NF : No fertilizer.

시비질소 이용률

$$= \frac{(\text{처리구의 질소흡수량} - \text{무비구의 질소흡수량})}{\text{처리구의 시비한 질소성분량}} \times 100$$

그 외 생육조사 및 수량조사는 농촌진흥청¹⁵⁾ 조사기준에 준하였다.

그림 1은 '98~'99년의 평균온도와 일조시수를 나타낸 것이다. '98년의 평균온도는 분얼기인 6월 중, 하순에 평년보다 낮게 경과하였고 7월 상순에 다소 높았으나 7월 중순부터 9월 상순까지 낮은 온도로 경과 하였고 일조시수도 평균온도와 유사한 경향이였다. '99년의 경우에는 평균기온은 평년에 비하여 다소 낮았으나 '98년보다 높게 경과 하였으나 생육조기는 온도도 낮고 일조시수가 적었다.

결과 및 고찰

시험전후 토양의 화학성은 표 2와 같다. 시험전 pH는 우

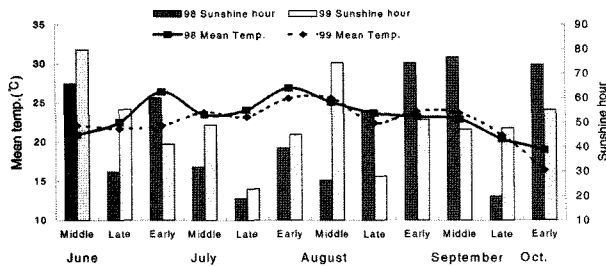


Fig. 1. The changes of averaged temperature and cumulative sunshine hours during rice growing season (10-day average).

리나라 시설재배지 보다는 높았고 시험 1년차 후에는 pH의 변화가 거의 없었으나 2년 후에는 모든 처리에서 현저히 낮아지는 경향을 보였다. 치환성 칼리의 경우도 유사한 경향을 나타내었다. 유효인산은 시험전 토양의 함량은 시설재배지 평균함량보다는 낮았으며 1년차 시험후 급격히 감소하는 경향을 나타내었고 2년차에는 뚜렷한 변화가 없었다. 시험 첫째 벼 재배후 토양의 유효인산 함량이 적어지는 것은 비닐하우스 재배지대에서 시설작물을 일정기간 재배하고 난 후 벼를 재배함으로써 시설재배지 발달상태의 난용성으로 축적된 인산성분이 담수로 인하여 환원상태가 되어 벼가 이용할 수 있는 형태로 전환되어 쉽게 이용되었기 때문이라고 하였다¹¹⁾. 유기물(OM)의 함량은 시설재배지 평균함량보다 낮았으며 전 시험 기간 동안 서서히 감소는 경향이었고 무비구와 기비생략구에서 다소 많이 감소하였다. 이는 시비질소가 적어 토양의 유기물이 무기화되어 벼에 흡수 이용되었을 것으로 생각된다. 우리나라 논토양의 평균 화학성분 함량은 pH는 5.6, 유기물 25 g kg⁻¹, 유효인산은 128 mg kg⁻¹, 치환성칼륨, 칼슘 및 마그네슘은 각각 0.32, 4.0, 1.2 cmol⁺ kg⁻¹이었고⁶⁾ 시설재배지 표토의 토양화학성분 함량의 평균 함량은 pH 6.0, 유기물 35 g kg⁻¹, 유효인산 1,092 mg kg⁻¹, 전기전도도 2.9 dS m⁻¹이고, 치환성 칼리, 칼슘 및 마그네슘은 각각 1.27, 6.0, 2.5 cmol⁺ kg⁻¹으로 시설재배지 토양은 외부와 격리되어 강우가 차단되고 공간의 기온이 높으며 작토의 지온도 보통 토양보다 높고 수분특성도 일반 논토양과 다르며 또한 농자재의 과도한 투입으로 일반 논토양과 달리 양분의 집적과 불균형이 심하다⁷⁾.

