

연차간 기상조건에 따른 벼 품종의 담수직파재배 양식간 생육 및 수량

최원영 · 강시용 · 이정택¹⁾
농촌진흥청 호남농업시험장, ²⁾농업과학기술원 농업환경부

Difference of Growth and Yield among Rice Cultivars and Direct Seeding Methods as Affected by Yearly Variation Weather

Weon-Young Choi, Si-Yong Kang and Jeong-Taek Lee¹⁾ (National Honam Agricultural Experiment Station, RDA, Iksan 570-080, Korea, Tel: 0653-840-2171, Fax: 840-2112, e-mail: choiwy@nhaes.go.kr, ²⁾Inst. of Agri. Sci. & Tech., Suwon, 441-100, Korea)

ABSTRACT : To identify the differences on plant growth and yield of two rice cultivars among direct water-seeding methods broadcasting on flooded paddy surface(BF), drilling on flooded paddy surface(DF), and puddled-soil drill seeding(PD) under markedly different weather condition between 1995 and 1996. The mean air temperature for duration from May to June, early growth stage of rice in 1995 was lower 1~3°C than that in normal or 1996. In 1995 the respiratory consumption index during panicle formation stage and early ripening stage was higher than those of in 1996 or normal year. Number of seedling stand among the methods of direct seeding rice appeared slightly higher in order of BF>DF>PD. Properly in Nonganbyeol, the number of seedling stand was much low in 1995 compared with in 1996. The leaf area index and shoot dry weight at early growth stage of rice plant and culm length at mature in 1995 were larger in direct water seeding rice than those of mechanical transplanting rice, but in 1996. Faster ripening speed and shorter ripening period of rice crop appeared in 1996 compared to in 1995. It was due to higher growing degree-days, sunshine hours and solar radiation during rice growing season in 1996. Dongjinbyeol rice showed higher yield than Nonganbyeol which had lower ripened grains especially in 1995.

key words : rice cultural pattern; direct seeding rice; rice weather

서 론

우리나라 벼농사의 경쟁력 향상을 위해서는 생산비를 절감할 수 있는 직파재배의 확대가 필요하다. 직파재배는 파종전후의 물관리방법에 따라 크게 건답직파와 담수직파로 나눌 수 있는데, 잡초방제 등 생력화 측면에서 담수직파가 건답직파보다 유리한 것으로 평가되고 있다. 담수직파법도 파종양식에 따라 澆水表面散播, 澆水表面條播, 무논골뿌림 및 澆水土中直播 등으로 구별된다¹⁾. 담수직파는 입모에 기상요인의 영향이 크며, 생육특성이 이앙재배와 다르고 도복되기 쉬워 수량 안정성이 떨어지는 문제가 있다. 따라서 벼 담수직파재배의 문제점을 해결하기 위해서는 澆水직파 적용성이 높은 품종을 육성함과 함께, 안정적인 생산을 이룰 수 있는 재배기술의 정착이 시급하다²⁾. 그러기 위해서는 담수직파 재배의 벼 생육특성을 정확히 알아야 하고 재배조건 및 환경 요인에 따른 생육 및 수량 변동을 파악할

필요가 있다.

담수직파재배 벼의 생육, 수량, 지상부의 생리생태적 특성 등에 관해서는 이앙재배와 비교연구가 이루어졌으나^{3,4,5,6,7)}, 아직 담수직파 파종양식별 벼 생육 및 수량 특성에 관한 비교 연구⁸⁾와 기상조건에 따른 생육 및 수량의 연차간 변화에 관한 정보는 거의 없다. 따라서 본 연구는 벼 담수직파 재배기술 개발을 위한 기초자료를 얻고자 기상조건이 달랐던 2개년의 담수직파양식별 생육 및 수량 변동에 관하여 검토하였다.

재료 및 방법

벼 재배

본 시험은 1995년과 1996년의 2개년에 걸쳐 호남농업시험장 벼 시험포장 (全北統, 微砂質壤土)에서 동진벼와 농안벼를 공시하여 수행하였다. 비교한 재배양식은 담수표면

산파(BF), 담수표면조파(DF) 및 무논골뿌림(PD)이고 대조로 어린모 기계이앙재배(MT)를 실시하여 검토하였다.

