

벼 무논직파재배와 이앙재배의 생육, 출수 및 등숙특성 비교

손지영* · 이충근* · 김준환* · 윤영환* · 양원하* · 최경진* · 최민규* · 박홍규* · 고종철** · 김연규*** · 김정곤* · 양운호[†]

*농촌진흥청 국립식량과학원, **농촌진흥청 연구정책국, ***농촌진흥청 국립농업과학원

Comparisons of Growth, Heading and Grain Filling Characteristics between Wet-hill-seeding and Transplanting in Rice

Jiyoung Shon*, Chung-Kuen Lee*, Junhwan Kim*, Young-Hwan Yoon*, Won-Ha Yang*, Kyung-Jin Choi*, Min-Gyu Choi*, Hong-Kyu Park*, Jong-Cheol Ko**, Yeon-Gyu Kim***, Chung-kon Kim*, and Woonho Yang[†]

*National Institute of Crop Science, RDA, Korea

**Research Policy Bureau, RDA, Suwon, Korea

***National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon, Korea

ABSTRACT Direct seeding of rice is a time- and labor-saving method, compared to machine transplanting. However, the area planted to direct-seeded rice is decreasing because of instability of seedling establishment, lodging, occurrence of weedy rice, and deterioration of grain quality. A newly developed wet-hill-seeding of rice, a type of direct seeding method, has shown features of growth similar to machine transplanted rice. This study was carried out to compare tillering pattern, heading characteristics and grain filling traits between transplanting and wet-hill-seeding in rice. Tillering of wet-hill-seeded rice was more vigorous than that of transplanted rice showing maximum tiller number 30~100% higher than transplanted rice. Wet-hill seeded rice showed later heading and shorter heading duration than transplanted rice. To find out the relationship between heading characteristics and grain filling traits, every panicle was tagged for flowering date, and the panicles on each heading date were inspected for grain filling traits. Wet-hill seeded rice and transplanted rice exhibited no significant difference in culm length, panicle length, the percentage of grain filling and perfect brown rice on each heading date during total heading period. Therefore, we conclude that wet-hill-seeding method is not inferior to machine transplanting in terms of seedling establishment, growth, grain filling and head rice yield.

Keywords : rice, wet-hill-seeding, tillering, heading, grain filling, head rice, direct-seeding, transplanting

벼 직파재배는 파종 및 이앙, 육묘과정이 생략됨으로써 기계이앙에 비해 노력시간을 24~37%정도 절감할 수 있는 생력재배법이다. 따라서 농촌인구의 노령화, 인구감소로 인한 노동력 부족 및 가격경쟁력을 위한 생산비 절감차원에서 보급이 더욱 절실하다. 그러나 육묘작업을 하지 않는 농가는 우리나라 전체농가 중 0.2%에 불과하며(KSIS, 2010), 벼 직파재배면적은 2000년대 초반 9만 ha까지 보급된 이후로 지속적으로 감소하여 2010년에는 우리나라 전체 벼 재배면적의 3% 정도인 약 3만 ha가 재배되고 있다(RDA, 2010). 이는 쌀 수출국인 미국, 호주 등에서 거의 직파재배가 이루어지고 있는 데 비해 극히 낮은 수준이다. 우리나라에서 직파재배보다 이앙재배를 선호하는 이유는 이앙기의 보급확산과 더불어 보온육묘법과 대형육묘공장의 발달로 이앙재배가 수월해졌고 상토지원 등 정책적 지원도 한몫을 하고 있다.

또한 직파재배는 이앙재배에 비해 입모불안, 잡초 및 잡초성벼 방제의 까다로움, 도복, 미질저하에 관한 우려가 있다. 초기생육기에는 기상영향을 크게 받기 때문에 연차간 입모율의 변이가 크고, 생육 중·후기에 풍수해를 입을 경우 도복될 우려가 이앙재배에 비해 크기 때문이다. 따라서 안정적인 입모수를 확보하려면 파종 후 초기생육기까지 물관리와 잡초방제를 기계이앙보다 철저히 해야만 한다. 현재 육성된 직파적응성품종으로는 저온발아와 도복저항성이 높은 품종들이 추천되고 있으나 담수 하에서도 입모가 안정적인 직파재배전용품종이 개발된다면 직파재배가 더욱 확

[†]Corresponding author: (Phone) +82-31-290-6718 (E-mail) whyang@korea.kr

<Received 14 March, 2012; Revised 25 May, 2012; Accepted 14 June, 2012>

대될 것으로 생각된다.

직파재배 조건에서 벼의 생태와 생리에 관한 연구는 90년대 후반까지 발아(Park *et al.*, 1986; Park *et al.*, 1999; Lee *et al.*, 1988; Lee *et al.*, 1993; Lim *et al.*, 1991; Yang *et al.*, 1997)와 도복특성(Kim *et al.*, 1995; Kim *et al.*, 1993)에 관해 주로 이루어졌다. 이후 저온발아(Jeong *et al.*, 2004; Ko *et al.*, 2011), 입모(Park *et al.*, 2001)와 저산소 조건에 대한 벼의 내성에 관한 보고(Shon *et al.*, 2008, Shon, 2011)가 있으나 최근에는 직파재배연구가 활발하지 않은 편이다. 벼 직파재배는 물관리에 따라 건답직파와 답수직파로 구분되는데 답수직파가 건답직파에 비해 잡초방제와 생력재배에 유리하다. 벼 답수직파의 수량성은 단위면적당 입모수와 상관성이 큰데, 입모율은 기상 및 토양환경에 따라 변동이 크다(RDA, 1997). 그러나 지나치게 입모밀도가 높아 단위 면적당 이삭수와 영화수가 증가하면 등숙율이 떨어진다. 특히 2차지경 착생 영화는 1차지경 착생 영화보다 등숙율이 현저히 떨어진다고(RDA, 1997). 그러나 Choi *et al.*(1999)은 답수직파재배는 기계이양재배보다 등숙율이 떨어지나 답수직파 중 무논골뿌림은 답수산파에 비해 등숙율이 높았다고 하였다. 무논골뿌림은 승용이양기에 부착된 골뿌림 파종기를 이용해 3~4 cm의 골을 만들면서 골을 따라 종자가 흩어뿌려지는 방법으로 출아 후 물을 대면 골이 메워져 종자가 묻히므로 답수 산파에 비해 도복저항성이 높아지는 장점이 있다.

