

조 고희점파 시 재식본수에 따른 생육 및 수량특성

정기열¹ · 박수권¹ · 강항원¹ · 조영손² · 전승호^{2,†}

Effects of Plant Number Per Hill on Growth and Yield of High Ridge Hill-Seeded Foxtail Millet (*Setaria italica* L.)

Ki-Youl Jung¹, Soo-Kwon Park¹, Hang-Won Kang¹, Young-Son Cho², and Seung-Ho Jeon^{2,†}

ABSTRACT This study was conducted to evaluate the effect of plant number per hill (PNH) on growth and yield of foxtail millet in drained paddy fields. Crop growth, development, and yield in the field were examined for 2 years to assess the efficiency of proposed cropping system. The greatest culm length of 138 and 148 cm in the first and the second year, respectively, at the harvest stage was observed in plots with one plant per hill. The greatest culm diameter of 7.79 and 7.67 mm in the first and second year, respectively, was measured in plots with one plant per hill. The greatest tiller number of foxtail millet in plots with one plant per hill was 2.9 and 2.7 in the first and the second year, respectively. However, there was no significant difference between plots with four and five plant per hill. Among the measured yield components, the spike length and seed number per spike were one plant per hill in both years. The highest grain yield of foxtail millet ($324 \text{ kg} \cdot 10\text{a}^{-1}$ and $333 \text{ kg} \cdot 10\text{a}^{-1}$ in the first and second year, respectively) was obtained from plots with two plants per hill, followed by plots one, three, four, and five plants per hill.

Keywords : foxtail millet, high ridge, plant number per hill, yield

최근 삶의 질 향상에 따라 식품의 기능이 칼로리 중심에서 기호성 및 기능성으로 확대되면서 잡곡 고유의 영양 및 건강 기능 가치에 대한 소비자의 선호도가 높아지고 있다. 지금까지 잡곡은 소득이 낮아 경제성이 적은 작물로 인식되어 왔으나, 최근 잡곡에 대한 기능가치가 발표되면서 소비자들의 선호도가 급격히 높아지고, 2007년 이후 잡곡 수요량은 69,000톤이었으며 수입량은 50,000톤으로 크게 증가하였다(MIFAFF, 2010). 또한 잡곡이 식·의약품 및 천연색소 등 산업 신소재로 용도가 다양하고 경관·환경보전 작물로도 우수하여 새로운 고부가 가치를 창출할 수 있는 녹색 성장 작물로서 산·학·연 연계를 통한 공동연구가 활발히 진행 중이다.

조(Foxtail millet, *Setaria italica* Beauvius)는 잡곡 중에서 가장 부드러운 감미를 가지며, 예로부터 젓을 잘 나오게 하는 식품으로도 널리 알려져 있다. 또한 백미에 비해 칼슘

과 비타민 B1, B2가 3배, 식이섬유 7배 그리고 철분은 10배 이상 많이 함유하고 있으며, 또한 베타알라닌, 베타카로틴, 루틴 등이 함유되어 정장(整腸), 불면증, 폐병 등의 치료약으로 쓰이며 앞으로도 기능성 농산물로서 많은 수요가 예상되고 있다(Park *et al.*, 2008; Sung & Kwon, 2011). 조는 식물학상 1년생 초본으로 요수량이 적고 수분조절 기능이 높아 한발에 매우 강하여 밀, 보리, 콩 등의 재배가 어려운 척박한 토양에서도 잘 자라는 작물로 알려져 있다(Cho *et al.*, 2001b; Kim *et al.*, 1987). 국내 생산량은 2009년 기준으로 1,360톤으로 국내 자급률이 48.5%로 다른 잡곡에 비해 20.5% 높으나 국내 소비량의 절반이상을 수입에 의존하고 있는 실정이다(MIFAFF, 2009). 우리나라 조의 10a당 평균수량은 200 kg으로 세계 평균 78 kg과 미국 150 kg에 비해 높은 수준이다. 반면 중국의 평균수량 219 kg과 체코 250 kg에 비해서는 1/2수준에 불과하다(Kim *et al.*, 2010).

