

조의 PE 멀칭 및 재식밀도가 생육 및 수량에 미치는 영향

전승호* · 이병진* · 전현식** · 조영손***†

*경남과학기술대학교 종자실용화 연구소, **경남과학기술대학교 농학·한약자원학부

Effects of PE Mulching and Planting Densities on Growth and Yield of Foxtail Millet (*Setaria italica* Beauvois)

Seung-Ho Jeon*, Byung-Jin Lee*, Hyun-Sik Chun** and Young-Son Cho***†

*Research Center for Seed Utilization, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 660-758, Korea

**Division of Agronomy & Medicinal Plant Resources, Gyeongnam National University of Science & Technology, Jinju 660-758, Korea

ABSTRACT This study was conducted to evaluate effects of planting densities (60×5 cm, 60×10 cm, 60×15 cm) and PE mulching (polyethylene film mulching, non-mulching) on growth and yield of foxtail millet in drained paddy field for 2 years. In PE plots, culm length, culm diameter and fresh weight were higher than control plot. Additionally, spike length, seed weight per hill and thousand seed weight were also higher in PE plot. The yield of foxtail millet were increased with 104% and 112% at PE plot. Culm diameter was highest at 60×15 cm plot with 8.90 and 8.06 mm, however, culm length was highest at 60×5 cm plot with 130, 142 cm in 1st and 2nd, respectively. Plant height was higher by the increase of planting density. As plant density decreased, that spike length and seed weight per hill were increased. Yield of planting density were highest at 60×10 cm plot 298 kg·10a⁻¹, 436 kg·10a⁻¹ yearly, respectively that it were in order of 60×10 cm plot > 60×5 cm plot > 60×15 cm plot.

Keywords : foxtail millet, planting density, mulching, yield

최근 경제성장에 따른 삶의 질 향상에 따라 식품의 기능이 칼로리 중심에서 기호성 및 기능성으로 확대되면서 잡곡의 고유 성분이 가진 영양 가치 및 건강 기능식품으로서의 가치에 대한 소비자의 선호도가 높아지고 있다. 특히 건강기능성 농산물로 잡곡이 각광을 받으면서 잡곡을 찾는 소비자가 늘어나고 있다(Sung & Kwon, 2011). 그 중에서 조

(Foxtail millet, *Setaria italica* Beauvois)는 잡곡 중에서 가장 부드러운 감미를 가지고 있으며, 예로부터 젓을 잘 나오게 하는 식품으로도 알려져 왔다. 또한 백미에 비해 칼슘, 비타민 B1, B2가 3배, 식이섬유 7배, 철분도 10배 이상 함유하고 있을 뿐만 아니라 베타알라닌, 베타카로틴, 루틴 등이 함유되어 정장(整腸), 불면증, 폐병 등의 치료약으로 쓰이며 건강 기능적으로 많이 이용되고 앞으로도 많은 수요가 예상되고 있다(Park *et al.*, 2008; Sung and Kwon, 2011). 또한 식물학적으로 조는 1년생 초본으로 요수량이 적고 수분조절 기능이 높아서 한밭에 매우 강할 뿐만 아니라 밀, 보리, 콩 등의 재배가 어려운 척박한 토양에서도 생육이 좋은 작물로 알려져 있다(Cho *et al.*, 2001; Kim *et al.*, 1987). 국내생산량은 2009년 기준으로 1,360톤으로 국내 소비 자급률 48.5%로 다른 잡곡에의 20.5% 비해 높으나 국내소비량의 절반이상을 수입에 의존하고 있는 실정이다(MIFAFF, 2009).

이처럼 우리나라 잡곡의 재배나 생산량이 적은 근본적인 이유는 수량이 낮아 경영상 불리하고, 쌀 생산 장려정책에 밀려 식량생산 분야에서 소외되어 왔고 소비자의 기호를 높일 수 없으며 농산물의 수입 자유화로 외국산 잡곡에 비해 경쟁력이 떨어지기 때문이다(Sung and Kwon, 2011). 또한, 단지 규모가 작고 원료곡 생산위주의 영농형태로 재배되고 있으며, 파종, 솟음, 제조작업, 수확 등에 인력이 많이 소요되는 수작업 의존도가 높고, 지역별 파종기, 재식밀도, 시비량, 시비기술 등 재배기술이 개발되지 않아 생산기반이 매우 취약한 실정이다. 한 예로 벼농사에 비해 지역별로 재배 특성, 재배품종, 재배법 등이 다양하고 파종기, 수확기, 탈

