

직립형 팥의 넓은이랑 줄뿌림 재배시 재식밀도에 따른 생육 및 수량특성

정기열¹ · 최영대² · 전현정² · 이상훈² · 전승호^{3,†}

Effects of Planting Density on Growth and Yield in Wide-Row Drill Seeding of Upright Type Adzuki Beans (*Vigna angularis* (Willd.) Ohwi Ohashi)

Ki-Youl Jung¹, Young-Dae Choi², Hyen-Chung Chun², Sang-Hun Lee², and Seung-Ho Jeon^{3,†}

ABSTRACT The goal of this study was to examine the growth and yield according to planting density in wide-row drill seeding cultivation suitable for mechanized harvesting. We evaluated effects depending on planting densities [row spacing (30, 40, 50, and 60 cm) and plant spacing (10, 15, and 20 cm)] and cultivars ('Hongeon' and 'Arari') on growth and yield of Adzuki Beans (*Vigna angularis* (Willd.) Ohwi Ohashi). When row spacing decreased, the stem length increased in 'Arari' but decreased in 'Hongeon.' The stem diameter and number of branches in both the cultivars decreased with a decrease in row spacing. The pod height increased with lower planting densities. The greatest height values recorded in 'Hongeon' and 'Arari' were 5.0 cm and 8.8 cm in 30 × 10 cm and 50 × 10 cm treatments, respectively. The number of pods and number of seeds in both cultivars tended to increase with a decrease in planting density. On the other hand, in 100-seed weight, there was a difference in planting density in 'Hongeon', but no difference in 'Arari'. The highest yield was at the planting density of 40×15 cm in both 'Hongeon' and 'Arari', 285 kg · 10a⁻¹ and 374 kg · 10a⁻¹.

Keywords : azuki bean, drill seeding, row spacing, seeding rate

팥(*Vigna angularis* var. *Nipponensis*)은 동아시아 지역 그 중에서도 한국, 일본, 중국 지역에서 가장 오래된 두과작물 중에 하나이며, 단백질을 공급하는 주요식량자원으로 콩 다음으로 널리 이용되고 있다(Sacks, 1977). 팥은 단백질과 지방질 함량이 낮고 탄수화물이 높은 두류로 구성 성분의 대부분은 전분으로 이루어져 있다(Koh *et al.*, 1997). 탄수화물은 약 50%, 단백질이 약 20% 함유되어 있으며, 이 단백질 함량은 두류 중에서는 중간 정도의 함량이고, 이중 80%는 글로불린이다. 글로불린 단백질 중 대부분이 glycine 이며 valine을 제외한 필수 아미노산이 풍부하다(Hwang *et al.*, 2005). 또한, 팥은 열량이 낮아 다이어트 식품으로 각광을 받고 있으며(Thomson *et al.*, 2012), 팥의 식이섬유(5 g/100

g)는 장운동을 도와 변비 해소에도 좋다(Kim *et al.*, 2003). 팥의 색소는 anthocyanin 계의 cyanidin으로 알려져 있으며(Yoshida *et al.*, 1996), 이들 색소는 항산화(Arigo *et al.*, 1988) 및 항종양 효과(Koide *et al.*, 1997)가 나타내는 것으로 보고되었다. 재배적인 측면에서는 콩에 비하여 수량이 낮으나, 기후 및 토양에 적응성이 양호하여 작부체계에 유용하게 이용될 수 있다(Rho *et al.*, 2003).

이처럼 팥은 경제성장에 따른 삶의 질 향상과 건강 기능성 대한 소비자의 선호도가 높아지면서 우리나라 팥재배 면적은 2016년 현재 재배면적 3,505 ha에서 4,028 ton이 생산되어 콩 다음으로 재배면적이 큰 두과작물이다(MAFRARK, 2017). 이러한 팥의 관행 수작업은 인력으로 예취작업을 한

¹국립식량과학원 남부작물부 농업연구관 (Senior Researcher, Department of Southern Area Crop Science, NICS, RDA, Milyang 50424, Republic of Korea)

²국립식량과학원 남부작물부 농업연구사 (Researcher, Department of Southern Area Crop Science, NICS, RDA, Milyang 50424, Republic of Korea)

³순천대학교 생명산업과학대학 웰빙자원학과 교수 (Professor, Department of Well-being Resources, College of Life Science and Natural Resources, Suncheon National University, Suncheon 57922, Republic of Korea)