Table 2. The changes of soil chemical properties before and after experiment

Year	Treatment	pH (1:5)	OM (g kg ⁻¹)	Av. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex. cations (cmol kg ⁻¹)		
					K	Ca	Mg
1998	Before rice cultivation	6.82	28.6	567	0.78	7.72	3.58
1998	After rice cultivation						
	CF ^{a)}	6.88	26.5	167	0.75	7.77	3.31
	NBF ^{b)}	6.80	25.1	151	0.54	5.90	2.22
	RBF 50% ^{c)}	6.82	26.7	169	0.71	6.66	2.92
	NTD ^{d)}	6.83	25.1	157	0.67	6.61	2.86
	BBF ^{e)}	6.81	26.4	173	0.70	6.48	2.86
	NF ^{f)}	6.82	23.3	150	0.64	7.08	3.35
1999	After rice cultivation						
	CF ^{a)}	6.24	25.2	160	0.40	5.33	1.21
	NBF ^{b)}	6.30	23.1	159	0.37	5.54	1.28
	RBF 50% ^{c)}	6.31	25.3	159	0.39	5.67	1.51
	NTD ^{d)}	6.42	21.6	152	0.39	6.39	1.67
	BBF ^{e)}	6.19	25.0	168	0.37	6.23	1.68
	NF ^{f)}	6.19	23.1	151	0.28	5.12	1.51

[†] See table 1 for explanation of the treatment.

시설 재배후작지에 벼를 재배하는 목적은 여러 가지가 있겠으나 중요한 목적 중의 하나는 벼 재배를 통한 염류제거 등의 효과로 후작인 과채류 재배시 연작장해 방지와 회피이다. 시험기간 동안의 EC와 제염률을 나타내었다(표 3). 제염은 1년 벼를 재배한 후에 67.6~82.4%로 되었으며 처리 간에는 기비생략과 무비구에서 가장 높았고 관행과 BB비료구에서 다소 낮은 경향이었으나 2차 시험 후에는 큰 차이가 없었다. 이는 시비를 하지 않은 구와 시비량이 적은 기비생략구에서는 비료성분이 부족하여 토양용액 속의 염류를 식물체가 흡수 이용한 것에 원인이 있는 것으로 생각된다. 염류란 산과 염기가 결합한 것으로 염기치환용량을 초과한 비료성분이 점토와 결합하지 못하고 토양용액에 남아 있을 때에 염류가 집적되는데 일반적으로 토양 중에 가장 많은 염류의 형태는 석회(Ca²⁺)와 결합한 형태로 질산칼슘과 염화칼슘의 형태가 많다. 벼 재배 후 토양의 칼슘을 비롯한 양이온이 점진적으로 감소하였다(표 2). 이는 벼 재배를 함으로써 식물체로의 양분 흡수로 인한 전이와 더불어 담수로 인한 하층 또는 유거수로 이동한 것으로 생각된다. 이는 황 등⁴⁾ 60일 담수에서 80%의 제염효과가 있었다는 결과와 비슷하였다.

벼는 담수상태에서 재배되기 때문에 질소의 형태는 주로 암모니아태 질소 형태로 흡수하는데 그림 2는 주요시기별 토양의 NH₄-N 변화를 나타낸 것이다. 2년간 모두 분얼

기 이후에는 급격히 낮아지는 경향이었고 분얼기는 시비량이 많을수록 높은 경향이였다. '98년보다 '99년 유수형성기의 암모니아태 질소의 함량이 높은 것은 기상적 조건이 그림 1에서 보는 바와 같이 온도가 높고, 일조시수가 많게 경과한 것에 기인하는 것으로 사료된다.

벼 주요 생육시기별 초장의 변화를 연도별로 보면 표 4와 같다. '98년이 '99년보다 초장이 컸으며 처리 간에는 2년 모두 관행구와 BB비료구가 초장이 컸으며 기비생략구에서 초장이 가장 적었다. '98년이 '99년보다 초장이 큰 것은 앞그루 작물 재배시 축적된 양분에 기인된 것으로 생각된다. 초장은 도복과 관련이 깊은 형질로 질소시량이 많을수록 더 커지는 경향이였다.