†Corresponding author: (Phone) +82-55-751-3221 (E-mail) yscho@gntech.ac.kr

<Received 21 February, 2014; Revised 7 March, 2014; Accepted 8 April, 2014>

곡기 등 기계화가 이루어지지 않아 노동투입시간이 콩의 4배, 벼의 7배로 높으며 기계화율은 파종이식 4.0%, 수확 12.1%로 전체적으로 20~60%에 불과한 실정이다(Yoon and Kim, 2012). 이와 같이 국내현실은 농가의 생산 규모 영세 등으로 국제 경쟁력과 소득이 낮아 재배 농가가 줄어들면서 상업적으로 이루어지 않아 안정적인 표준 재배법 등의 기초 연구가 거의 이루어져 있지 않은 실정이다.

따라서 본 연구는 건강 기능성 농산물로 각광을 받고 있으면서 수요와 재배면적이 점차 확대되고 있는 조의 생산량 증대와 자급률 향상을 위한 체계적인 재배기술을 확립하기 위한 기초자료를 얻고자 재식밀도 및 PE 멀칭에 따른 생육 및 수량에 관한 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

공시재료

본 시험은 조(cv. 황금조)를 멀칭 유무와 재식밀도에 따른 생육특성, 수량성을 분석하고 적정 재식밀도를 구명하기 위하여 2009년부터 2010년까지 경남 밀양 지역의 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 인위적으

로 복토를 하여 조성한 사양질 토양으로 이화학적 특성은 Table 1에서와 같았다.

처리방법

시험의 재배방법은 무멀칭 재배와 흑색비닐멀칭 재배를 주구로 배치하였고, 세구는 주간 3수준으로 재식밀도를 조 5, 10, 15 cm 분할구배치법(randomized split-plot design, RSPD) 3반복으로 수행하였다. 재배법은 휴림복토기를 이용하여 폭 60 cm의 두둑을 짓고 동시에 5 cm 크기로 천공된 흑색유공비닐을 피복하고 6월 5일에 파종하였고, 유묘가 정착한 후 1주 2분 솎음을 하였다. 시험구 면적은 파종시기 별 70.2 m²로 하였으며, 비료사용은 10a당 질소 10 kg, 인산 7 kg, 가리 8 kg에 해당하는 양을 각각 요소, 용성인비, 염화加里로 시비하였으며, 파종 전에 전량 기비로 하였다.

생육조사

생육조사는 시험포 중간지점에서 출수기, 간장, 경직경 등을 조사하였으며, 수량 및 수량구성요소 조사는 성숙기에 각 구별로 생육이 일정한 지점에서 3.3 m²(1.8×1.8 m)을 예취한 다음 천립중과 ha당 수량, 생초수량으로 환산하였고 건물중은 생초중에서 각각 500 g의 시료를 75℃ 통풍건조기에서 48시간 건조시켜 건물중을 조사하였다.

Table 1. Chemical properties of soil before the experiment.

pH	EC	T-N	O.M.	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

Table 2. Effects of growth characteristics by mulching and planting densities in foxtail millet.

Parameter	1st year			2nd year		
	Culm length	Culm diameter	Fresh weight	Culm length	Culm diameter	Fresh weight
	cm	mm	kg/10a	cm	mm	kg/10a
Culture methods (A)						
PE mulching	137	8.49	1469	145	7.27	2204
non-mulching	117	8.54	1211	135	7.59	1755
LSD _{0.5}	9.8	ns	100	3.5	0.3	239
Planting densities (B)						
60 × 5 cm	130	7.99	1396	142	6.83	1869
60 × 10 cm	126	8.64	1443	140	7.41	2263
60 × 15 cm	124	8.90	1187	139	8.06	1802
LSD _{0.5}	1.0	ns	123	ns	0.3	293
A × B	*	ns	ns	ns	ns	ns

*: significant at 0.05 level, **: significant at 0.01 level, ns: Not significant.

토양 화학분석은 농촌진흥청 토양 및 식물체분석법(NIAST, 2000)에 의하여 분석하였고, 토성 및 유효토심, 배수등급 등 토양조사는 토양조사기준(USDA, 1996)에 의하여 조사하였다.

