

재식밀도변화에 따른 주요 벼 품종의 수량구성요소 변화분석

황운하^{1,†} · 이현석² · 양서영² · 이충근¹

Change in Yield Characteristics by Transplanting Density in Major Cultivated Rice

Woon-Ha Hwang^{1,†}, Hyen-Seok Lee², Seo-Yeong Yang², and Chung-gun Lee¹

ABSTRACT We studied the changes in growth characteristics of major cultivated rice in low-density transplanting. The culm and spikelet length did not change in low density transplanting conditions. As the distance between hills increased by 10 cm, the number of tillers per hill increased by an average of 4.4 and the number of grains per spikelet increased by 7.5. The cultivar that had more tillers and higher grain number in 80 hills per 3.3 m² tended to have more tillers and grain in low-density transplanting conditions. However, the increase rate of tillers and grain in low-density transplanting was not significantly different from the tiller and grain number in 80 hills per 3.3 m². The total branch number and branch length in spikelets increased in low-density transplanting conditions. The grain number per spikelet was also increased by the in low-density transplanting method.

Keywords : grain number, tiller number, transplanting density

최근 농촌 인구의 지속적 감소 및 고령화로 노동력 절감 벼 재배기술 확대 필요성이 높아지고 있다. 벼 재배 시 노동력을 절감할 수 있는 재배기술은 크게 직파재배와 드문모심기 재배기술이 있다. 직파재배기술은 이앙재배 시 필요한 육묘 및 이앙과정이 생략되어 노동력절감효과가 가장 큰 생력재배기술이다. 하지만 이앙재배에 비해 잡초 및 잡초성벼 방제가 어렵고 초기 입모확보를 위해 물관리 등 많은 노력이 필요하여 재배면적이 크게 확대되지 않고 있다(Korean Statistical Information Service, 2019; Shon *et al.*, 2012; So *et al.*, 1995; Jeong *et al.*, 2001). 이에 비해 드문모심기 재배기술은 이앙재배의 한 방법으로 기존 이앙재배와 재배안정성 및 기술은 크게 다르지 않으나 기존 이앙재배에 비해 이앙 시 필요한 육묘상자 개수를 크게 절감할 수 있어 농가의 관심이 높으며 재배면적도 최근 크게 확대되고 있다.

드문모심기는 이앙 시 재식밀도를 감소시켜 단위면적당 심기는 모의 수를 줄여 이앙 시 필요한 육묘상자의 개수를 줄이는 재배기술로 기존 이앙재배에 비해 육묘상자 개수를 50~70% 절감할 수 있으나 생산량은 크게 감소하지 않는 장점이 있다(Hayashi *et al.*, 2006; Kanetaka *et al.*, 2004).

기존 이앙재배기술은 포기간 주간 거리는 30 cm, 조간거리는 14~15 cm으로 이앙을 하였으나 드문모심기 재배기술은 조간거리를 적게는 18 cm, 많게는 30 cm까지 넓혀 이앙을 실시하여 3.3 m²당 재식밀도를 기존 80주에서 60주에서 37주까지 줄일 수 있다. 드문모심기로 재배 시 기존 이앙재배와 유사한 수량을 확보하기 위해서는 단위면적당 줄어드는 재식밀도 만큼 포기당 분얼수를 증가시키는 것이 중요하다. 일반적으로 이앙 시 재식밀도는 감소하여 재식거리를 늘리면 벼의 생육공간이 넓어지는 효과로 분얼수가 증가된다고 알려져 있다(Baloch *et al.*, 2002; Berhanu, 2017; Paul *et al.*, 2016). 하지만 품종마다 가지고 있는 분얼특성이 상이하여 어떤 품종을 심는 것이 드문모심기에서도 안정적으로 수량을 확보하기 유리한 것인지에 대한 연구는 부족한 실정이다.

이에 본 연구는 농가에 많이 재배되고 있는 벼 주요 품종들을 대상으로 재식밀도에 따른 수량구성요소 변화를 분석하여 드문모심기에 적합한 품종의 특성을 제공하고 드문모심기 시 안정적인 수량확보에 도움이 되고자 수행되었다.

¹농촌진흥청 국립식량과학원 농업연구관 (Senior Scientist, National Institute of Crop Science, RDA, Wanju 55365, Korea)

²농촌진흥청 국립식량과학원 농업연구사 (Junior Scientist, National Institute of Crop Science, RDA, Wanju 55365, Korea)

[†]Corresponding author: Woon-Ha Hwang; (Phone) +82-63-238-5263; (E-mail) hwangwh@rda.go.kr

<Received 1 February, 2023; Revised 21 February, 2023; Accepted 21 February, 2023>

Table 1. List of rice cultivar used as materials.

