韓作誌(Korean J. Crop Sci.), 47(3): 221~225(2002)

벼 휴립건답직파 절수재배시 완효성비료 효과

최원영*† · 최민규* · 김상수* · 이재길* · 이문희*
*농촌진흥청 호남농업시험장

Effect of Latex Coated Urea on Growth and Yield in Rige Direct Dry Seeding for Water-saving Rice Culture

Weon-Young Choi*†, Min-Gyu Choi*, Sang-Su Kim*, Jae-Kil Lee*, and Moon-Hee Lee*
**National Honam Agricultural Experiment Station, RDA, Iksan 570-080, Korea*

ABSTRACT : This study was conducted to identify the effects of slow release fertilizer (LCU) on ridge direct seeding on dry paddy of rice as an irrigation water-saving cultural system. During 1999~2000, a series of experiments was carried out at field (Chonbuk series) of the National Honam Agricultural Experiment Station, RDA using Dongjinbyeo. Plant height and culm length during the total growth duration were the longest and panicle number per m^2 was the highest in 100% LCU application rate. Leaf area index and top dry weight were the highest in the 100% LCU application rate. They increased as more LCU was applied. Nitrogen uptake was the highest in 100% LCU application, and N use efficiency was the highest in LCU 60% + FP (fertilization at panicle formation stage) 20% application. Milled rice yield was 7% higher in 100% LCU application rate than that of conventional N application. Ripened grain rate and 1,000-grain weight of brown rice did not differ, but panicle number per m^2 and grain number per m^2 were the highest at 100% LCU application.

Keywords : rice, water-saving culture, Slow Release Fertilizer, dry paddy direct seeding.

벼 직파재배 양식은 파종전후의 물관리 방식에 따라 건답직파재배와 담수직파재배로 대별되는데 이 중 건답직파재배는 농한기인 4월에 파종할 수 있으므로 이앙재배나 담수직파재배와는 파종작업 노력이 경합되지 않아 노동력 분산과 농기계 이용율 향상면에 있어서 유리한 재배양식이라 할 수 있다. 그러나 건답직파재배는 건답상태에서 경운 · 정지 작업이 이루어지나 이앙재배보다 본답 기간이 길고 누수량이 많아 물이 더 많이 소요된다. 따라서 벼 건답직파재배의 안정화를 위해서는 충분한 관개수를 확보하여야 하는데, 관개수가 부족하여 절수재배를 할 경우에는 건답기간이 많아 비료 이용율이 적고 생육이 부진하여 저수요인으로 작용하고 있다.

따라서 비료의 손실을 줄이기 위하여 완효성비료가 개발되었고 완효성비료의 효과에 대한 연구도 이루어졌는데, 완효성비료 시비가 속효성비료 시비보다 질소 이용율이 높아 건물중이 증가하였다(권 등, 1973; 김 등, 1995; 권 등, 1996). 완효성비료는 속효성비료로 3회 분시하였을 때 보다 주당 수수와 입수가 많아 수량이 증가되었으며(권 등, 1973; 김 등, 1995; 이 등, 1992), 완효성비료를 성분량으로 관행 속효성 비료량의 80%만 시용하여도 속효성비료로 100% 시용한 것과 수량 차이가 없다고 보고하였다(三枝와 古田, 1997).

또한 완효성비료는 기비로 1회만 시용하기 때문에 노동력을 절감시키고 질소의 유실이 적어 수질오염 등을 경감시킬 수 있는 비료로써, 이(1996)는 완효성 질소비료의 효과는 건답직파재배가 다른 재배양식보다 컸다고 보고하였는바 이에 대한 연구는 계속 되어야 할 것으로 보인다.

이러한 상황을 배경으로 본 연구에서는 벼 재배노력 및 쌀 생산비를 절감하고 관개용수를 절약하면서 안정적으로 쌀을 생산할 수 있는 휴립건답직파 절수재배의 기술체계를 확립하기 위하여 완효성비료의 시용효과를 구명하고자 시험을 수행하였다.

