

벼 畦立乾沓直播 節水栽培에 알맞은 질소 分蘖肥 施肥量

최원영¹ · 김상수¹ · 송동석² · 최선영³

¹호남농업시험장, ²순천대학교 농과대학, ³전북대학교 농과대학
(2001년 2월 28일 접수)

Optimum N Topdressing for Tillering in Ridge Direct Seeding on Dry Paddy of Rice as an Irrigation Water-Saving Cultural System

Weon-Young Choi¹, Sang-Su Kim¹, Dong-Seog Song² and Sun-Young Choi³

¹National Honam Agricultural Experiment Station, RDA, Iksan 570-080, Korea

²College of Agriculture, Suncheon National University, Suncheon 540-742, Korea

³College of Agriculture, Chonbuk National University, Chonju 561-756, Korea

(Manuscript received 28 February 2001)

ABSTRACT

This study was conducted to identify the optimum proper nitrogen (N) application rate for tillering in ridge direct seeding on dry paddy of rice culture. During 1998, a series of experiments was carried out at paddy field (Chonbuk series) of the National Honam Agricultural Experiment Station, RDA using Dongjinbyeo. Leaf area index and top dry weight increased with higher N levels, especially in the 100 kg/ha seeding rate compared with the 60 kg/ha seeding rate. N use efficiency increased at increased by 50~75% of the N topdressing rate at tillering. Heading date, ripened grain rate, and 1,000-grain weight of brown rice did not vary among the rate of topdressing for tillering and seeding rates. The highest grain number per unit area was at the level of increased by 75% in N topdressing at tillering stage. Milled rice yield increased 5% at the 60 kg/ha seeding rate and increased 16~17% at the 100 kg/ha seeding rate at increased by 50~75% of topdressing N compared with 48 kg/ha top-dressed N of 60 kg/ha seeding rate.

Key words : rice, water-saving culture, N topdressing for tillering, dry paddy direct seeding

I. 서 론

벼는 生理的으로 요구량은 많지 않으나 담수상태에서 잘 자라는 생리적 특성이 있고, 담수상태에서 재배하는 것이 잡초방제가 용이하고 시비효율이 높다.

그러나 최근 세계 각지에서는 지구온난화, 엘니뇨현상 등에 의한 異常氣象의 빈발로 旱魃의 來襲이 우려된다. 유엔에서는 이미 1990년에 우리 나라를 물 부족 국가로 구분 할 정도로 매년 생활용수 및 산업용수의 급속한 증가로 인한 농업용수의 부족이 우려되고 있다. 더욱이 생력기계화 재배법인 직파재배 특히, 건답직파 재배면적이 증가될 경우 물 부족 현상은 더욱

심화될 것이다.

토양 수분포텐셜은 벼의 생육에 크게 영향을 미치는데 토양 수분포텐셜이 낮아지면 엽면적이 크게 감소하고(Hsiao와 Acebedo 1974, Park 1995, Ryu 등 1996) 엽폭과 엽장도 짧아지며, 간장도 현저히 짧아진다(Kim 등 1990, Park 1995). 또한 물관리 방법에 따른 시비질소의 이용율이 달라지는데, 850 mm를 관개하였을 경우에는 질소 60 kg/ha 시용보다 120 kg/ha 시용에서 쌀 수량이 더 높았고, 품종에 따라 반응의 차이를 보였다(Aragon 등 1982). 벼 건답직파재배는 발상대로 파종하고 3엽기 이후에 담수하기 때문에 기비 시용후 담수할때까지 기간이 길어 기비로 시용한

질소는 NO_3^- -N로 변하며 탈질이 쉬워 질소 흡수율이 23%에 불과하였고(이 1996) 요소를 사용하였을 때는 사용질소의 14.7%가 유실되었다(정 등 1996).

최 등(1997)은 벼 휴립전답직파 절수재배방법으로 3엽기부터 완전낙수기까지 5일이상 연속 무강우시 5일 간격으로 고랑관개하면 관개용수량을 58% 절약할 수 있다고 보고하였고, 이때 적정 파종량은 100 kg/ha이었다(최 등 2000).

따라서 벼 휴립전답직파재배시 관개용수량이 부족한 경우 절수재배가 필연적인데, 이때에 알맞은 분얼비 시비량을 구명하고자 시험을 수행하였다.