Type	Early flowering	Mid flowering	Mid-late flowering
Cultivar	Unkwang, Odae, Jopyeong	Magdrim	Dongjinchalbyeo, Sindongjin, Samkwang, Saeilmi, Ilpum, Saenuri, Younghojinmi, Chindle, Mipum, Haepum

Table 2. The change of culm length and panicle length under different transplant density conditions.

Type	Cultivar	Culm length (cm)				Panicle length (cm)				
		37 hills	50 hills	60 hills	80 hills	37 hills	50 hills	60 hills	80 hills	
Early flowering	Unkwang	72.7a	72.7a	74.0a	72.4a	21.8a	21.8a	24.2a	23.8a	
	Odae	78.5a	80.7a	79.4a	80.8a	22.4a	21.8a	21.2a	21.8a	
	Jopyeong	74.0a	77.3a	77.5a	75.9a	22.9a	21.4a	21.0a	23.0a	
	Means	75.0a	76.9a	77.0a	76.3a	22.4a	21.7a	22.1a	22.9a	
Mid flowering	Magdrim	74.8a	75.8a	77.2a	75.2a	20.6a	21.7a	20.7a	22.2a	
	Sindongjin	75.2a	77.9a	77.9a	77.6a	21.0a	20.7a	20.7a	20.8a	
	Samkwang	79.8a	80.1a	80.9a	80.7a	18.7a	21.1a	21.0a	21.2a	
	Saeilmi	79.4a	80.3a	80.8a	81.6a	21.1a	20.7a	20.1a	20.6a	
	Ilpum	77.6a	77.1a	78.8a	78.4a	19.8a	21.0a	19.8a	19.2a	
	Saenuri	79.9a	79.3a	79.7a	79.9a	22.1a	21.8a	21.8a	21.8a	
	Mid-late flowering	Younghojinmi	77.7a	77.3a	79.4a	77.0a	19.5a	19.2a	18.1a	19.2a
		Dongjinchalbyeo	69.5a	75.4a	72.7a	74.9a	22.1a	21.9a	28.1a	20.5a
		Chindle	76.6a	80.5a	78.8a	77.9a	20.2a	21.0a	19.8a	19.4a
		Mipum	73.9a	76.4a	77.1a	73.8a	20.8a	22.8a	20.2a	20.4a
		Haepum	69.5a	72.7a	75.5a	75.7a	24.0a	20.7a	20.9a	22.1a
		Means	73.3a	76.5a	77.1a	75.8a	21.7a	21.5a	20.3a	20.6a

※ Different letters indicate a significant difference detected using Duncan's multiple range test ($P<0.05$).

재료 및 방법

시험재료 및 이앙처리

본 시험에 사용된 시험재료는 Table 1과 같이 조생종 3 품종, 중생종 1 품종 및 중만생종 10 품종을 사용하였다. 각 시험 종자는 28°C에서 2일간 소독 및 침종 후 파종하여 20일간 육묘를 진행하였다. 이앙 시 재식밀도는 3.3 m²당 80주, 60주, 50주 및 37주로 설정하였으며 각 재식밀도 당 재식 거리는 30 cm×14 cm, 30 cm×18 cm, 30 cm×22 cm, 30 cm×30 cm이다. 이앙 시 생육특성분석을 위해 1주 1본으로 이앙하였으며 그 외 포장관리는 농촌진흥청 표준메뉴얼에 준하여 실시하였다. 포장 이앙은 6월 10일 진행되었으며 전라북도 완주군 이서면에서 2020년부터 2021까지 2년간 수행하였다.

생육 및 수량구성요소분석

간장 및 수장은 수확기 때 각 품종별 10반복으로 측정하

였으며 수량성변화를 분석하기 위해 포기당 분얼수, 이삭당립수를 분석하였다. 포기당 분얼수는 재식밀도 및 품종별로 10반복으로 측정하였으며 이삭당립수는 3주를 수확하여 분석하였다. 이삭 지경의 길이를 분석하기 위해 재식밀도 및 품종당 3주씩을 수확하였으며 이삭지경의 개수 및 길이, 이삭 지경 당립수를 분석하였다.

통계처리

통계처리는 SAS 9.4을 사용하였으며 Duncan's multiple range test (DMRT)로 유의수준 0.05% 수준에서 분석하였다.

결과 및 고찰

재식밀도에 따른 생육특성 변화

최근 육묘노동력 절감재배기술로 알려지면서 재배면적이 크게 증가하고 있는 드문모심기에 따른 벼 생육변화를 살펴보기 위해 재식밀도에 따른 간장, 수장변화를 분석하

Table 3. The change of Tiller and grain number under different transplant density conditions.