최근 개발되어 보급되고 있는 벼 무논점파재배는 무논골점파를 개선한 방법으로, 승용이양기에 무논점파기를 부착하여 골을 만들면서 점파를 하는 방법이다. 이 방법은 다른 직파 방법에 비해 입모시 쏠림현상이 적고, 이양재배와 유사하게 조간 및 주간거리가 확보되므로 수광태세가 개선되어 생육에 유리할 것으로 판단된다(Fig. 1). 또한 무논점파재배는 기계이양보다 22.8%의 비용절감 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Park, 2010). 직파재배는 입모가 균일하지 못하고 등숙율이 기계이양에 비해 떨어진다고 알려져 있어 직파재배를 기피하는 요인이 되고 있으나 새로 개발된 무논점파에 관한 생리 생태적 특성에 대한 보고가 없는 실정이다.

다. 이에 본 연구는 벼 무논점파재배의 생육 및 출수특성과 이에 따른 등숙특성을 조사하여 직파재배 미질향상과 보급 확대를 위한 기초자료를 제공하고자 수행되었다.

재료 및 방법

본 연구는 2009~2011년까지 수원시의 국립식량과학원 답작과 논 포장에서 수행되었다. 시험품종은 중만생종인 호품벼와 조생종인 운광벼를 사용하였다. 시험용 종자는 육성지역인 익산에서 전년도에 생산, 수확한 것을 사용하였다. 종자소독은 프로크로라츠유제와 플루디옥소닐 혼용액(1/2000배)에 담가 30°C에서 24시간 실시하였다. 소독후 싹이 1~2 mm로 균일하게 틀 때까지 침중시켰다 건져 그늘에서 반나절정도 물기를 말린 후 파종하였다. 무논점파 파종은 매년 5월 18일에 씨래질 후 2일간 논균힘 후 시행하였다. 벼무논점파기(8조식, 황금파종기)를 이용하여 파종거리는 15×28 cm, 파종량은 주당 5~8립이 되도록 파종하였다. 기계이양재배는 중요표준재배법에 준하였으며 4월 30일에 파종하여 못자리에서 육묘한 후 5월 29일에 이양하였고 조간 및 주간거리는 30 × 14 cm로 하였다. 비료처리는 표준시비량인 질소 9 kg/ha수준으로 처리하되 완효성비료(N-P₂O₅-K₂O = 18-7-9, 주식회사 조비)를 씨래질 직전 전량 기비로 사용하였다.

무논점파 입모율은 파종후 3주에 실시하였고, 기계이양재배는 이양 후 일주일에 재식분수를 조사하였다. 재배양식에 따른 분얼양상을 조사하기 위해 일정구간에서 분얼이 시작된 후부터 출수기까지 경수변화를 조사하였다. 입모수 및 재식밀도와 분얼조사구간은 각 재배양식별로 2 m×2열, 4반복구에서 조사하였다. 분얼조사구와 별도 구간(2 m×2열, 4 반복)에서 이삭별로 출수일을 지엽에 표시하여 출수변이를 조사하였고 출수 후 50~55일에 수확하여 출수일별로 분류한 뒤 등숙율과 완전립율을 조사하였다. 현미 품위조사는 Kett사의 RN-500으로 분류한 뒤 육안으로 재조사하였다.

재배양식에 따른 수량조사시 기계이양은 4.2 m²(100주)를 무논점파는 4.48 m²(8열×2 m)를 수확한 후 10 a당으로

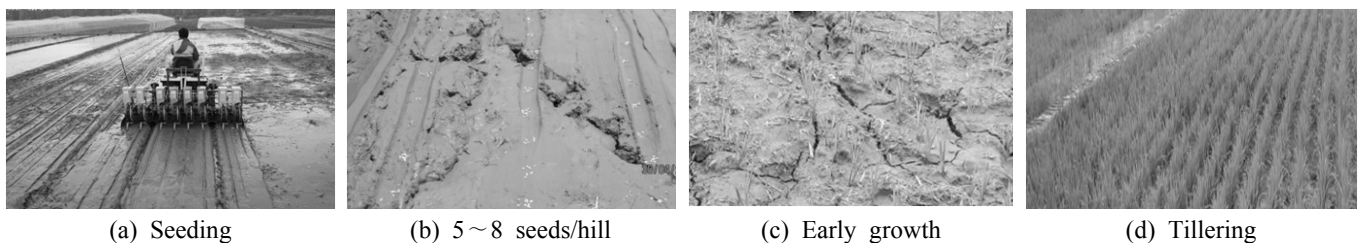


Fig. 1. Seeding(a, b) and growth(c, d) of wet-hill seeding method in rice.

환산하였다. 수량 및 수량구성요소는 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사 분석기준(2003)에 준하여 조사하였다.

시험구는 동일포장에서 재배양식별로 분할하였고, 동일처리구내에서 입모수 및 분얼조사구간과 출수변이조사구간, 수량 조사구간을 각각 임의로 4반복구로 조사하였다. 재배양식간의 조사 형질의 값 차이는 t-test로 비교하였으며 통계처리는 SPSS 19.0을 사용하였다.

결과 및 고찰

기상과 생육의 영향

직파재배는 본답에 파종하여 입모하기까지 외부환경에 직접적으로 노출되어 있기 때문에 이앙재배보다 기상의 영향이 크다고 할 수 있다. 따라서 시험기간중('09~'11)의 초기생육기 기온변화(Table 1)와 전체 벼 생육기간동안의 월평균 기상변화(Fig. 2)를 비교해보았다.

