

호남평야지 밀-벼 이모작에서 중만생종 벼 품종의 포트묘 적정 재식밀도 구명

강신구 · 김영두[†] · 구본일 · 상완규 · 이민희 · 박홍규 · 손지영 · 양운호 · 이점호

농촌진흥청 국립식량과학원

Study on the Optimum Planting Density of Pot Seedling for Mid-Late Maturing Rice Variety in Wheat-Rice Double Cropping System in Honam Plain Area

Shin-Gu Kang, Young-Doo Kim[†], Bon-Il Ku, Wan-Gyu Sang, Min-Hee Lee, Hong-Kyu Park, Ji-Young Shon, Woon-Ho Yang, and Jeom-Ho Lee

National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 16429, Republic of Korea

ABSTRACT This experiment was carried out to determine the optimum planting density for rice pot seedling cultivation in wheat-rice double cropping system in Honam plain area. A mid-late maturing rice variety ‘Chinnong’ was raised in pot seedling tray and conventional tray for 30 days, and then transplanted on June 25 in 2012 and 2013. Four different planting densities (15.2, 18.9, 21.6, and 25.3 hills per m²) in pot seedlings were applied as treatment. Conventional tray seedling was implicated as control at a single planting density of 27.8 hills per m². In this experiment, the number of effective tillers was increased as planting density increasing, but stem diameter was decreased. Pot seedling showed higher stem diameter and effective tillers than the control. Heading dates of pot seedling plots were not significantly different between the planting densities but 2 days faster than the control. Culm length, number of panicles, panicle length, and ripening grain ratio were higher in pot seedling compared to the control, but 1000-grain weight showed no significant difference. Milled rice yields in pot seedlings ranged from 5.19 to 5.43 t ha⁻¹, and the highest yield was observed in 21.6 hills per m². Head rice ratios in pot seedlings and the controls were not significantly different. Above results on planting density of rice pot seedling cultivation would be applicable to wheat-rice double cropping and also to late transplanting cultivation of rice single cropping.

Keywords : rice, pot seedling, double cropping, planting density

최근 논의 활용도와 곡물자급률을 높이는 측면에서 청예용 보리와 우리밀의 재배면적이 늘어 가는 추세이다. 이모작체계로 재배되는 작물은 생육기간이 겹치지 않아야 하는데 논에서 보리나 밀 후작으로 벼를 재배할 경우에 보리와 밀의 성숙기와 벼의 이앙기가 겹쳐 이모작의 제한요인이 된다(Kim and Rha, 1997). 그런데 지구온난화로 인해 우리나라의 평균기온이 지난 100년간 1.5°C 상승함에 따라 가을보리 안전재배선이 북상하였고(Yun, 1998), 이와 함께 남부지역의 2모작 안전작기 구명에 대한 연구가 새롭게 요구되는 상황이다.

남부지역에서 보리-벼 이모작 재배시 벼의 안전출수 한계에 대한 연구가 보고되었으며(Kim *et al.*, 1986), 청예용 보리 후작에 적합한 품종 등을 제시한 바가 있다(Kim *et al.*, 2010). 중부평야지역에서 이모작 재배시 벼 기계이앙시 안전작기 설정을 위해 숙기가 다른 벼 품종을 이용한 연구가 진행되었으나(Yoon *et al.*, 2011), 벼 육묘 방법에 따른 이모작의 가능성에대한 보고는 없는 상황이다.

보리나 밀 후작으로 벼를 재배할 경우 재배산파상자 육묘로 재배한 중묘는 묘소질이 약하고 활착이 지연되며 우렁이가 벼를 가해하는 피해가 발생하기도 한다(Kim *et al.*, 2006; Moon *et al.*, 1998). 어린모는 육묘기간이 8~10일로 중묘(35일묘)에 비하여 현저히 짧기 때문에 모를 일찍 본답으로 이앙하므로 저온에 의한 활착장애 및 냉해가 우려되며, 중묘를 이모작으로 재배하는 경우에도 초기생육이 불균일하면 등숙의 안전성이 크게 떨어져 수량감소를 초래하기도 한다(Kim *et al.*, 1993).

[†]Corresponding author: (Phone) +82-63-238-5311 (E-mail) kim0yd@korea.kr

<Received 16 February, 2015; Revised 6 August, 2015; Accepted 17 August, 2015>

재료 및 방법

재식밀도는 질소시비량, 이앙시기, 품종, 기상 등을 고려하여 결정되는데, 기온이 높은 지역, 일찍 심는 경우 다소 소식을 하고, 반대로 기온이 낮은 지역, 늦게 심는 경우에 밀식을 한다(Choi *et al.*, 2006; Hong *et al.*, 1999). 따라서 기온이 낮고 생육기간 짧은 평야지 2모작에서 벼를 재배할 경우 다소 밀식하여 심는 것이 유리하다고 하였다(Park *et al.*, 2010). 온대나 열대지역에서의 벼 재배시 각 지역에 적합한 재식밀도 설정 및 재식거리에 관한 연구들이 보고된 바 있다(Baloch *et al.*, 2002, Miller *et al.*, 1991, Wu *et al.*, 2013). 그런데 적정 재식밀도 설정을 위해서는 육묘 방법 또한 고려를 해야 하나 포트육묘에 대해서는 연구가 미흡한 실정이다.