†Corresponding author: Seung-Ho Jeon; (Phone) +82-61-750-3211; (E-mail) shjeon@senu.ac.kr

<Received 21 September, 2018; Revised 5 December, 2018; Accepted 6 December, 2018>

후, 약 3~4일 정도 포장에서 건조시킨 다음 인력 중심의 탈곡기, 선별, 정선기로 탈곡, 선별·정선 작업을 수행하고 있는데 노동력이 많이 소요되어(Choi & Yoo, 2017) 생산비 절감을 위한 기계화에 적합한 재배양식 표준화 기술개발이 필요한 실정이다(Jung *et al.*, 2015).

따라서 본 연구는 건강 기능성 팔에 대한 소비자의 선호도가 높아지면서 수요와 재배면적이 점차 확대되고 있는 팔의 생산량 증대와 자급률 향상을 위한 체계적인 재배기술을 확립하기 위한 기초자료를 얻고자 기계화 수확에 적합한 넓은이랑 줄뿌림 재배시 재식밀도에 따른 생육 및 수량에 관한 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

본 시험은 팔의 콤팩인 기계수확에 적합한 넓은이랑 줄뿌림 재배시 재식거리에 따른 생육특성과 수량성을 평가하기 위하여 공시재료는 직립형 품종인 조생종인 ‘홍언’과 중만생종인 ‘아라리’를 2015년에 경남 밀양지역의 국립식량과학원 남부작물부 시험포장(N 35° 49' 24", E 128° 74' 25")에서 수행하였다.

시험의 재배방법은 각각의 품종을 주구로 배치하였으며, 세구인 조간거리를 30, 40, 50, 60 cm 등 4 수준으로 하였고, 세세구인 주간거리를 각각 10, 15, 20 cm 등 3 수준으로 처리하였다. 시험구 배치법은 세세구배치법(Split-split plot design, SSPD) 3반복으로 시험을 수행하였다. 시험 전 각 품종의 종자는 좋은 씨앗을 골라내기 위해 체진탕기(Retsch, As200)를 이용하여 국제 표준망체(규격 ISO mesh size)로 5.0 mm 이상의 우량종자를 선별하여 사용하였다.

작물별 시비량은 질소 40 kg ha⁻¹, 인산 60 kg ha⁻¹, 가리 60 kg ha⁻¹에 해당하는 양을 파종전에 전량 밀거름을 사용하였다. 파종방법은 직파 파종기(WJSS-12, 웅진기계)로 두둑너비 150 cm로 조성하고, 이랑너비와 포기사이 간격을 시험처리에 맞게 조정하여 줄뿌림하고 동시에 파종기 부착진압로러로 다짐하여 파종하였다. 파종 후 제초제 처리는 ‘에스-메톨라클로르(s-metolachlor)’ 유제를 10a 당 약량 300 ml, 살포량 100 L를 파종 후, 작물이 발아하기 전에 살포하였다.

수량 및 생육특성 조사는 수확기에 시험포 중간지점에서 경장, 경태, 분지수, 착엽고 등을 조사하였으며, 수량 및 수량구성요소 조사는 성숙기에 각 구별로 생육이 일정한 지점에서 3.3 m² (1.8 m × 1.8 m)을 예취한 다음, 주당립수, 주당협수, 백립중과 10a당 수량을 조사하였다.

본 연구에서 얻어진 데이터의 통계분석은 SAS 프로그램

(V. 9.3, Cary, NC, USA)의 PROC ANOVA procedure를 이용하여 분산분석을 하였고, Duncan의 다중범위검정법(Duncan's multiple range test, DMRT)을 통해 평균값을 5% 유의수준에서 비교하였다.