재료 및 방법

본 시험은 벼 휴립건답직파 절수재배에 알맞은 완효성비료의 시용효과를 알아보기 위하여 동진벼를 공시하여 전북통(미사질양토)인 호남농업시험장 시험포장에서 1999~2000년에 수행되었다. 비료는 완효성비료인 LCU(latex coated urea, 18-12-13%, 조선비료)를 전층시비 하였는데, 시비량은 ha당 질소(N) 160 kg을 기준으로 전량 기비로 100% 시비구, 80% 시비구, 60% 시비후 분얼비(요소)로 20% 추비한 구, 60% 시비후 수비(요소)로 20%를 시용한 구를 두고 관행인 질소 성분량

†Corressponding auther: (Phone) +82-53-582-1281 (E-mail) choiwy@rda.go.kr
<Received April 8, 2002>

160 kg/ha을 요소로 3회 분시(기비 : 분얼비 : 수비 = 40 : 30 : 30%)한 구를 대비로 하였다.

파종량은 건답직파 표준 파종량인 60 kg/ha으로 하여 종자는 Prochloraz EC 2,000배액에 24시간 침지 소독한 후 세척하고 음건하여, 4월 30일에 트렉터 부착 6조식 휴립세조파기로 조간 25 cm와 3 cm 깊이로 파종하였는데 고랑은 150 cm 간격으로 폭 30 cm, 깊이 20 cm로 설치되었다. 물관리는 3엽기 이후부터 5일 이상 연속 무강우시 5일 간격으로 고랑관개하였고 논둑은 관개수 유입을 막기 위하여 비닐로 피복하였다. 잡초방제는 파종후 3일에 Butachlor EC 250 ml/10a를 토양처리한 다음, 벼 출아 직전에 Paraquat EC 300 ml/10a를 살포하였으며, 벼 3엽기에 담수하여 Azimsulfuron + cyhalofop-butyl + molinate GR 3 kg/10a을 살포하였다.

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(木玉제작소)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.

결과 및 고찰

강우량 및 관개용수량

시험기간 중 파종 후부터 완전 낙수기까지 총 강우량은 1999년에는 679.5 mm로 평년(765.1 mm)보다 85.6 mm가 적었으며, 2000년에는 951.5 mm로 평년(781.9 mm)보다 169.6 mm가 많아 2년간 평균은 42.0 mm가 많았다. 강우일수는 2년간 평균이 48.5일 이었으며, 10 mm 이상 강우일수도 19일 이었다.

건답직파재배는 3엽기부터 담수를 시작하는데 절수재배를 위하여 3엽기부터 완전낙수기까지 5일 이상 연속 무강우시 5일 간격으로 고랑관개를 실시한 결과, 관개횟수는 시험년도 2년간 평균 5.5회이었으며, 총관개량은 1,897.5 m^3/ha 이었다.

입모

출아일수는 완효성비료(LCU = latex coated urea) 시비방법간에 차이없이 24일이었다. 벼 건답직파재배시 적정 입모수가 90~150개/m^2라고 보고(김 등, 1992; 농진청 1995a) 되었는데, 본 시험에서 m^2당 입모수는 123~130개로 처리간에 차이가 없이 적정 입모수를 확보하였으며, 입모율도 63% 내외로 처리간에 차이가 없었다(Table 1).

Table 1. Number of seedling stand and percentage of seedling establishment under different application methods of LCU fertilizer.

N fertilization† method	Days from seeding to emergence	Seedling stand	Seedling establishment
		no./m^2	%
Control	24	124 ± 9.6	62
LCU 100%	24	130 ± 9.0	65
LCU 80%	24	127 ± 7.8	64
LCU 60% + TT 20%	24	123 ± 10.0	62
LCU 60% + FP 20%	24	128 ± 7.9	64

†Control; 3 split applications of urea (160 kg/ha to N fertilizer),
LCU 100%; Fertilized 160 kg/ha of N fertilizer,
LCU 80%; Fertilized 128 kg/ha of N fertilizer,
LCU 60 + TT 20%; Fertilized 20% of topdressing at tillering stage after 60% of LCU of N fertilizer 128 kg/ha,
LCU 60 + FP 20%; Fertilized 20% of fertilization at panicle formation stage after 60% of LCU of N fertilizer 128 kg/ha.