한편 일본 동북 및 북해도지방의 저온지대에서 포트묘의 기계이양효과에 대한 연구가 수행되었으나(Saigusa *et al.*, 1996; Hossain *et al.*, 1998; Matsushima, 1980), 이모작 작부체계에서의 벼 포트재배의 적정 재식밀도에 관한 연구 보고는 찾기 어려운 상황이다. 우리나라에서도 포트묘에 대한 일부 연구가 있으나(Kim *et al.*, 1988; Kim *et al.*, 1993; Kwon *et al.*, 2010; Kim, *et al.*, 2013; Lee *et al.*, 1992) 이모작 체계에서의 재배에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

이모작에서는 보리 뒷그루 벼 기계이양재배는 벼 단작 재배보다 이앙시기가 늦어져 영양생장기간이 짧으므로 생육량이 부족하고 m^2 당 경수가 부족한 것이 수량 감소의 주요 원인이다. 따라서 수량 격차를 줄이기 위해서는 시비량 증대보다는 재식 포기수를 조절하여 단위 면적당 적정수수 및 영화수를 확보하는 것이 유리하다고 하였다(Rho *et al.*, 1977). 포트묘가 관행 산파묘에 비해 수량이 4~5%증대된다고 보고한 바 있어(Kim *et al.*, 2013), 이에 호남평야지 밀-벼 이모작에서 포트묘 재배시 적정 재식밀도를 구명하고자 본 시험을 수행하였다.

본 시험은 호남평야지에서 밀-벼 이모작 재배시 벼 포트묘에 알맞은 적정 재식밀도를 구명하기 위하여 2012년부터 2013년까지 2년간에 걸쳐 국립식량과학원 벼맥류부 시험포장인 미사질양토(전북통)에서 시험을 수행하였다. 벼 앞작물로 재배한 밀은 2011년과 2012년 동계에 보리를 파종하여 이듬해인 2012년과 2013년에 수확한 후 고품질 벼멸구 저항성 벼 품종인 친농(중만생)을 공시하여 시험을 수행하였다. 모 종류별 상자당 파종량은 산파 중묘(관행)는 130g, 포트묘는 448공 포트에 구멍당 2~3립씩 약 45g을 파종하였다. 이앙일은 6월 25일로써 중묘는 m^2 당 27.8주(30 cm × 12 cm), 포트묘는 m^2 당 15.2주(33 cm × 20 cm), 18.9주(33 cm × 16 cm), 21.6주(33 cm × 14 cm) 및 25.3주(33 cm × 12 cm)로 재식밀도를 달리하여 기계이양 하였다.

시비량은 10a당 질소 8 kg을 각각 밀겨름:가지겨름:이삭겨름으로 40:40:30%를 분시하였으며, 인산은 4.5 kg을 전량 기비로 시용하였고, 칼리는 5.7 kg을 밀겨름:이삭겨름으로 70:30%로 분시하였다. 벼 생육 및 수량 조사는 초장, 간장, 수장, 수수 등을 처리 반복별 20주씩 조사하였고, 엽면적은 반복별로 생육이 평균치 되는 포기를 3포기씩 채취하여 엽면적측정기(Li-3100, Li-Cor, USA)로 조사하였으며, 건물중은 엽면적을 측정할 시료를 70°C에서 2일간 건조하여 측정하였다. 엽색은 SPAD (SPAD-502, Konica Minolta, Japan)를 이용하여 간접적으로 지엽의 엽록소 함량 정도를 조사하였다. 수량조사 등은 출수 후 적산온도 1,100°C 내외가 되는 날에 시험구당 3.7 m^2 씩 3반복을 예취하였으며, 수분비 15~16% 정도가 되도록 자연 건조한 후 도정하여 쌀 수량, 품질 등을 조사하였다. 쌀 품위조사는 미립판별기(RN-500, Kett, Japan)로 측정하였다. 단백질, 아밀로스 성분분석은 근

Table 1. Monthly mean temperature, precipitation, and sunshine hours during rice growing period in experimental years.

Month	Average Temperature (°C)			Precipitation (mm)			Sunshine hour (hr)		
	2012	2013	Normal year ^x	2012	2013	Normal year	2012	2013	Normal year
5	18.5	17.4	17.8	213	197	204	24	115	92
6	23.3	23.2	22.5	187	164	179	51	52	124
7	25.8	26.5	25.6	141	119	138	249	276	302
8	27.1	27.7	26.2	125	198	150	535	164	296
9	20.4	21.5	21.6	210	74	84	142	155	164
10	14.3	15.5	14.7	37	20	28	170	180	171
Mean or Sum	21.6	22.0	21.4	913	772	783	1172	942	1148

^xNormal year indicates 5 years from 2008 to 2012.

적외선분광분석 방식인 성분분석계(AN-700, Kett, Japan)를 이용하여 기계적 방법으로 측정하였다. 병해충 및 잡초방제는 기본방제를 기준으로 하였으며, 기타 재배 및 생육조사 등은 기타 재배 및 생육조사 등은 농촌진흥청 표준재배법(RDA, 2011)과 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사분석기준(RDA, 2012)에 의하여 조사하였다.

시험기간 동안 월별 평균 기온, 강수량 및 일조시간은 Table 1과 같으며, 2012~2013년도의 기상은 벼 생육에 양호한 기상환경이었다. 평균기온은 2012년은 평년(2008~2012년)과 비슷한 수준이었으나 2013년도는 평년보다 0.6°C 높았다. 강수량은 평년에 비해 2012년은 149 mm가 많았던 반면, 2013년도는 257 mm가 적었는데, 이는 8월과 9월 강수량의 차이가 원인으로 보인다. 한편 일조시수는 2012년과 2013년 모두 평년과 비슷하였으나, 2013년도의 경우 월별 편차가 컸고, 특히 8월의 일조가 많아 등숙에 유리한 조건이었던 것으로 보인다.