재배양식별 파종전 종자처리와 파종방법 및 파종일은 2개년 모두 동일하게 실시하였다. 담수직파용 벼씨는 5월3일 Prochloraz EC 2,000배액에 24시간 浸漬消毒한 후 상온의 수돗물에 침중하였다. 파종 하루전에 벼씨밭에 넣어 31℃ 수온 조건에서 2-3mm 싹틔운 벼씨를 5월 12일에 담수 표면산파와 조파는 손으로, 무논골뿌림은 승용기부착 무논골뿌림 파종기로 (작구장치: 상단폭 6cm, 하단폭 4cm, 골깊이 4cm)로 40kg/ha씩 파종하였다. 이앙재배묘도 직파재배와 동일한 방법으로 침중소독 및 취아과정을 거친 종자를 5월 12일에 산파상자(30×60×3cm)에 220g씩 파종하여 논못자리 비닐터널에서 육묘한 10일묘를 5월 22일에 30×14cm 간격으로 기계이앙하였다.

전 시험구의 시비량은 ha당 성분량으로 질소 110kg, 인산 70kg, 칼리 80kg으로 사용하였다. 질소는 基肥 : 分藥肥 (5엽기) : 穗肥를 40:30:30% 비율로 分施하였으며, 인산은 전량 기비, 加里는 기비:수비를 70:30%로 분시하였다. 직파재배 포장의 물관리는 담수표면 산파 및 조파는 파종 5일후 낙수하여 논그누기를 하였으며, 무논골뿌림은 파종 8일부터 2일간 논그누기를 실시하였다. 기타 관리는 호남

농업시험장 표준재배법에 준하였다. 시험구면적은 구당 10×5m로 하여 主區를 품종으로 하고 細區를 재배양식으로 한 分割區配置 3반복으로 하였다.

생육 및 수량조사

입모수 및 입모율은 파종후 15일에 구당면적 1㎡의 입모수 및 부패종자를 조사하여 계산하였다. 지상부 건물중과 엽면적 조사용 시료는 직파재배에서는 반복당 0.15㎡씩, 이앙재배에서는 반복당 3주씩 지상부 전체를 채취하여, 노화 및 고사 부위를 제외한 엽신의 엽면적을 자동엽면적측정기(Hayashi Denko, AAM-7)로 측정하였고, 80℃에서 48시간 건조한 후 건물중을 측정하였다. 등숙속도는 출수기부터 10일 간격으로 주간의 이삭을 10개씩 채취하여 乾物重을 측정하여 구하였다. 수량과 수량구성요소는 농촌진흥청 농사시험연구 조사기준⁹⁾에 준하여 조사하였다.

연차간 기상조건에 따른 작물의 소모도장 정도를 비교하기 위해서 호흡소모계수(Respiratory Consumption Index)를 다음 식으로 구했다^{9,10)}.

$$RCI = (10^{0.030(t-10)} / \text{sunshine hours per day}) \times 10$$

단, t=1일 평균온도.