¹국립식량과학원 (Department of Functional Crop, NICS, RDA, Miryang 50424, Korea)

²경남과학기술대학교 (Division of Agronomy & Medicinal Plant Resources, Gyeongnam National University of Science & Technology, Jinju 52725, Korea)

[†]Corresponding author: Seung-Ho Jeon; (Phone) +82-55-751-3697; (E-mail) skyt78@hanmail.net

<Received 6 April, 2016; Revised 18 May, 2016; Accepted 2 June, 2016>

이와 같은 단위면적당 수량성의 차이는 환경적, 지리적, 재배적 요인과 유전성에 의한 것으로 추정되지만, 아직 우리나라 실정에 알맞은 표준 재배기술이 확립되지 않아, 지역 간 생산량 차이가 크다.

일반적으로 화분과 작물은 재식본수가 적을수록 종실수량은 증가하나, 지상부 생체량이 감소되고, 반면 재식본수가 많을 경우에는 수분과 양분 공급이 불량하고, 통풍이나 통풍 등이 좋지 않아 분지수가 감소되고 도복이 쉬우며 병해충 발생이 증가하여 최종적으로 수량 감소를 초래하는 것으로 보고되고 있다(Cho *et al.*, 2001b; Cho *et al.*, 2004; Trung & Yoshida, 1985). 지금까지 제주재래수수의 재식밀도와 제주매조의 재식본수에 따른 생육, 수량 및 사료가치에 관한 연구가 보고되었으나(Cho *et al.*, 2001a; Cho *et al.*, 2004), 종실을 이용하는 조에 대해서는 재식밀도나 재식본수 등 재배적인 방법을 통한 수량증대에 관한 연구는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구는 조 고휴점과 시 재식본수에 따른 생육 및 수량특성을 구명하여 최근 건강 기능성 농산물로 각광받고 있는 조의 생산량과 자급률 향상을 위한 체계적인 재배기술을 확립하고자 수행하였다.

재료 및 방법

본 시험은 농가에서 널리 재배되고 있는 삼다찰조(Samdachal-jo)를 고휴점과 시 재식본수에 따른 생육 및 수량특성을 구명하기 위하여 2012년부터 2013년까지 2년간 경남 밀양에 위치한 시험포장(N 35° 49' 24", E 128° 74' 25")에서 수행하였다. 시험토양의 특성은 홍적층을 모재로 한 토양으로 식질계 적황색토로 덕평통(fine, mesic family of typic Hapludults)에 인위적으로 복토를 하여 조성한 사양질 토양으로 이화학적 특성은 Table 1과 같다.

조 파종은 휴림복토기를 이용하여 폭 60 cm의 두둑을 짓고 10 cm간격의 흑색유공비닐을 피복하여 6월 5일에 파종하였고, 유묘가 정착한 후 재식본수에 따라 1주당 1, 2, 3, 4 및 5본씩 남기고 솎음 처리하였다. 시험구면적은 70.2 m²로 하였으며, 완전임의 배치법으로 3반복으로 시험구를 배

치하였다. 비료사용은 10a당 질소 10, 인산 7, 가리 8 kg을 파종 전 전량 기비로 사용하였다.

수확기의 간장, 분얼 및 간경은 시험구 중간지점에서 조사하였으며, 수량 및 수량구성요소는 각 구별로 생육이 일정한 지점에서 3.3 m²를 수확하여 이삭길이, 이삭당 종실수, 천립중 및 10a당 수량을 조사하였다.

토양의 이화학성 분석은 농촌진흥청 토양 및 식물체분석법(NIAST, 2000)에 준하여 분석하였고, 토성 및 유효토심, 배수등급은 토양조사기준(USDA, 1996)에 준하여 조사하였다.