통계분석은 R 통계분석 프로그램(R Core Team, Austria, 2013)을 이용하여 분산분석(ANOVA) 및 던컨다중검정(Duncan's Multiple Range Test)을 실시하였다.

결과 및 고찰

육묘방법별 묘소질

육묘방법별 묘소질을 Table 2에서 보면 초장은 2012년과 2013년에 연차간 유의한 차이를 보였으나, 초장을 제외한 건물중, 묘충실도, 그리고 이앙시 엽령은 연차간 변이 없이 육묘방법간 유의한 성적을 보였다. 초장이 연차간에 차이를 보이는 이유는 육묘 기간 동안 못자리 기상환경이나 물관리 등의 영향 때문으로 생각된다. 초장은 풋트묘와 산파육묘간에 차이가 없었으나, 건물중은 풋트묘가 개체당 76 mg로 관

행 산파묘 28 mg에 비해 약 2.7배 무거웠다. 이에 묘의 초장을 건물중으로 나눈 수치인 묘충실도는 풋트묘가 관행 산파묘보다 높게 나타났다. Kim *et al.* (1988)은 파종량이 적을수록 묘의 건물중이 현저히 무거워진다고 하였으며, Nam *et al.* (2002)은 상자당 파종량이 증가할수록 묘의 초장은 커지는 경향을 보였으나, 묘충실도는 감소한다고 하였다. 본 시험에서는 풋트묘의 파종량이 적었으나 생육환경이 관행 산파상자와 달리 pot로 구별된 공간에서 자랄 수 있어 초장차이가 없었던 것으로 생각된다. 이앙 당시 엽수는 풋트묘가 6.1매, 산파육묘는 5.2매로 풋트묘가 산파육묘보다 0.9엽이 더 진전된 생육을 보였다. Yun and Lee (1978)는 산파육묘시 파종량이 적을수록 묘령이 진전이 되고, 출엽속도가 빠르다고 하였는데, 풋트묘의 경우 관행 산파묘에 비해 파종밀도가 현저히 적고, 한 개체당 보다 넓은 생육공간 확보로 수광태세와 뿌리의 발달이 좋아 건실한 묘를 키울 수 있는 것으로 보인다(Yang *et al.*, 1988).

재식밀도별 벼 생육

육묘방법 및 재식밀도별 최고분얼기 생육을 보면 Table 3과 같다. 초장은 연차간 차이가 있었으나 두 해 모두 관행 산파묘보다 풋트묘가 더 큰 경향이었고, 풋트묘의 재식밀도간에는 유의한 차이가 없었다. m²당 경수는 육묘방법 및 재식밀도 모두 유의한 차이를 보였는데, 육묘방법간에는 관행 산파묘가 풋트묘보다 많았고, 풋트묘에서는 재식밀도가 높을수록 많아지는 경향으로 15.2주에 비해 25.3주에서 경수가 29% 증가 되었다. 관행 산파묘가 풋트묘에 비해 m²당 경수가 많았던 이유는 재식밀도는 물론 재식본수가 많았기 때문으로 보인다. 이와 반대로, 경직경은 관행 산파묘보다 풋트묘에서 굵었고, 풋트묘의 재식밀도간에도 밀식함에 따라 유의하게 작아지는 경향을 보였다. 이는 경수가 적은 관계로

Table 2. Comparison of 30-day-old rice seedlings grown in conventional tray type and pot type seedling box.

Year	Seedling type	Plant height (cm)	Dry weight (mg/plant)	Seedling index (g/cm)	Leaf number
2012	Tray	16b	28b	1.7b	5.1b
	Pot	19a	76a	4.1a	6.2a
2013	Tray	23a	28b	1.2b	5.2b
	Pot	23a	76a	3.3a	6.0a
Mean	Tray	20a	28b	1.5b	5.2b
	Pot	21a	76a	3.7a	6.1a
Seedling type (A)		ns	**	**	**
Year (B)		**	ns	ns	ns

※ Means with the same letter in a column are not significantly different according to DMRT(0.05).

** Significant effect at $\alpha \leq 0.01$.

Table 3. Growth of rice at maximum tillering and heading stages under different planting density in wheat-rice double cropping cultivation in Honam plain area.

Year	Seedling type	Planting density (hills m ⁻²)	Maximum tillering stage		Stem diameter (mm)	SPAD	LAI
			Plant height (cm)	Tiller no. (No./m ²)			
2012	Tray	27.8	45	438	7.1	41.7	3.5
		15.2	56	292	7.8	42.2	3.2
	Pot	18.9	58	340	7.7	42.2	3.4
		21.6	58	363	7.4	43.3	3.5
		25.3	61	421	7.3	43.5	3.7
2013	Tray	27.8	36	528	7.6	35.7	4.7
		15.2	44	342	8.7	37.9	4.3
	Pot	18.9	42	400	8.6	38.1	3.8
		21.6	43	452	8.6	37.2	4.4
		25.3	43	455	8.5	38.1	4.5
Mean	Tray	27.8	40	483	7.3	38.7	4.1
		15.2	50	317	8.2	40.0	3.7
	Pot	18.9	50	370	8.1	40.2	3.6
		21.6	51	407	8.0	40.2	3.9
		25.3	52	438	7.9	40.8	4.1
Seedling type (A)			**	**	**	*	ns
Planting density (B)			*	**	**	ns	ns
Year (C)			**	ns	**	ns	**
A × C			**	*	**	*	ns
B × C			**	ns	ns	ns	ns

* Significant effect at $\alpha \leq 0.05$.