Type	Cultivar	Tiller number (No.)				Grain number (No)			
		37 hills	50 hills	60 hills	80 hills	37 hills	50 hills	60 hills	80 hills
Early flowering	Unkwang	22.3c	17.9bc	16.2b	12.6a	141c	137bc	134b	126a
	Odae	18.1c	16.1b	14.0ab	11.4a	102b	98ab	94a	93a
	Jopyeong	19.2c	16.4b	13.6ab	11.8a	129b	127b	114a	112a
	Means	19.9c	16.8bc	14.6b	11.9a	124b	121ab	113a	111a
Mid flowering	Magdrim	22.7c	17.9bc	15.5b	11.8a	180b	178ab	173a	172a
	Sindongjin	15.4b	13.3ab	12.3ab	9.1a	148b	142ab	134a	133a
Mid-late flowering	Samkwang	17.4c	14.5b	11.9ab	10.5a	135b	129ab	126a	124a
	Saeilmi	19.7c	16.5bc	14.0b	10.8a	140b	137ab	136a	133a
	Ilpum	18.9c	16.3b	13.2ab	11.6a	134b	126a	125a	121a
	Saenuri	19.4c	15.6b	13.3ab	11.1a	156b	148b	136ab	124a
	Younghojinmi	22.4c	17.9bc	16.6b	13.7a	113b	111b	103a	101a
	Dongjinchalbyeo	18.3c	16.1bc	14.1ab	11.5a	124b	122ab	119b	107a
	Chindle	20.0c	17.9bc	16.1b	11.6a	139c	132bc	129b	118a
	Mipum	21.0c	17.0bc	16.1b	11.5a	126b	122ab	120a	118a
	Haepum	14.7c	14.6c	13.3ab	12.3a	132b	129ab	129ab	120a
	Means	18.6c	16.5b	15.2ab	11.8a	135c	130b	126ab	120a

※ Different letters indicate a significant difference detected using Duncan's multiple range test ($P<0.05$).

였다(Table 2). 80주 이앙 시 조생종, 중생종, 만생종의 간장 및 수장은 76.3, 75.2, 75.8 cm 및 22.9, 22.2, 20.6 cm로 나타났으며 37주로 이앙 시 각각 75, 74.8, 73.3 cm 및 22.4, 20.6, 21.7 cm로 재식밀도변화에 따른 간장 및 수장의 변화는 없는 것으로 나타났다. 재식밀도와 간장 및 수장의 변화가 유의한 상관관계를 보이지 않는 것으로 볼 때 드문모심기를 하여 재식밀도가 감소하여도 일반적인 80주 이앙에 비해 도복의 위험성은 증가하지 않는 것으로 판단되며 분얼수의 증가로 전체 포기의 뿌리량이 증가하는 것을 고려할 때 도복에 대한 저항성이 증가될 것으로 판단된다.

드문모심기는 기존 이앙재배에 비해 단위면적당 재식밀도가 감소하여 육묘상자 절감효과가 크지만 재식밀도가 감소하는 만큼 단위면적당 분얼수가 감소하기 때문에 효율적으로 분얼수를 확보 하는 것이 중요하다. 이를 위해 재식밀도 변화에 따른 포기당 분얼수 및 이삭 당립수 변화를 분석하였다(Table 3), 80주 이앙 시 조생종, 중생종, 만생종의 분얼수 및 이삭 당립수는 11.9, 11.8, 11.8 및 111, 172, 120개로 나타났으며 37주로 이앙 시 각각 19.9, 22.7, 18.6 및 124, 180, 135개로 시험재료로 사용된 모든 품종에서 재식밀도가 감소하여 재식거리가 넓어질수록 포기당 분얼수 및 이삭 당립수는 증가하는 경향이였다.

재식밀도와 포기당 분얼수 및 이삭당립수의 상관관계를 분석한 결과(Fig. 1) 포기당 분얼수의 경우 재식거리가 10 cm 넓어질수록 약 4.4개씩 증가하였으며 이삭 당립수는 약 7.5개씩 증가하였다. 재식밀도 감소에 따라 포기당 분얼수가 증가하는 것은 재식거리가 넓어지면서 벼 포기 사이의 공간이 넓어져 생육이 활발해지는 결과로 이전의 연구결과와 같은 양상으로 판단된다(Baloch *et al.*, 2002; Paul *et al.*, 2016). 벼 포기 사이의 공간 증가와 이삭당립수 증가와의 상관관계에 대한 직접적인 연구결과는 미흡한 실정이지만 기존의 연구결과와 같이 벼 포기 사이의 공간 증가로 식물체가 받는 태양광 및 토양양분의 증가가 립수의 증가에 영향을 미친 것으로 판단된다(Bhowmik *et al.*, 2012; Farshid & Hamid, 2021).