본 연구에서 얻어진 데이터의 통계분석은 SAS프로그램(V. 9.2, Cary, NC, USA)을 이용하여 분산 분석하였고, Duncan의 다중검정법(Duncan's multiple range test, DMRT)을 통해 5% 유의수준에서 처리구간 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

기상분석

2012년과 2013년 밀양지역의 기후변화는 Fig. 1과 같다. 2012년 조 생육기간 동안의 일평균기온은 22.6°C로 평년대비 0.8°C 높았고, 강우량은 942 mm로 평년대비 89 mm 많았다. 2013년에는 일평균기온이 23.8°C로 평년대비 2°C 높았으며, 강우량은 7월 초순, 8월 초순과 하순에 집중적으로 나타나 633 mm로 평년대비 220 mm 적었다. 2012년과 2013년 동안의 생육기간동안의 일평균기온은 1.2°C 차이와 평년대비 강우량도 큰 차이를 보이지 않아, 기상요인이 조의 생육 및 수량변화에 큰 영향을 미치지 않은 것으로 사료되었다.

생육특성

재식본수에 따른 조의 생육특성 조사결과는 Table 2와 같다. 간장은 1, 2년차 모두 1본 처리구에서 138, 148 cm로 5본 처리구보다 31, 25 cm 짧았으며, 재식본수가 적을수록 길어지는 경향이 뚜렷하였다. 이러한 결과는 Cho *et al.* (2001a)이 보고한 제주매조의 본수에 따른 초장의 변화에서는 3본 처리(15×15 cm)에서 가장 긴 것으로 보고하였으나, 본 연

Table 1. Chemical properties of soil before the experiment.

pH	EC	T-N	OM	Avail. P ₂ O ₅	Exch. cation			Aggregate distribution			Soil texture
					K	Ca	Mg	sand	silt	clay	
(1:5)	dS m ⁻¹	%	g kg ⁻¹	mg/kg ⁻¹	-----	cmol _c kg ⁻¹	-----	-----	%	-----	
7.02	0.25	0.23	17.8	221.4	0.82	7.61	1.85	37.3	50.3	12.4	silt loam

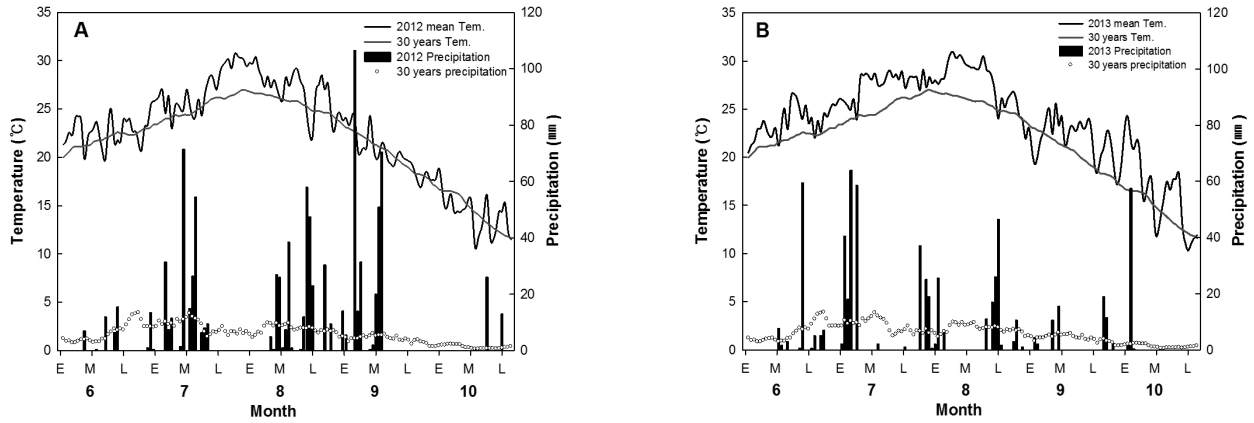


Fig. 1. Amount of precipitation and average temperature in 2012, 2013 and average year('81-'13) at the experimental field (A:2012; B:2012).

