

기장의 PE 멀칭과 재식밀도가 생육 및 수량에 미치는 영향

정기열*** · 조수민*** · 강항원*** · 조영손*** · 윤동경** · 전승호*†

*경남과학기술대학교 종자실용화 연구소, **경남과학기술대학교 농학·한약자원학부, ***국립식량과학원 남부작물부

Effects of Polyethylene Film Mulching and Planting Densities on Growth and Yield of Proso Millet (*Panicum miliaceum* L.)

Ki-Youl Jung***, Su-Min Jo***, Hang-Won Kang***, Young-Son Cho***, Dong-Kyung Yoon**, and Seung-Ho Jeon*†

*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

***Department of Southern Area Crop Science, NICS, RDA, Miryang 627-803, Korea

ABSTRACT This study was conducted to evaluate effects of planting densities (60×10 cm, 60×15 cm, 60×20 cm) and PE mulching (polyethylene film mulching, non-mulching) on growth and yield of proso millet in drained paddy field for 2 years. In PE plots, culm length, culm diameter and fresh weight were higher than non-mulching plot. Additionally, spike length and seed weight per hill were also higher in PE plot but thousand seed weight was weightier in non-mulching plot. The yield of proso millet were increased with 10.0% and 15.5% at PE plot in 1st and 2nd, respectively. Culm diameter was thickest at 60×20 cm plot with 8.43 mm in 2nd however, culm length was longest at 60×10 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 60×15 cm plot 265 kg·10a⁻¹, 253 kg·10a⁻¹ yearly, respectively that it were in order of 60×15 cm plot > 60×10 cm plot > 60×20 cm plot.

Keywords : proso 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 소비자

가 늘어나고 있다(Sung and Kwon, 2011). 그 중 기장(Proso millet, *Panicum miliaceum* L.)은 외떡잎식물 벼목 화본과의 한해살이풀로 지중해·티카·인도 중부·동아시아에 이르는 지방이 원산지로서 알려져 있다(Roxburgh, 1932). 우리나라에서 주로 재배되고 있는 기장은 Common millet (*Panicum miliaceum* L.)으로 중국·일본·인도에서 많이 재배되고 있다(Yoon *et al.*, 2008). 주성분은 당질이고 쌀에 비해 소화율은 떨어지나 단백질, 지방질, 비타민 A 등이 풍부하고 떡을 만들면 소화율이 향상되며 특히, 다른 Millet 종류에 비하여 단백질 및 무기성분 함량이 다소 높은 편이며 개간지 및 척박지, 가뭄에 적응성이 매우 높고 불량환경에도 잘 적응하는 특성을 가지고 있다(Ha and Lee, 2001; Park *et al.*, 1999). 또한, 잡곡 중에서도 생육기간이 매우 짧은 작물로 파종 후 수확까지 70일에서 110일 정도면 마칠 수 있어 윤작체계에 포함시켜 이용하기 쉽고, 생육에 적당하지 않은 계절은 피해가며 재배할 수 있는 이점이 있다(Cho *et al.*, 2001; Sung and Kwon, 2011). 국내생산량은 정확한 통계자료는 없으나, 매년 14,000 톤 정도가 식용으로 수입되고 있으며, 재배지역은 제주도와 남부해안에서는 어느 정도의 규모화가 이루어진 지역도 있다(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,

†Corresponding author: (Phone) +82-55-751-3697 (E-mail) skyt78@hanmail.net

<Received 16 February, 2015; Revised 28 April, 2015; Accepted 7 May, 2015>

단지 규모가 작고 원료곡 생산위주의 영농형태로 재배되고 있으며, 파종, 솟음, 제조작업, 수확 등에 인력이 많이 소요 되는 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, 탈곡기 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 이루어지지 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 기장의 생산량 증대와 자급률 향상을 위한 체계적인 재배기술을 확립하기 위한 기초자료를 얻고자 재식밀도와 PE 멀칭에 따른 생육 및 수량에 관한 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