초장

주요 생육시기별 초장의 변화를 보면(Table 2) 유수형성기 이전에는 완효성비료 시용이 관행 시비인 속효성비료 시비보다 컸고 완효성비료 시비량간에는 시비량이 많을수록 컸다. 감수분열기의 초장은 LCU 100% 시용에서 가장 컸고 LCU 60% + 분얼비(요소) 20% 시비구에서 가장 작았으며, 그 외의 처리에서는 비슷하였다.

간장도 초장과 비슷한 경향으로 LCU 100% 시용에서 가장 컸고 LCU 80% > LCU 60% + 수비(요소) 20% > LCU 60% + 분얼비(요소) 20% = 관행(요소 3회 분시구) 순 이었다.

경수

경수의 변화 및 유효경비율은 Table 3과 같다. 莖數는 최고분얼기부터 출수기까지 전 생육기간 모두 LCU 100% 시비에서 가장 많았다. 穗數는 LCU 100% 시비에서 가장 많았고,

Table 2. Differences in plant height and culm length under different application methods of LCU fertilizer.

N fertilization† method	Plant height			Culm length
	Maximum tillering stage	Panicle formation stage	Meiosis stage	
	---------- cm ----------			
Control	37	69	97 ± 4.2	80
LCU 100%	45	81	99 ± 6.4	81
LCU 80%	44	77	97 ± 6.4	80
LCU 60% + TT 20%	41	73	92 ± 0.7	77
LCU 60% + FP 20%	38	71	97 ± 8.5	79

†refer to table 1.

Table 3. Differences in tiller number and percentage of effective tillers under different application methods of LCU fertilizer.

N fertilization† method	Tiller number		Panicle per m^2	Effective tillers
	Maximum tillering stage	Panicle formation stage		
	--------- no./m^2 ---------			%
Control	427	374	304 ± 36.9	71
LCU 100%	587	481	370 ± 34.2	63
LCU 80%	552	458	338 ± 43.2	61
LCU 60% + TT 20%	499	405	290 ± 56.5	58
LCU 60% + FP 20%	461	388	309 ± 49.2	67

†refer to table 1.

다음으로는 LCU 80% > LCU 60% + 수비(요소) 20% > 관행(요소 3회 분시) > LCU 60% + 분얼비(요소) 20% 순으로 많았다.

유효경비율은 관행(요소 3회 분시)이 완효성비료 시비보다 높았는데 이는 관행 요소 3회 분시에서 최고분얼수가 적었기 때문으로 생각되며, 완효성비료간에는 LCU 60% + 수비(요소) 20% 시용에서 가장 높았고 LCU 60% + 분얼비(요소) 20% 시용에서 가장 낮았는데 이는 LCU 60% + 분얼비(요소) 20% 시용구가 생식생장기 이후에 肥切 현상이 있었기 때문으로 생각된다.

엽면적과 지상부 건물중

주요 생육시기별 엽면적지수와 지상부 건물중의 변화는 Table 4와 같다. 생육이 진전될수록 엽면적지수는 증가되었는데 질소 시비방법간에는 관행 시비방법인 속효성비료 3회 분시보다 완효성비료 시비에서 높았는데, 이는 완효성비료 시비가 속효성비료 시비보다 건물중이 증가하였다는 권 등(1973)의 보고와 같은 경향이었다. 완효성비료 60% 전층 시비후 분얼비(요소)로 20% 시용구가 완효성비료 60% 시용후 수비(요소)로 20% 시용구에 비해 유수형성기 이전에는 높았으나 출수기에는 반대가 되었다. 이는 완효성비료 60% + 분얼비(요소) 20% 시비구는 생육후기에 肥切이 왔기 때문으로 생각된다.

Table 5. Differences in photosynthetic rate and stomatal conductance at heading stage under different application methods of LCU fertilizer.

N fertilization† method	Photosynthetic rate	Stomatalconductance
	$\mu molCO_2/m^2/s$	$mol/m^2/s$
Control	18.6 ± 2.00	1.5 ± 0.10
LCU 100%	18.4 ± 0.60	1.3 ± 0.04
LCU 80%	18.1 ± 1.35	1.6 ± 0.28
LCU 60% + TT 20%	18.0 ± 0.90	1.7 ± 0.14
LCU 60% + FP 20%	18.4 ± 1.95	2.4 ± 0.98

†refer to table 1.