벼 주요 생육시기별 경수와 이삭수의 변화를 연도별로 보면 표 5와 같다. 생육초기인 분얼기에는 앞그루 작물 재배시 축적된 양분으로 경수가 많았으나 시기가 경과함에 따라서 '98년보다 '99년에 이삭수가 많았다. 이는 '98년에는 유효경의 비율이 낮았음을 추정할 수 있었다. 처리 간에는 2개 연간 모두 관행구와 BB비료구가 경수가 많았으며 기비생략구에서 경수가 적은 경향이였다. 전체적으로 초장과 유사한 경향으로 시비량이 많을수록 경수가 증가하는 경향이였다.

수확기 벼 식물체의 N, P₂O₅, K₂O의 변화를 보면 표 6과 같다. T-N은 '98년도에는 일정한 경향이 없었으나 '99년도에

Table 3. EC and salt elusion of soil for six different treatments in 1998 and 1999

Treatment	EC (dS m ⁻¹)				Salt elusion (%)	
	1998		1999		1998	1999
	Before rice cropping	After first rice cropping	Before rice cropping	After second rice cropping	After first rice cropping	After second rice cropping
CF ^{a)}	1.7	0.41	0.305	0.282	75.9	7.5
NBF ^{b)}	1.7	0.31	0.258	0.249	81.8	3.6
RBF 50% ^{c)}	1.7	0.44	0.315	0.287	74.1	9.0
NTD ^{d)}	1.7	0.37	0.297	0.281	78.2	5.3
BBF ^{e)}	1.7	0.55	0.386	0.338	67.6	12.5
NF ^{f)}	1.7	0.30	0.243	0.234	82.4	3.8

† See table 1 for explanation of the treatment.

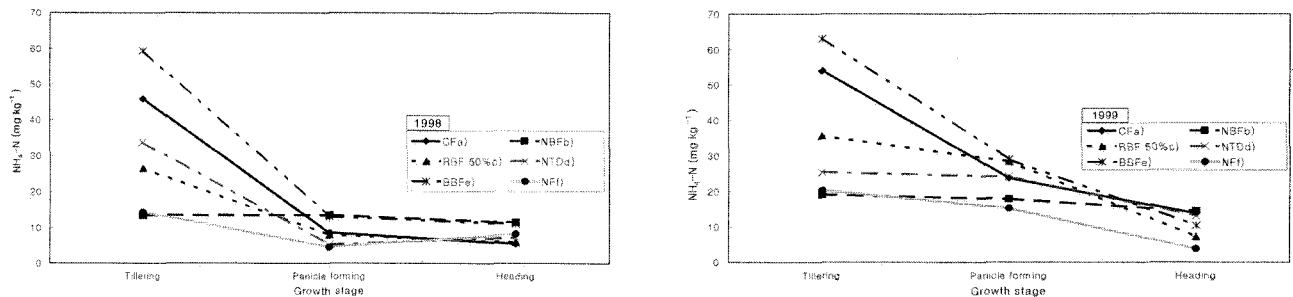


Fig. 2. The changes of NH₄-N content in soil by different growth stages in 1998 and 1999.

† See table 1 for explanation of the treatment.

는 시비량이 많을수록 높았다. P₂O₅와 K₂O는 '98년이 높은 경향이였다. 연차간이나 시비량간의 일정한 차이를 찾기가 힘들었다. 이는 시설재배 후 1년차에는 토양 중에 알그루 작물 재배 시 투입되었던 양분이 많이 전류되어 식물체로 이동·흡수된 것뿐만 아니라 관개수와 함께 유실 등의 원인으로 생각된다.

연차간 처리별 수량구성요소 특성 변화를 나타내었다(표 7). '98년보다 '99년이 천립중이 높았다. 이는 '99년도에 경수가 적고 9월 하순에 일조시수가 적음에 기인된 것으로 생각된다. 등숙비율과 수당립수는 큰 차이가 없었다. 처리 간에는 기비생략구에서 2년간 모두 등숙비율과 천립중이 높은 경향을 나타내었다. 이는 m²당 이삭수가 적음에 기인된 것으로 생각된다. 또한 수확기 식물체 중의 전질소(T-N)의 함량(표

5)이 낮을수록 천립중이 무거워졌다(표 6). 이는 식물체의 질소 성분이 종실로 전이되어 천립중과 등숙비율이 높아진 것으로 생각된다.