공시재료

본 시험은 기장(cv. 황금기장)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 식질계 적황색토로 덕평통(fine, mesic family of Typic Hapludults)에 인위적으로 복토를 하여 조성한 사양질 토양이었다. 시험토양은 모래 37.3%, 미사 50.3%, 점토 12.4%의 미사질양토로 pH 7.02의 중성으로 생육에 적합한 범위에 있었으며, 유기물은 17.8 g kg⁻¹로 적정범위(30~150 g kg⁻¹) 보다 낮았으며 유효인산은 221.4 mg kg⁻¹로 다소 높은 토양 이었다(Table 1).

처리방법

시험의 재배방법은 무멀칭 재배와 흑색비닐멀칭 재배를 주구로 배치하였고, 세구는 주간 3수준으로 재식밀도를 기장

10, 15, 20 cm 분할구배치법(randomized split-plot design, RSPD) 3반복으로 수행하였다. 재배법은 휴립복토기를 이용하여 폭 60 cm의 두둑을 짓고 동시에 5 cm 크기로 천공된 흑색유공비닐을 피복하고 6월 5일에 파종하였고, 유묘가 정착한 후 1주 2분 솟음을 하였다. 시험구 면적은 파종시기별 70.2 m²로 하였으며, 비료사용은 10a당 질소 10 kg, 인산 7 kg, 가리 8 kg에 해당하는 양을 각각 요소, 용성인비, 염화가리를 파종 전에 전량 밑거름으로 시비하였다.

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°C 통풍건조기에서 48시간 건조시켜 건물중을 조사하였다.

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 멀칭에 따른 생육특성

PE 멀칭과 재식밀도에 따른 기장의 생육특성을 알아보기 위해 연차간 간장, 간경 및 생체중을 비교한 것은 Table 2와 같다. 먼저 PE 멀칭 유무에 따른 간장에서 1년차 PE 멀칭구에서 138 cm로 17 cm 길게 나타났으며, 간경에서는 8.33 mm로 2년차 PE 멀칭구에서 굵게 나타났으나 1년차에서는 유의성 인정되지 않았다. 지상부생체중에서는 무멀칭구보다 PE 멀칭구에서 연차간 모두 37.7%, 9.0% 많이 나타났다. Kim (2013)이 보고한 PE 멀칭 유무에 따른 기장의 간장변화에서는 유의성이 없는 것으로 보고되었으나, 조와 수수의 경우 PE 멀칭에 따른 간장의 변화는 위의 결과와 유사한 경향으로 나타났다(Jeon *et al.*, 2014a; Jeon *et al.*, 2014b). 이러한 결과는 멀칭으로 인한 잡초 생육억제 효과 뿐만 아니라 양분 유실 저감을 통한 양분의 이용률 향상, 수

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

분증발량 감소 그리고 토양물리성의 향상 등의 다양한 영향에 의해 생육에 큰 차이가 나타나는 것으로 사료된다(Aguyoh *et al.*, 1999; Jensen, 1988; Kang, 1985; Kim *et al.*, 1998; Kwon and Lee, 1984; Lee *et al.*, 1997).

재식밀도에 따른 생육특성

연차간 재식밀도에 따른 생육특성에서 간장은 1, 2년차 모두 재식밀도가 높은 10 cm 처리구에서 130, 142 cm로 가장 길게 나타났으며 재식밀도별 뚜렷한 차이를 보였다(Table 2). 간경에서는 1년차는 통계적 유의수준은 인정되지 않는

것으로 나타났으나, 2년차에서는 간장과 반대로 재식밀도가 가장 낮은 20 cm처리구에서 가장 굵은 8.43 mm로 나타났다. 이러한 결과는 진주조, 수수 및 기장의 재식밀도에 대한 결과와 유사한 경향으로 나타났으며(Agdag *et al.*, 2001; Audrey *et al.*, 2011; Jeon *et al.*, 2014a; Jeon *et al.*, 2014b), 위의 결과는 개체간 광 경합이 심했던 결과로 사료된다(Park *et al.*, 1989; Modarres *et al.*, 1998). 지상부생체중 변화는 15cm 처리구에서 연차간 모두 1,187, 1,395 kg·10a⁻¹으로 다른 재식밀도보다 유의적으로 높았으며 지상부 생체중이 가장 낮은 10 cm처리구보다 10.9, 11.9% 높은 값이 나타났다.

