한국농림기상학회지, 제2권 제4호(2000)
Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology, Vol. 2, No. 4, (2000), pp. 143~147

벼 畦立乾畓直播 節水栽培에 알맞은 播種量

최원영[1] · 박홍규[1] · 김상수[1] · 신현탁[1] · 최선영[2]
[1]호남농업시험장, [2]전북대학교 농과대학
(2000년 8월 10일 접수)

Reasonable Seeding Rate for Ridge Direct Seeding on Dry Paddy of Rice as an Irrigation Water-Saving Cultural System

Weon-Young Choi[1], Hong-Kyu Park[1], Sang-Su Kim[1], Hyun-Tak Shin[1] and Sun-Young Choi[2]
[1]National Honam Agricultural Experiment Station, RDA, Iksan 570-080, Korea
[2]Collage of Agriculture, Chonbuk National University, Chonju 561-756, Korea
(Manuscript received 10 August 2000)

ABSTRACT

This study was conducted to investigate suitable seeding rate under irrigation water-saving rice culture in ridge direct seeding on dry paddy during 1997~1998. Dongjinbyeo was seeded from 60 kg/ha to 120 kg/ha on silty loam condition. The number of irrigation from 3-leaf stage to complete drainage were 7.5 times and total amount of irrigation was 258.75 mm. The number of seedling stand rose with the increase of seeding rate, whereas the rate of seedling stand was decreased with the increase of it. Soil moisture tension was -2kPa at one day after stopped irrigation and lowered to -30kPa at five days after stopped irrigation. Leaf area index and shoot dry weight were increased with rising of seeding rate. Lodging index was increased with the rising of seeding rate, but lodging was not showed in field. Heading date, percent ripened grain and 1,000 grain weight had no difference with seeding rate, and number of spikelets per m^2 were highest at the rate of 100 kg/ha. Rice yield was increased by 9% at the seeding rate of 100 kg/ha and 4% at the rate of 80 kg/ha and 120 kg/ha compared with 60 kg/ha. Therefore, it was considered that appropriate seeding rate was 100 kg/ha under water-saving culture in ridge direct seeding on dry paddy.

Key words **: rice, water-saving culture, seeding rate, dry paddy direct seeding**

I. 서 론

우리나라의 벼농사는 산업화에 따라 벼농사를 짓는 인구가 급속도로 감소하고 노령화되어 생력재배를 하지 않으면 농사를 짓기 어려운 시점에 와 있다.

벼 직파재배는 크게 건답직파재배와 담수직파재배로 나눌 수 있다. 건답직파재배는 건답상태에서 파종하여 입모 후 담수하는데, 파종가능 기간이 길어 농촌 노동력을 분산시킬 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러나 본답 생육기간이 길고 누수량이 많아 물 소요량이 이앙재배보다 95% 정도 더 소요되므로(오 등, 1994) 관개용수량이 부족할 경우에는 한발 등으로 감수되기 쉽다.

토양내에서 유효수분을 결정하는 요소는 위조계수와 포장용수량(Baver, 1948)이 사용되는데 포장용수량의 수분포텐셜은 -1/10~-1/2 bar 사이의 값으로 일반토양은 -1/3 bar가 가장 많고(Jamison & Kroth, 1958), 우리나라 논은 -0.1 bar 내외의 토양이 가장 많다(엄 등, 1995). 또한 관개방법별 관개효율에 대한 연구도 이루어졌는데 고랑관개는 60~70%의 관개효율을 가져 점적관개와 비슷하며, 분수호스 관개효율 35% 보다 높다고 보고하였다(오, 1998). 또한 최 등(1997)은 휴립건답직파재배시 3엽기부터 완전낙수기까지 5일이상 연

Corresponding Author : Weon-Young Choi(choiwy@nhaes.go.kr)

속 무강우시 5일 간격으로 고랑관개하면 수량은 5% 감소하지만 관개용수량을 58%나 절약할 수 있다고 보고하였다. 그러나 물을 고랑관개만 할 경우에는 수분부족 등으로 수량이 감소될 우려가 있다.