연차간 포장도복과 수량의 변화를 나타낸 것이다(표 8). '98년은 유의성은 인정되지 않았지만 기비생략구에서 수량이 약간 높았다. 또한 시비처방에 의한 BB비료구도 관행과 수량의 차이가 없었다. 시비량이 많은 관행시비와 BB비료구에서 포장도복이 일어났었다. 따라서 시설재배 후작 당해연도에 벼 재배시에는 관행시비나 BB비료보다는 기비생략 등의 감비재배가 수량과 경제성, 환경적인 면에서 유리할 것으로 생각되었다. '99년은 벼 단작해로 일반 논토양의 벼 재배와 유사한 경향으로 관행구에서 수량이 높은 경향이였다.

Table 4. The changes of plant height by different growth stages and years (cm)

Treatment	'98			'99		
	Tillering	Panicle forming	Heading	Tillering	Panicle forming	Heading
CF ^{a)}	35.7	89.1	130.6	29.2	78.1	111.7
NBF ^{b)}	34.3	84.5	125.2	29.0	64.3	97.7
RBF 50% ^{c)}	34.7	85.9	127.8	28.5	72.9	107.6
NTD ^{d)}	33.9	89.1	124.3	28.3	73.9	105.3
BBF ^{e)}	35.0	91.0	130.2	27.5	78.9	111.2
NF ^{f)}	34.3	83.4	122.3	27.0	62.6	91.1

[†]See table 1 for explanation of the treatment.

Table 5. The changes of tiller by different years and treatments (m²)

Treatment	'98			'99		
	Tillering	Panicle forming	Heading	Tillering	Panicle forming	Heading
CF ^{a)}	303.8	467.0	429.1	197.8	520.0	457.8
NBF ^{b)}	305.5	398.3	377.1	180.0	397.8	371.1
RBF 50% ^{c)}	314.2	447.9	396.6	217.8	520.0	437.8
NTD ^{d)}	300.8	416.1	374.9	182.2	526.7	436.9
BBF ^{e)}	319.0	478.3	435.6	186.7	575.6	468.9
NF ^{f)}	283.9	375.5	348.9	164.4	388.9	365.8

[†]See table 1 for explanation of the treatment.

Table 6. Nutrients in rice plant by different years and treatments (g kg⁻¹)

Treatment	'98			'99		
	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O
CF ^{a)}	5.5	2.6	26.4	6.3	2.2	22.7
NBF ^{b)}	4.7	2.2	21.1	5.5	2.0	20.0
RBF 50% ^{c)}	5.9	2.5	21.6	4.9	2.1	22.3
NTD ^{d)}	5.3	2.2	24.1	5.3	2.1	23.0
BBF ^{e)}	7.4	3.1	22.5	6.3	2.5	22.3
NF ^{f)}	5.5	1.9	23.6	5.4	2.0	21.2

[†]See table 1 for explanation of the treatment.

연차간 질소 흡수량 및 시비질소 이용률을 나타낸 것이 표 9이다. '98년은 무비의 흡수량이 높아서 전체적 시비질소 이용률이 낮았다. 비료의 흡수량과 이용율은 기상 영향을 많이 받는 것으로 생각된다. 처리 간에는 시비량이 적은 기비생략구에서 높았고 '99년은 관행시비구와 기비의 50% 감비구가 높았다.

따라서 본 시험은 시설재배 후 당해 년에 벼를 재배할 경우에 앞그루 작물로 인하여 양분의 축적이 많았으므로(표 2) 기비생략을 하는 감비처리가 관행과 유의적 수량 차이가 없고 질소 이용률을 향상시킬 수 있는 시비법으로 생각된다. 또한 제염물

도 향상이 되었다. 시비량이 적을수록 제염률이 향상되었다. 시험 2년차에서는 관행시비구가 수량이 양호하였다. 이는 시험 1년차에서 충분히 제염 즉 염농도가 경감되진 것에 원인이 있는 것으로 생각되었다. 그러나 추후 앞그루 작물의 종류와 토성 등의 토양특성에 따른 면밀한 연구가 필요한 것으로 사료된다.