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

Parameter	1st year			2nd year		
	Culm length cm	Culm diameter mm	Fresh weight kg/10a	Culm length cm	Culm diameter mm	Fresh weight kg/10a
Culture methods (A)						
PE mulching	138	9.29	1406	135	8.33	1355
non-mulching	121	9.21	1021	131	7.55	1242
LSD _{0.5}	3	ns	119	ns	0.52	109
Planting densities (B)						
60 × 10 cm	130	8.88	1070	142	7.49	1253
60 × 15 cm	128	9.28	1187	130	7.91	1395
60 × 20 cm	125	9.59	1085	127	8.43	1247
LSD _{0.5}	2	ns	39	5	0.64	134
A × B	ns	ns	ns	*	ns	ns

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

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

Parameter	1st year			2nd year		
	Spike length cm	Seed weight per hill g	1000-seed weight g	Spike length cm	Seed weight per hill g	1000-seed weight g
Culture methods (A)						
PE mulching	34.1	8.43	5.75	40.7	7.33	5.08
non-mulching	28.4	8.31	5.75	35.8	6.75	5.35
LSD _{0.5}	1.4	ns	ns	2.0	0.42	0.11
Planting densities (B)						
60 × 10 cm	29.7	7.48	5.78	31.0	6.63	5.19
60 × 15 cm	31.0	8.76	5.74	36.3	6.84	5.21
60 × 20 cm	33.0	8.87	5.74	38.6	7.64	5.26
LSD _{0.5}	1.7	0.58	ns	3.3	0.52	ns
A × B	ns	*	ns	ns	ns	*

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

PE 멀칭에 따른 수량

수량구성요소를 보면 이삭장과 종실중은 PE 멀칭구에서 각각 1년차와 2년차에 유의성 차이가 있는 것으로 나타났다(Table 3). 이삭장은 PE 멀칭구에서 34.1, 40.7 cm로 무멀칭구 대비 20.1, 13.7% 더 긴 것으로 나타났다. 종실중 및 천립중은 1년차에서는 유의성이 나타나지 않았으나 종실중 2년차에서는 PE 멀칭구에서 무멀칭구 대비 8.6% 더 무겁게 나타났으며, 천립중에선 무멀칭구에서 5.3% 더 무겁게 나타났다. 이러한 결과로 인하여 종실수량에서는 1·2년차 모두 뚜렷한 차이를 보였으며 1년차에서는 PE 멀칭구에서 305 kg·10a⁻¹, 2년차에서는 242 kg·10a⁻¹으로 무멀칭구 대비 52.5, 5.8% 더 높은 수량지수가 나타났다(Fig. 1). 이러한 결과는 수수와 조의 멀칭처리에서도 유사한 결과를 보였으며(Jeon *et al.*, 2014a; Jeon *et al.*, 2014b), 멀칭의 수분증발량 감소 및 양분 이용률 향상의 긍정적인 효과에 의한 것으로 사료된다(Kwon and Lee, 1984; Kang, 1985; Lee *et al.*, 1997; Kim *et al.*, 1998; Aguyoh *et al.*, 1999).