지상부 건물중도 엽면적지수와 비슷한 경향이었는데 출수기에는 LCU 100% > LCU 80% > LCU 60% + 수비(요소) 20% > 관행(요소 3회 분시) > LCU 60% + 분얼비(요소) 20% 순으로 높은 경향이었다.

출수기 광합성능 및 기공전도도

출수기에 조사한 시비방법별 광합성과 기공전도도는 Table 5와 같다. 광합성 능력은 처리간에 큰 차이 없이 18.0~18.6 $\mu molCO_2/m^2/s$의 변이를 보였다.

기공전도도는 LCU 60% + 수비(요소) 20% 시비구에서 2.4 $mol/m^2/s$로 높았고, LCU 100% 시비구에서 1.3 $mol/m^2/s$ 낮았다.

도복관련형질 및 도복

1) 뿌리분포비율

식물체의 뿌리분포는 토양의 수분함량, 질소시비방법 등에 따라 그 양상을 달리하며 도복, 특히 뿌리도복과 밀접한 관계가 있다(김 등, 1993). 수확기경 10일 간격으로 2회 조사한 질소시비방법간 뿌리의 분포비율과 뿌리 건물중은 Table 6과 같다. 질소시비방법간 뿌리의 토층별 분포비율은 표토층이라고 할 수 있는 0~10 cm의 분포비율은 관행(요소 3회 분시) > LCU 60% + 수비(요소) 20% > LCU 100% > LCU 80% > LCU 60% + 분얼비(요소) 20% 순으로 높았다. 이는 질소질

Table 4. Changes in leaf area index and top dry weight of rice plant under different application methods of LCU fertilizer.

N fertilization† method	Leaf area index			Top dry weight		
	Maximum tillering stage	Panicle formation stage	Heading stage	Maximum tillering stage	Panicle formation stage	Heading stage
					------- g/m^2 -------	
Control	0.9	2.4	3.4 ± 0.4	97	357	842 ± 111
LCU 100%	1.4	3.4	4.6 ± 1.1	131	431	1,196 ± 102
LCU 80%	1.2	3.1	4.5 ± 0.7	127	409	1,116 ± 150
LCU60%+TT20%	1.0	2.9	3.5 ± 0.6	109	416	838 ± 153
LCU60%+FP20%	1.2	2.7	4.0 ± 1.1	104	390	914 ± 188

†refer to table 1.

Table 6. Difference in root distribution rate at heading stage under different application methods of LCU fertilizer.

N fertilization† method	Root distribution rate (%)						Dry wt. of root (g/culm)
	0~5	5~10	0~10	10~15	15~20	10~20 cm	
Control	83.4	15.1	98.5 ± 1.5	1.0	0.5	1.5	0.34
LCU 100%	84.5	13.7	98.2 ± 1.2	1.4	0.4	1.8	0.45
LCU 80%	82.8	14.7	97.5 ± 1.4	1.9	0.6	2.5	0.40
LCU60%+TT20%	78.4	17.4	95.8 ± 2.3	2.6	1.6	4.2	0.37
LCU60%+FP20%	88.9	9.6	98.4 ± 1.0	0.9	0.7	1.6	0.38

†refer to table 1.

비료를 수비로 시용함으로써 생육후기에 발생된 뿌리가 심층으로 내려가지 않고 표층에 많이 분포되었던 것으로 생각된다. 또 莖葉 뿌리의 건물중은 LCU 100%에서 가장 무거웠고, 관행(요소 3회 분시)에서 가장 적었다.

2) 도복관련형질 및 도복

출수후 20일에 조사한 도복관련형질 및 도복정도는 Table 7과 같다. 간장 + 수장은 LCU 100% 시용에서 가장 컸고 LCU 60% + 분얼비(요소) 20% 시용구에서 가장 짧았으며, 중심고는 관행(요소 3회 분시)에서 가장 높았고 LCU 80% 시용구에서 가장 낮았다. 모멘트는 관행시비에 비해 완효성비료 시비에서 높았고 제4절간의 좌절중도 같은 경향이었다. 따라서 도복지수는 관행(요소 3회 분시) = LCU 60% + 수비(요소) 20% > LCU 100% > LCU 80% > LCU 60% + 분얼비(요소) 20% 순으로 높았다.