본 연구에서 기온, 일조시수, 일사량 등의 기상자료는 호

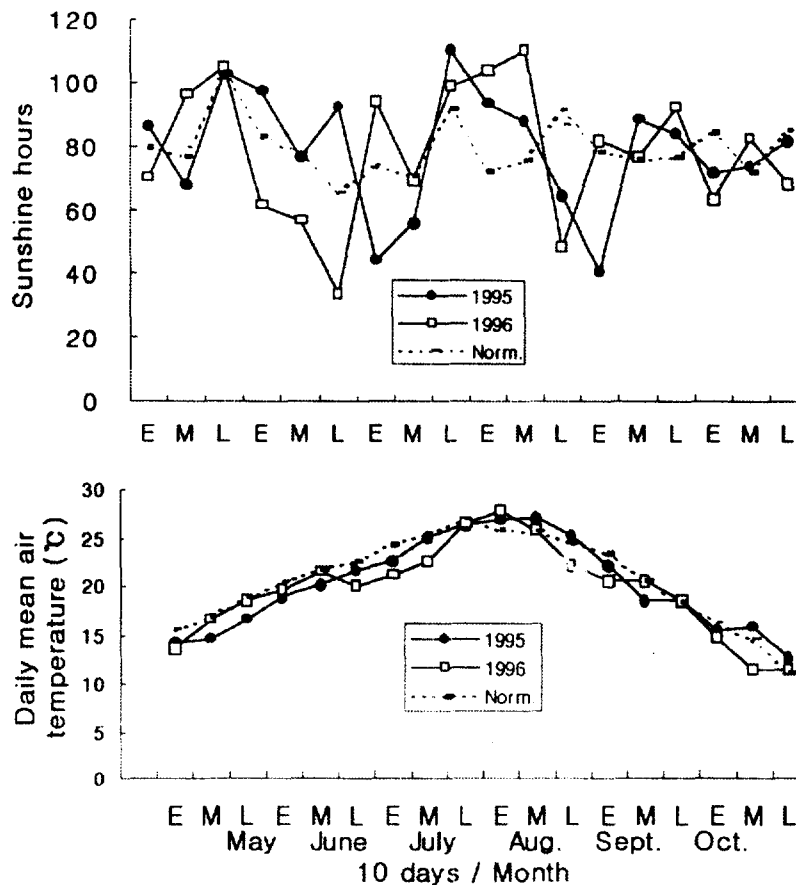


Fig. 1. Changes in sunshine hours and daily mean air temperature during rice growing period in 1995 and 1996.

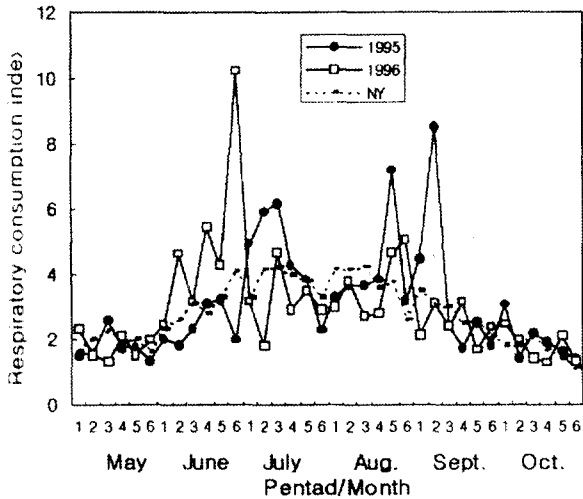


Fig. 2. Change in respiratory consumption index in 1995, 1996 and normal years(1990-1994) in Iksan.

남농업시험장내에 설치된 농업기상종합관측장치(IPC-141A)로 측정된 값을 이용하였다.

결과 및 고찰

기상조건 및 호흡소모 정도

1995년도 5월부터 6월까지의 일평균기온은 평년이나 '96년보다 1~3°C 낮았고, 8월에는 높았으나 9월부터는 다시 낮아졌다(그림1). 8월하순과 9월상순에 강우일수가 많아 일조시수가 적었고, 한 차례 태풍의 영향을 받았다. 1996년도는 생육초기인 5월하순부터 6월중순까지는 평년과 비슷하였으나 6월하순부터 7월까지는 저온으로 경과되었다. 8월상순부터 기온이 회복되었고 강수량이 적고 일조시수가 많았으며, 태풍도 없어 벼 등숙에 좋은 기상 조건이었다.

호흡소모계수(SCI)는 기상조건에 따른 작물의 호흡소모나 도장정도를 나타내는 계수로 볼 수 있는데, 高温多雨寡照 조건에서는 그 수치가 높아 작물이 연약하게 웃자라게 되어 도복 또는 등숙불량을 초래할 위험성이 높으며, 그 반대조건에서는 낮은 수치를 나타내며 벼의 생육에 양호한 영향을 주는 것으로 알려져 있다^{9,10)}. 1995년의 호흡소모계수는 7월 상·중순경과 8월하순 및 9월상순에서 평년보다 높았으며 1996년은 6월에 평년보다 현저하게 높았다(그림 2).