II. 재료 및 방법

본 시험은 벼 휴립전답직파 절수재배에 알맞은 질소 분얼비 시비량을 알아보기 위하여 동진벼를 공시하여 전복통(미사질양토)인 호남농업시험장 벼 시험포장에서 1998년에 수행되었다.

종자는 Prochloraz EC 2,000배액에 24시간 침지 소독한 후 세척하고 음건하여, 4월 30일에 트랙터 부착 6조식 휴립세조파기로 조건 25 cm와 3 cm 깊이로 파종하였는데 고랑은 150 cm 간격으로 폭 30 cm, 깊이 20 cm로 설치되었다. 물관리는 5일 이상 연속 무강우시 5일 간격으로 고랑관개 하였고 논둑은 관개수의 유입을 막기 위하여 비닐로 피복하였다.

파종량은 표준 파종량인 60 kg/ha구와 파종량 시험 결과(최 등 2000) 수량이 가장 높았던 표준 파종량보다 67%가 많은 100 kg/ha를 파종한 2수준을 두었다. 질소 분얼비량은 표준인 48 kg/ha부터 25%씩 100%까지 증시한 60, 72, 84, 96 kg/ha 등 4수준으로 시비하여 생육 등을 비교하였다. 그 외 질소의 기비와 수비는 표준량을 사용하였으며, 인산과 칼리도 표준량으로 시비하였다. 시험구배치는 파종량을 주구로하고 질소 분얼비량을 세구로하는 분할구배치 3반복으로 실시하였다.

잡초방제는 파종후 3일에 Butachlor EC 2,500 ml/

ha를 토양 처리한 다음, 벼 출아 직전에 Paraquat EC 3,000 ml/ha를 살포하였으며, 벼 3엽기에 담수하여 Azimsulfuron + cyhalofop-butyl + molinate GR 30 kg/ha를 살포하였다.

강우량 및 강우일수는 호남농업시험장내에 설치된 농업기상 종합 관측장치(CR 10X, Campbell Co. USA)를 이용하여 조사하였다.

엽면적 조사를 위하여 반복당 줄 길이로 50 cm씩 시료를 채취하여 자동 엽면적 측정기(AAM-7)로 조사하였고, 그 시료를 90°C에 30분간 처리한 후 70°C에 48시간 건조한 직후 건물중을 조사하였다. 도복관련형질은 출수후 20일에 조사하였는데 좌절중은 TR-2S형 경간좌절강도 측정기(木屋製作所)를 이용하여 제4절간을 측정하였으며, 도복정도는 출수후 30일에 무도복을 0으로 하고 완전도복을 9로 하여 조사하였다. 토양중 NH_4^+ -N는 토양화학분석법(농기연, 1988)에 따라 분석하였다.

기타 관리는 호남농업시험장 표준재배법에 준하였으며, 생육 및 수량조사 등은 농촌진흥청 농사시험연구 조사기준(농진청, 1995b)에 따랐다.

III. 결과 및 고찰

3.1. 벼 재배기간중 소요 관개용수량

전답직파재배는 3엽기부터 담수를 시작하는데 절수 재배를 위하여 3엽기부터 완전낙수기까지 5일 이상 연속 무강우시 5일 간격 고랑관개를 실시한 결과, 시험 기간 중 관개횟수는 6회이었으며, 1회관개량은 34.5 mm로 총관개량은 207.0 mm이었다(Table 1).

3.2. 입 모

파종후 출아까지의 일수는 17일이고 m^2 당 입모수는 60 kg/ha 파종에서는 133개 내외이었고, 100 kg/ha 파종에서는 213개 내외로 파종량이 많을수록 많았으나, 입모율은 60 kg/ha 파종에서 67%, 100 kg/ha 파종에서는 64%로 파종량이 적을수록 높았다. 일반적으로

Table 1. Irrigation times and amount of irrigation water of furrow irrigation by 5-day intervals in ridge direct seeding rice

Irrigation method	Irrigation time	Amount of irrigation water per time	Total amount of irrigation water
	time	mm	mm
Furrow irrigation by 5-day intervals	6	34.5	207.0

Table 2. Number of seedling stand, percentage of seedling establishment, and $\text{NH}_4^+\text{-N}$ content in soil under different N fertilization rate in topdressed in tillering stage in ridge direct seeding rice

Seeding rate	Days from seeding to emergence	Seedling stand	Seedling establishment	$\text{NH}_4^+\text{-N}$ content in soil*
kg/ha		no./m ²	%	mg/kg
60	17	133 ± 5.8	67	44.8 ± 8.7
100	17	213 ± 5.8	64	42.9 ± 6.7

*11-day after topdressing at tillering stage.