드문모심기로 재배를 하면 재식밀도 감소에 의해 단위면적당 분얼수가 감소하여 기존 80주 이앙에 비해 안정적인 수량 확보가 어렵다. 이런 단점을 극복하기 위해서는 재식밀도 감소 시 분얼발생이 활발하게 진행되어 안정적인 분얼확보가 우수한 품종을 재배하는 것이 유리하다. 이를 위해 주요 재배품종을 대상으로 품종의 기본 분얼수별 재식밀도 변화에 따른 분얼수 증가 양상을 분석하였다. 품종이 가지고 있는 기본 분얼수의 기준은 기존 재배와 같이 단위

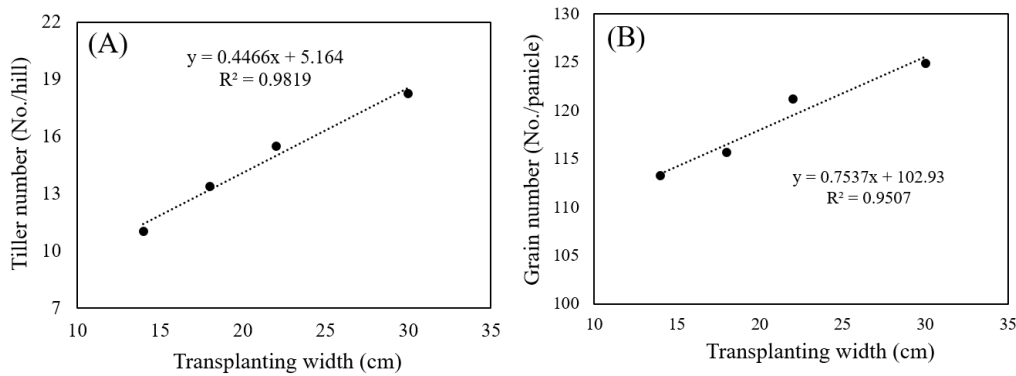


Fig. 1. The change of (A) tiller number and (B) grain number under different transplant density conditions. The data was means of all materials.

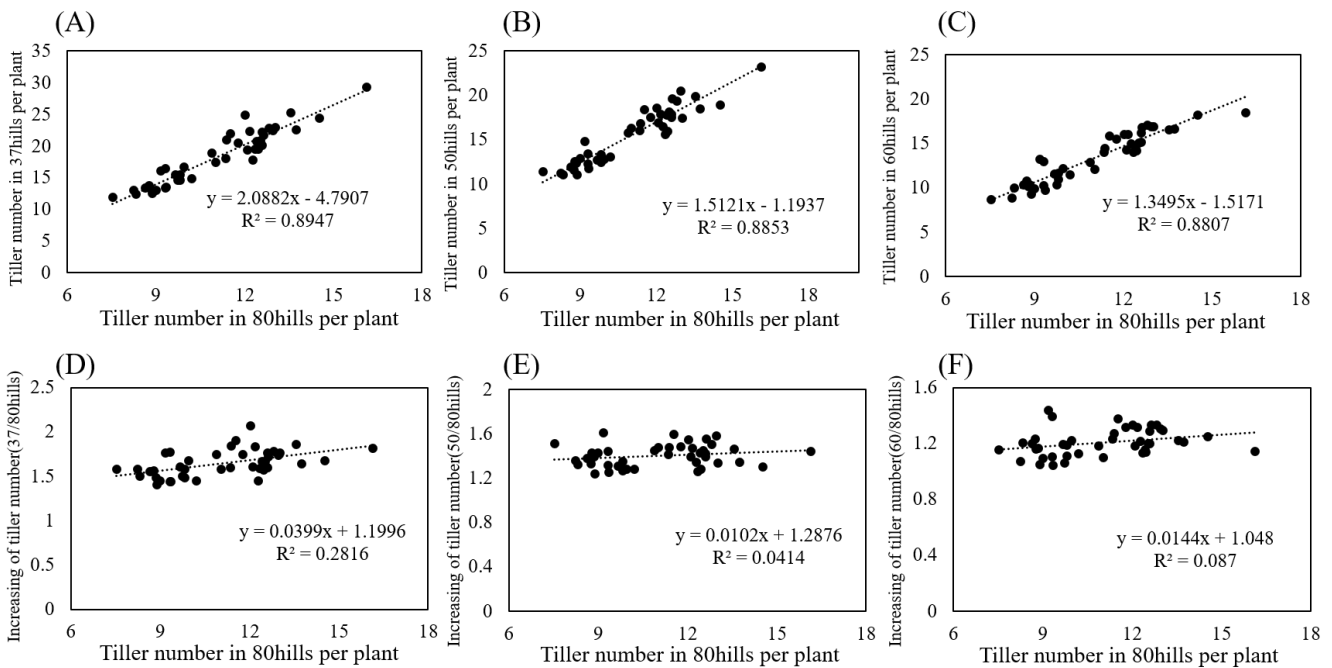


Fig. 2. The change of tiller number in (A) 37, (B) 50 and (C) 60 hills. Increasing rate of tiller number in (D) 37, (E) 50 and (F) 60 hills. The tiller number and increasing rate were checked compared to 80 hills.