결과 및 고찰

PE 멀칭과 재식밀도에 따른 생육특성

PE 멀칭에 따른 생육특성

PE 멀칭과 재식밀도에 따른 조의 생육특성을 알아보기 위해 연차간 간장, 간경 및 생체중을 비교한 것은 Table 2 과 같다. 먼저 PE 멀칭에 따른 간장에서 1년차 및 2년차 모두 PE 멀칭구에서 137 cm, 145 cm 길게 나타났으며 간경에서는 7.59 mm로 2년차 무멀칭구에서 굵게 나타났으나 1년차에서는 유의성 인정되지 않았다. 지상부생체중에서는 무멀칭보다 PE 멀칭구에서 연차간 모두 258 kg·10a⁻¹, 449 kg·10a⁻¹ 많이 나타났다. 이러한 결과는 멀칭으로 인한 잡초 생육억제 효과뿐만 아니라 양분 유실 저감을 통한 양분의 이용률 향상 그리고 수분증발량 감소 등의 다양한 효과를 통한 생육에 큰 차이가 나타나는 것으로 사료된다(Kwon and Lee, 1984; Kang, 1985; Lee et al., 1997; Kim et al., 1998; Aguyoh et al., 1999).

재식밀도에 따른 생육특성

연차간 재식밀도에 따른 생육특성에서는 간장은 2년차 통계적 유의수준은 인정되지 않는 것으로 나타났으나, 1년차에서는 재식밀도가 가장 높은 5 cm처리구에서 130 cm 가장 길었으며 10 cm처리구 > 15 cm처리구 순으로 나타났

다. 간경에서는 간장과 반대로 재식밀도가 낮을수록 굵어져 15 cm처리구에서 가장 굵은 8.90 mm, 8.06 mm로 나타났다. 이러한 결과는 기장과 진주조의 재식밀도에 대한 결과와 유사한 경향으로 나타났으며(Agdag et al., 2001; Audrey et al., 2011), 위의 결과는 개체간 광 경합이 심했던 결과로 사료된다(Park. et al., 1989; Modarres et al, 1998). 지상부 생체중 변화는 10 cm 처리구에서 1443, 2263 kg·10a⁻¹으로 다른 재식밀도보다 유의적으로 높았으며 재식밀도가 낮은 15 cm처리구보다 21.6, 25.6% 높은 값이 나타났다.

멀칭유무와 재식밀도에 따른 수량

PE 멀칭에 따른 수량

수량구성요소를 보면 이삭장과 종실중에서 PE 멀칭구에서 각각 1년차와 2년차에 유의성 차이가 있는 것으로 나타났(Table 3). 이삭장에서 17.3 cm로 1년차에서는 0.1 cm, 2년차에서 유의성이 나타나지 않았으며 이삭당 종실중에서는 2년차에서 1.1 g 많은 11.2 g으로 PE 멀칭구가 무겁게 나타났다. 천립중에서는 통계적 유의성이 인정되지 않았다. 종실수량에서는 PE 멀칭구에서 294 kg·10a⁻¹, 442 kg·10a⁻¹ 높은 수량을 보였으며 무멀칭구에 비해 3.5%, 11.6% 더 높은 수량지수가 나타났(Fig. 1). 이러한 결과는 멀칭의 수분증발량 감소 및 양분 이용률 향상의 긍정적인 효과로 인한 것으로 사료된다(Kwon and Lee, 1984; Kang, 1985; Lee et al., 1997; Kim et al., 1998; Aguyoh et al., 1999).

재식밀도에 따른 수량

재식밀도에 따른 이삭장과 이삭당 종실중에서는 1·2년차 모두 재식밀도 낮을수록 길거나 무겁게 나타났으며 천립

Table 3. Effects of yield components by mulching and planting densities in foxtail millet.

Parameter	1st year			2nd year		
	Spike length	Seed weight per hill	1000-seed weight	Spike length	Seed weight per hill	1000-seed weight
	cm g		cm g	
Culture methods (A)						
PE mulching	17.3	16.9	3.2	21.7	11.2	2.9
non-mulching	17.2	16.2	3.2	20.8	10.0	2.9
LSD _{0.5}	0.4	ns	ns	ns	1.4	ns
Planting densities (B)						
60 × 5cm	16.7	14.6	3.1	19.6	8.0	2.9
60 × 10cm	17.5	17.0	3.2	21.0	10.8	2.9
60 × 15cm	17.5	18.0	3.2	23.2	12.9	2.9
LSD _{0.5}	0.5	1.6	ns	1.6	1.7	ns
A × B	**	ns	ns	ns	ns	ns

*: significant at 0.05 level, **: significant at 0.01 level, ns: not significant.