** Significant effect at $\alpha \leq 0.01$.

경직경이 두껍고, 유효경비율도 포트재배가 높은 것으로 보인다는 Kim *et al.* (2013)의 보고와 같았다. 엽색(SPAD)은 육묘방법간에 유의한 차이를 보여 포트묘가 관행 산파묘에 비해 다소 높았으나, 포트묘의 재식밀도간에는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 단위면적당 엽면적지수(LAI)는 연차간에 편차를 보였으나 육묘방법 및 재식밀도간에 차이가 없었다. Park *et al.* (2010)은 일반적으로 밀식함에 따라 엽면적 지수가 증가한다고 하였는데, 포트묘의 경우 재식밀도와 경수, 그리고 엽면적의 관계에 대해 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

출수기 벼 생육 및 수량구성요소

육묘방법 및 재식밀도별 생장 차이를 알아보기 위하여 출수기에 조사한 벼 생육 및 수량구성 요소를 보면 Table 4와 같다. 출수기는 포트묘가 8월 25~26일로 관행 산파묘 8월 28일보다 2~3일 정도 빨랐다. 이는 이앙 후 영양생장 기간

동안 포트묘의 생육이 더 진전되었기 때문으로 보인다. 일반적으로 어린모가 중묘에 비해 출수가 늦어진다는 Yang *et al.* (1992)의 보고와 같이 육묘일수에 따른 이앙당시의 묘소질이 출수기에 영향을 미치는데, 포트묘의 경우도 마찬가지로 관행 산파묘에 비해 출수일을 앞당길 수 있으나, 출수일의 차이는 크지 않은 것으로 판단된다. 한편, 포기 내 이삭의 출수비율을 살펴보면 포트묘가 관행 산파묘에 비해 출수시와 출수전 사이의 기간이 관행 산파묘에 비해 짧게 나타나, 포기 내에서 출수가 비교적 일시에 진행됨을 볼 수 있었다(Fig. 2). 간장은 연차, 육묘방법 및 재식밀도에 따라 유의한 차이를 보였다. 포트묘가 관행 산파묘보다 간장이 더 컸으며, 포트묘의 경우 재식밀도가 높을수록 간장이 더 크게 나타났다. 이삭길이는 포트묘가 관행 산파묘보다 다소 크게 나타났으나, 재식밀도별로는 유의한 차이를 보이지 않았다.

수량구성요소를 보면 m²당 이삭수는 처리 방법간 유의한

Table 4. Heading date and yield component of rice under different planting density in wheat-rice double cropping cultivation in Honam plain area.

Year	Seedling type	Planting density (hills m ⁻²)	Heading date (m.d)	Culm length (cm)	Panicle length (cm)	No. of panicles per m ²	No. of spikelets per panicle	Grain filling rate (%)	1000-grain weight (g)
2012	Tray	27.8	8.20	76	20	319	111	83.6	18.1
	Pot	15.2	8.19	81	22	276	134	82.8	18.4
		18.9	8.19	80	22	278	126	83.7	18.3
		21.6	8.19	79	22	291	125	82.3	18.3
		25.3	8.19	79	21	292	120	79.8	18.1
2013	Tray	27.8	8.21	74	21	315	116	90.8	19.1
	Pot	15.2	8.19	78	22	222	145	86.0	19.2
		18.9	8.19	75	22	246	139	90.7	19.3
		21.6	8.19	74	21	269	134	89.2	19.3
		25.3	8.20	74	22	303	126	90.0	19.3
Mean	Tray	27.8	8.21	75	20	317	114	87.2	18.6
	Pot	15.2	8.19	80	22	249	140	84.4	18.8
		18.9	8.19	78	22	262	132	87.2	18.8
		21.6	8.19	76	22	280	130	85.7	18.8
		25.3	8.20	76	21	298	123	84.9	18.7
Seedling type (A)			-	**	*	**	**	ns	ns
Planting density (B)			-	**	ns	**	**	ns	ns
Year (C)			-	**	ns	**	**	**	**
A × C			-	ns	ns	*	ns	ns	ns
B × C			-	ns	ns	**	ns	ns	ns

* Significant effect at $\alpha \leq 0.05$.

** Significant effect at $\alpha \leq 0.01$.

차이를 보여 관행 산파묘가 풋트묘보다 이삭수가 더 많았고, 재식밀도가 높아질수록 이삭수가 증가하는 경향을 보였는데, 2012년보다 2013년에 재식밀도 사이에 더 큰 차이를 보였다. 이는 Kim *et al.* (1999), Park *et al.* (2010)의 보고와 같이 밀식할수록 이삭수의 증가한다는 경향과 같았다. 수당립수는 연차간에 차이가 있었으나 두 해 모두 풋트묘가 관행 산파묘보다 많았으며, 풋트묘에서 밀식할수록 감소하는 경향을 보였다. 풋트묘 15.2주는 140개로 25.3주의 123개에 비해 17개가 더 많았다. 이는 이삭당 분화 영화수가 밀식함에 따라 적어진다는 Park *et al.* (2010)의 보고와도 일치하였다. 한편 Son *et al.* (1989)에 의하면 m²당 립수는 일정한 재식밀도에서 최대가 되고 그 이상이 되어도 증가하지 않고 일정하게 유지한다는 보고가 있었는데, 본 시험에서 풋트묘의 경우 최대점에 도달하지 않은 것으로 보인다.