면적당 80주 이양을 했을 시 품종별 분얼수로 설정하였다. 재식밀도를 변경 시 분얼 특성을 분석한 결과, 기존 80주 재배 시 분얼수가 많은 품종이 37, 50 및 60주 재배에서도 분얼수가 많은 경향이였다(Fig. 2, A-C). 재식밀도별로 기존 80주 이양 시 분얼 1개당 분얼이 증가하는 경향은 37주에서 2.08, 50주에서 1.51, 60주 이양에서는 1.35개로 재식밀도가 낮아질수록 증가폭이 높아지는 것으로 나타났다. 80주 이양 시 나타나는 품종별 기본 분얼수와 재식밀도가 감소하면서 80주 이양 대비 증가하는 분얼수의 비율과의 상관관계를 분석한 결과(Fig. 2, D-F), 80주를 이양할 때 기본 분얼수가 많은 품종이라고 하더라도 재식밀도가 감소할

시 분얼수의 증가 비율이 높아지지는 않는 것으로 나타났다. 이는 재식밀도 37, 50 및 60주 모두에서 유의한 상관관계를 보이지 않았다. 이를 통해 재식밀도가 감소하면 기존 품종의 특성상 분얼수가 많은 품종이 절대적인 분얼수 확보에는 유리하나 재식밀도 감소로 분얼수가 증가하는 양상은 80주 재배 시 품종이 가지는 분얼수로 판단하기는 어려운 것으로 판단된다.

80주 재배 시 품종별 이삭당립수에 따른 재식밀도 변경 시 이삭당립수 변화를 분석한 결과(Fig. 3, A-C), 80주 재배 시 이삭당립수가 많은 품종이 37, 50주 및 60주 이양 시 모두 이삭당립수가 많은 경향이였다. 하지만 재식밀도변

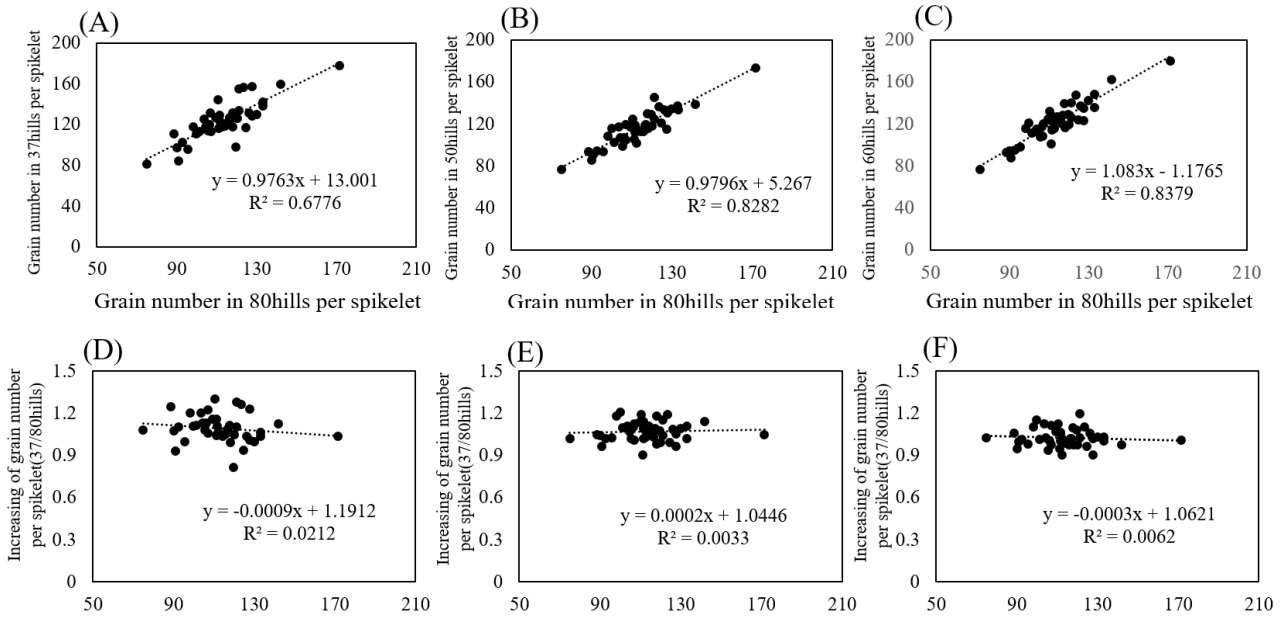


Fig. 3. The change of grain number in (A) 37, (B) 50 and (C) 60 hills. Increasing rate of grain number in (D) 37, (E) 50 and (F) 60 hills. The grain number and increasing rate were checked compared to 80 hills.