Table 2. Effects of growth characteristics by plants number per hill in foxtail millet.

Plants number per hill (no./hill)	1st year			2nd year		
	Culm		Tiller number	Culm		Tiller number
	length	diameter		length	diameter	
	cm	mm	no.	cm	mm	no.
1	138 ^{a‡}	7.79 ^a	2.9 ^a	148 ^a	7.67 ^a	2.7 ^a
2	137 ^{ab}	7.50 ^{ab}	1.9 ^b	137 ^b	6.61 ^b	1.2 ^b
3	127 ^b	6.71 ^c	1.2 ^{bc}	132 ^c	5.91 ^b	1.1 ^b
4	121 ^b	6.34 ^d	1.0 ^c	125 ^d	5.61 ^c	1.0 ^b
5	107 ^c	6.13 ^d	1.0 ^c	123 ^d	5.45 ^c	1.0 ^b

[‡]Within each sampling date, the results followed by the same letter are not significantly different according to DMRT (p<0.05).

Table 3. Effects of yield components by plants number per hill in foxtail millet.

Plants number per hill (no./hill)	1st year			2nd year		
	Spike length	Seed number per spike	1000-seed weight	Spike length	Seed number per spike	1000-seed weight
	cm	no.	g	cm	no.	mm
1	25.10 ^{a‡}	8,765 ^a	2.77 ^a	22.40 ^a	8,830 ^a	3.35 ^a
2	24.40 ^{ab}	6,454 ^b	2.64 ^{ab}	21.17 ^b	6,572 ^b	3.32 ^a
3	22.70 ^b	5,521 ^{bc}	2.26 ^b	20.43 ^b	5,795 ^{bc}	3.31 ^a
4	20.90 ^c	4,038 ^c	2.22 ^b	18.33 ^c	4,358 ^c	3.16 ^a
5	20.50 ^c	3,458 ^d	2.20 ^b	17.33 ^c	3,717 ^d	3.15 ^a

[‡]Within each sampling date, the results followed by the same letter are not significantly different according to DMRT (p<0.05).

구에서는 이와 다소 상반된 결과로서, 이는 이랑조성(60×10 cm)의 차이 때문으로 추정되나, 이에 대한 보다 추가적인 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다. 간경은 간장과 유사한 경향으로 재식본수 1본 처리구에서 7.79, 7.67 mm로 가장 굵었으며, 재식본수가 증가할수록 얇아지는 경향

이었다. 이러한 결과는 제주매조와 수수(Jeon *et al.*, 2014)에서도 비슷한 경향으로 재식본수가 증가할수록 얇아지는 것으로 보고하였다. 분얼수는 1본 처리구에서 1, 2년차 모두 2.9, 2.7개로 가장 많았고, 재식본수가 증가할수록 감소하였으며 4본과 5본 처리구에서는 변화가 없었다.

본 시험에서 조의 재식본수가 가장 적은 1본 처리구에서 간장, 초장 및 분얼수의 생육변화가 가장 크게 나타났는데, 이러한 변화는 재식본수가 증가할수록 재식밀도에 따른 개체간 수분, 양분 및 광 이용 등이 불량하였기 때문으로 사료된다(Cho *et al.*, 2001a, Masaoka & Takano, 1980).

수량구성요소 및 수량

수량구성요소를 보면 이삭장, 이삭당 종실수 및 천립중은 2년차의 천립중을 제외하고 연차간 모두 재식본수 1본 처리구에서 가장 길고, 많거나 무거웠으며, 재식본수가 적을수록 뚜렷이 증가하였다(Table 3). 이삭장은 1본과 5본 처리구에서 4.6~5.1 cm 차이가 나타났으며, 1, 2년차 모두 4와 5본 처리구간 유의성은 나타나지 않았다. 이삭당 종실수는 재식본수간 뚜렷한 차이를 보였으며 1, 2년차 모두 1본 처리구에 비해 5본 처리구에서 각각 153, 137%로 높았다. 천립중은 2년차에서는 처리구간 유의성이 없었으나, 1년차에서는 1본 처리구에서 2.77 g으로 가장 컸고, 다음으로 2본 처리구에서 2.64 g을 보였으나, 3~5본 처리구간에는 차이가 없었다. 이상의 결과로부터 조의 경우는 재식본수가 적을수록 이삭장 및 이삭당 종실중이 길거나 많아지는 것을 확인할 수 있었다.