따라서 이러한 문제점을 해결하고자 벼 휴립건답직파 재배시 관개용수량을 절약하면서 안정적인 쌀 생산 방법을 강구하고자 절수재배에 알맞은 파종량을 구명하고자 시험을 실시하였다.

II. 재료 및 방법

본 시험은 벼 휴립건답직파 절수재배에 알맞은 파종량을 알아보기 위하여 동진벼를 공시하여 전북통(미사질양토)인 호남농업시험장 벼 시험포장에서 1997~1998년까지 2년간에 걸쳐 수행되었다.

종자는 Prochloraz EC 2,000배액에 24시간 침지 소독한 후 세척하고 음건하여, 파종적기인 4월 하순에 트랙터 부착 6조식 휴립 세조파기를 이용하여, 파종량을 표준인 60 kg/ha부터 20 kg씩 증파한 80, 100, 120 kg/ha구로 두고, 조간 25 cm와 3 cm 깊이로 파종하였다.

물관리방법은 5일 이상 연속 무강우시 5일간격으로 고랑관개하였으며, 관개수의 유입을 막기 위해 논둑을 비닐로 피복하였다.

시비량은 ha당 질소(N) 160 kg, 인산(P_2O_5) 90 kg, 칼리(K_2O) 110 kg을 시용하였는데, 질소는 기비:분얼비(5엽기):수비로 40:30:30%를 분시하였으며, 인산은 전량기비, 칼리는 기비:수비를 70:30%로 분시하였다.

잡초방제는 파종후 3일에 Butachor EC 2,500 ml/ha를 살포하고, 출아직전에 Paraquat EC 3,000 ml/ha를 살포하였으며, 담수후 3엽기에 Azimsulfuron+cyhalofopbutyl+molinate GR 30 kg/ha을 살포하였다.

강우량 및 강우일수는 호남농업시험장내에 설치된 농업기상 종합관측장치(IPC-141A)를 이용하여 조사하였고, 토양수분장력은 텐시오메타(Switzland)를 이용하여 센서를 입모 후 토양에 고정하여 측정하였다. 엽면적 측정은 반복당 조간 50 cm의 시료를 채취하여 자동엽면적 측정기(AAM-7)로 조사하였고, 그 시료를 90°C에 30분간 killing한 후 70°C에 48시간 건조한 직후 건물중을 조사하였다. 도복관련형질은 출수후 20일에 조사하였는데 좌절중은 木屋製作所의 TR-2S형 경간좌절강도 측정기를 이용하였고, 시험구배치는 난괴법 3반복으로 하였으며, 기타 관리 및 조사는 호남농업시험장 표준재배법 및 농촌진흥청 농사시험연구 조사기준(농진청, 1995)에 준하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 벼 재배기간의 강우와 소요 관개용수량

시험 기간중 파종후부터 완전낙수기까지의 강우량을 보면 1997년에는 846.5 mm, 1998년에는 985.0 mm로 평균 915.8 mm가 내려 평년보다 231.6 mm가 많았으며, 강우일은 48.5일 이었고 10 mm 이상 강우일도 22.5일이었다(Table 1).

건답직파재배는 3엽기부터 담수를 시작하는데 절수재배를 위하여 3엽기부터 완전낙수기까지 5일 이상 연속 무강우시 5일 간격 고랑관개를 실시한 결과, 시험년도 2년간 평균 관개횟수는 7.5회 이었으며, 1회관개량은 34.5 mm로 총관개량은 258.75 mm이었다(Table 2). 이앙재배시 관개용수량은 1,240 mm인데(이와 이 1993), 본 절수재배에서는 이앙재배의 21% 정도이었다.