초기생육기의 기온을 보면 '09~'11년의 5월 평균기온은 '09년이 18.3℃로 '10년에 비해 1℃ 이상, '11년에 비해

2℃ 정도 높았다(Table 1). 그러나 파종일인 5월 18일부터 5일 평균기온은 '10년이 19.4℃로 다른 연도에 비해 2도 이상 높았다(Table 1). 5~6월의 강우량은 '09년과 '11년은 비슷한 양상을 보였으나 '10년은 건조한 편이었다(Fig. 2). 5~6월의 월평균 일조시수는 3년간 비슷하였으나 '09년은 5월의 일조시수가 다른년도에 비해 많았다(Fig. 2). 입모수는 '10년이 가장 높았는데 이는 파종 후 5일간의 평균기온이 다른 해보다 높았기 때문으로 생각된다(Table 2). Choi (1994)는 직파재배의 파종시기를 결정하는 것은 기온이라고 하였는데, 본 시험결과에서도 파종 후 입모하기까지는 기상환경 중 온도의 영향이 가장 큰 것으로 생각되었다. 따라서 최아시켜 파종하더라도 파종 직후 기온이 높을수록 입모에 유리하므로 벼 무논점파재배시 파종기의 기상이 평년에 비해 저온일때는 파종적기 범위내에서 기온이 상승할 때 파종하는 것이 유리한 것으로 생각된다.

생육기간동안 연차간 변이가 가장 심한 기상요인은 강우량이었으며, 그 다음은 일조시수였다. '10년은 8~9월이 평년에 비해 강우량이 많고 일조시수가 적었는데(Fig. 2) 이

Table 1. Changes in air temperature (mean, max, min) during seedling establishment stage in Suwon (2009~2011).

Year	(M/dd)	Air temperature (°C, average temp. of 5days)					
		5.18 ~ 22	5.23 ~ 27	5.28 ~ 6.1	6. 2 ~ 6	6.7 ~ 11	6.12 ~ 16
2009	Mean	18.0	19.9	21.6	20.5	19.9	20.6
	Max	23.3	26.8	28.0	26.1	24.3	26.2
	Min	12.9	13.8	15.0	15.7	15.7	15.8
2010	Mean	19.4	16.4	18.2	21.5	25.1	21.8
	Max	24.8	20.2	23.6	28.1	31.6	25.9
	Min	14.9	13.5	13.9	14.7	18.6	19.2
2011	Mean	17.0	18.1	18.9	17.9	19.7	22.3
	Max	21.7	24.3	24.7	24.1	24.6	29.4
	Min	12.7	12.3	14.1	13.4	15.0	16.1

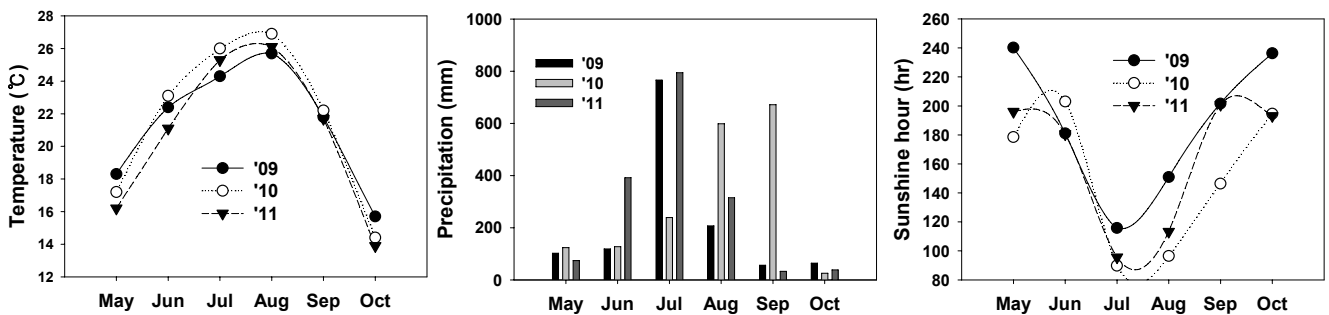


Fig. 2. Monthly mean temperature, precipitation and sunshine hours during rice growth period in Suwon (2009~2011).

Table 2. Comparison of plant density between wet-hill-seeding and machine transplanting (2009~2011).

Cultivar	Cultivation method	Seedling establishment (plant/m ²)		
		2009	2010	2011
Unkwang	WHS	86 ± 19	123 ± 25	101 ± 10
	MT	83 ± 17	90 ± 7	85 ± 10
Hopum	WHS	99 ± 29	151 ± 43	132 ± 39
	MT	76 ± 11	120 ± 17	90 ± 15

Data are means ± standard deviation (n=4). MT: machine transplanting, WHS: wet-hill-seeding

Table 3. Comparison of heading characteristics and growth duration before heading between wet-hill-seeded and machine-transplanted rice (2009~2011).

Cultivar	Year	Cultivation Method	Heading date (M.dd)	Heading period (M.dd)	Heading days	GPBH (days)	
Unkwang	2009	MT	8.7	8. 3~8.14	10.4	99	
		WHS	8.9	8. 3~8.14	8.2	83	
	2010	MT	7.30	7.26~8. 5	10.8	102	
		WHS	8.5	8. 1~8.11	10.5	78	
	2011	MT	8.4	7.30~8.11	11.3	96	
		WHS	8.16	8.7~8.26	19.0	90	
	Mean	MT	8.3		10.2	98	
		WHS	8.10*		13.0	84	
	Hopum	2009	MT	8.20	8.15~8.25	8.4	123
			WHS	8.21	8.17~8.27	9.4	96
2010		MT	8.20	8.13~8.27	11.5	112	
		WHS	8.22	8.16~8.27	9.3	96	
2011		MT	8.24	8.16~8.28	11.3	116	
		WHS	8.28	8.24~9.4	9.8	103	
Mean		MT	8.21		11.1	117	
		WHS	8.24*		9.1**	98	

* and ** represent significantly different from wet-hill-seeding and machine transplanting at p<0.05, p<0.01 respectively.

MT: machine transplanting, WHS: wet-hill-seeding, Heading period: From the first day of heading to the end day of heading, Heading days: Mean value of heading period from 4 replications, GPBH: growth period in paddy from seeding(WHS) or transplanting(TP) to heading.