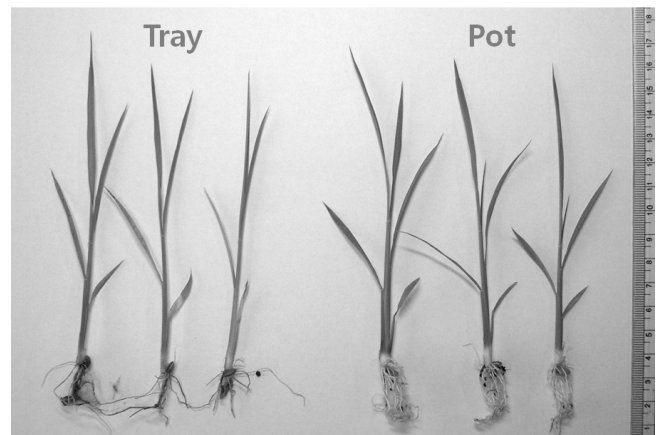


Fig. 1. Rice seedlings grown in conventional tray (left) and pot tray (right) at 20 days after sowing.

Table 5. Milled rice yield and perfect rice yield under different planting density in wheat-rice double cropping cultivation in Honam plain area.

Year	Seedling type	Planting density (hills m ⁻²)	Milled rice yield (t ha ⁻¹)	Perfect rice yield (t ha ⁻¹)
2012	Tray	27.8	5.08	4.47
		15.2	5.21	4.63
	Pot	18.9	5.30	4.65
		21.6	5.25	4.58
		25.3	4.97	4.06
2013	Tray	27.8	5.27	4.76
		15.2	5.41	4.91
	Pot	18.9	5.56	5.03
		21.6	5.50	4.96
		25.3	5.42	4.82
Mean	Tray	27.8	5.18	4.61
		15.2	5.31	4.77
	Pot	18.9	5.43	4.84
		21.6	5.38	4.77
		25.3	5.19	4.44
Seedling type (A)			*	ns
Planting density (B)			*	**
Year (C)			**	**
A × C			ns	ns
B × C			ns	*

* Significant effect at $\alpha \leq 0.05$.
 ** Significant effect at $\alpha \leq 0.01$.

등숙비율은 육묘방법 재식밀도 사이에 유의한 차이가 나타나지 않았던 반면, 연차간의 차이가 큰 것으로 보아 육묘방법이나 재식밀도 보다는 등숙기 기상환경의 영향을 더 크게 받았던 것으로 생각된다. 이는 등숙비율이 재식밀도간에 별 차이를 보이지 않는다는 Choi *et al.* (2006, 2010)의 보고와는 일치하나, 밀식함에 따라 낮아진다는 Park *et al.* (2010)의 보고와는 차이가 있었는데, 재식밀도의 처리수준과 질소 시비량의 처리가 영향을 끼쳤을 것으로 생각되나 정확한 원인은 분명하지 않다. 천립중은 처리간 유의한 차이가 나타나지 않았다.

백미수량은 육묘방법 및 재식밀도에 따른 유의한 차이를 보였다(Table 5). 관행 산파묘는 4.91 t ha⁻¹, 포트묘는 4.94~5.28 t ha⁻¹로 25.3주를 제외하고 관행 산파묘보다 5~9% 증수하였다. 재식밀도별로 보면 포트묘 21.6주에서 5.28 t ha⁻¹

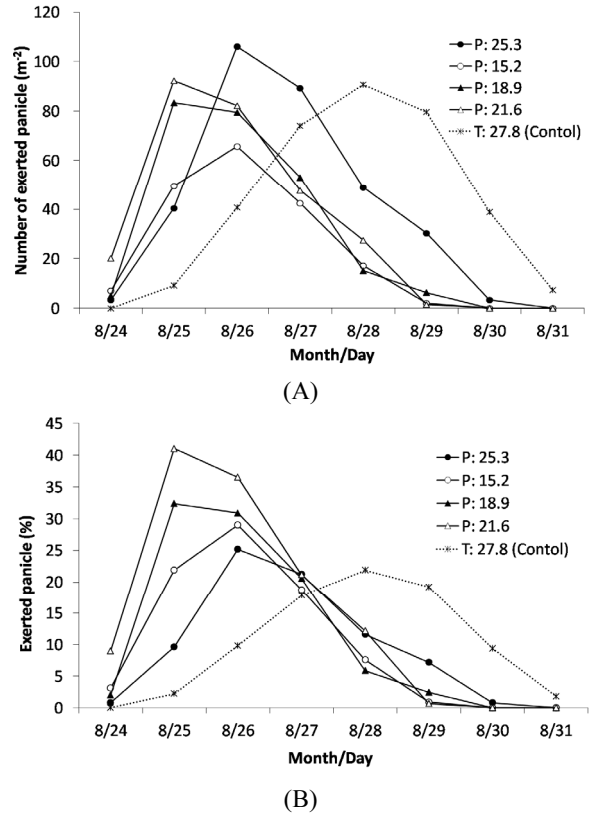


Fig. 2. Number of exerted panicles per m² by day during heading (A) and the ratio of the exerted panicle to the total number of panicles (B) in different planting density of conventional and pot seedling cultivation transplanted on June 25, 2013. P: pot seedling, T: conventional tray seedling, and the numbers indicate the planting density in the legend.