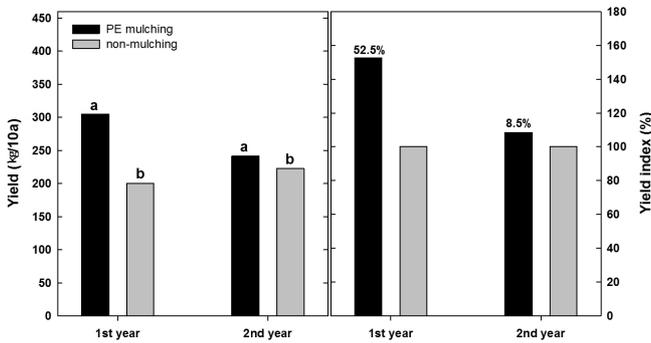


Fig. 1. Effect of mulching on yield of proso millet. Bars having the different letters within the same cutting time are significantly different by LSD 0.05.

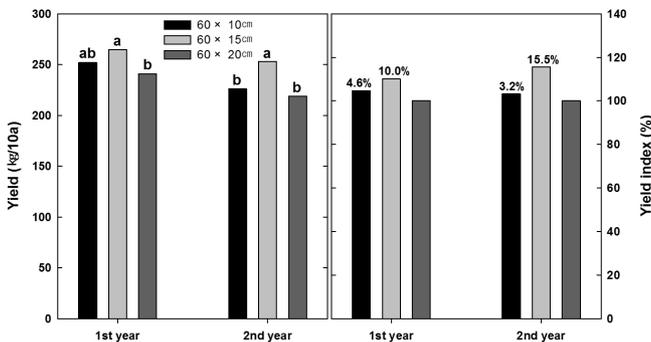


Fig. 2. Effect of planting densities on yield of proso millet. Bars having the different letters within the same cutting time are significantly different by LSD 0.05.

재식밀도에 따른 수량

재식밀도에 따른 이삭장과 이삭당 종실중에서는 1·2년차 모두 재식밀도 낮을수록 길거나 무겁게 나타났으며 천립중에서는 처리간 유의성 인정되지 않는 것으로 나타났다(Table 3). 재식밀도가 가장 낮은 20 cm처리구에서 이삭장은 연차간 33.0, 38.6 cm로 가장 길게 나타났으며 이삭당 종실중에서도 8.87, 7.64 g으로 가장 무겁게 나타났다. 특히, 재식밀도가 높은 10 cm처리구는 재식밀도가 낮은 20 cm처리구 대비 이삭장은 11.1, 24.5%, 이삭당 종실중은 18.6, 15.2%로 큰 차이가 나타났으나 15 cm처리구에서는 이삭장은 4.3, 17.1%, 이삭당 종실중은 1.3, 3.2%로 적은 차이가 나타났다.

종실수량에서는 연차간 모두 15 cm처리구 265 kg·10a⁻¹, 253 kg·10a⁻¹으로 수량구성요소에서 높은 값을 보인 20 cm처리구 보다 10.0, 15.5% 높은 것으로 나타났으며 이러한 차이를 보이는 것은 재식밀도가 낮아질수록 개체 수가 적어져서 수량이 변화하는 것(Cho *et al.*, 2004)으로 기장의 재식거리는 이랑 60 cm와 주간 15 cm 간격으로 재배하는 것이 적절할 것으로 사료된다.

기장의 안정적인 생산에 있어 재식밀도 뿐만 아니라, 지역별 최적 파종기 및 품종 선별, 시비기술 등 재배기술이 개발되지 않아 생산기반이 매우 취약한 실정이며 특히 기계화율을 높일 수 있는 재배기술에 대한 연구가 시급히 이루어져야 할 것으로 사료된다.

적 요

본 연구는 건강 기능성 농산물로 각광을 받고 있으면서 수요와 재배면적이 점차 확대되고 있는 기장의 생산량 증대와 자급률 향상을 위한 체계적인 재배기술을 확립하기 위한 기초자료를 얻고자 재식밀도와 PE 멀칭에 따른 생육 및 수량에 미치는 영향을 알아보았다.