기간은 조생종의 출수와 등숙기간으로 운광벼의 경우 무논점파가 이앙보다 출수기가 5일 정도 늦어짐에 따라 강우기간을 회피함으로써 오히려 후반기 등숙에 유리하였던 것으로 생각되었다(Table 3). 등숙기에 강우량이 많고 일조가 부족하면 등숙에 불리할 뿐만 아니라 등숙후기에는 수발아 발생우려도 있어 등숙율과 품질저하가 우려된다. 그러나 재배양식간의 출수기의 차이가 크지 않다면 생육중기 이후에 등숙률과 품질에 미치는 기상 영향은 동일할 것으로 생각된다.

분얼양상과 본답생육일수

무논점파재배는 분얼수 증가가 기계이앙보다 빨라 최고 분얼기까지의 단위면적당 줄기수는 운광벼와 호품벼 모두 무논점파가 기계이앙보다 30 ~100% 많았다. 그러나 줄기수는 최고분얼기 후부터 출수기까지 급격히 감소하여 성숙기 단위면적당 이삭수는 운광벼와 호품벼 모두 기계이앙에 비해 유의한 차가 없었다(Fig. 3, Table 4). 단 '11년에는 두 품종 모두 무논점파재배의 분얼수가 기계이앙보다 감소하였을 뿐 아니라 성숙기 이삭수도 감소하였다(Fig. 3, Table 4).

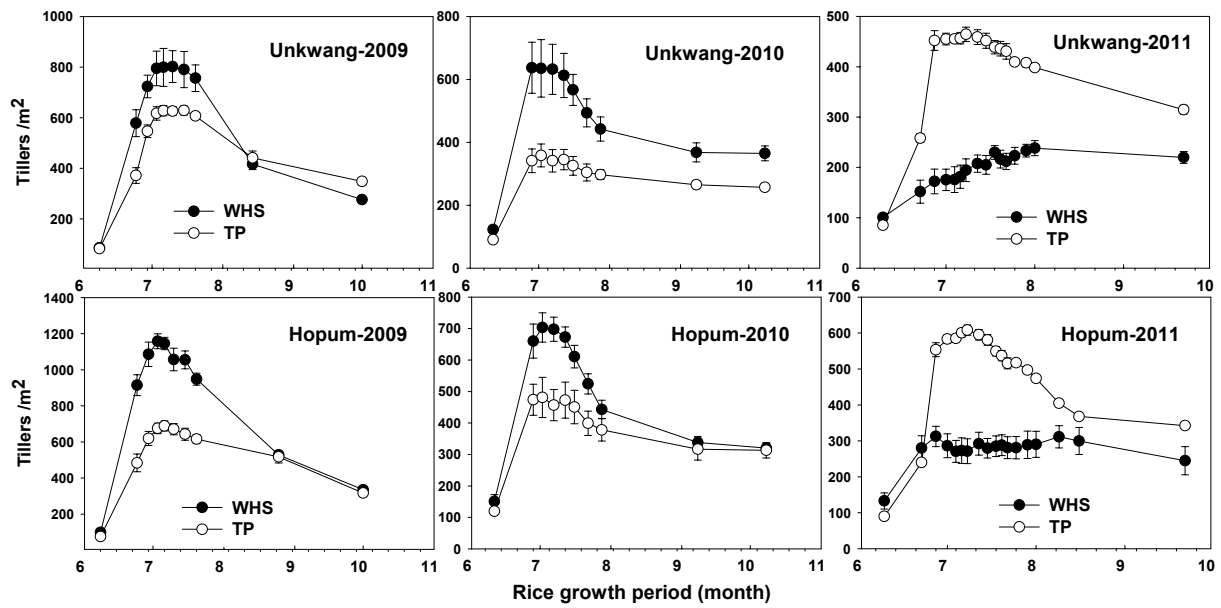


Fig. 3. Changes of tiller number for wet-hill-seeded and machine transplanted rice during growth period (2009~2011). Data are means \pm SD (n=4). WHS: wet-hill-seeding, TP: transplanting.

Table 4. Comparison of growth, yield components and yield between wet-hill-seeded and machine-transplanted rice (2009~2011).

Cultivar	Year	Method	Culm length (cm)	panicle length (cm)	No. of panicles per m ²	No. of Spikelets per panicle	Grain filling rate (%)	1000 grain weight (g)	Perfect brown rice (%)	Rice yield (kg/10a)
Unkwang	2009	MT	57.3	20.8	328	100.0	79.3	22.6	56.4	516
		WHS	63.8*	19.5*	263	107.0	73.5	22.9	64.2**	538
	2010	MT	64.1	19.3	257	109.8	75.7	21.9	68.9	417
		WHS	66.9*	19.4	365	120.1	80.1*	22.3	70.4	451
	2011	MT	64.7	19.0	315	123.5	87.9	21.6	39.9	469
		WHS	66.4	21.4**	220*	133.5	85.9	22.8*	72.7**	405**
	Mean	MT	62.0	19.7	300	111.1	81.0	22.0	55.1	467
		WHS	65.7	20.1	283	120.2	79.8	22.7	69.1	465
Hopum	2009	MT	61.1	19.1	301	90.3	93.6	23.4	81.7	523
		WHS	66.3*	18.8	327	86.0	91.4	23.3	83.4	586
	2010	MT	65.6	18.5	313	115.7	85.9	21.7	69.3	347
		WHS	64.7	17.8*	320	132.7	95.3***	21.6	85.6**	390*
	2011	MT	65.0	18.9	342	100.0	91.2	23.4	77.7	569
		WHS	61.0	18.1	254*	112.0	89.7	22.5*	79.1	347**
	Mean	MT	63.9	18.8	319	102.0	90.2	22.8	76.2	480
		WHS	64.0	18.2	300	110.2	92.1	22.5	82.7	441

*, ** and *** represent significantly different from wet-hill-seeding and machine transplanting at $p < 0.05$, $p < 0.01$ and $p < 0.001$ respectively. MT: machine transplanting, WHS: wet-hill-seeding.