로 가장 높게 나타났는데, 18.9주보다 다소 높았으나 오차 범위 내에 속했으며, 포트묘 15.2주 및 25.3주 보다는 유의한 증가를 보였다. 완전미수량 또한 포트묘의 21.6주에서 가장 높았다. 이는 포트묘가 관행재배보다 백미수량이 증가하였다는 Kim *et al.* (2013)의 보고와 비슷한 경향이었으며, 최대수량은 물론 완전미수량을 고려할 때 포트묘는 m²당 21.6주를 심는 것이 유리할 것으로 생각된다. Kim *et al.* (2013)은 한편 수량에 미치는 연차 효과가 유의한 것으로 보였는데(Year, Planting density × Year), 이는 포트묘의 재식 밀도 처리 중 m²당 25.3주 시험구에서 도복이 발생하였던 1년차의 수량이 2년차에 비해 적었기 때문으로 판단된다.

미질 및 외관상 품위

완전미율은 포트묘가 87.0~90.9% 범위를 보였으며, 관행 산파묘는 89.1%로써 포트묘와 비슷하였다(Table 6). 완전

Table 6. Quality and chemical components of milled rice grain under different planting density in wheat-rice double cropping cultivation in Honam plain area.

Year	Seedling type	Planting density (hills m ⁻²)	Head rice ratio (%)	Imperfect rice (%)				Protein content (%)	Amylose content (%)
				Broken	Chalky	Damaged	Others		
2012	Tray	27.8	84.8	3.2	8.1	0.5	3.3	7.0	17.9
		15.2	86.8	2.6	6.6	0.6	3.3	7.2	17.6
	Pot	18.9	86.3	2.4	7.5	0.5	3.3	6.9	17.3
		21.6	85.3	2.8	7.5	0.7	3.8	6.8	17.6
		25.3	78.7	5.7	9.8	1.6	4.3	7.2	17.4
2013	Tray	27.8	93.3	2.0	3.2	0.2	1.3	6.2	17.8
		15.2	94.9	1.4	1.7	0.8	1.3	6.4	17.7
	Pot	18.9	95.1	1.8	1.6	0.4	1.1	6.4	17.8
		21.6	95.0	1.8	1.7	0.4	1.1	6.3	17.9
		25.3	95.3	1.6	1.7	0.4	1.0	6.3	17.9
Mean	Tray	27.8	89.1	2.6	5.7	0.3	2.3	6.6	17.9
		15.2	90.9	2.0	4.1	0.7	2.3	6.8	17.7
	Pot	18.9	90.7	2.1	4.6	0.5	2.2	6.7	17.6
		21.6	90.2	2.3	4.6	0.6	2.4	6.5	17.8
		25.3	87.0	3.6	5.8	1.0	2.7	6.8	17.6
Seedling type (A)			ns	-	-	-	ns	ns	
Planting density (B)			*	-	-	-	*	ns	
Year (C)			**	-	-	-	*	*	
A × C			*	-	-	-	ns	ns	
B × C			**	-	-	-	*	ns	

* Significant effect at $\alpha \leq 0.05$.** Significant effect at $\alpha \leq 0.01$.

미울의 경우 연차간의 차이가 크게 나타났는데, 이는 2012년과 2013년 등숙기간의 기상환경의 영향 때문으로 보이며, 추가적인 검토가 필요할 것으로 생각된다. 풋트묘의 경우 재식밀도에 따른 완전미 비율이 유의한 차이를 보였으며, 재식밀도가 증가할수록 완전미 비율이 감소하였고, 특히 25.3주에서 현저히 감소하였다. 이는 풋트묘 25.3주의 경우 불완전립 중에서 찌라기와 분상질립 다른 처리에 비해 높았기 때문으로 보인다. 백미 단백질 함량은 육묘방법 및 재식밀도에 따른 차이를 보이지 않았는데, 이는 재식밀도간에 단백질 함량이 비슷하다는 Choi *et al.* (2006, 2010) 및 Park *et al.* (2010)의 보고와 비슷하였다. Kim *et al.* (2013)은 재식본수가 적고 재식거리가 넓은 경우 2차 분얼분포가 다소 높아 단백질 함량이 증가한다고 하였는데, 본 실험에서도 이와 같이 15.2주에서 다소 높게 나타난 것을 볼 수 있었다. 한편 아밀로스 함량은 처리 방법 간에 유의한 차이를 보

이지 않았다.

적 요

본 시험은 호남평야지에서 밀-벼 이모작 재배시 벼 풋트묘에 알맞은 적정 재식밀도를 구명하기 위하여 수행하였다. 풋트묘 재식밀도가 낮을수록 줄기길경이 굵어졌으며, 최고 분얼기의 단위면적당 분얼수는 재식밀도가 높을수록 많았다. 간장은 관행 산파묘보다 풋트묘가 더 컸고, 재식밀도가 낮을수록 간장이 더 크게 나타났으나, 이삭길이는 재식밀도 별로 유의한 차이를 보이지 않았다. 이삭수는 재식밀도가 높아질수록 단위면적당 이삭수가 많아지는 경향이였다. 등숙비율 및 천립중은 육묘방법 및 재식밀도 사이에 유의한 차이가 없었다. 백미수량은 재식밀도별로 보면 풋트묘 18.9주가 5.43 t ha⁻¹로 관행 5.18 t ha⁻¹ 보다 5% 증수하였다. 완