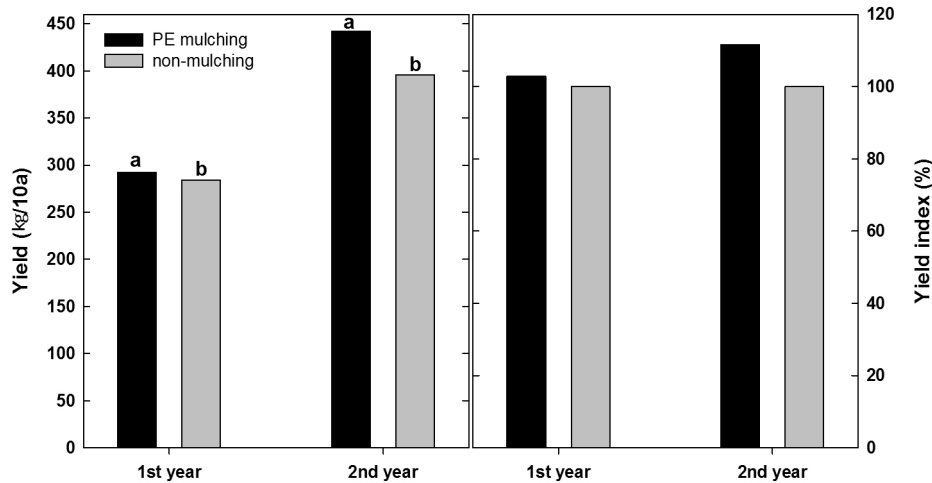


Fig. 1. Effect of mulching on yield of foxtail millet. Bars having the different letters within the same cutting time are significantly different by LSD 0.05.

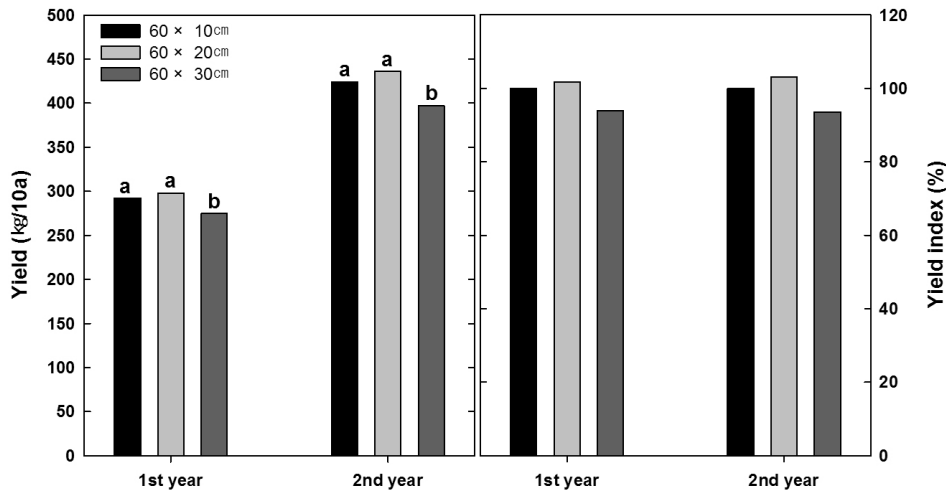


Fig. 2. Effect of planting densities on yield of foxtail millet. Bars having the different letters within the same cutting time are significantly different by LSD 0.05.

중에서는 처리간 유의성 인정되지 않는 것으로 나타났다. 재식밀도가 가장 낮은 15 cm처리구에서 이삭장은 연차간 17.5 cm, 23.2 cm로 가장 길게 나타났으며 이삭당 종실중에서도 18.0 g, 12.9 g으로 가장 무겁게 나타났다. 특히, 재식밀도가 높은 5 cm처리구는 재식밀도가 낮은 15 cm처리구 대비 이삭장은 4.8~18.4%, 이삭당 종실중은 23.3~61.1%로 큰 차이가 나타났으나 10 cm처리구에서는 이삭장은 0~10.5%, 이삭당 종실중은 5.9~19.4%로 적은 차이가 나타났다.

종실수량에서는 연차간 모두 10 cm처리구 298 kg·10a⁻¹, 436 kg·10a⁻¹으로 수량구성요소에서 높은 값을 보인 15 cm처리구 보다 8.4%, 9.8% 높은 것으로 나타났으며 이러한

차이를 보이는 것은 재식밀도가 낮아질수록 개체 수가 적어져서 수량이 낮아지는 것(Cho *et al.*, 2004)으로 조의 재식거리는 이랑 60 cm와 주간 10 cm 간격으로 재배하는 것이 적정할 것으로 사료된다.