10a당 수량은 2본 처리구에서 1년차 324 kg, 2년차 333 kg으로 이삭당 종실수 및 천립중 등 수량구성요소에서 높은 값을 보인 1본 처리구 보다 12%, 9% 증가하였는데(Fig. 2), 이러한 차이는 재식밀도가 낮아질수록 개체수가 적어져 수

량이 감소하며(Cho *et al.*, 2004), 조의 재식거리를 60×10 cm 간격으로 재배할 경우 재식본수를 2본 처리하는 것이 수량 증대에 유리하고, 종실의 품위 향상을 목적으로 재배 시에는 재식본수를 1본 처리하는 것이 적정할 것으로 사료된다. 향후 재식본수에 따른 다양한 멀칭효과와 파종시기 등에 관한 연구가 추가적으로 이루어진다면 조의 생산성 증대와 자급률 향상에 보다 크게 기여할 수 있을 것으로 보여진다.

적 요

최근 건강 기능성 농산물로 각광받고 있는 조의 생산량과 자급률 향상을 위하여 조 고휴점과 시 재식본수에 따른 생육 및 수량특성을 검토한 결과, 간장은 1, 2년차 모두 1본 처리구에서 138, 148 cm로, 가장 짧았던 5본 처리구에 비해 각각 31, 25 cm 차이를 보였으며, 재식본수가 적을수록 길어지는 경향이 뚜렷하였다. 간경은 1본 처리구에서 7.79, 7.67 mm로 굵었으며, 재식본수가 증가할수록 얇아지는 경향을 보였다. 분얼수는 1본 처리구에서 1, 2년차 모두 2.9, 2.7개로 가장 많았고, 재식본수가 증가할수록 감소하였으며 4, 5본 처리구에서는 변화가 없었다. 수량구성요소에서 이삭장과 이삭당 종실수는 연차간 재식본수가 적을수록 길고 많았으며, 그 결과 10a당 수량은 2본 처리구에서 이삭당 종실중과 천립중이 가장 높았던 1본 처리구에 비해 1년차에 12%, 2년차에 9% 높게 나타났다.