요 약

본 시험은 영남지역 과채류 등의 시설재배지 후작으로 벼 재배시 합리적인 시비법에 대한 체계를 확립하여 농자제 절

Table 7. Grain yield components influenced by different treatments in 1998 and 1999

Treatment	'98				'99			
	Panicle No. m ⁻²	No. of spikelets panicles ⁻¹	Ripened grain (%)	1,000-grain weight (g)	Panicle No. m ⁻²	No. of spikelets panicles ⁻¹	Ripened grain (%)	1,000-grain weight (g)
CF ^{a)}	405.2	95.1	81.9	21.4	433.3	95.5	78.7	23.3
NBF ^{b)}	361.9	89.9	85.6	23.8	326.7	83.4	84.6	25.2
RBF 50% ^{c)}	385.7	88.9	85.4	22.3	422.2	94.3	80.5	23.5
NTD ^{d)}	375.6	96.1	85.0	22.8	388.9	88.4	84.7	23.5
BBF ^{e)}	418.2	85.0	82.8	21.8	462.2	88.4	80.2	23.0
NF ^{f)}	331.6	98.9	85.7	23.3	304.4	75.3	86.5	26.3

[†] See table 1 for explanation of the treatment.

Table 8. The changes of rice yield and field lodging by different treatment in 1998 and 1999

Treatment	Field lodging (1-9)		Milled rice (kg 10a ⁻¹)	
	'98	'99	'98	'99
CF ^{a)}	3	1	490.1bc	527.2c
NBF ^{b)}	1	0	502.2c	490.3b
RBF 50% ^{c)}	3	0	486.6bc	516.0bc
NTD ^{d)}	3	0	484.4bc	519.5bc
BBF ^{e)}	5	1	461.2ab	492.1b
NF ^{f)}	0	0	450.1a	390.3a

Values followed by the same letter, in the same column are not significantly different ($P>0.05$).

[†] See table 1 for explanation of the treatment.

Table 9. The uptake amount and use efficiency of nitrogen

Treatment	Nitrogen uptake amount (kg 10a ⁻¹)						Nitrogen use efficiency (%)	
	Straw		Grain		Total		'98	'99
	'98	'99	'98	'99	'98	'99		
CF ^{a)}	3.1	3.9	7.2	8.9	10.3	12.8	6.6	40.1
NBF ^{b)}	2.7	2.7	7.3	6.8	10.0	9.5	14.3	33.3
RBF 50% ^{c)}	3.2	3.1	6.9	8.0	10.1	11.1	7.8	37.4
NTD ^{d)}	3.7	3.3	6.3	6.9	10.0	10.3	7.7	33.9
BBF ^{e)}	3.8	4.5	7.3	7.7	11.1	12.1	11.5	27.1
NF ^{f)}	3.0	2.5	6.6	5.9	9.6	8.4	-	-

[†] See table 1 for explanation of the treatment.

감, 각종 재해 방지 및 수질오염 방지 등을 통한 환경 농업의 기초자료 얻고자 시험을 수행한 결과를 요약하면 다음과 같다
 시험 후 토양의 화학적 특성은 시험전 토양에 비하여 pH, 유효인산, 치환성 칼리는 감소하였으나 유기물은 큰 차이가 없는 경향이었고 EC로부터 산출한 제염의 정도인 제염률은 기비생략구가 높은 경향이였다. 주요시기별 토양 중 NH₄-N의 변화는 '98년도보다 '99년도가 다소 높은 경향이였다. 시비량이 많을수록 높았다. 주요시기별 초장과 경수의 변화도 토양 NH₄-N과 동일한 경향이였다. 수확기 벼 식물체의 T-N은 '98년도에 일정한 경향이 없었고, '99년도에는 시비량이 많을수록 높은 경향이였다. 수량 및 수량구성요소는 '99년에 천립중이 높았고 수당립수도 많은 경향이였다. 수량은 '98년엔 처리간 차이가 없었다. '99년도에는 관행구에서 높은 경향이였다. 시비 질소 이용률은 '98년에는 기비 생략구에서 높았고 '99년도는 관행구에서 높은 경향이였다. 따라서 당해연도에 시설원예작물이 재배된 경우에 후작으로 벼 재배시 기비 생략 등의 감비재배법이 비료절감, 수질오염 경감, 안정적 수량 확보 등의 이점이 있을 것으로 생각된다. 그러나 벼 재배 2년차부터는 관행시비가 가능할 것으로 생각되었다.