결과 및 고찰

재식밀도에 따른 생육특성

팔의 콤팩인 기계수확에 적합한 넓은이랑 줄뿌림 재배시 재식밀도에 따른 생육특성을 알아보기 위하여 경장, 경태, 분지수와 착엽고를 비교한 결과는 Table 1과 같다. 직립형 품종인 조생종인 ‘홍언(Hongyeon)’과 중만생종인 ‘아라리(Arari)’ 등 2개 품종에서 경장은 ‘홍언’ 품종이 평균 35.4 cm로 ‘아라리’ 품종에 비해 14.0 cm 짧은 것으로 나타났으며, 주간거리가 짧아질수록 ‘아라리’ 품종은 길어지는 경향을 보였으나, ‘홍언’ 품종에서는 대체적으로 짧아지는 경향으로 나타났다. 콩의 경우 재식밀도가 높을수록 식물체 간의 경합이 발생하여 경장이 길어지는 경향(Lee & Kim, 2008; Park *et al.*, 2015)으로 나타났다고 보고되고 있으나, ‘홍언’ 품종에서는 이와 상반되는 결과가 나타나, 이에 대한 추가 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

경태에서는 두 품종 모두 주간거리가 짧아질수록 가늘어지는 경향이 나타났으며, ‘홍언’과 ‘아라리’의 30×10 cm 처리구에서 각각 5.84, 5.50 cm로 가장 가늘게 나타났다. 이의 결과와 같이 재식밀도가 높아질수록 많은 식물체가 한정된 공간에서 생육하므로, 부피 생장이 정상적으로 이루어지지 못하며, 이에 따라 경태가 가늘어지는 경향이 나타났다(Park *et al.*, 2015).

분지수에서도 식물체 간 경합 정도에 따라 큰 영향을 받으므로(Lee & Kim, 2008), 두 품종 모두 주간거리가 짧아질수록 적어지는 경향이 나타났으며, 재식밀도가 가장 높은 30×10 cm 처리구에서 각각 0.8, 2.7개로 두 품종 모두 가장 적었다.

콤팩인 수확에 가장 중요한 요인인 착엽고는 재식거리가 짧아질수록 높아지는 경향이 나타났으며 ‘홍언’에서는 재식밀도가 가장 높은 30×10 cm 처리구에서 5.0 cm로 가장 높게 나타났고, ‘아라리’에서는 30×10 cm과 50×10 cm 처리구에서 8.8 cm로 가장 높았다. 이에 따라 팔의 기계수확시 수확물 수집에서의 손실율이 낮은 것은 착엽고가 높을수록 유리한 것으로 생각되며, ‘홍언’에서는 30×10 cm, ‘아라리’는 30×10 cm과 50×10 cm가 가장 유리한 것으로 사료된다.

Table 1. Effects of planting density on growth characteristics of Adzuki beans.

Cultivar	Row spacing (cm)	Plant spacing (cm)	Stem length (cm)	Stem Diameter (mm)	Number of branches (plant ⁻¹)	Height of first pod (cm)
Hongeon	30	10	33.0 ^{b†}	5.84 ^f	0.8 ^d	5.0 ^a
		15	36.0 ^{ab}	6.36 ^{ef}	1.6 ^{bc}	4.4 ^{ab}
		20	33.6 ^b	6.56 ^{de}	2.3 ^{ab}	3.8 ^{abcd}
	40	10	34.8 ^{ab}	5.97 ^f	1.4 ^{cd}	4.2 ^{abc}
		15	36.5 ^{ab}	6.85 ^{bcde}	2.0 ^{abc}	2.7 ^{de}
		20	36.4 ^{ab}	6.76 ^{bcde}	2.3 ^{ab}	3.0 ^{de}
	50	10	35.3 ^{ab}	6.60 ^{cde}	1.4 ^{cd}	4.4 ^{ab}
		15	36.1 ^{ab}	7.03 ^{bcd}	2.5 ^a	3.0 ^{cde}
		20	37.7 ^a	7.12 ^{bc}	2.5 ^a	3.7 ^{bcd}
	60	10	34.4 ^{ab}	7.17 ^b	2.3 ^{ab}	2.9 ^{de}
		15	33.8 ^b	8.08 ^a	2.6 ^a	2.5 ^e
		20	36.6 ^{ab}	7.93 ^a	2.7 ^a	2.5 ^e
Arari	30	10	54.5 ^a	5.50 ^d	2.7 ^e	8.8 ^a
		15	49.7 ^{abcd}	6.23 ^{bcd}	3.7 ^d	6.9 ^{bc}
		20	47.8 ^{bcd}	6.28 ^{bcd}	4.1 ^{cd}	5.5 ^{de}
	40	10	52.8 ^{ab}	5.78 ^{cd}	3.0 ^e	7.3 ^b
		15	48.3 ^{bcd}	6.33 ^{bcd}	3.9 ^{cd}	5.8 ^{cde}
		20	45.2 ^d	6.64 ^{abc}	4.6 ^b	4.8 ^{ef}
	50	10	54.0 ^a	6.81 ^{ab}	3.1 ^e	8.8 ^a
		15	51.1 ^{abc}	6.29 ^{bcd}	4.4 ^{bc}	6.7 ^{bcd}
		20	48.8 ^{bcd}	6.61 ^{abc}	4.7 ^b	5.1 ^{ef}
	60	10	48.3 ^{bcd}	6.40 ^{bcd}	4.3 ^e	5.3 ^e
		15	46.8 ^{cd}	6.96 ^{ab}	5.3 ^a	5.0 ^{ef}
		20	45.2 ^d	7.35 ^a	5.3 ^a	3.9 ^f