입모

직파재배시 입모수는 파종량과 입모율에 따라 달라지며, 이삭수 결정과 관계가 깊어 수량에 크게 영향을 미친다. 담수직파양식별 단위면적당 입모수 및 입모율은 품종 또는 해에 따른 구분없이 담수표면산파가 가장 높고 그 다음으로 담수표면조파 및 무논골뿌림 순이었는데, 1996년이

Table 1. Number of seedling stand and percentage of seedling establishment in various direct water-seeding methods.

Cultivar	Seeding methods; g	No. of Seedling stand		Percent. of seedling establishment	
		1995	1996	1995	1996
		--- No./m ² ---		---- % ----	
Dongjinbyeo	BF	97	108	73	81
	DF	92	106	69	80
	PD	87	103	65	77
Nonganbyeo	BF	76	118	45	69
	DF	69	116	41	68
	PD	68	108	40	64

BF : Broadcasting on flooded paddy surface,

DF : Drilling on flooded paddy surface,

PD : Puddled-soil drill seeding.

1995년보다 10% 이상 높았다(표1). 직파재배에서 입모에 관여하는 주요 기상요인은 온도인데¹¹⁾, 1995년에 입모율이 낮은 것은 입모시기인 5~6월의 평균기온이 평년이나 1996년보다 1~3°C 정도 낮았고(그림1), 파종후 15일간 10°C 이상의 유효적산온도(GDD)와 일사량이 현저히 낮았다(표 2). 보통기 직파재배의 적정입모수는 80~120개/m²개이며 이때의 보통 입모율을 60~70%로 볼때 적정파종량은 4~6 kg/10a 이라고 보고된 바 있다¹⁾. 그러나 농안벼의 경우 1995년의 입모율은 40~45%였으며 입모수는 80개/m² 이하였다. 이와 같이 농안벼가 小粒種중으로 입모율이 낮았던 까닭은 저온발아성이 낮은 특성을 지녀 저온기에 담수직파할 때는 파종량을 늘리는 등 입모율을 높일수 있는 방도를 찾아야 할 것이다.

지상부 생장

재배양식에 따른 최고분얼기와 유수분화기의 엽면적지수는 두 품종 모두 1995년에는 담수직파재배가 이앙재배보다 높았으나, 1996년에는 이앙재배가 직파재배보다 높았다(표 3). 이러한 경향은 지상부건물중에서도 유사하였다. 생육초기인 1995년 5~6월의 기온이 1996년보다 저온으로 경과하여 이앙재배는 저온에 의해 활착이 늦어져 직파재배의 생육이 저조하였던 것으로 보인다^{6,12)}. 출수기의 지상부 건물중은 1995년과 1996년에 모두 이앙재배가 직파재배보다 컸는데, 성숙기에 동진벼는 이앙재배>담수표면산파>무논골뿌림>담수표면조파 순으로 컸고, 농안벼는 무논골뿌림>담수

Table 2. Accumulated weather value from seeding to the seedling establishment for 15 days after seeding.

Year	Accumulation value (Seeding-DAS 15)		
	GDD [†] (°C)	Sunshine hours (hrs)	Solar radiation (Wm ⁻²)
1995	85.8	113.7	6436
1996	107.6	151.9	7909
1990-94	110.0	122.7	6714

† : GDD = Growing degree-days, the base temperature is 10°C.

Table 3. Leaf area index, shoot dry weight, and culm characters under rice cultural pattern conditions in 1995 and 1996.