적기 파종시 건답직파재배의 적정 파종량은 60 kg/ha 으로 이때 적정 입모수는 90~150개/m²로 보고(김 등 1992, 농진청, 1995a) 되었는데, 본 시험의 60 kg/ha 파종에서는 적정 입모수가 확보되었고 100 kg/ha 파종에서는 적정 입모수 이상이였다.

분얼비 시용후 11일에 조사한 토양중 암모니아태 질소함량을 보면 두 수준의 파종량 모두 질소 분얼비 시비량이 많을수록 높았으며, 파종량간에는 60 kg/ha 파종에서 높았다(Table 2). 이는 토양중 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 비율은 시비량이 많을수록 높다는 보고(Shoji 등 1971)와 비슷하였다.

3.3. 엽면적과 지상부 건물중

주요 생육시기별 엽면적지수와 지상부 건물중의 변화는 Table 3과 같다. 생육이 진전되면서 엽면적지수는 높아졌는데, 파종량 60 kg/ha에서 출수기의 엽면적

지수는 질소 분얼비 시비량이 많을수록 약간씩 높아졌으나 큰 차이는 없었으며, 72 kg/ha 이상 시비에서는 같았다. 지상부 건물중도 분얼비 시비량이 많을수록 증가하였는데 60 kg/ha 파종에서는 출수기에 표준 분얼비 시비량인 48 kg/ha이 662 g/m²인데 비해 75% 증시한 84 kg/ha 시비에서 5% 증가한 698 g/m²이었다. 이러한 경향은 100 kg/ha 파종에서도 비슷한 경향이였으며, 파종량 간에는 100 kg/ha 파종이 60 kg/ha 파종보다 엽면적지수가 높고 지상부 건물중이 증가되었다. Rahman과 Yoshida(1985)는 수분 스트레스가 있을 때는 질소 시비량이 많을수록 엽신과 경+엽초의 무게가 증가되었다고 보고하였는데 본 시험에서도 비슷한 경향이였다.

3.4. 도복관련형질 및 도복

도복은 벼가 등숙이 진행되면서 간장과 수장이 무거

Table 3. Changes in leaf area index and top dry weight of rice plants under different N fertilization rates in topdressing at tillering stage

Seeding rate	N fertilization rate at tillering stage	Leaf area index			Top dry weight		
		Maximum tillering stage	Spikelet differentiation stage	Heading stage	Maximum tillering stage	Spikelet differentiation stage	Heading stage
kg/ha	kg/ha					---- g/m ² ----	
60	48 (St.)	1.7	2.7	3.5 a ¹	119	412	662 a
	60	1.8	3.3	3.7 a	118	498	675 a
	72	1.9	3.7	4.0 ab	129	521	690 a
	84	2.2	3.7	4.0 ab	129	529	698 ab
	96	2.3	3.8	4.0 ab	132	544	697 ab
	Mean	2.0	3.4	3.8	125	501	684
100	48	2.4	3.5	4.3 bc	159	527	739 c
	60	2.6	4.1	4.6 cd	168	586	787 d
	72	2.6	4.4	4.6 cd	171	610	785 d
	84	2.7	4.4	4.6 cd	173	618	792 d
	96	2.9	4.5	4.7 cd	175	742	815 d
	Mean	2.6	4.2	4.6	169	617	784

¹Duncan's multiple range test =p<0.05

Table 4. Lodging and its related characters at 20 days after heading of rice plant under different N fertilization rates in topdressing at tillering stage

Seeding rate	N fertilization rate at tillering stage	Culm+panicle length	Height of center gravity	Fresh weight	Bending moment	Breaking weight of 4th internode	Lodging index	Field lodging
kg/ha	kg/ha	cm	cm	g/culm	g · cm	g		0-9
60	48 (Standard)	103.1	49.8	12.5	1,289	803	161	0
	60	104.0	50.2	13.0	1,352	801	169	0
	72	104.7	50.7	14.8	1,550	790	196	0
	84	105.3	50.6	14.7	1,548	792	195	0
	96	105.5	50.8	14.0	1,477	761	194	0
	Mean	104.5	50.4	13.8	1,443	789	183	0
100	48	104.7	49.1	14.0	1,466	797	184	0
	60	105.2	49.5	13.8	1,452	780	186	0
	72	105.3	49.3	14.3	1,506	775	194	0
	84	105.7	50.2	14.0	1,480	750	197	0
	96	107.2	51.7	13.9	1,490	732	204	0
	Mean	105.6	50.0	14.0	1,479	767	193	0

위짐에 따라 중심고가 높아지고, 생체중이 증가되면서 좌절중은 감소되며, 뿌리의 강도가 감소되어 도복에 대한 저항성이 약해져 일어난다(高屋와 宮坂 1983).