'11년은 다른 년도보다 파종 후 6월까지 평균온도가 낮았으며, 기상상황으로 인해 초기제초를 위한 물대기가 늦었기

때문에 분얼이 증가하지 못한 것으로 생각된다. Sato(1951)는 분얼 초기에 답수상태를 유지하면 포화 습도만 유지한

경우보다 분얼수가 많다고 하였고, 명과 이는(1993)는 분얼 성기에는 수심이 8 cm 이상 깊어지면 최고분얼수가 감소한다고 하였다. Yosida(1973)는 파종 후 초기 고온일수록 분얼수가 증가한다고 하였으나 Matsushima *et al.*(1964)은 분얼수의 증가에는 16°C의 저온이 줄기 기부에 가해져야 하며 주야간 온도차가 클수록 분얼수 증가가 촉진된다고 하였다. 이와같이 온도와 분얼의 관계는 이견이 있거나 주야간 변온이 클 때 촉진된다는 보고로 보아 무논점파의 분얼은 기온보다는 분얼기에 물관리 요인과 더 직접적인 관계가 있는 것으로 생각된다. 따라서 분얼초기에 담수상태를 유지하되 수심을 8 cm 이하로 너무 깊지 않게 관리하는 것이 분얼에 유리한 것으로 생각된다.

직파재배는 저위절간에서부터 분얼이 시작되므로 기계이앙에 비해 무효분얼이 많고, 입모밀도가 높을수록 변이가 크고 등숙율이 낮다고 한다(Lee, 2000). 본 시험결과 무논점파재배시 무효분얼은 기계이앙에 비해 많았지만 성숙기 이삭수는 기계이앙과 비슷해 단위면적당 이삭수는 차이가 없는 것으로 나타났다. 직파재배가 일반적으로 등숙율이 낮다는 인식은 Lee(2000)의 보고와 같이 입모밀도가 균일하지 못하여 분얼의 변이가 크기 때문인 것으로 생각된다. 무논점파는 기계이앙의 재식밀도와 유사한 입모밀도를 나타내며(Table 2) 성숙기 이삭수가 기계이앙과 차이가 없는 것은 면적당 유효경은 재배양식과 상관없이 일정한 수준을 유

지하기 때문으로 생각된다.

파종부터 출수까지의 전체생육일수는 무논점파에서 운광벼 84일, 호품벼 98일이었고 기계이앙은 파종 후 육묘기간 25을 포함하여 운광벼는 98일, 호품벼는 117일로 무논점파가 기계이앙보다 각각 14일, 19일 단축되었다(Table 3). 기계이앙에서 육묘기간을 뺀 본답생육일수는 운광벼 73일, 호품벼 92일로 무논점파보다 9일과 6일 짧았다. 직파재배시 본답생육일수의 차이가 적으면서 전체 생육일수도 짧은 중만생종이 이모작이나 소득후작 생력재배시 유리할 것으로 생각된다.

출수특성

운광벼의 출수기는 무논점파가 기계이앙보다 늦었으나 출수기간은 차이가 없었다. 다만 '11년도는 분얼이 활발하지 않아 출수기도 늦고 출수기간이 길었던 것으로 생각된다(Table 3). 호품벼의 출수기는 무논점파재배가 이앙재배보다 출수일은 평균 3일 늦어졌으며 출수기간은 2일 단축된 것으로 나타났다(Table 3). 출수기간 중 전체이삭의 90%이상 출수하는데 걸린 기간은 운광벼가 기계이앙 7~9일인데 비해 무논점파는 7~6일 걸렸고, 중만생종인 호품벼는 기계이앙이 8~6일인데 비해 무논점파는 5~6일로 나타나 무논점파가 기계이앙보다 출수일 변이폭이 적고 동시출수율이 높은 것으로 나타났다(Table 3, Fig. 4).

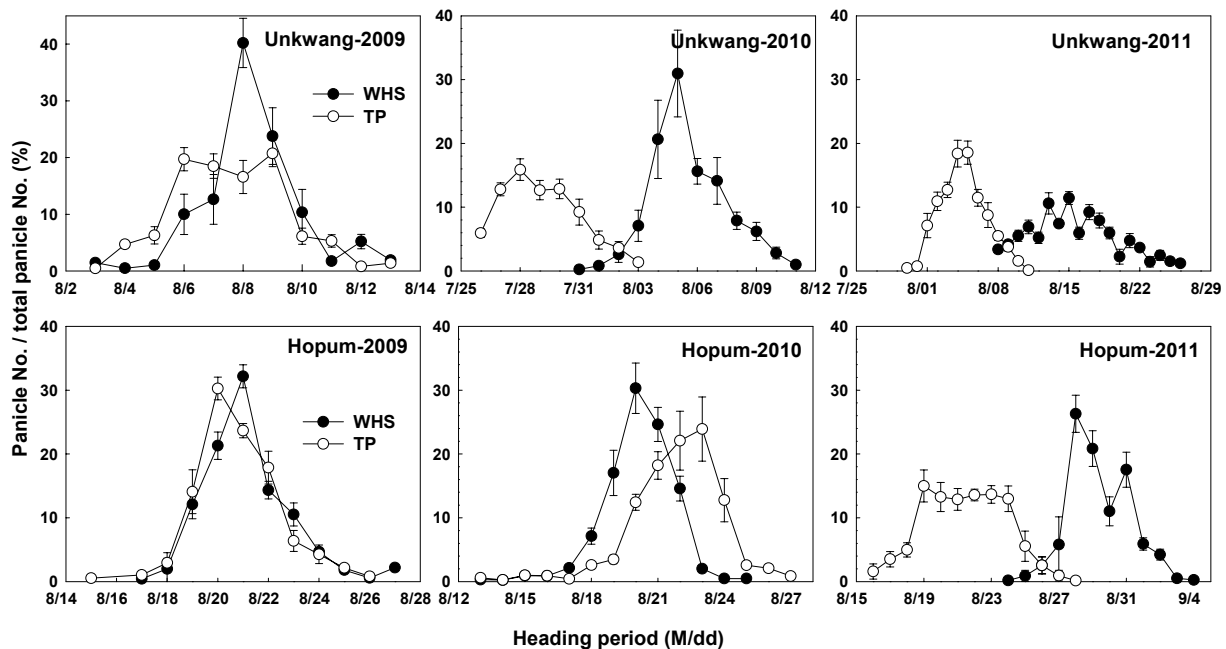


Fig. 4. Distribution of heading date in wet-hill-seeded and machine transplanted rice (2009~2011). Data are means ± SD (n=4). WHS: wet-hill-seeding, TP: transplanting.