참고문헌

1. Eom, K. C., Yun, S. H., Hwang, S. W., Yun, S. K., and Kim, D. S. 1993. Public benefit from paddy soil. *J. Korean Soc. soil Sci. Fert.* 26(4):314-333.
2. Ha, H. S., Yang, M. S., Lee, H., Lee, Y. B., Sohn, B. K., and Kang U. G. 1997. Soil chemical properties and plant mineral contents in plastic film house in southern part of Korea. *J. Korean Soc. soil Sci. Fert.* vol. 30(3):272-279.
3. Hong, S. G., Lee, N. H., Jun, W. J., Hwang, H. C., Nam, S. W., and Yoon, Y. S. 1998. Characteristics of soils under protected cultivation. *The Korean Society of Agricultural Engineers* vol. 40(1):88-95.
4. Hwang, S. W., Kim, Y. S., Yeon, B. Y., Lee, Y. J., and Park, Y. D. 1993. The several desalting methods applied to vinyl house soils. *RDA. J. Agri. Sci.* 35(1):276-280.
5. Joseph, KDSM, Hemachandra, PV., and Jayawardena, SDG. 1988. Response of rice to fertilizers in a rice-vegetable crop rotation in the Matale district. *Tropical-Agricultural*, 144, 1-9; 2 ref.
6. Jung, B. G a., Choi, J. W., Yun, E. S., Yoon, J. H., Kim, Y. H., and Jung, G. B. 1998. Chemical properties of the horticultural soils in the plastic film houses In Korea. *J. Korean Soc. soil Sci. Fert.* vol. 31(1):9-15.

7. Jung, B. G b., Cho, G. H., Yun, E. S., Yoon, J. H., and Kim, Y. H. 1998. Monitoring on chemical properties of bench marked paddy soils on Korea. *J. Korean Soc. soil Sci. Fert.* vol. 31(3):246-252.
8. Jung, Y. T., Park, E. H., No, Y. P., and Um, K. T. 1986. Suitability grouping system of paddy soils for multiple cropping. Part I:Basic experiment. *J. Korean Soc. soil Sci. Fert.* vol. 19(3):211-216.
9. Kang, H. W., Kang, U. G., and Jung, Y. T. 1993. Influence of electric conductivity on changes of miroorganism and chemical properties of rhizosphere soils in controlled horticulture. *RDA. J. Agri. Sci.* 35(1):308-314.
10. Kwon, J. S., Suh, J. S., Weon, H. Y., and Shin, J. S. 1999. Evaluation of soil microflora in salt accumulated soils of plastic film house. *J. Korean Soc. soil Sci. Fert.* vol. 31(2):204-210.
11. Lim, D. G., Ko, J. Y., Kang, H. W., Jung, Y. T., Park, K. B., and Park, M. E. Fertilization response and change of irrigation water quality in paddy rice cultivated after plastic film house in Bonghwang-cheon watershed area, Milyang. *RDA. J. Agro-Envir. Sci.* 40(2):138-147.
12. MAF (Ministry of agriculture and forestry). 2002. Statistics of agriculture and forestry.
13. No, Y. P., Park, E. H., Park, C. Y., Sung, J. D., and Jung, Y. T. 1981. Survey of soil fertility on economic crops of paddy-upland. Annual report. National Yeongnam agriculture station.
14. RDA (Rural Development Administration). 1988. Methods of soil chemical analysis. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA. Suwon.
15. RDA (Rural Development Administration). 2003. Standard methods for agricultural experiment.
16. Son, I. S., Jung, Y. T., and Yun, E. S. 1993. Status of vinyl house melon and watermelon cultivation and soil characteristics in Yeongnam area. *RDA. J. Agri. Sci.* 35(1):295-300.
17. Song, Y. S., Kwak, H. K., Huh, B. L., and Lee, S. E. 1996. Use efficiency of nitrate nitrogen accumulated in plastic film house under continuous vegetable cultivation. *J. Korean Soc. soil Sci. Fert.* vol. 29(4):347-352.
18. Suh, J. S., Jung, B. G., and Kwon, J. S. 1999. Soil microbial diversity of plastic film house fields in Korea. *J. Korean Soc. soil Sci. Fert.* vol. 31(2):197-203.