출수후 20일에 조사한 도복관련형질 및 도복은 질소 분얼비 시비량이 많을수록 간장과 수장이 길어지고 중심고가 높아wu 도복지수가 높았다. 파종량 간에는 100 kg/ha 파종이 60 kg/ha 파종보다 높았으나 모든 처리에서 도복은 일어나지 않았다(Table 4).

이는 본 시험이 벼 휴립건담직파 재배에서 5일 간격 고랑관개인 節水栽培를 함으로써 간장+수장이 김과 최(1997)가 보고한 관행 물관리 재배방법보다 짧았고 중심고가 낮았기 때문으로 생각된다.

5. 시비질소의 흡수량, 이용률 및 시비효율

성숙기에 조사한 벼짚 및 정조의 시비질소의 흡수량, 질소 이용률 및 시비효율을 조사한 결과는 Table 5와 같다. 질소 흡수량과 주당수수 및 정조중과는 고도의 정의 상관관계가 있다는 보고(허 등 1978)가 있는데, 질소 분얼비 시비량별 시비질소의 흡수량은 벼짚보다 정조에서 많았으며, 전체적으로 질소 분얼비 시비량간에는 60 kg/ha 파종량에서는 N 72 kg/ha 시용에서, 100 kg/ha 파종량에서는 N 84 kg/ha 시용에서 가장 많았으며, 파종량간에는 100 kg/ha에서 많았다. 이러한 경향은 질소 이용률에서도 비슷하였으나 평균 질소 이용률이 25% 내외로 류(1999)가 보고한 30.8% 보다

Table 5. Percentage of nitrogen uptake and fertilizer N use efficiency under different N fertilization rates of topdressing at tillering stage of rice plant

Seeding rate	N fertilization rate at tillering stage	Amount of fertilizer N uptake			Nitrogen uptake	Fertilizer N use efficiency
		Rice straw	Grain	Total		
kg/ha	kg/ha	---- kg/ha ----			%	△ Ykg/Nkg
60	48 (Standard)	13	23	36	22.5	7.1 ± 2.2
	60	19	30	49	28.5	7.6 ± 1.3
	72	27	27	54	29.3	7.3 ± 1.6
	84	21	25	46	23.5	7.0 ± 0.4
	96	15	28	43	20.7	5.2 ± 0.9
	Mean	19	26	46	24.9	6.8 ± 1.3
100	48	16	18	34	21.3	8.8 ± 2.1
	60	16	20	36	20.9	8.8 ± 1.3
	72	19	33	52	28.3	8.3 ± 0.8
	84	27	36	63	32.1	8.0 ± 0.6
	96	22	29	51	24.5	7.3 ± 0.3
	Mean	20	27	47	25.4	8.2 ± 1.2

는 낮았다.

이(1996)는 벼 재배기간 중 질소공급량은 ha당 농업용수에 의해 2.9 kg, 강우로 18.2 kg이 공급된다고 하였는데, 본 시험은 5일 간격으로 고랑관개만 하는 節水栽培 시험으로 기비와 질소의 휘산 및 용탈 등으로 손실이 많았던 것으로 생각된다.

한편 질소 시비효율을 보면 60 kg/ha 파종량에서는 질소 60 kg/ha 사용에서, 100 kg/ha 파종량에서는 질소 48 kg/ha과 60 kg/ha 시비에서 높은 결과를 보여 질소 분얼비 시비량이 적을수록 높은 경향이였다. 또한 파종량 간에는 100 kg/ha 파종이 60 kg/ha 파종보다 질소 시비효율이 높았다.

표층시비는 국지 사용보다 시비효율이 낮고(김과 유 1979), 일반 건답직파재배시 시비효율은 11.8△Ykg/Nkg으로 보고(류 1999) 되었는데, 본 시험은 관개용수량이 관행 재배보다 현저히 적은 節水栽培로 시비효율이 낮았던 것으로 생각된다.