등숙특성

무논점파재배에 따른 성숙기 생육은 운광벼는 기계이앙에 비해 간장이 길어지는 경향이었고 수장은 차이가 없었다 (Table 4). 호품벼의 성숙기 생육은 재배양식간에 간장과 수장의 차이가 거의 없었다(Table 4). 성숙기의 면적당 이삭수는 운광벼는 재배양식간 차이가 인정되지 않았으나 연차간 변이가 큰 편이었고, 호품벼는 재배양식간 차이가 거의 없고 연차간 변이도 크지 않았다(Table 4). 다만 '11년도에는 분얼이 저조하여 운광벼와 호품벼 모두 무논점파가 이앙재배보다 이삭수가 감소하였다(Table 4). 수당립수는 운광벼와 호품벼 모두 무논점파가 기계이앙에 비해 많은 경향이였으나 통계적 유의성은 없었다(Table 4).

등숙율은 '09년과 '11년은 재배양식간의 차이가 없었으나 '10년에는 무논점파가 기계이앙에 비해 높았다. 출수일별 등숙율은 '09년은 운광벼와 호품벼 모두 무논점파와 기계이앙의 차이가 없었다. '10년은 두 품종 모두 무논점파의 등숙율이 전체적으로 높은 경향이였으며 기계이앙은 출수후기로 갈수록 등숙율이 낮아졌다. 이는 재배양식간의 출수일의 차이로 인한 기상요인이 달랐기 때문으로 생각된다. '11년의 운광벼는 무논점파에서 출수기간이 길어 출수후기에 등숙율이 다소 떨어지는 경향이였으나 기계이앙보다 높거나 비슷하였다. '11년의 호품벼는 출수기간동안 등숙율이 비슷하였으나 무논점파의 출수종료일의 등숙율이 저하되었는데 이는 전체이삭수의 2% 이하였다(Fig. 5).

현미완전립율은 무논점파재배가 기계이앙에 비해 두 품종 모두 높은 경향을 보였다(Fig. 6, Table 4). 호품벼의 출수일별 완전립율은 '09년과 '11년은 차이가 없었고 '10년은 무논점파가 높았다. 운광벼의 출수일별 완전립율은 '09년은 무논점파가 약간 높았고, '11년은 무논점파가 기계이앙보다 30%정도 높았는데 이는 기계이앙의 동할립이 증가했기 때문이다(Fig. 6).

현미천립중은 운광벼는 무논점파가 이앙보다 큰 경향을 보였으나 통계적으로 유의하지는 않았고, 호품벼는 재배양식간에 차이가 없었다(Table 4). 쌀 수량은 '09~'10년에는 무논점파가 이앙재배보다 운광벼 6%, 호품벼는 12% 높은 것으로 나타났다. 그러나 '11년은 무논점파재배의 쌀수량이 크게 감소하였는데 이는 초기생육이 부진하여 분얼과 이삭수가 감소하였기 때문이다.

이상의 결과로 보아 무논점파재배에 대한 생태적 특성을 요약하면, 무논점파는 기계이앙에 비해 초기 분얼이 빨라 최고분얼기의 단위면적당 이삭수는 많으나 성숙기 이삭수는 차이가 없고 키와 이삭길어도 차이가 없었다. 출수기는 무논점파가 이앙재배보다 다소 늦어지는 경향이이나 호품벼는 기계이앙보다 동시출수율이 높았다. 따라서 중부지방의 무논점파재배에서 조생종보다 중만생종인 호품벼의 재배적응성이 우수한 것으로 생각된다. 또한 무논점파재배시 출수일변이에 따른 등숙율과 현미완전립율은 기계이앙과 차이가 없거나 오히려 높은 것으로 나타났다.

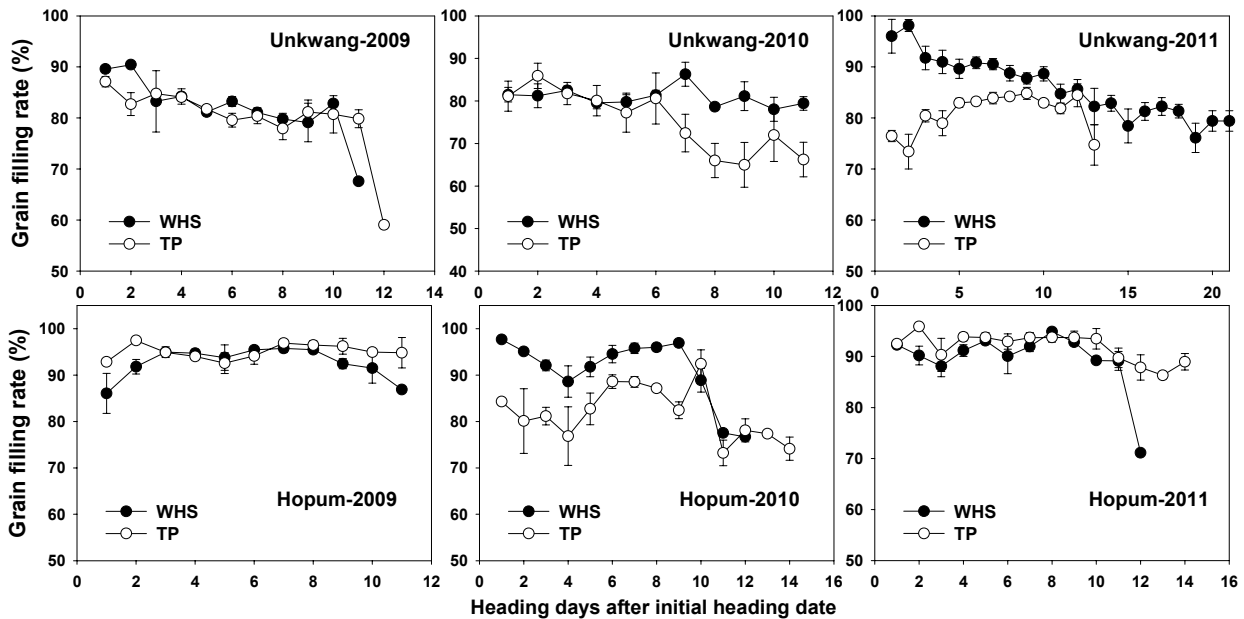


Fig. 5. Grain filling ratio from the panicles flowered at different date in wet-hill-seeded and machine transplanted rice (2009~2011). Data are means \pm SD (n=4). WHS: wet-hill-seeding, TP: transplanting.