高屋와 宮坂(1983)는 도복지수가 200 이상이면 도복발생이 쉽다고 보고하였는데 본 시험에서는 도복지수가 200 이하로 나타났으며, 도복도 발생되지 않았다.

시비질소의 흡수량, 이용율 및 시비효율

질소시비방법별 시비질소의 흡수량, 질소 이용율 및 시비효율은 Table 8과 같다. 시비질소의 흡수량을 보면 볏짚과 정조 모두 LCU 100%에서 가장 많이 흡수되어 식물체 중 총 시비질소의 흡수량은 LCU 100% > 관행(요소 3회 분시) = LCU 80% > LCU 60% + 수비(요소) 20% > LCU 60% + 분얼비(요소) 20% 순으로 높았다. 이와 같은 결과는 허 등(1978)이 보고한 질소 흡수량은 주당수수 및 정조중과 고도의 정의 상관이 있다는 보고와 유사하였다. 시비질소 이용율은 LCU 60% + 분얼비(요소) 20% 시용구를 제외한 모든 시비구에서 관행(요소 3회 분시)시비보다 높았고 완효성비료 시비방법간에는 100%와 80% 시용구에서 가장 높았다. 김 등(1995)과 권 등(1996)에 의하면

Table 7. Lodging and its related characters at 20 days after heading under different application methods of LCU fertilizer.

N fertilization† method	Culm+panicle length	Height of center gravity	Fresh weight	Bending moment	Breaking weight of 4th internode	Lodging index	Field lodging
	cm	cm	g/culm	g · cm	g		0-9
Control	95.8	45.9	11.4	1,082	716	151	0
LCU 100%	96.4	44.1	12.3	1,197	805	149	0
LCU 80%	94.7	40.8	12.8	1,218	839	145	0
LCU60%+TT20%	91.0	40.9	11.8	1,067	765	139	0
LCU60%+FP20%	95.5	42.5	12.6	1,201	797	151	0

†refer to table 1.

Table 8. Percentage of nitrogen uptake and fertilizer N use efficiency under different application methods of LCU fertilizer.

N fertilization† method	Amount of fertilizer N uptake			Nitrogen uptake	Fertilizer N use efficiency
	Rice straw	Grain	Total		
		------ kg/ha ------		%	Δ,Ykg/Nkg
Control	8	32	40	25.0	8.2
LCU 100%	12	38	50	31.3	10.2
LCU 80%	8	32	40	31.3	10.0
LCU 60% + TT 20%	3	26	29	22.7	6.9
LCU 60% + FP 20%	5	28	33	25.8	10.4

†refer to table 1.

Table 9. Yield and yield components under different application methods of LCU fertilizer.

N fertilization† method	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
		no.	no.	× 1,000	%	g	MT/ha	
Control	Aug.20	304	78	23.7	92	24.1	4.85	100
LCU 100%	Aug.20	370	74	27.4	91	23.9	5.17	107
LCU 80%	Aug.20	338	73	24.7	91	24.0	4.82	99
LCU60%+TT20%	Aug.20	290	72	20.9	91	23.8	4.43	91
LCU60%+FP20%	Aug.20	309	75	23.2	92	24.1	4.87	100
LSD(5%)	–	–	–	3.6	–	–	0.11	–

†refer to table 1.

완효성비료의 질소 이용율이 속효성비료보다 더 높다고 보고되었는바 본 시험에서도 비슷한 결과를 나타내었다.

질소 시비효율은 LCU 60% + 분얼비(요소) 20% 시용구에서 가장 낮았고 그 외 시비구에서는 관행(요소 3회 분시)시비보다 높았으며, 완효성비료 시비간에는 LCU 60% + 수비(요소) 20% 시용구에서 가장 높았다.