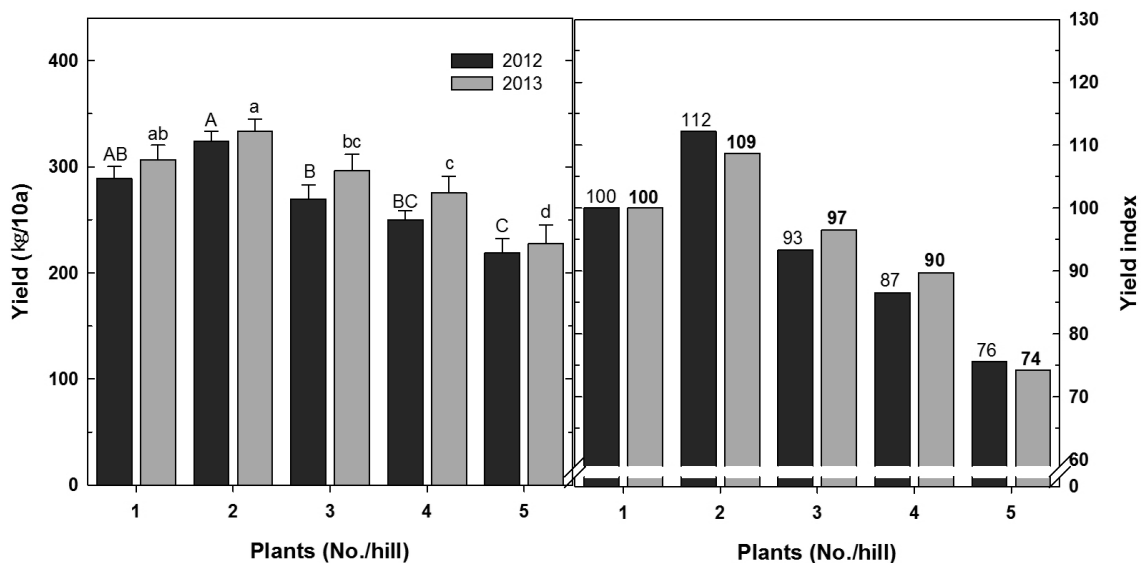


Fig. 2. Effect of yield by plants number per hill in foxtail millet. Bars having the different letters within the same cutting time are significantly different by DMRT 0.05.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(PJ01050402)의 지원에 의해 이루어진 것임.

인용문헌(REFERENCES)

- Cho, N. K., C. K. Song, I. S. Kim, Y. I. Cho, and E. K. Oh. 2001a. Effect of number of plants per hill on the major characters, forage yield and chemical composition of jeju italian millet. *J. Anim. Sci. & Technol.* 43(6) : 967-972.
- Cho, N. K., C. K. Song, B. K. Kang, Y. I. Cho, and J. B. KO. 2001b. Effect of planting density on growth characteristics, forage yield and chemical composition of Kenaf. *J. Anim. Sci. & Technol.* 43(5) : 755-762.
- Cho, N. K., Y. K. Kang, C. K. Song, Y. C. Jeun, J. S. Oh, Y. I. Cho, and S. J. Park. 2004. Effects of planting density on growth, forage yield and chemical composition of jeju native sorghum (*Sorghum bicolor* L.). *J. Korean Grass Sci.* 24(3) : 225-230.
- Jeon, S. H., Y. S. Cho, and K. Y. Jung. 2014. Responses of growth and yield by plants number in high ridge hill seeding on sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Korean J. Crop Sci.* 59(3) : 307-311.
- Kim, N. S., H. M. Seog, and Y. J. Nam. 1987. Physicochemical properties of domestic millet starches. *J. Korean Food Sci. Technol.* 19(3) : 245-249.
- Kim, S. K., T. W. Jung, Y. Y. Lee, Du. Y. Song, H. S. Yu, C. W. Lee, Y. G. Kim, J. E. Lee, C. G. Kwak, and S. K. Jong. 2010. Effect of Nursery Stage and Plug Cell Size on Growth and Yield of Waxy Corn. *Kor. J. Crop Sci.* 55(1) : 24-30.
- Masaoka, Y. K. and N. B. Takano. 1980. Studies on the digestibility of forage crops. I. Effect of plant density on the feeding value of a sorghum-sudangrass hybrid. *J. Japan Grassl. Sci.* 26(2) : 179-184.
- MIFAFF. 2009. Statistical Yearbook of Agriculture, Forestry and Fisheries.
- MIFAFF. 2010. Statistical Yearbook of Agriculture, Forestry and Fisheries.
- NIAST. 2000. Methods of soil chemical analysis. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.
- Park, C. H., G. K. Park, G. J. Jang, and Y. S. Choi. 2008. The culture and science of cereals. Kangwon University Press.
- Sung, M. H. and D. H. Kwon. 2011. The survey and analyze of circulation realities on Koeran minor cereal crops. Korea Rural Economic Institute. 145p (In Korean).
- Trung, B. C. and S. K. Yoshuda. 1985. Influence of planting density on the nitrogen and grain productivity on mungbean. *Japan J. Crop Sci.* 54(3):266-272.
- USDA. 1996. Soil Survey Laboratory Methods Manual. soil survey investigations report No. 42 version 3.0.