2. 입 모

파종후부터 출아까지 소요일수는 19일로 파종량간에 차이가 없었다. m^2당 입모수는 60 kg/ha 파종에서 131개이었고 120 kg/ha 파종에서 245개로 파종량이 많을수록 많았는데, 입모율은 반대의 경향이었고 모든 파종량 수준에서 60% 이상이었다(Table 3). 이는 건답

Table 1. Precipitation for duration from seeding to complete drainage in direct seeding rice

Year	Precipitation	Rainy days	Rainy days over 10	Days from seeding to complete drainage
	mm	Day	Day	Day
1997	846.5(659.2)	45	18	150
1998	985.0(709.1)	52	27	146
Mean	915.8(684.2)	48.5	22.5	148

( ) are precipitation of 5-year average.

Table 2. 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	7.5	34.5	258.75

Table 3. Number of seedling stand and percentage of seedling establishment under different seeding rate condition in ridge direct seeding rice

Seeding rate	Days from seeding to emergence	No. of seedling stand	Percentage of seedling establishment
kg /ha	Day	No./m^2	%
60	19	1316.7	66
80	19	1697.4	63
100	19	2097.9	63
120	19	2455.3	61

직파재배시 적정 입모수가 90~150개/m^2 정도라면(김 등 1992, 농진청 1995), 60 kg/ha 파종에서는 적정 입모수가 확보된 결과이다.

3. 엽면적과 지상부 건물중

주요 생육시기별 엽면적지수와 지상부 건물중은 Table 4와 같다. 각 생육시기별 엽면적지수는 파종량이 많을수록 높았고, 출수기까지 생육이 진전될수록 높았는데 출수기의 엽면적지수를 보면 표준 파종량(60 kg/ha)구가 3.2를 기준으로 보면 파종량이 20 kg/ha씩 증가할수록 0.2~0.3 정도씩 증가하여 100% 증파한 120 kg/ha 파종구에서는 4.0이었다. 지상부 건물중도 엽면적지수와 같은 경향으로 수수분화기에는 181~263 g/m^{2}이었는데 생육이 진전될수록 급격히 늘어나 출수기에는 711~923 g/m^{2}이 되었다. 관행 물관리 건답직파재배시 60 kg/ha 파종에서 출수기의 생육은 엽면적지수가 3.8, 지상부 건물중이 848 g/m^2 정도인데(김과 최 1997) 본 시험은 절수재배로 전체적으로 생육량은 적었으나 100 kg/ha과 120 kg/ha 파종에서는 관행 물관리와 비슷한 생육을 보였다.

4. 토양수분 장력 변화

일반적으로 유효수분함량은 토양과 토성에 따라 각각 다르게 나타나는데 벼의 정상 생육에서 미사질양토에서는 유효수분함량이 -50kPa로 알려졌으며(Jung *et al.* 1990), 또한 엄 등(1995)의 보고에 의하면 미사질양토에서 토양수분장력이 -30kPa이면 토양수분함량은 32% 정도라고 하였다.

1997년 7월 26일부터 날씨가 쾌청하고 5일 연속 무강우가 지속되었을 때 텐시오메타법에 의한 토양수분장력 변화는 Fig. 1과 같다. 연속 무강우 1일후에 토양수분함량은 -2kPa이었으나 그후 계속 낮아지면서 3

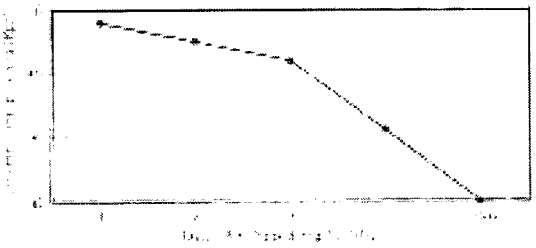

Fig. 1. Changes in soil moisture tension to days after stopped irrigation in ridge direct seeding rice.