수량구성요소 및 수량

시비방법별 수량구성요소 및 수량은 Table 9와 같다. 출수기는 8월 20일로 처리간에 차이가 없었으며, m^2당 수수 및 m^2당 립수는 LCU 100%에서 가장 많았고 LCU 60%+ 분얼비(요소) 20% 시비구에서 가장 적었다. 등숙비율과 현미 천립중은 비슷하여 쌀 수량은 관행(요소 3회 분시)시비(4.90MT/ha) 대비 LCU 100% 시비에서 7% 증수되었고, 그 외 완효성 시비에서는 같거나 오히려 감소하였다. 이는 관행 물관리 재배시 완효성비료를 100% 시비하였을 경우에 관행(속효성비료 3회 분시) 시비방법보다 수량이 높았고 완효성비료를 80%만 시용하여도 관행 수량과 같다는 三枝 등(1997)의 보고와 완효성비료 시용시 관행 시비방법인 요소 3회 분시보다 주당수수와 수당입수가 많아 9~10% 증수하였다는 김 등(1995), 김 등(1963), 권 등(1973)의 보고가 있는데 본 시험은 節水栽培 시험으로 앞서 언급한 바와 같이 질소질 비료의 휘산 및 유실 등으로 시비효율이 낮아 질소가 더 많이 필요한 것으로 생각된다.

따라서 벼 휴립건답직파 節水栽培時 생력재배를 위하여 완효성비료를 시비할 경우 관행 질소 속효성비료 시비량 수준(160 kg/ha)인 LCU 100% 시비가 적당할 것으로 생각된다.

적 요

본 연구는 벼 휴립건답직파 절수재배시 완효성비료의 효과를 알아보기 위하여 질소비료를 표준시비(N-160 kg/ha) 대비 완효성비료(LCU: 18-12-13%)를 기비로 100%와 80% 시용구 및 기비로 60% 시용하고 속효성비료인 요소로 분얼비 또는 수비로 20%씩 각각 시용하여 시험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 생육기간중 지상부 생육은 LCU 100%에서 가장 컸고, LCU 시비량간에는 시비량이 많을수록 컸다.

2. 시비질소의 흡수량은 LCU 100%에서 가장 높았고 질소 시비효율은 LCU 60% + 수비(요소) 20% 시용구에서 가장 높았다.

3. 처리간 수량구성요소를 보면 m^2당 수수와 m^2당 립수는 LCU 100%에서 가장 많았고, 등숙비율과 현미 천립중은 비슷하였는데, 쌀 수량은 관행인 속효성 시비구 대비 LCU 100%에서 7% 증수되었다.

따라서 벼 휴립건답직파재배에서 관개수 부족시 절수재배가 필요하여 이때에 완효성비료로 시비할 경우 표준시비량(N-160 kg/ha) 수준으로 시비해야 할 것으로 생각된다.

인용문헌

허일봉, 최종수, 한기학. 1978. 복합비료의 질소원으로서 유황입힌 요소의 효과. 농업기술연구소 시험연구보고서(농화학과). pp. 9-29.

김순철, 황동용, 박성태, 전병태, 이수관. 1992. 남부지역 벼 건답직파 파종량 구명. 농시논문집(수도편) 34(1) : 39-48.

김석천, 임동규, 최두회. 1995. 벼 직파재배용 완효성 피복요소 효과시험. 농업과학기술원 시험연구보고서(식물영양과). pp. 402-406.

권항광, 박훈, 박영선. 1973. IR 667의 수량 및 질소흡수에 미치는 완효성 비종별 효과. 한토비지 6(4) : 213-219.

권혜영, 박기도, 박창영, 박경배. 1996. 벼 건답직파에서 완효성 복합비료의 접촉시비효과 구명 시험. 영남농업시험장 시험연구보고서(수도, 식환). pp. 674-678.

이기상. 1996. 완효성질소비료의 벼 재배양식별 시용효과와 질소의 행동 연구. 경상대 박사학위 논문. 76p.

이석순, 홍순범, 백준호. 1992. 경운과 무경운 조건에서 벼 건답휴립직파재배의 질소분시비율. 한국작물학회지 37(5) : 405-412.

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.

농업기술연구소. 1988. 토양화학분석법. 농업기술연구소. 450p.

三枝正彦, 古田光治. 1997. 作物の生育特性と肥效調節型肥料の活用(形狀と將來) 環境負荷輕減省力多收栽培への道. 日本土壤肥料學會 シンポジウ報告. 日土肥誌 68(2) : 209-214.

高屋武彦, 官坂昭. 1983. 乾畓直播水稻における倒伏防止に關する研究. 第2報 出穗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.