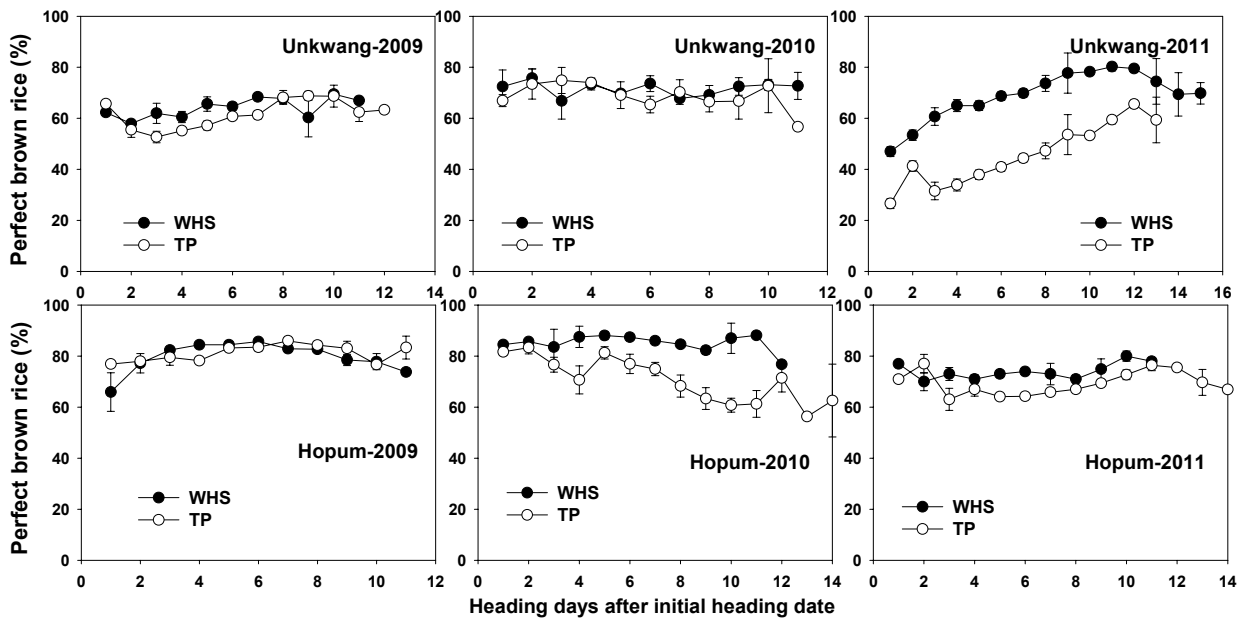


Fig. 6. Perfect brown rice ratio from the panicles flowered at different date in wet-hill-seeded and machine transplanted rice (2009~2011). Data are means \pm SD (n=4). WHS: wet-hill-seeding, TP: transplanting.

이와 같이 직파재배가 기계이앙에 비해 등숙율이 떨어진다는 인식이 있었으나, 무논점파는 담수산파나 건담직파 등 기존의 직파방법에서 문제시되는 입모밀도가 비교적 균일해짐으로써 이후 생육이 균일해지고 따라서 등숙율과 완전립율도 기계이앙에 비해 떨어지지 않은 것으로 생각된다.

담수표면직파 등 직파재배는 일반적으로 기계이앙재배에 비해 등숙율이 떨어지나(Lee, 2003) 수량차이는 없다고(Johnkutty *et al.*, 2002) 알려져 있었다. 그러나 Lee(2003)는 담수표면직파는 입모밀도가 불균일하므로 기계이앙의 재식조건과 비슷한 입모조건에서 등숙율에 대한 조사가 필요하다고 하였는데 무논점파재배는 바로 이러한 조건을 충족시키는 조건으로서 본 시험 결과에서 등숙율이 떨어지지 않는 것을 알 수 있었다. Johnkutty *et al.*(2002)은 직파재배가 이앙재배에 비해 수량차이가 없으며 노동력이 감소되나 제초 및 물관리에 주의해야하며 입모율, 파종간격, 품종선택, 본답 준비와 같은 관리에 주의해야 한다고 하였는데 이와 같은 면은 무논점파재배에서도 지속적인 연구가 필요한 부분이다.

적 요

최근 개발된 직파재배의 일종인 무논점파는 무논점파기(8조식, 15×28 cm, 주당 5~8립)를 이용하여 파종하므로 이앙재배의 재식거리와 유사한 밀도를 유지할 수 있는 장점이 있다. 벼 무논점파재배의 생육 및 출수특성과 출수일변

동에 따른 등숙율과 완전립율의 변이를 알아보기 위하여 국립식량과학원 답작과 논포장(수원)에서 2009년부터 2011년까지 3년동안 본 시험을 수행하였다.