Cultivars Year	CP†	Leaf area index				Shoot dry weight (g/m ²)				Max. tiller (No.)	Percent. of effective culm(%)	Culm length (cm)	Panicle length (cm)
		I ‡	II	III	IV	I	II	III	IV				
Dongjin-byeo													
1995	BF	3.2	4.9	7.7	3.8	168	375	1127	1910	676	62.4	99	19.5
	DF	3.5	5.1	7.8	3.7	168	388	1204	1891	738	52.6	98	19.7
	PD	4.2	4.5	7.7	4.0	178	360	1227	1896	727	54.5	94	19.4
	MT	2.6	4.1	7.6	3.8	127	298	1225	1922	666	62.9	90	19.3
1996	BF	2.8	4.8	6.2	2.4	150	392	1058	1833	798	55.6	85	22.5
	DF	2.3	4.7	6.3	2.3	132	335	1037	1790	693	55.4	84	21.6
	PD	2.1	4.5	6.0	2.3	139	339	1070	1765	602	61.5	84	21.0
	MT	3.4	4.4	6.3	2.4	247	427	1368	1840	680	63.1	85	21.4
Nongan-byeo													
1995	BF	2.1	4.7	6.7	2.4	133	300	818	1339	643	54.9	77	24.2
	DF	2.1	4.6	7.0	2.5	132	288	880	1340	662	53.6	77	25.6
	PD	2.0	4.1	7.0	2.2	126	257	945	1390	541	57.3	77	25.6
	MT	2.1	4.9	6.3	1.7	109	181	801	1295	495	60.6	72	23.8
1996	BF	2.3	4.8	5.8	2.2	161	293	865	1623	684	47.1	74	23.9
	DF	2.1	4.4	5.6	1.7	120	292	868	1696	613	52.4	77	25.8
	PD	1.7	4.1	5.2	1.6	113	287	854	1798	508	56.7	74	24.0
	MT	3.1	5.3	5.4	2.3	214	298	834	1711	588	55.4	79	27.2

† BF : Broadcasting on flooded paddy surface, DF : Drilling on flooded paddy surface,
 PD : Puddled-soil drill seeding, MT : Machine transplanting of 10-day old seedling,
 ‡ Rice growth stage : I ; Maximum tillering, II ; Panicle initiation, III ; Heading, IV ; Maturing.

표면조파>담수표면산파>이앙재배 순으로 컸다.

최고분얼기의 경수는 1995년 동진벼의 경우에는 무논골뿌림에서 가장 높았지만, 그 이외에는 담수표면산파 또는 담수표면조파에서 높은 경향을 나타냈으며, 유효경 비율은

담수표면산파 및 담수표면조파가 무논골뿌림과 이앙재배보다 낮은 경향이였다(표3). 1995년의 稈長은 동진벼의 경우 담수표면산파>담수표면조파>무논골뿌림>이앙재배 순으로 직파재배가 기계이앙보다 컸고, 농안벼도 같은 경향이였으

Table 4. Heading date and growing degree-days(GDD), sunshine hours and solar radiation during crop season in different rice cultural pattern.

Cultivars	Year	CP	Heading date	Seeding - Heading			Heading - Harvest (DAH50)GDD		
				GDD (°C)	Sunshine hours (hrs)	Solar radiation (Wm ⁻²)	GDD (°C)	Sunshine hours (hrs)	Solar radiation (Wm ⁻²)
Dongjinbyeo									
1995	BF	Aug. 19	1205	810	43653	515	331	16914	
	DF	Aug. 20	1221	818	43986	503	333	16859	
	PD	Aug. 21	1237	821	44244	491	337	16968	
	MT	Aug. 17	1172	797	42957	546	327	16891	
1996	BF	Aug. 15	1149	768	41705	532	375	18362	
	DF	Aug. 16	1163	779	42221	524	373	18150	
	PD	Aug. 18	1193	801	43268	502	351	17275	
	MT	Aug. 14	1135	756	41103	540	384	18656	
Nonganbyeo									
1995	BF	Aug. 17	1172	797	42957	546	337	16891	
	DF	Aug. 17	1172	797	42957	546	337	16891	
	PD	Aug. 19	1205	810	43653	519	341	16914	
	MT	Aug. 7	1001	708	38247	648	350	18057	
1996	BF	Aug. 10	1065	709	38803	577	400	19617	
	DF	Aug. 12	1101	733	39976	560	395	19320	
	PD	Aug. 13	1119	744	40564	550	386	18832	
	MT	Aug. 8	1030	689	37704	596	407	20147	