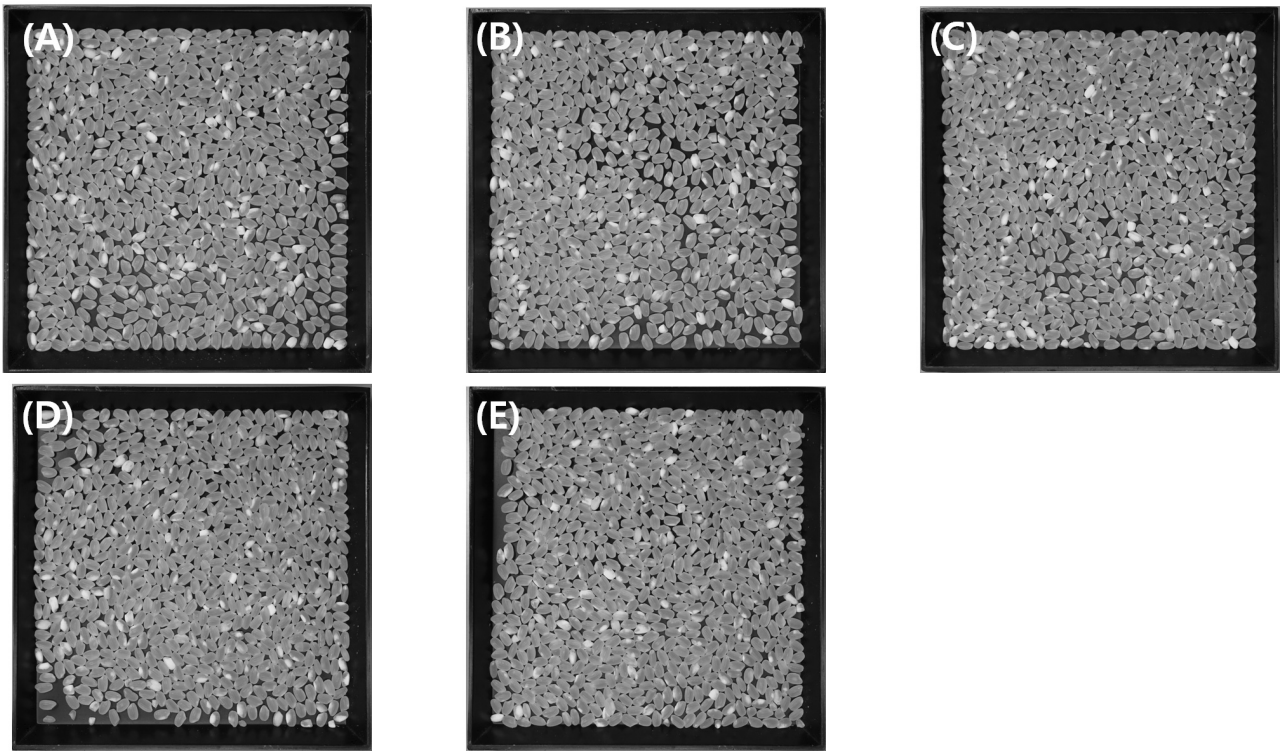


Fig. 3. Effect of seedling nursery type and planting density on milled rice quality. (A) Conventional tray seedling, and pot seedlings in four different planting densities of (B) 15.2, (C) 18.9, (D) 21.6 and (E) 25.3 hills per m^2 , respectively.

전미 비율은 포트묘 25.3주 이양구에서 다소 낮았고, 육묘 방법간에 차이는 없었으나 재식밀도 간에는 다소 차이가 있었던 반면, 아밀로스 함량은 재식밀도 간에 유의한 차이가 없었다. 밀-벼 이모작 재배시 보통기보다 늦게 포트묘를 이양하는 경우 적절한 재식밀도를 선택하는 것이 영농에 도움이 될 것으로 보인다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(PJ009203, PJ009255)의 지원에 의해 이루어진 것임.

인용문헌(REFERENCES)

- Baloch, A. W., A. M. Soomro, M. A. Javed, M. Ahmed, H. R. Bughio, M. S. Bughio, and N. N. Mastoi. 2002. Optimum plant density for high yield in rice (*Oryza sativa* L.). *Asian J. Plant Sci.* 1(1) : 25-27.
- Choi, W. Y., S. H. Moon, H. K. Park, M. G. Choi, S. S. Kim, and C. K. Kim. 2006. Optimum planting density in low fertilizing culture of machine transplanting in rice. *Korean Journal of Crop Science* 51(5) : 379-385.
- Hong, K. C., J. H. Shim, Y. T. Seo, R. D. Park, K. Y. Kim, B. K. Shon, and Y. W. Kim. 1999. Effect of reduced N application and planting density on paddy rice. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 32(1) : 12-21.
- Hossain, M. Z., M. Saigusa, and K. Shibuya. 1998. Establishment of the no-tillage transplanting cultivation of high quality rice "Hitomebore" with a single basal application of controlled availability fertilizer in pot seedling box in cold regions. *Tohoku J. Agri. Res.* 48(3-4) : 85-92.
- Kim, B. K., J. K. Ko, J. K. Lee, and H. T. Shin. 1999. Analysis of yield and its associated characters affected by planting density and fertilizer level in heavy-panicle japonica rice *Korean J. Breed.* 31(1) : 21-28.
- Kim, J. K. and E. S. Rha. 1997. Potential yielding of rice grown after barley. *Theses Collect Agri. Coll.* 28 : 1-13.
- Kim, J. K., J. C. Shin, M. H. Lee, and Y. J. Oh. 1993. Growth characteristics of rice seedlings influenced by different nursing periods and temperatures after transplanting. *RDA. J. Agri. Sci.* 35(2) : 1-6.
- Kim, S. S., S. Y. Lee, J. H. Kim, and S. H. Bae. 1986. Optimum transplanting time for double cropping in the southern plain area. *Res. Rept. RDA(R)* 28(1) : 256-259.
- Kim, S. S., S. Y. Lee, M. S. Lim, and H. J. Kim. 1988. Effects of mechanical transplanting of potted adult rice seedling on seedling characters and yield in second crop field and polder land. *Res.*