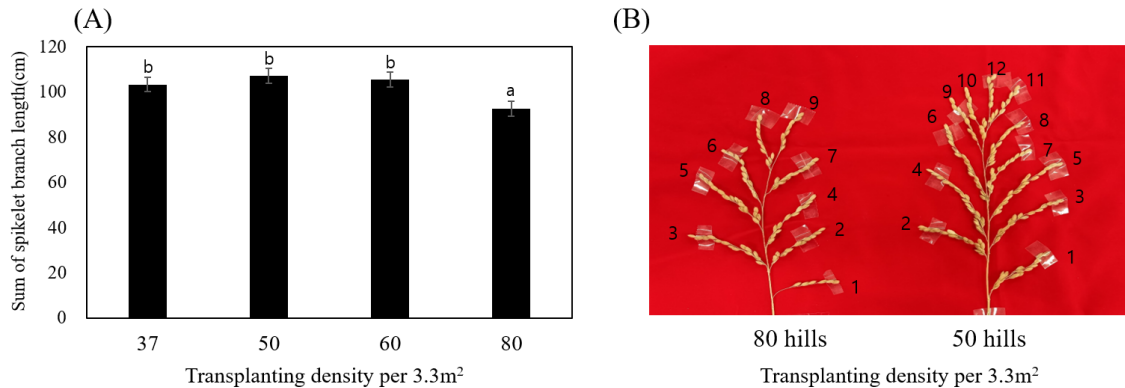


Fig. 4. Change of spikelet branch length under different transplanting density. (A) Sum of spikelet branch length (cm) and (B) the spikelet figure in 50 and 80 hills per 3.3 m². The data was means of all materials. Different letters indicate a significant difference detected using Duncan’s multiple range test ($P < 0.05$).

경 시 분얼수 증가비율의 변화와 마찬가지로 80주 재배 시 립수가 많은 품종이 재식밀도가 감소하면서 립수 증가폭이 증가하는 경향은 아닌 것으로 생각할 수 있다(Fig. 3, D-F).

분얼수 및 립수가 많은 품종이 재식밀도가 변경되어도 분얼수 및 립수가 많은 경향으로 분석할 때 드문모심기 재배 시에는 기존 80주 재배 시 분얼수가 많은 품종을 재배하는 것이 분얼수가 적은 품종에 비해 수량확보에는 유리한 것으로 판단된다. 하지만 재식밀도 감소에 따른 분얼수 증가비율 및 립수 증가비율의 결과로 판단 시 80주 이상 재배에 비해 수량이 감소되는 경향은 품종의 기존 분얼수 및 립수와는 큰 상관성이 없는 것으로 판단되어 기존 분얼수 및 립

수가 많은 품종이 절대적으로 재식밀도 변경 시 기존 80주 이양에 비해 수량확보에 유리하지는 않은 것으로 판단된다.

재식밀도에 따른 립수변화의 주요 원인을 분석하기 위해 이삭지경별 길이 변화를 분석하였다. 80주 이상 시 이삭지경의 전체 길이는 92.6 cm였으나 재식밀도가 60주 및 50주로 감소하면서 105.4 cm, 107.1 cm로 증가하는 경향이였다. 하지만 37주 이상 시 이삭지경의 길이는 50주 이상 시와 큰 차이가 없는 것으로 나타났다(Fig. 4).

이삭지경의 위치별로 지경의 길이를 분석한 결과(Fig. 5A), 80주 이상의 경우 기존 연구결과와 같이 4~6번 지경까지는 길이가 길어지다가 이후에 길이가 짧아지는 경향이