Table 4. Changes in leaf area index and shoot dry weight of rice plants in different seeding rate of ridge direct seeding rice

Seeding rate(kg/ha)	Leaf area index			Shoot dry weight(g/m^2)		
	Neck-node differentiation stage	Spikelet differentiation stage	Heading stage	Neck-node differentiation stage	Spikelet differentiation stage	Heading stage
60	1.6	2.5	3.2 ± 0.3	181	413	711 ± 80.5
80	1.9	2.9	3.5 ± 0.6	208	507	783 ± 78.0
100	2.2	3.2	3.8 ± 0.6	224	549	881 ± 99.4
120	2.4	3.3	4.0 ± 0.7	263	594	923 ± 46.8

Table 5. Lodging and its related characters at 20 days after heading of rice plant under different seeding rate condition in ridge direct seeding rice

Seeding rate	Culm+panic e length	Height of center gravity	Fresh weight	Bending moment	Breaking weight of 4th internode	Lodging index	Field lodging
kg/ha	cm	cm	g/culm	g · cm	g		0-9
60	96.6	47.2	13.1	1,265	918	138	0
80	97.3	46.5	14.0	1,362	979	139	0
100	97.8	46.7	13.5	1,320	913	145	0
120	99.0	46.4	13.6	1,346	844	159	0

일째부터 급격히 낮아져 5일째에는 -30kPa로 낮아졌다. 따라서 본 실험 결과 우리나라 여름날씨를 기준으로 본다면 6일 이상 무강우가 지속될 경우 관개를 하지 않으면 벼 생육장해가 클 것으로 생각된다.

5. 도복관련형질 및 도복

직파재배의 문제점 중 하나가 이앙재배보다 도복에 약하다는 점이다. Table 5는 출수후 20일에 조사한 도복관련형질 및 도복이다. 간장+수장은 60 kg/ha 파종구에서는 96.6 cm이었는데 파종량이 늘어날수록 조금씩 길어지는 경향이었으며, 모멘트는 파종량 60 kg/ha구에서 가장 낮았고, 그외 파종량에서는 비슷하여 도복지수는 파종량이 늘어날수록 높았으나 포장도복은 모든 파종량 수준에서 일어나지 않았다. 宮坂과 高屋(1982)은 밀파시 줄기가 세장되어 도복지수가 높아지고 뿌리의 발달이 충분하지 못하여 도복이 발생될 우려가 크다고 보고하였는데, 본 시험에서 밀파하여도 도복이 발생하지 않았던 원인은 절수재배를 함으로써 60 kg/ha 파종시 관행 물관리 재배의 98.2 cm(김과 최 1997)보다 간장+수장이 짧아졌기 때문으로 생각된다.

6. 수량구성요소 및 수량

수량구성요소 및 수량은 Table 6과 같다. 출수기는 8월 17일로 파종량간에 차이가 없었으며, 파종량간에 등숙비율과 현미천립중은 비슷하였고 m^2당 수수는 파종량이 많을수록 많았으나 m^2당 립수는 100 kg/ha 파종에서 가장 많아 쌀수량은 파종량 60 kg/ha 대비 100 kg/ha 파종에서는 9% 증수하였고, 80 kg/ha과 120 kg/ha 파종에서는 유의차 없이 4% 증수하였다.

따라서 벼 휴립건답직파 절수재배시 적정 파종량은 관행 물관리시 표준 파종량인 60 kg/ha 보다 67% 증파한 100 kg/ha 파종이 가장 적당할 것으로 생각된다 (Table 6, Fig. 2).

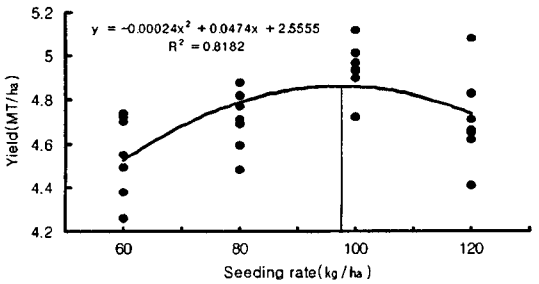

Fig. 2. Relationship between seeding rate and yield of milled rice in ridge direct seeding rice under water-saving irrigation condition.