3.6. 수량구성요소 및 수량

출수기 및 수량구성요소의 결과는 Table 6과 같다. 출수기는 8월 16일로 파종량 및 시비량간에 차이가 없었으며, 수량구성요소를 보면 m²당 립수는 두 파종량 모두 m²당 수수가 많은 질소 분얼비 84 kg/ha 사용에서 가장 많았고 파종량간에는 100 kg/ha 파종에서 많았으며, 등숙비율과 현미 천립중은 파종량간과 질소 분얼비 시비량간에 별 차이가 없었다. 따라서 쌀 수량

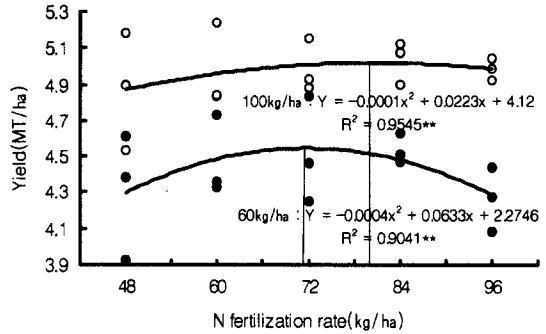


Fig. 1. Relationship between N fertilization rates in topdressing at tillering stage and milled rice yield of ridge direct seeding of rice under water-saving irrigation condition.

은 표준(60 kg/ha 파종시 질소 분얼비 48 kg/ha 사용)보다 60 kg/ha 파종에서는 50%와 75% 증시에서 5% 증수되었고, 100 kg/ha 파종에서도 질소 분얼비 84 kg/ha 사용에서 17% 증수되었으며, 파종량 간에는 100 kg/ha 파종에서 많았다. 따라서 벼 휴립건답직파 節水栽培時 적정 질소 분얼비 시비량은 표준(48 kg/ha)보다 50~75% 증시한 72~84 kg/ha이 적당한 것으로 판단되었다(Fig. 1).

IV. 적 요

본 연구는 벼 畦立乾畝直播 節水栽培時 적정 질소 분얼비 시비량을 알아보기고자 전북통(미시·질양토)에서

Table 6. Yield and yield components under different N fertilization rates in topdressing at tillering stage of ridge direct seeding of rice

Seeding rate	N fertilization rate at tillering stage	Heading date	Panicle per m ²	Spikelet per panicle	Spikelet per m ²	Ripened grain ratio	1,000 grain weight	Yield of milled rice	Yield index
kg/ha	kg/ha		no.	no.	× 1,000	%		MT/ha	
60	48 (St.)	Aug.16	287	78	22.4	97.7	24.7	4.31a ¹	100
	60	Aug.16	297	80	23.8	98.0	24.9	4.47a	104
	72	Aug.16	305	79	24.1	97.9	25.2	4.51a	105
	84	Aug.16	315	79	24.8	96.2	25.0	4.54b	105
	96	Aug.16	275	80	22.0	97.4	24.8	4.26a	99
	Mean	Aug.16	296	79	23.4	97.4	24.9	4.42	-
100	48	Aug.16	337	77	25.9	98.1	24.6	4.87c	113
	60	Aug.16	345	76	26.2	98.7	25.2	4.97c	115
	72	Aug.16	347	75	26.0	98.5	25.1	4.99c	116
	84	Aug.16	353	78	27.5	97.7	24.7	5.03c	117
	96	Aug.16	351	77	27.0	98.0	24.8	4.98c	116
	Mean	Aug.16	347	77	26.5	98.2	24.9	4.97	-

¹Duncan's multiple range test =p<0.05

東津벼를 공시하여 파종량을 60 kg/ha과 100 kg/ha으로 하고 질소 분얼비 시비량을 ha당 48 kg(표준구), 60 kg, 72 kg, 84 kg 및 96 kg을 시비하여 시험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

엽면적지수와 지상부 건물중은 분얼비 시비량이 많을수록 약간 높았고, 파종량간에는 100 kg/ha이 60 kg/ha 보다 높았다. 시비질소 이용율은 표준 분얼비 대비 50~75% 증시에서 높았고 100% 증시에서는 낮았으며, 질소 시비효율은 표준 시비량에서 높았다. 분얼비 시비량 및 파종량간에 출수기는 같았고 m²당穗數와 m²당粒數는 분얼비 75% 증시(84 kg/ha)에서 많았으며, 등숙비율과 현미 천립중은 비슷하였다. 쌀 수량은 (60 kg/ha 파종시 질소 분얼비 48 kg/ha 사용) 보다 50~75% 증시(84 kg/ha)한 처리에서 파종량 60 kg/ha에서는 5%, 100 kg/ha에서는 16~17% 증수되었다.