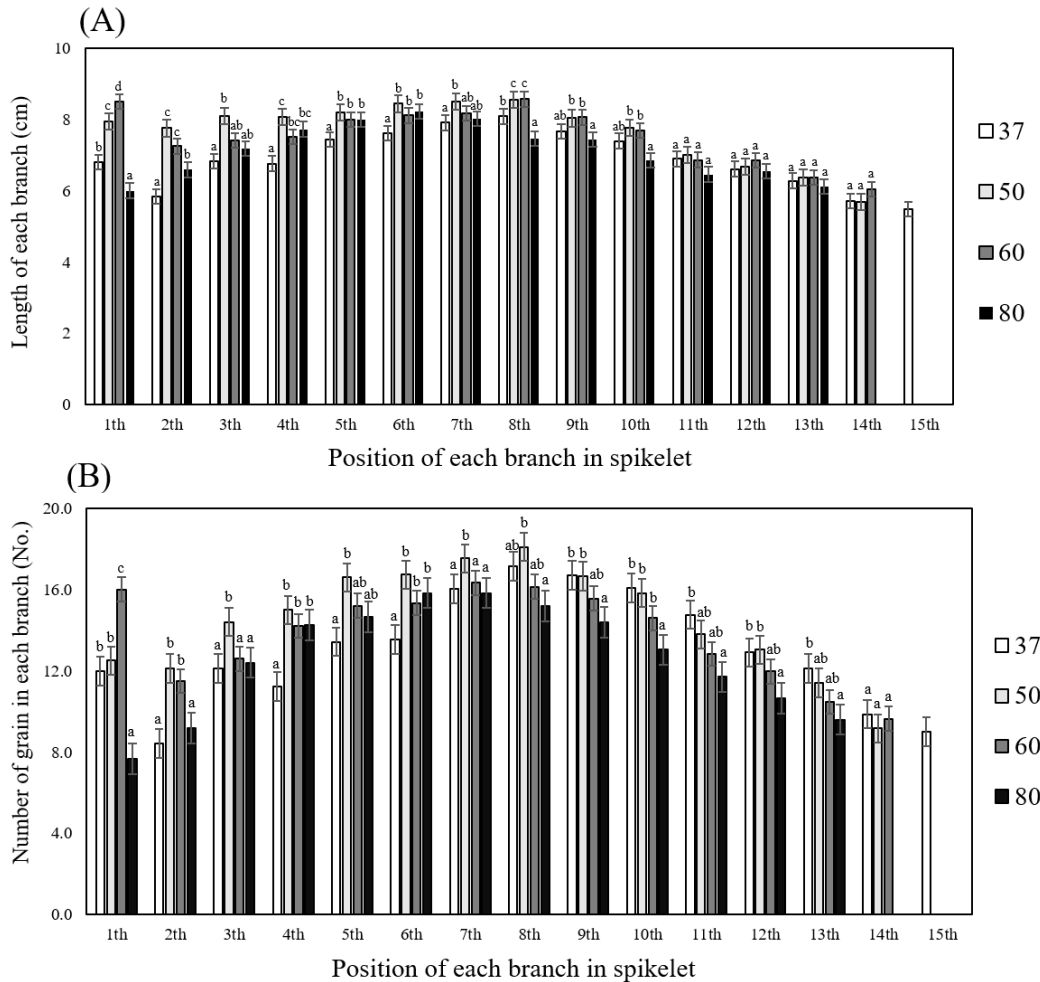


Fig. 5. Difference of (A) length and (B) grain number in each primary branch according to position of primary branch under different transplanting density. As for position number of each primary branch, the highest branch is designated as number 1. The data was means of all materials. Different letters indicate a significant difference detected using Duncan’s multiple range test ($P < 0.05$).

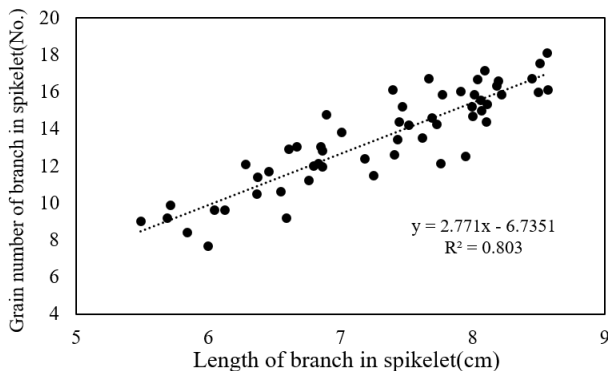


Fig. 6. The correlation of length of branch in spikelet with grain number of branch in spikelet.

었다(Kyoko *et al.*, 2004). 이에 반해 재식밀도가 낮아질 경우 8번째 지경까지 길이가 길어지다 이후 감소하는 경향이

었다. 반면 최고 길이의 지경의 위치는 전체 지경 개수의 50% 정도의 위치로 나타나 80주 이상과 유사한 경향이였다. 지경의 개수는 80주 이상의 경우 지경의 수가 13개인 반면 50주 및 60주는 14개, 37주의 경우 15개로 지경의 개수가 재식밀도가 낮아질수록 증가하는 경향이였다. 지경의 위치에 따른 립수의 변화를 분석한 결과(Fig. 5B), 립수는 재식밀도가 80주 이상인 경우 4~6번 지경까지 립수가 증가하다 이후 립수가 다소 감소하는 경향으로 기존의 연구결과와 같은 경향을 보였다(Kyoko *et al.*, 2004). 재식밀도가 낮은 경우 8번 지경까지 립수가 증가하다 감소하는 경향으로 지경의 길이 변화와 같은 경향을 보였다.