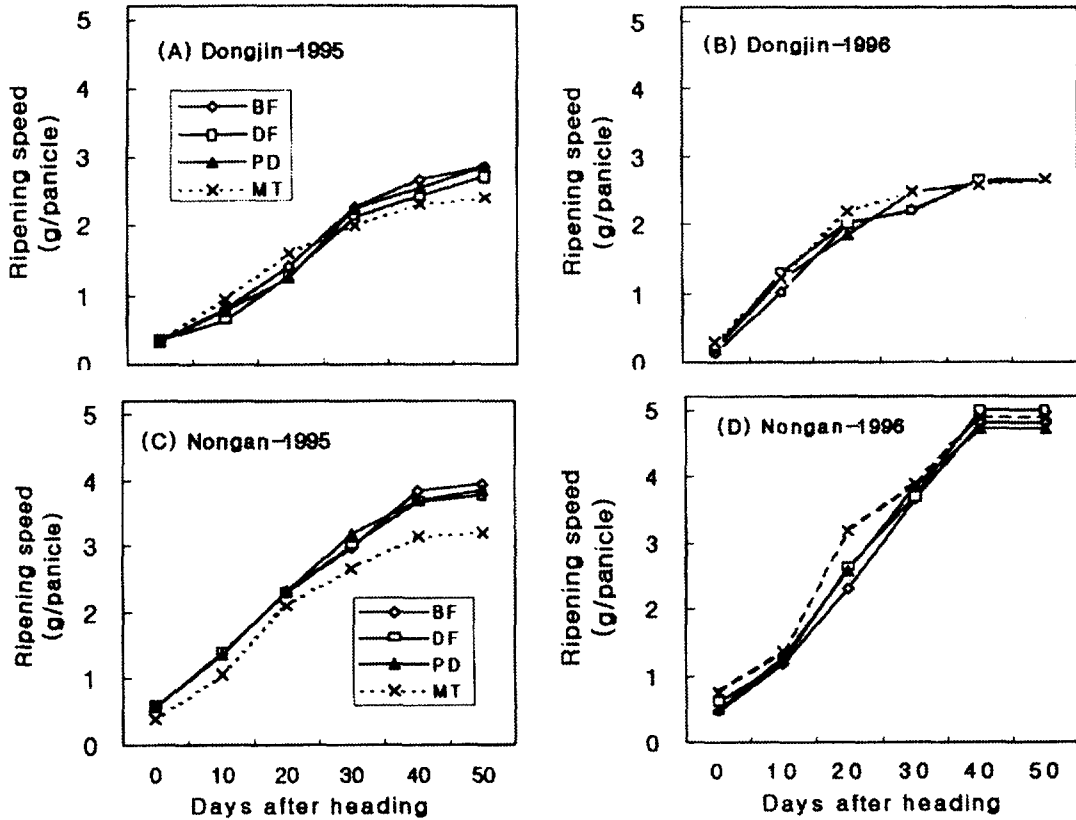


Fig. 3. Changes in panicle weight as the ripening speed on days after heading date

나 1996년에는 반대로 이앙재배가 가장 길었다. 또한 간장은 동진벼가 농안벼보다 월등히 컸다. 이와 같이 저온과 일조량 부족의 1995년은 그림2의 호흡소모계수가 7월상순과 8월중·하순에 1996년보다 높게 나타났는데 이 시기는 절간신장의 초기 및 후기에 해당되어 절간이 도장된 것으로 보이는데, 이 경우 담수직파가 이앙재배보다 컸다.

등숙속도

출수후 이삭의 건물중 변화는 그림3과 같이 1995년에는 두 품종 모두 직파재배가 이앙재배보다 높게 진행되어 등숙 말기의 이삭 건물중이 무거웠으나, 1996년에는 재배양식간의 차이가 인정되지 않았다. 그리고 1995년에는 출수후 40일에서 50일 사이에도 이삭중이 완만하게 증가하였으나 1996년에는 두 품종 모두 출수후 40일 이후에는 거의 증가되지 않았다. 이것은 등숙기간의 일사량과 온도가 등숙 및 수량에 크게 영향하는데¹³⁾, 1996년의 9월 중순 기온이 1995년 보다 2℃ 정도 높았기 때문으로 생각된다. 또한 출수후 50일간의 유효일평균온도, 일조시간 및 일사량의 적산치가 1995년이 1996년보다 낮아서(표4) 등숙속도도 느리게 진전된 것으로 보인다. 최종적인 이삭당 무게는 수중형 품종인 농안벼가 동진벼보다 높았는데 특히 등숙율이 향상된(표5) 1996년에 현저히 높았다.