적 요

본 연구에서는 조의 생산량 증대와 자급률 향상을 위한 체계적인 재배기술을 확립하기 위한 기초자료를 얻고자 재식밀도 및 PE 멀칭에 따른 생육 및 수량에 미치는 영향을 알아보았다.

1. PE 멀칭에 따른 간장에서 1년차 및 2년차 모두 PE 멀칭구에서 137 cm, 145 cm 길게 나타났으며 지상부생체중에서도 PE 멀칭구에서 높은 유의성을 보이며 무겁게 나타났다. 간경에서는 7.59 mm로 2년차 무멀칭구에서 굵게 나타났다.
2. 재식밀도에 따른 간장은 재식밀도가 가장 높은 5 cm처리구에서 130 cm 가장 길었으며 10 cm처리구 > 15 cm처리구 순으로 나타났으나, 간경에서는 간장과 반대로 재식밀도가 낮을수록 굵어지는 것으로 나타났다. 지상부생체중은 10 cm처리구에서 1443, 2263 kg·10a⁻¹으로 높은 값이 나타났다.
3. 수량구성요소를 보면 이삭장, 종실중 및 천립중 연차간 모두 PE 멀칭구에서 길거나 무겁게 나타났으며 유의성 차이가 있는 것으로 나타났으며 재식밀도에서는 이삭장 및 이삭당 종실중에서 재식밀도 낮을수록 길거나 무겁게 나타났다. 그러나 수량에서는 연차간 모두 10 cm처리구에서 298 kg 10a⁻¹, 436 kg 10a⁻¹으로 가장 높게 나타났다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ009281) “조, 수수, 기장 논 재배시 생산성 증대를 위한 토양조건별 답전윤환 재배기술 개발”의 지원에 의해 이루어진 것임.

인용문헌(REFERENCES)

- Agdag, M., L. Nelson, D. Baltensperger, D. Lyon, and S. Kachman. 2001. Row spacing affects grain yield and other agronomic characters of proso millet. *Commun. Soil Sci. Plant Analysis*. 32(13&14) : 2021-2032.
- Audrey, B., V. Anne, S. Philippe, and B. Gilles. 2011. Yield and composition of sweet pearl millet as affected by row spacing and seeding rate. *Agronomy Journal*. 103(4) : 995-1001.
- Aguyoh, J., H. G. Taber, and V. Lawson. 1999. Maturity of fresh-market sweet corn with direct-seeded plant, transplants, clear plastic mulch, and nowcover combination. *Hort. Technology*. 9 : 420-425.
- Cho, N. K., C. K. Song, I. S. Kim, Y. I. Cho, and E. K. Oh. 2001. 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., 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.
- Kang, Y. K. 1985. Effects of polyethylene mulches on soil physical properties and development and yield of crops. *Subtrop. Agric. Cheju. Nat. Univ.* 2 : 23-94.
- Kim, N. S., H. M. Seog, and Y. J. Nam. 1987. Physico-chemical properties of domestic millet starches. *J. Korean Food Sci. Technol.* 19(3) : 245-249.
- Kim, S. J., K. J. Park, B. G. Kim, S. D. Park, and B. S. Choi. 1998. Effect of vinyl mulching on growth and quality of peony (*Paeonia lactiflora* P.). *RDA. J. Indus Crop. Sci.* 40(1) : 23-28.
- Kwon, O. D. and J. M. Lee. 1984. Effect of different mulching on the growth, pod yield and nodule development in 3 snapbean cultivars. *J. Korean Soc. Hort. Sci.* 25 : 212-217.
- Lee, J. N., J. T. Lee, S. W. Jang, W. B. Kim, Y. H. Om, and H. Y. Par. 1997. Growth and yield of muskmelon (*Cucumis melo*) by the different mulches under rainshelter in alpine area. *RDA. J. Hort. Sci.* 39(2) : 49-55.
- MIFAFF. 2009. Statistical Yearbook of Agriculture, Forestry and Fisheries.
- NIAS. 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)
- USDA. 1996. Soil Survey Laboratory Methods Manual. soil survey investigations report No. 42 version 3.0.
- Yoon, J. H. and K. Y. Kim. 2012. Policy for promotion of agricultural mechanization and technology development. Northern Agriculture Research Institute.