이삭지경의 길이와 지경별 립수와의 상관관계를 분석한 결과(Fig. 6), 지경길이가 길수록 지경에 달린 립수가 증가하는 경향으로 유의성이 인정되었다.

이와 같은 결과를 기반으로 판단 시 드문모심기로 재식 밀도가 낮아 지면 이삭의 길이는 크게 변화가 없지만 이삭의 지경의 개수가 증가하면서 전체적인 지경의 길이가 증가하면서 립수 또한 증가한 것으로 판단되며 드문모심기 재배 시 단위면적당 분얼수가 다소 감소하지만 이삭당 립수 증가로 단위면적당 영화수 확보에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 판단된다.

적 요

벼 품종별 재식밀도 변경 시 생육특성 변화를 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 재식밀도 변경 시 간장, 수장의 변화는 없으며 각 포기 사이의 재식거리가 10 cm 넓어질수록 포기당 분얼수는 평균 4.4개, 이삭당 립수는 평균 7.5개 증가하였다.
2. 기존 80주 이상 시 분얼수 및 립수가 많은 품종이 재식 밀도가 감소되어도 분얼수 및 립수가 많은 경향이였다.
3. 재식밀도 감소 시 분얼수 및 립수 증가비율은 기존 80주 재배 시 품종의 분얼수 및 립수와 유의한 상관관계를 나타내지 않았다.
4. 재식밀도 감소 시 이삭지경의 개수 및 길이가 증가하였으며 이 때문에 이삭당 립수가 증가한 것으로 판단된다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(국책기술개발사업, 과제번호: PJ01488601)의 지원에 의해 수행된 결과입니다.

인용문헌(REFERENCES)

Baloch, A. W., A. M. Soomro, M. A. Javed, M. Ahmad, H. R. Bughio, and M. S. Bughio. 2002. Optimum plant density for high yield in rice (*Oryza sativa* L.). *Asian Journal of Plant*

- Sciences* 1(2) : 114-116.
- Berhanu, A. A. 2017. Effect of planting density on growth, yield and yield attributes of rice (*Oryza sativa* L.). *African Journal of Agricultural Research* 12 : 2713-2721.
- Bhowmik, S. K., M. Sarkar, and F. Zaman. 2012. Effect of spacing and number of seedlings per hill on the performance of aus rice cv. NERICA1 under dry direct seeded rice system of cultivation. *Journal of The Bangladesh Agricultural University* 10 : 191-195.
- Farshid, A. A. and R. M. Hamid. 2021. Effect of planting density on growth characteristics and grain yield increase in successive cultivation of two rice cultivars. *Agrosystem, Geosciences & Environment*. <http://doi.org/10.1002/agg2.20213>.
- Hayashi, S., A. Kamoshita, and J. Yamagishi. 2006. Effect of planting density on grain yield and water productivity of rice grown in flooded and non-flooded fields in Japan. *Journal of Plant Prod. Sci.* 9(3) : 298-311.
- Jeong, N. J., K. J. Choi, J. I. Lee, W. H. Wang, and W. S. Kang. 2001. Pavement survival and related traits of weedy rice in rice cultivation in weed rice. *Korean. J. Crop Sci.* poster. pp. 141-142.
- Kanetaka, M., A. Takahashi, and S. Azuma. 2004. Transplanting culture by dense sowing and sparse planting of KOSHIHIKARI. *The Hor. Crop Sci.* 40 : 11-14.
- Korean Statistical Information Service. 2019. Agriculture, forestry and fisheries research. <http://kosis.kr>.
- Kyoko, I., S. Hidehiko, and N. Yasuo. 2004. Developmental course of inflorescence and spikelet in rice. *Breeding Science* 54 : 147-156.
- Paul, R., C. K. Fredric, K. Zacharia, F. M. Henry, M. Winfred, F. Mhenga, A. Nyarubamba, and M. Maugo. 2016. Optimizing plant spacing under the systems of rice intensification. *Agricultural Sciences* 4.
- Shon, J. Y., C. G. Lee, J. H. Kim, Y. H. Yun, W. H. Wang, and K. J. Choi. 2012. Comparisons of growth, heading and grain filling characteristics between wet hill seeding and transplanting in rice. *Korean. J. Crop Sci.* 57(2) : 151-159.
- So, C. H., J. I. Yun, Y. D. Ro, M. S. Kim, and S. H. Geon. 1995. Effect of soil temperatures on seeding emergence in direct seeding on dry paddy. *Korean. J. Crop Sci.* 40(5) : 580-586.