따라서 벼 휴립건답직파 절수재배에 알맞은 질소 분얼비는 표준 대비 50~75% 증시한 72~84 kg/ha이 적당할 것으로 판단된다.

인용문헌

- 高屋武彦, 官坂昭. 1983: 乾畚直播水稻における倒伏防止に關する研究. 第2報 出穂後における稻體諸形質の推移と倒伏抵抗性との關係. 日作紀 52(1), 7-14.
- 김상수, 최민규. 1997: 벼 건답직파재배 기술 보완 연구. 호남농업시험장 시험연구보고서, 247-257.
- 김순철, 황동용, 박성태, 전병태, 이수관. 1992: 남부지역 벼 건답직파 파종량 구명. 농시논문집(수도편), 34(1), 39-48.
- 김영우, 유인수. 1979: 수도의 시비질소 효율에 관한 연구. 농업기술연구소 시험연구보고서(토양비료) 768-780.
- 농업기술연구소. 1988: 토양화학분석법. 농업기술연구소, 450p.
- 농촌진흥청. 1995a: 쌀 생산비 절감을 위한 '95 벼 직파재배 기술지도 지침. 농촌진흥청, 90p.
- 농촌진흥청. 1995b: 農事試驗研究 調査基準. 農村振興廳, 603p.
- 류철현. 1999: 벼 재배환경과 Latex 피복요소 사용이 시비 효율에 미치는 영향. 원광대 박사학위 논문, 67p.
- 이기상. 1996: 완효성질소비료의 벼 재배양식별 사용효과와 질소의 행동 연구. 경상대 박사학위 논문, 76p.
- 정영상, 하상건, 조병욱, 이호진. 1996: 건답직파 논에서 초기의 암모니아 휘산 경감을 위한 인산 입힌 요소의 효과. 한토비지, 29(1), 8-14.
- 최원영, 박홍규, 김상수, 양원하, 신현탁, 조수연, 최선영. 1997: 벼 휴립건답직파 재배에서 합리적인 절수 관개방법. 한작지, 42(6), 706-711.
- 최원영, 박홍규, 김상수, 신현탁, 최선영. 2000: 벼 휴립건답직파 절수재배에 알맞은 파종량. 한농기지, 2(4), 143-147.
- 허일봉, 최종수, 한기학. 1978: 복합비료의 질소원으로서 유효입힌 요소의효과. 농업기술연구소 시험연구보고서(농화학파), 9-29.
- Aragon, E. L. and S. K. De Datta. 1982: Drought response of rice at different nitrogen levels using line source sprinkler system. *Irrigation Science*, 3, 63-73.
- Hsiao, T. C. and E. Acevedo. 1974: Plant response to water deficits, water use efficiency and drought resistance. *Agricultural Meteorology*, 14, 59-84.
- Kim, J. J., C. S. Yuk and K. Y. Jung. 1990: Effects of controlled water level for irrigation constraint on growth of the rice plant. *Journal of Korean Society of Soil Science and Fertilizer*, 23(4), 268-274.
- Park, M. E. 1995: The effect of soil moisture stress on the growth of barley and grain quality. *Journal of Korean Society of Soil Science and Fertilizer*, 28(2), 165-175.
- Rahman, M. S. and S. Yoshida. 1985: Effect of water stress on grain filling in rice. *Soil Science and Plant Nutrition*, 31(4), 497-511.
- Ryu, Y. H., S. H. Lee, S. D. Kim and M. Kokubun. 1996: Effects of soil moisture content on leaf water potential and photosynthesis in soybean plants. *Korean Journal of Crop Science*, 41(2), 168-172.
- Shoji, S, G. Wada, K. Saito, I. Shinbo and J. Takahashi. 1971: The fate of fertilizer nitrogen applied to the paddy field and its absorption by rice plant. II. The fate of basal nitrogen in the paddy field. *Japanese Journal of Crop Science*, 40, 281-286.