[†]The same letter indicates no significant difference in the results at $p < 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test.

재식밀도에 따른 수량특성

직립형 팔의 넓은이랑 줄뿌림 재배시 재식밀도에 따른 수량 특성을 평가한 결과 Table 2와 같다. 재식거리에 따른 주당협수에서는 두 품종 모두 조간거리가 길어질수록 많아지는 경향이 나타났으며, 이와 함께 주간거리가 길어질수록 많아지는 경향으로 나타나, '홍언'에서는 60×15, 20 cm 처리구에서 '아라리'에서는 60×20 cm 처리구 각각 38.8~34.3개, 33.7개로 가장 많이 나타났다.

주당립수에서도 주당협수의 영향으로 인해 두 품종 모두 재식거리가 길어질수록 많아지는 경향이 나타났다. 재식밀도가 가장 낮은 60×20 cm 처리구에서 각각 273, 248개로 가장 많이 나타났으며, 재식밀도가 가장 높은 30×10 cm 처리구에 비해 두 품종 모두 300% 이상의 많은 협수가 조사

되었다.

백립종에서는 두 품종간의 차이가 나타났다. 먼저 '홍언'에서는 재식밀도간의 차이가 나타났으며, 특히 조간거리 좁은 30 cm에서는 평균 17.00 g이었으며, 60 cm 처리구에서는 평균 16.01 g이 나타났다. 그러나 '아라리'에서는 재식밀도간 차이는 나타나지 않았으며, 평균 19.52 g으로 조사되었다.

넓은이랑 줄뿌림 재배시 재식밀도에 따른 수량성을 평가한 결과 Fig. 1과 같다. 두 품종 모두 조간거리 40 cm × 주간거리 15 cm 처리구에서 가장 높은 수량인 285, 374 kg/10a 이 나타났다. 조간거리는 40 cm일 때 평균 수량이 높았으며, 조간거리가 길어지는 50 cm 처리구부터 수량성이 크게 낮아지는 것으로 조사되었다. 주간거리에서는 조간거리가

Table 2. Effects of planting density on yield components of Adzuki beans.

Cultivar	Row spacing (cm)	Plant spacing (cm)	Number of plants (10 a ⁻¹)	Number of pods (plant ⁻¹)	Number of seeds (plant ⁻¹)	100 seed weight (g)
Hongeon	30	10	57,556 ^{a‡}	12.4 ^{f‡}	73 ^f	17.03 ^{ab}
		15	50,778 ^b	15.5 ^{f‡}	92 ^{ef}	17.00 ^{ab}
		20	35,111 ^{cd}	18.5 ^{ef}	134 ^{de}	16.96 ^{ab}
	40	10	48,000 ^b	15.0 ^g	88 ^f	17.20 ^a
		15	36,000 ^c	18.9 ^{ef}	139 ^d	17.09 ^{ab}
		20	27,556 ^{ef}	21.9 ^{cde}	187 ^c	16.40 ^b
	50	10	29,259 ^{de}	20.3 ^{def}	139 ^d	16.20 ^{bc}
		15	20,741 ^{gh}	26.2 ^{bc}	204 ^c	16.19 ^{bc}
		20	22,222 ^{fg}	25.3 ^{bcd}	196 ^c	16.35 ^{bc}
	60	10	14,815 ⁱ	28.1 ^b	224 ^{bc}	15.87 ^c
		15	13,889 ⁱ	34.3 ^a	266 ^{ab}	16.11 ^c
		20	15,000 ^{hi}	38.8 ^a	273 ^a	16.06 ^c
Arari	30	10	58,667 ^a	13.9 ^h	82 ^f	19.49 ^{ab}
		15	38,889 ^c	18.5 ^{efg}	121 ^{de}	19.96 ^a
		20	32,667 ^d	20.8 ^{de}	138 ^{bcde}	19.79 ^a
	40	10	47,111 ^b	15.2 ^{gh}	106 ^{ef}	20.14 ^a
		15	37,333 ^{cd}	19.1 ^{ef}	155 ^{bc}	19.40 ^{ab}
		20	24,889 ^e	24.2 ^{cd}	216 ^a	18.43 ^b
	50	10	36,296 ^{cd}	16.0 ^{fgh}	127 ^{cde}	19.34 ^{ab}
		15	24,630 ^f	21.8 ^{de}	169 ^b	19.04 ^a
		20	17,037 ^f	28.2 ^b	233 ^a	19.30 ^{ab}
	60	10	23,148 ^e	21.2 ^{de}	152 ^{bcd}	19.88 ^a
		15	13,704 ^f	27.4 ^{bc}	246 ^a	19.97 ^{ab}
		20	12,407 ^f	33.7 ^a	248 ^a	19.52 ^{ab}