1. PE 멀칭에 따른 간장은 1년차 PE 멀칭구에서 138 cm로 17 cm 길게 나타났으며, 간경은 8.33 mm로 2년차 PE 멀칭구에서 굵게 나타났고 지상부생체중은 무멀칭구보다 PE 멀칭구에서 연차간 모두 37.7%, 9.0% 많이 나타났다.
2. 연차간 재식밀도에 따른 생육특성에서 간장은 1, 2년차 모두 재식밀도가 높은 10 cm처리구에서 130, 142 cm로 가장 길게 나타났으며 재식밀도별 뚜렷한 차이를 보였다. 간경은 2년차에서는 간장과 반대로 재식밀도가 가장 낮은 20 cm처리구에서 가장 굵은 8.43 mm로 나타났다.

3. 이삭장은 PE 멀칭구에서 34.1, 40.7 cm로 무멀칭구 대비 20.1, 13.7% 더 긴 것으로 나타났다. 종실중 2년차에서는 PE 멀칭구에서 무멀칭구 대비 8.6% 더 무겁게 나타났으며, 천립중에선 무멀칭구에서 5.3% 더 무겁게 나타났다. 종실수량은 1·2년차 모두 뚜렷한 차이를 보였으며 1년차에서는 PE 멀칭구에서 305 kg·10a⁻¹, 2년차에서는 242 kg·10a⁻¹으로 나타났다.
4. 재식밀도에 따른 이삭장과 이삭당 종실중은 1·2년차 모두 재식밀도 낮을수록 길거나 무겁게 나타났으며 종실수량은 연차간 모두 15 cm처리구에서 265 kg·10a⁻¹, 253 kg·10a⁻¹으로 수량구성요소에서 높은 값을 보인 20cm처리구 보다 10.0, 15.5% 높은 것으로 나타났다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(과제번호 : PJ01050402)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.
- Ha, Y. D. and S. P. Lee. 2001. Characteristic of proteins in Italian millet, sorghum and common millet. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.* 8 : 182-192.
- Jensen, M. H. 1988. The achievements on the use of plastic in agriculture. International seminar on the utilization of the plastics in agriculture. Food & Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific Region & Rural Development Administration of Korea. pp. 1-17.
- Jeon, S. H., H. S. Chun, Y. S. Cho, and K. Y. Jung. 2014a. Effects of Mulching and planting densities on growth and yield of sorghum (*Sorghum bicolor* L.). *Korean J. Int. Agric.* 26(4) : 491-495.
- Jeon, S. H., B. J. Lee, H. S. Chun, and Y. S. Cho. 2014b. Effects of Mulching and planting densities on growth and yield of foxtail millet (*Setaria italica* Beauvois). *Korean J. Crop Sci.* 59(2) : 162-166.
- 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, T. Y. 2013. Growth and yield characteristics of foxtail millet, proso millet and sorghum according to sowing date in middle area in Korea. Department of Bioresource Sciences Dankook University.
- 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.
- Modarres, A. M., R. I. Hamilton, M. Dijak, L. M. Dwyer, D. W. Stewart, D. E. Mather, and D. L. Smith. 1998. Plant population density effects on *maze inbred* line grown in short-season environments. *Crop Sci.* 38(1) : 104-108.
- NIASST. 2000. Methods of soil chemical analysis. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.
- Park, H. S., M. S. Ko, J. T. Kim, K. W. Oh, and S. B. Pae. 1999. Agronomic characteristics of common millet (*Panicum miliaceum* L.) varieties. *Korean J. Breed.* 31(4) : 428-433.
- Park, K. Y., Y. K. Kang, S. U. Park, and H. G. Moon. 1989. Effects of planting density and tiller removal on growth and yield of sweet corn hybrids. *Kor. J. Crop Sci.* 34(2) : 192-197.
- Roxburgh, W. 1932. Flora India or description of Indian plants. 2 : 96-105.
- Sung, M. H. and D. H. Kwon. 2011. The survey and analyze of circulation realities on Koeran minor cereal crops. Korea Rural Economic Institute. p. 145 (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.
- Yoon, S. T., Z. Y. Xu, S. M. Kim, and C. Y. Kim. 2008. Agronomic characteristics of common millet germplasm. *Korean J. Crop Sci.* 53(4) : 394-400.