- Rept. RDA(R) 30(1) : 69-82.
- Kim, S. W., O. D. Kwon, S. N. Yoo, S. R. Suh, Y. S. Choi, and G. I. Lee. 2006. Raising pot seedling for mechanical weeding in environmental-friendly rice culture. *Korean Soci. for Agri. Machinery*. 11(2) : 68-72.
- Kim, Y. D., M. K. Choi, B. I. Ku, H. K. Park, T. S. Park, N. H. Back, S. J. Kim, and J. K. Ko. 2010. Selection of suitable rice cultivars for silage barley-rice double cropping Honam plain area. *Korean J. Intl. Agri.* 22(4) : 337-340.
- Kim, Y. D., S. G. Kang, B. I. Ku, M. K. Choi, H. K. Park, W. G. Sang, M. H. Lee, and B. K. Kim. 2013. Growth and yield of pot seedling rice as affected by different transplanting times in double cropping. *Korean J. Intl. Agri.* 25(2) : 153-158.
- Kwon, Y. R., I. Y. Choi, Y. H. Moon, K. W. Seo, P. K. Sharma, and D. H. Kim. 2011. The characteristics of growth, yield and quality of rice (*Oryza sativa* L.) on the basis of pot seedling raising method in eco-friendly agriculture. *Korean J. Env. Agri.* 30 : 275-280.
- Lee, B. C., Y. H. Choi, K. H. Lee, and T. S. Kwak. 1992. Several agronomic traits and yield of rice (*Oryza sativa* L.) under different seedling raising methods at high mountainous area. *Res. Rept. RDA(R) 34(2)* : 69-77.
- Miller, B. C., J. E. Hill, and S. R. Roberts. 1991. Plant population effects on growth and yield in water-seeded rice. *Agron. J.* 83(2) : 291-297.
- Moon, Y. H., D. H. Oh, J. S. Choi, J. S. Na, and S. S. Han. 1998. Properties and effects of utilizable materials for organic farming in rice. *Korean J. Env. Agri.* 17(4) : 319-323.
- Nam, M. S., Y. S. Kwon, K. M. Kim, and J. K. Sohn. 2002. Effect of Sowing Amount on Seedling Growth and Grain Yield of Automatic Seedling Raising facility. *Korean J. Crop Sci.* 47(6) : 448-452.
- Park, H. K., B. I. Ku, M. K. Choi, T. S. Park, J. K. Ko, Y. D. Kim, J. E. Choi, and K. J. Kim. 2010. Effect of growth and panicle traits of rice by planting density and variety on low nitrogen fertilizer application. *Korean J. Intl. Agri.* 22(3) : 246-252.
- R Core Team. 2014. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Rho, Y. D., J. H. Lee, and J. Y. Cho. 1977. Nitrogen response of rice varieties on grain yield and other agronomic characters. *Korean J. Crop Sci.* 22(2) : 1-17.
- Rural Development Administration (RDA). 2011. Manual of standard cultivation method. In: 2011 annual research report of national institute of crop science. Rural Development Administration. pp. 59-70.
- Rural Development Administration (RDA). 2012. Research and analysis standards of agricultural science and technology Suwon. pp. 317-338.
- Saigusa, M., M. Z. Hossain, T. Sato, and S. K. 1996. Establishment of cultivation methods of Hitomebore rice in cold regions. *Tohoku J. Agri. Res.* 46(3-4) : 113-123.
- Son, Y., S. T. Park, S. C. Kim, S. S. Lee, and S. K. Lee. 1989. Varietal response on different planting densities in rice. *Res. Rept. RDA(R) 31(4)* : 1-6.
- Wu, W., L. Nie, Y. Liao, F. Shah, K. Cui, Q. Wang, Y. Lian, and J. Huang. 2013. Toward yield improvement of early-season rice: Other options under double rice-cropping system in central China. *Eur. J. Agronomy* 45(0) : 75-86.
- Yang, W. H. Y. D. Yun, Y. B. Oh, S. H. Park, R. K. Park, and D. S. Kim. 1988. Effect of adult seedlings grown at pot-type tray for the transplanter on rice growth of the mountainous and second cropping area. In *Proceeding of the Korean Society of Crop Science*. pp. 32-33.
- Yang, W. H., Y. D. Yun, Y. J. Oh, R. K. Park, Y. W. Kwon, and E. W. Lee. 1992. Response of machine-transplanted rice in days to heading and grain yield to seeding date, period and temperature of nursery. *Korean J. Crop Sci.* 37(S1) : 78-79.
- Yoon, S. T., N. I. Kwak, H. E. Shin, S. I. Shim, and Y. B. Kim. 2011. Optimization of rice cultivation method for double cropping in Cheonan area. *Korean J. Intl. Agri.* 23 : 402-409.
- Yun, S. H. 1998. Climate change and its impact on agricultural ecosystem. KSCS & KBS Symposium for 50th Anniversary GSNU, Jinju. Korean Society of Crop Science.
- Yun, Y. D. and J. H. Lee. 1978. Rice seedling establishment for machine transplanting III. Effects of seeding rate and fertilization on the characteristics of seedlings. *Korean J. Crop Sci.* 23(2) : 68-75.