[‡]The same letter indicates no significant difference in the results at p<0.05 by Duncan's Multiple Range Test.

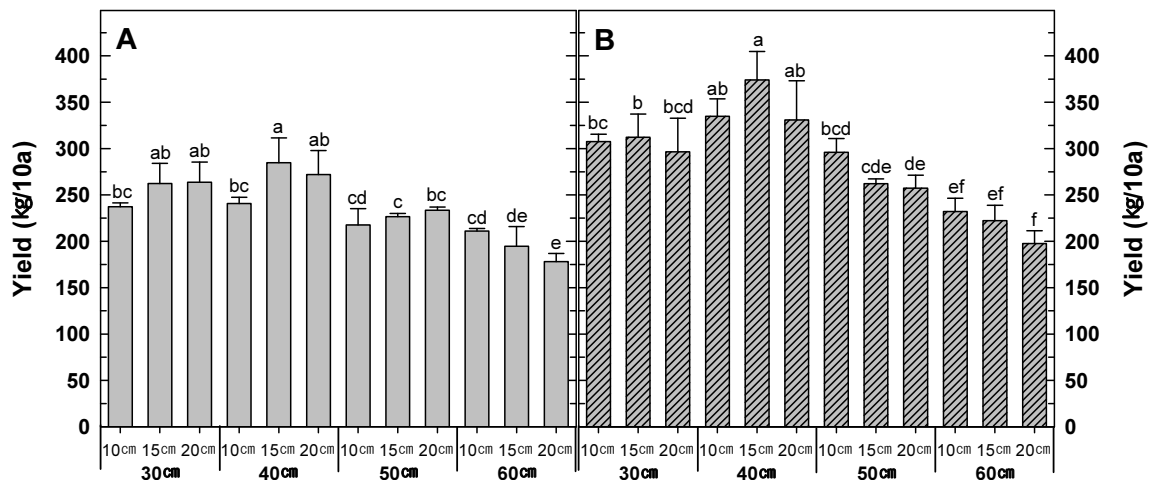


Fig. 1. Effect of planting density on yield (kg/10 a) of Adzuki beans. A, Hongeon; B, Arari. The same letter indicates no significant difference in yield of Adzuki bean at p = 0.05 by Duncan's Multiple Range Test.

Table 3. Analysis of variance by planting density in wide-row drill seeding of adzuki beans.