수량 및 수량구성요소

재배양식간 수량과 수량구성요소는 表5와 같다. m²당穗數는 담수표면산파나 담수표면조파가 높은 경향이었고, 이삭당 및 m²당粒數는 두 품종 모두 담수표면산파에서 많았다. 쌀수량은 재배양식간에 유의적인 차는 없었으나 품종간에는 동진벼가 많았으며, 연차간에는 1996년이 1995년보다 월등히 많았다. 이러한 품종간 및 연차간 수량차이는 주로 등숙비율의 차이에서 기인하였다. 특히 농안벼는 1995년도에 담수표면산파에서 등숙비율이 이앙재배보다 현저히 낮았는데, 이는 농안벼가 직파에서 출수가 이앙재배보다 늦었기 때문으로 생각된다.

이상의 연구결과를 종합해 보면 벼 생육초기의 기온조건이 낮으면 특히 입모율이 저하되는데, 담수표면직파보다는 무논골뿌림에서 심하고 품종간 차이도 나타났다. 그런데 생육초기가 저온조건에서는 초기 지상부생육은 담수직파가 이앙재배보다 빠르게 진전되었다. 그리고 유수형성기로부터 등숙기가 高溫多雨寡照 조건에서는 등숙비율의 감소가 담수직파재배에서 이앙재배보다 심한데 직파양식간에는 단위면적당 경수가 많은 표면산파의 경우가 무논골뿌림보다 높았다. 또한 농안벼와 같은 품종은 내도복성은 강하나 기상조건이 좋지 못한 해에는 입모나 등숙비율이 떨어지며

Table 5. Yield, its components and field lodging degree under the different cultural pattern conditions in 1995 and 1996.

Cultivars	Cultural pattern	No. of panicle per m ²	No. of spikelets per panicle	No. of spikelets per m ² (×1,000)	Percent. of ripened grain	1,000 grain weight (g)	Yield of milled rice (ton/ha)	Field lodging (0-9)
Dongjinbyeo								
1995	BF	422	78.9	33.3	89	24.1	4.93	5
	DF	388	79.0	30.7	90	23.6	4.94	4
	PD	396	79.0	31.3	90	24.1	4.93	3
	MT	419	75.2	31.5	91	23.9	5.04	1
1996	BF	444	83.3	37.0	95	24.6	5.84	1
	DF	384	82.1	31.5	97	24.5	5.73	1
	PD	370	84.1	31.1	96	24.4	5.65	0
	MT	429	82.2	35.3	96	24.6	5.82	0
Nonganbyeo								
1995	BF	353	151.1	53.3	57	20.1	4.31	1
	DF	355	142.0	50.4	68	19.3	4.33	1
	PD	310	149.4	46.3	70	19.6	4.40	1
	MT	300	131.9	39.6	82	19.1	4.42	0
1996	BF	322	133.1	42.9	87	20.3	5.23	0
	DF	321	134.9	43.3	90	20.1	5.22	0
	PD	288	132.2	38.1	90	20.0	5.07	0
	MT	326	124.1	40.5	87	19.4	5.39	0

출수가 지연되는 특성이 있으므로 담수직파시 입모향상과 등숙촉진 방안이 검토되어야 하며, 불량한 기상조건에서도 내도복성 뿐만 아니라 입모와 등숙 특성이 양호한 담수직파용 품종육성이 요망된다.

비율이 높은 동진벼가 농안벼보다 높았는데, 특히 농안벼는 담수직파하면 이앙재배보다 출수가 현저히 지연되었으며, 내도복성은 강하나 기상조건이 불량하면 입모율과 등숙율이 떨어졌다.