Table 6. Yield and yield components in different seeding rate of ridge direct seeding rice

Seeding rate	Heading date	No. of panicle per m^2	No. of spikelets per panicle	No. of spikelets per m^2	Ripened grain ratio	1,000 grain weight	Yield of milled rice	Yield index
kg/ha				× 1,000	%	g	MT/ha	
60	Aug. 17	290	81	23.3	98.2	24.6	4.55	100
80	Aug. 17	308	82	25.1	97.7	24.5	4.71	104
100	Aug. 17	330	84	27.7	97.9	24.5	4.94	109
120	Aug. 17	335	77	25.6	97.2	24.3	4.71	104
LSD(5%)	-	-	-	-	-	-	0.27	-
C.V(%)	-	-	-	-	-	-	1.8	-

IV. 적 요

벼 휴립건답직파 절수재배시 적정 파종량을 알아보고자 1997년~1998년까지 2년간에 걸쳐 전북통(미사질양토)에서 동진벼를 공시하여 파종량을 표준인 60 kg/ha부터 20 kg/ha씩 증파하여 120 kg/ha까지 파종하여 시험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 벼 재배기간중 강수량은 평균 915.8 mm였고 관개용수량은 258.75 mm로 1회 관개마다 34.5 mm를 관개하였다.

2. 입모수는 파종량이 많을수록 많았으나 입모율은 반대 경향이었다.

3. 엽면적지수는 파종량이 많을수록 높았고, 지상부 건물중도 파종량이 많을수록 무거웠다.

4. 토양수분장력은 관개를 중단한 1일후에는 -2kPa 이었으나 그 후 계속 낮아져 5일후에는 -30kPa이었다.

5. 파종량이 많을수록 간장+수장이 길어 도복지수가 높았으나 포장도복은 모두 일어나지 않았다.

6. 출수기는 처리간에 차이가 없었으며, 등숙비율과 현미천립중은 비슷하였고 m^2당 립수는 100 kg/ha 파종에서 가장 많아 쌀수량은 파종량 100 kg/ha에서 표준(60 kg/ha)대비 9% 증수하였으며, 80 kg/ha과 120 kg/ha에서는 4% 증수 되었다.

따라서 벼 휴립건답직파 절수재배시 적정 파종량은 100 kg/ha이라고 생각된다.

인용문헌

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.

이종훈, 이은웅. 1993. 식용작물학 · I -도작-. 한국방송통신대학 474pp.

宮坂昭, 高屋武彦. 1982. 乾田直播水稻における倒伏防止に關する研究. 第1報 密播條件下での品種間差異. 日作紀 **51(3)**, 360-368.

농촌진흥청. 1995: 쌀 생산비 절감을 위한 '95 벼 직파재배 기술지도 지침. 90pp.

농촌진흥청. 1995: 농사시험연구 조사기준. 농촌진흥청 603pp.

오동식, 엄기철, 신제성. 1994: 물 소모량 경감기술 개발연구. 농업기술연구소 농사시험연구 보고서 172-174.

오동식. 1998: 토양수분. 한토비지 **31(S. 1)**, 19-26.

Baver, L. D. 1948: Soil physics(2nd ed.). John Wily & Sons. New York.

Choi, W. Y., H. K. Park, S. S. Kim, W. H. Yang, H. T. Shin, S. Y. Cho and S. Y. Choi. 1997: Water-saving culture under ridge direct seeding on dry paddy of rice. *Korean J. Crop Sci.* **42(6)**, 706-711.

Eom, K. C., K. C. Song, K. S. Ryu, Y. K. Sonn, and S. E. Lee. 1995: Model equations to estimate the soil water characteristics curve using scaling factor. *J. korean soc. soil sci. fert.* **28(3)**, 227-232.

Jamison, V. C. and E. M. Kroth. 1958: Available moisture storage capacity in relation to textural composition and organic matter content of several Missouri soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 18, 189-192.

Jung S. T., J. Moon, T. S. Kim, G. S. Hyeon and C. S. Park. 1990: Available soil water for textural class of Korean soils. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* **23(3)**, 167-172.