Source	Df	Stem length	Stem diameter	Number of branch	Number of pod	Height of first pod	Number of seed	100 seed weight	Yield
Cultivar (C)	1	405.5 ^{***}	15.4 ^{***}	579.1 ^{***}	3.8 ^{**}	224.9 ^{***}	0.1 ^{ns}	397.9 ^{***}	73.4 ^{***}
Row spacing (RS)	3	3.0 ^{**}	17.7 ^{***}	36.4 ^{***}	91.2 ^{***}	22.8 ^{***}	99.7 ^{***}	3.2 ^{**}	57.8 ^{***}
Plant spacing (PS)	2	2.7 [*]	13.1 ^{***}	66.4 ^{***}	55.3 ^{***}	36.3 ^{***}	52.7 ^{***}	1.6 [*]	1.6 [*]
C×RS	3	2.2 [*]	4.9 [*]	2.3 [*]	8.7 ^{***}	0.9 [*]	6.2 ^{***}	3.6 ^{**}	3.8 ^{**}
C×PS	2	9.6 ^{***}	1.0 [*]	2.2 [*]	5.6 ^{**}	9.8 ^{***}	7.1 ^{***}	0.3 ^{ns}	3.1 ^{**}
RS×PS	6	0.4 ^{ns}	1.3 [*]	1.8 [*]	1.1 [*]	2.3 ^{**}	4.5 ^{***}	1.7 [*]	2.2 ^{**}
C×RS×PS	6	0.5 ^{ns}	1.3 [*]	0.5 ^{ns}	1.5 [*]	1.4 [*]	4.4 ^{***}	0.4 ^{ns}	0.5 ^{ns}

^{*}, ^{**}, ^{***} Significant at $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$, and $p \leq 0.001$, respectively. ^{ns}, not significantly different at 0.05 level of probability ($p > 0.05$).

30, 40 cm일 때 주간거리 15 cm에서 가장 높은 수량성이 나타났으나, 조간거리가 50, 60 cm에서는 주간거리가 길어질수록 수량성이 낮아지는 경향으로 최적 재식밀도 이후 재식밀도가 낮아질수록 수량성의 차이는 크게 나타났다.

이러한 결과는 재식거리 및 재식밀도 등의 차이에 따른 작물을 재배할 경우 수광태세(Calvino *et al.*, 2004)와 수분 이용률(Gubbels & Dedio, 1988)이 차이가 나타나며, 이는 수량구성요소 및 수량 변이가 나타나게 된다. 특히, 단위면적 당 재식밀도가 높을 경우 캐노피 형성이 촉진되어 수광태세가 우수해지고 작물생장률이 증가하여 생물량이 증대되며, 수량증가로 이어진다(Ball *et al.*, 2000; Board *et al.*, 1992; Liu *et al.*, 2010; Turgut *et al.*, 2005). 또한, 밀식재배가 주당협수 및 주당립수는 적었지만, 전체적으로 10a당 재식본수가 많아져 수량이 높아지는 결과로 판단되었다. 따라서 넓은이랑 줄뿌림 재배시 조간거리 및 주간거리에 따른 수량성은 조간거리 40 cm × 주간거리 15 cm 처리구에서 두 품종 모두 가장 높았다.

품종 및 재식밀도에 따른 분산 분석

직립형 팥의 주요 품종 및 재식거리별 생육특성, 수량구성요소 및 수량을 분산 분석한 결과 Table 3에서와 같다. 팥의 품종은 주당립수를 제외한 경장, 경태, 분지수, 주당협수, 착협고, 백립중, 수량에 유의하게 영향을 미쳤으며, 또한 조간거리와 주간거리는 모든 요소에서 고도의 유의성이 있었다. 또한, 조간거리와 주간거리(RS×PS)의 교호관계는 경장에서는 유의성이 없었으나 분지수, 주당협수, 착협고, 주당립수, 백립중 및 수량은 유의한 영향이 있는 것으로 나타났다. 또한, 품종 및 조간거리와 주간거리(C×RS×PS)의 교호관계는 생육의 차이에 대한 영향이 적었으나, 주당립수에서 고도의 유의성이 있는 것으로 나타났다.

적 요

본 연구는 건강 기능성 팥에 대한 소비자의 선호도가 높아지면서 수요와 재배면적이 점차 확대되고 있는 팥의 생산량 증대와 자급률 향상을 위한 체계적인 재배기술을 확립하기 위한 기초자료를 얻고자 기계화 수확에 적합한 넓은이랑 줄뿌림 재배시 재식밀도에 따른 생육 및 수량에 관한 연구를 수행하였다.