요 약

기상조건에 따른 벼 담수직파 재배양식별의 생육 및 수량의 연차간 변화를 밝히고자 호남농업시험장 수도포장(전북통, 미사질양토)에서 동진벼와 농안벼를 1995년과 1996년의 2개년 모두 5월 12일에 파종하여 재배시험을 실시하였다. 직파양식별 입모율은 담수표면산파(담수표면조파)무논골뿌림 순이었으며, 동진벼가 농안벼보다 높았는데, 파종 후 입모기간이 저온으로 경과하였던 1995년이 1996년보다 낮았다. 최고분얼기와 유수분화기의 엽면적 및 지상부건물중은 두 품종 모두 1995년에는 담수직파재배가 이앙재배보다 높았으나, 1996년에는 반대경향을 나타냈는데, 생육초기를 저온으로 경과하면 담수직파가 이앙재배보다 생육이 빨랐다. 호흡소모계수는 1995년의 경우 7월 상·중순과 8월 하순 및 9월상순에서 평년 또는 1996년보다 높았다. 이 두 시기는 절간신장기 및 등숙기에 해당되고 稈長의 徒長 및 등숙의 저하를 보였다. 이러한 경향은 이앙재배보다 담수직파 벼에서 뚜렷하였다. 등숙속도는 1995년의 경우 이앙재배가 직파재배보다 느린 경향이었으나 1996년에는 이앙재배가 등숙초기에 빠른 경향이였다. 穗當粒數는 담수직파가 이앙재배보다 많았으나, 등숙비율은 이앙재배에서 높았으며, 쌀 수량도 이앙재배에서 약간 높았다. 쌀수량은 등숙

참 고 문 헌

1. Lee, S.Y., Kim, S.S., Im, I.B., Seok, S.J. and Kim, C.H. (1994). The current status problems and future research projects of direct seeded cultivation in flooded paddy field in Korea. RDA Symposium 9401. NHAES. pp. 58-76.
2. Choi, W.Y., Kim, S.S., Shin, H.T., Cho, S.Y. and Choi, S.Y. (1997). Growth and grain yield under different direct seeding cultures in rice. Korean J. Crop Sci. 41(1):14-21.
3. Kim H.Y., Kim, B.H., Kim, H.D., Kim, J.C. and Ree, D.W. (1987). Studies on rice cultivation in direct seeding on surface of submerged paddy field in the culture area. 1. Growth characteristics and yield of the rice varieties in direct seeding on surface of submerged paddy field. Res. Rept. RDA (Crops) 29(1):92-98.
4. Kim, J.K., Lee, J.I., Kim, D.S., Han, H.S., Shin, J.C., Lee, M.H., and Oh, Y.J. (1994). Plant characteristics associated with lodging and yield performance of paddy rice at different cultural methods. RDA. J. Agri. Sci. 36(1):8-19.
5. Schnier, H.F., Dingkuhn, M., De Datta, S.K., Mengel, K. and Faronilo, J.E. (1990). Nitrogen fertilization of direct-seeded flooded vs. transplanted rice: 1. Nitrogen uptake, photosynthesis, growth and yield. Crop Sci. 30:1276-1284.

6. Song, Y.J., Song, E.J. and Na, J.S. (1997). Growth and dry matter production of direct seeding on flooded paddy surface and machine transplanting rice. *Korean J. Crop Sci.* 42(4):459-465.
7. Song, Y.J. (1998). Difference on tillering behavior and productivity per tiller by the different cultural methods in two different tillering rice varieties. *Korean J. Breed.* 30(1):76-83.
8. 農村振興廳. (1995). 農事試驗研究 調查基準, 三訂. pp. 603.
9. Lee, S.Y., Kim, S.S., Choi, J.S., Choi, Y.K., Lee, K.Y., Lim, M.S. and Murakami, T. (1988). Influence of cultural methods and climatic condition on rice yield in the southern plain area and alpine area. *Res. Rept. RDA(R)* 30(2):25-31.
10. 村田吉男, 伊藤隆二, 太田保夫 (1967). 韓國 稻作指導關報告書. 海外技術協力事業團.
11. Choi, D.H. (1994). Determination of critical early seeding date for seedling emergence in dry-seeded rice based on statistical analysis of daily mean air temperature in Korea. *Korean J. Crop Sci.* 39: 427-443.
12. Murakami, T., Morita, H., Doi, Y. and Konno, K. (1982). Analytical studies on the planning of rice cultivation schedule in the cold district. *Res. Bull. Hokkaido Natl. Agric. Exp. Stn.*, 133:61-100.
13. Kwak, T.S. (1993). Environmental mechanism on seeding stage and ripening period in labour saving-direct sowing rice culture. *Korean J. Crop Sci.* 37(6):541-549.