1. 무논점파는 입모수는 기계이앙의 재식밀도와 큰 차이가 없었으나 분얼수가 많아 최고분얼기에 단위면적당 경수는 기계이앙의 1.3~2배였다. 최고분얼기 이후 분얼수는 감소해 성숙기 이삭수는 기계이앙과 큰 차이가 없었다.
2. 무논점파의 출수전 생육일수는 운광벼 84일, 호품벼 98일로 기계이앙의 파종일로부터 14일, 19일의 재배기간이 단축되었다.
3. 무논점파의 성숙기 생육특성은 간장과 수장 및 면적당 이삭수는 기계이앙과 차이가 없었다. 통계적 유의성은 없었으나 수당립수는 많아지는 경향이였다.
4. 출수기는 무논점파가 이앙보다 운광벼는 9일, 호품벼는 3일 늦어졌는데 호품벼의 연차간 변이가 작았다. 호품벼는 출수기간이 기계이앙보다 2일 짧아 동시출수율이 높았다.
4. 무논점파재배시 출수일변이에 따른 등숙율과 현미완전립율은 기계이앙과 차이가 없거나 오히려 높은 것으로 나타났으나 조생종인 운광벼보다 중만생종인 호품벼의 연차간 변이가 적어 무논점파 안정성이 우수한 것으로 나타났다.

인용문헌

- 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(5) : 437-443.
- Choi, W. Y., S. Y. Kang, J. T. Lee. 1999. Difference of Growth and Yield among Rice Cultivars and Direct Seeding Methods as Affected by Yearly Variation Weather. *Korean J. Environ. Agri.* 18(3) : 229-235.
- Jeong, E. G., S. N. Ahn, S. J. Kwon, J. P. Suh, O. Y. Jeong, K. H. Kang, H. C. Choi, H. G. Hwang, and K. M. Yoon. 2004. Quantitative trait loci for low-temperature germinability in rice. *Korean J. Breed.* 36(5) : 365-370.
- Johnkutty, I. G. Mathew, and J. Mathew. 2002. Comparison between transplanting and direct-seeding methods for crop establishment in rice. *Journal of Tropical Agriculture* 40 : 65-66.
- Kim, J. K., M. H. Lee, and Y. J. Oh. 1993. Lodging pattern of rice plant in broadcast-seeded and hand-transplanted cultivation. *Korea J. of Crop Sci.* 38(3) : 219-227.
- Ko, J. C., M. K. Baek, W. J. Kim, J. Y. Shon, K. Y. Ha, H. J. Kang, M. S. Shin and J. K. Ko. 2011. Analysis of low temperature germination ratio in rice cultivars for breeding of direct seeding variety. *Korean J. Intl. Agri.* 23(1) : 89-94.
- Korean Statistical Information Service(KSIS) 2010. Agricultural and livestock production cost survey. 2010.
- Lee, C. W., J. E. Hill, Y. J. Oh. 1993. Germination and Dissolved Oxygen Uptake of California Rices in Water Seeding. *Korean J. Crop Sci.* 38(2) : 117-120.
- Lee, C. W., K. Y. Sung, S. H. Park, R. K. Park, D. S. Cho. 1988. Direct Seeding Cultivation on Submerged Paddy in Rice II. Dissolved Oxygen Uptake and Germination Properties of Rice Varieties in the Saturated Water. *Korean J. Crop Sci.* 33(1) : 97-101.
- Lee, J. I. 2000. A study on ecological and physiological characteristics of rice cultivars for direct water-seeding. Thesis of Ph. D., Kangwon National University.
- Lim, J. T., B. S. Kwon, and H. J. Kim. 1991. Seedling Establishment and Yield of Direct Subsurface Seeded Rice as Influenced by Coating and Seeding Rates. *Korean J. Crop Sci.* 36(4) : 324-331.
- Matsushima, S., T. Takayuki, and H. Takafumi. 1964. Analysis of yield-determining process and its application to yield-prediction and culture improvement of low and rice. LXX. Combined effect of air-temperatures and water-temperatures at different stages of growth on the grain yield and its components of lowland rice. *Proc. Crop Soc. Jpn.* 33 : 53-58.
- Myung, E. J. and B. W. Lee. 1994. Effects of deep irrigation managements on tillering pattern, yield and its components in rice. *Korean J. Crop Sci. Symposium.* pp. 120-121.
- Park, S. H., S. Y. Kim, C. D. Hwang, H. P. Moon, and S. Peng. 2001. Rice Seedling Establishment and Early Growth Affected by Seeding Depth of Pre - germinated and Soaked Seeds in Wet Soil. *Kor. J. Intl. Agri.* 13(3) : 193-198.
- Park, S. H., D. Y. Kwak, D. K. Shin, S. Y. Kim, and D. S. Lee. 1999. Rice seedling establishment and early growth affected by seeding depth and flooding duration for anaerobic wet seeding. *Kor. J. Intl. Agri.* 11(2) : 161-168.
- Park, S. H., C. W. Lee, W. H. Yang, and R. K. Park. 1986. Direct seeding cultivation on submerged paddy in rice. *Korean J. Crop Sci.* 31(2) : 204-213.
- Sato, K. 1951. Studies on the flooding irrigation for rice. II. The effects of continuous submergence on the growth and tillering of rice plants. *Proc. Crop Sci Soc. Jpn.* 20 : 41-44.
- Shon, J. Y. 2011. Physio-biochemical characterization and transcript profiling of hypoxia- and anoxia-tolerant rice during germination and early seedling growth. Thesis of Ph. D. Chonbuk National University.
- Shon, J. Y., J. C. Ko, W. J. Kim, B. K. Kim, C. K. Kim, and N. J. Jung. 2008. Changes of Antioxidative Enzymes and Alcohol Dehydrogenase in Young Rice Seedlings Submerged in Water. *Korean J. Crop Sci.* 53(3) : 40-446.
- Yang, S. J. and U. S. Yeo. 1997. Varietal difference of low temperature germinability and seedling establishment in rice. *Korean J. Breed.* 29(2) : 216-222.
- Yoshida, S. 1973. Effects of temperature on growth of the (*Oryza sativa* L.) in a controlled environment. *Soil Sci. Plant Nutr.* 19 : 299-310.
- Kim, J. K., J. I. Lee, K. H. Park, and M. H. Lee. 1995. Characteristics of the rice plant associated with lodging highly adapted in broadcast-seeded cultivation. *RDA. J. Agri. Sci* 37(2) : 20-28.
- Rural Development Administration(RDA). 2010. Handbook of Extension Service Bureau.
- RDA. 2003. Methods for research and analysis in agricultural science and technologies.