1. 경장은 주간거리가 짧아질수록 ‘아라리’ 품종은 길어지는 경향을 보였으나, ‘홍언’ 품종에서는 대체적으로 짧아지는 경향으로 나타났으며, 경태와 분지수에서는 두 품종 모두 주간거리가 짧아질수록 가늘어지거나 적어지는 경향이 나타났다.
2. 착협고는 재식거리가 짧을수록 높아지는 경향이 나타났으며 ‘홍언’에서는 30×10 cm 처리구에서 5.0 cm로, ‘아라리’에서는 30×10 cm과 50×10 cm 처리구에서 8.8 cm로 가장 높았다.
3. 주당협수와 주당립수는 두 품종 모두 재식거리가 길어질수록 많아지는 경향이 나타났으며, 백립중에서는 ‘홍언’에서는 재식밀도간의 차이가 나타났으나, ‘아라리’에서는 재식밀도간 차이는 나타나지 않았다.
4. 수량성은 조간거리 40 cm × 주간거리 15 cm 처리구에서 두 품종 모두 (285, 374 kg·10a⁻¹) 가장 높았다.

사 사

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

인용문헌(References)

- Ariga, T., I. Koshiyama, and D. Fukushima. 1988. Antioxidative properties of procyanidins B-1 and B-3 from azuki beans in aqueous systems. *Agr. Biol. Chem.* 52 : 2717-2722.
- Ball, R. A., L. C. Purcell, and E. D. Vories. 2000. Short-season soybean yield compensation in response to population and water regime. *Crop Sci.* 40 : 1070-1078.
- Board, J. E., M. Kamal, and B. G. Harvile. 1992. Temporal importance of greater light interception to increased yield in narrow-row soybean. *Agron J.* 84 : 575-579.
- Calvino, P., V. Sadras, M. Redolattib, and M. Canepa. 2004. Yield responses to narrow rows as related to interception of radiation and water deficit in sunflower hybrids of varying cycle. *Field Crops Res.* 88 : 261-267.
- Choi, Y. S. and S. N. Yoo. 2017. Harvesting performance of the experimental pick-up type pulse crop harvester for red bean. *J. Agri. Life Sci.* 51 : 213-221.
- Gubbels, G. H. and W. Dedio. 1988. Response of sunflower hybrids to row spacing. *Can. J. Plant Sci.* 68 : 1125-1127.
- Jung, K. Y., S. M. Jo, H. W. Kang, Y. S. Cho, D. K. Yoon, and S. H. Jeon. 2015. Effects of polyethylene film mulching and planting densities on growth and yield of proso millet (*Panicum miliaceum* L.). *Korean J. Crop Sci.* 60 : 212-216.
- Kim, C. K., B. H. Oh, J. M. Na, and D. H. Sin. 2003. Comparison of physicochemical properties of Korean and Chinese red bean starches. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35 : 551-555.
- Lee, S. S. and C. H. Kim. 2008. Effects of planting density on growth and yield of vegetable soybean varieties. *Korean J. Crop Sci.* 53 : 64-69.
- Liu, B., X. B. Liu, C. Wang, J. Jin, S. J. Herbert, and M. Hashemi. 2010. Responses of soybean yield and yield components to light enrichment and planting density. *Int. J. Plant Prod.* 4 : 17-26.
- MAFRARK. 2017. Agriculture, Food and Rural Affairs Statistics Yearbook.
- Park, H. J., W. Y. Han, K. W. Oh, J. M. Ko, J. W. Bae, Y. W. Jang, I. Y. Baek, and H. W. Kang. 2015. Growth and yield responses of soybean to planting density in late planting. *Korean J. Crop Sci.* 60 : 343-348.
- Rho, C. W., S. Y. Son, S. T. Hong, K. H. Lee, and I. M. Ryu. 2003. Agronomic characters of Korean adzuki bean (*Vigna angularis* (Willd.) Ohwi & Ohashi). *Korean J. Plant Res.* 16 : 147-154.
- Sacks, F. M. 1997. A literature review of phaseolus angularis adzuki bean, *Economic Botany.* 31 : 9-15.
- Thompson, S. V., D. M. Winham, and A. M. Hutchins. 2012. Bean and rice meals reduce postprandial glycemic response in adults with type 2 diabetes: a cross-over study. *Nutr. J.* 11 : 11-23.
- Turgut, L., A. Duman, U. Bilgili, and E. Acikgoz. 2005. Alternate row spacing and plant density effects on forage and dry matter yield of corn hybrid (*Zea mays* L.). *J. Agron. Crop Sci.* 191 : 140-151.
- Yoshida, K., Y. Sato, R. Okuno, K. Kameda, M. Isobe, and T. Kondo. 1996. Structural analysis and measurement of anthocyanin from colored seed coats of Vigna, Phaseolus, and Glycine Legumes. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 60 : 589-593.