

## 남부지방 콩 만파 재배 시 재식밀도에 따른 생육 및 수량변이

박현진<sup>†</sup> · 한원영 · 오기원 · 고종민 · 배진우 · 장윤우 · 백인열 · 강항원

농촌진흥청 국립식량과학원 남부작물부

### Growth and Yield Responses of Soybean to Planting Density in Late Planting

Hyeon-Jin Park<sup>†</sup>, Won-Young Han, Ki-Won Oh, Jong-Min Ko, Jin Woo Bae, Yun Woo Jang,  
In Youl Baek, and Hang-Won Kang

NICS, RDA, Miryang 627-803, Korea

**ABSTRACT** Soybean is one of the important food crop around the world. Especially in East Asia, it is the main ingredient for traditional food like soy sauce and soy paste. The double cropping system including soybean following onion, Chinese cabbage, and potato is widely adopted in Southern region of Korea. In this system, sowing date of second crop (soybean) can be delayed depending on first crops' growth period and weather condition. When planting date is delayed it is known that soybean yield is declined because of shorter vegetative growth period and earlier flowering induced by warm temperature and changes in photoperiod. The objective of this study was to determine soybean growth and yield responses as plant populations at late planting date. Field experiment was conducted at Department of Functional Crop, National Institute of Crop Science, RDA located in Miryang, Gyeongsangnam-Do for two years ('13-'14) in upland field with mid-late maturity cultivar Daewon. A split-plot block design was used with three replications. Main plots were three sowing dates from June 20 to July 20 with 15 days intervals, and subplots were 4 levels of planting densities. Data of maturity (R8) was recorded, yield components and yield were examined after harvesting. Experimental data were analyzed by using PROC GLM, and DMRT were used for mean comparison. Optimum planting population for maximizing soybean yield in late planting which compared with standard population. In mid-June planting, higher planting density causes increased plant height and decreased diameter which lead to higher risk of lodging, however, reduced growth period due to late planting alleviated this problem. Therefore higher seeding rates can provide protection against low seedling emergence caused by late planting in this region.

**Keywords :** soybean, southern region, density, delayed planting, yield

콩은 단백질 및 지방함량이 높아 식용 및 사료용으로 널리 이용되고 있으며 최근에는 바이오디젤, 잉크의 원료 등 각종 산업에서도 그 수요가 높다. 또한 재배역사가 길어 세계 여러나라 전통식품의 주요한 재료이기도 하며 우리나라에서도 장류, 두부, 두유 등 다양한 식품으로 가공되고 있다 (Hany, 2011; Coward *et al.*, 1993; Messina and Messina, 2010). 국내에서는 콩 수요의 증가와 더불어 국산콩 선호현상, 높은 콩 소득(2013년 기준 10a 당 639천원) 등의 원인으로 콩 재배면적이 7만 ha 이상으로 유지되고 있는 추세이다 (Korea Rural Economic Institute, 2014; Statistics Korea, 2013a).

국내에서 콩 재배는 주로 남부지방에서 이루어지고 있으며 경북(13,347 ha), 전남(11,750 ha), 전북(6,027 ha), 경남(5,093 ha)이 전체 재배면적의 48% 이상을 차지하고 있다. 남부지방은 타 지방에 비하여 겨울기온이 높아 봄배추, 봄무, 봄감자 등과의 이모작이 가능하며 이때 콩 단작에 비하여 소득이 각각 73, 52, 46% 높으므로 많은 농가에서 이모작 후작으로 콩을 재배하고 있다(Statistics Korea, 2013b).

이모작 체계에서는 전작물의 생육기간에 따라 콩 파종기가 7월 상순이후로 늦어지는 일이 빈번하다. 콩 재배기간이 늦어질 경우 일장이 단축되고 기온이 저하됨에 따라 광합성률과 작물생장률이 감소하며 이는 마디수, 협수 등 수량구성요소 형성저하로 이어진다. 수량결정의 중요 요인인 종실 무게의 경우 시험국가 및 연구자에 따라 다른 결과가 도출

<sup>†</sup>Corresponding author: (Phone) +82-55-350-1269 (E-mail) [tinatuna@korea.kr](mailto:tinatuna@korea.kr)

<Received 30 March, 2015; Revised 2 September, 2015; Accepted 2 September, 2015>

되었다. Calviño (2003) 등에 의하면 콩 만파 재배 시 토양 수분상태가 양호하였음에도 불구하고 종실의 수와 무게가 감소하여 수량감소로 이어진 반면, 대다수의 연구에서는 종실 수와 종실무게 간 부의 상관관계가 있어 립수가 감소하여도 종실중이 증가하여 어느 정도 수량이 보상된다고 하였다(Egli and Bruening, 2000; Evans, 1996; Zhang *et al.*, 2010). 만파 재배 시 기온하강, 일장단축으로 콩 생육기간이 단축되는 경향이 있으나 증만생종 품종의 경우 초상일 이전까지도 성숙이 완료되지 못하여 서리피해를 입을 위험이 높다(Halvorson *et al.*, 1995). 서리해는 출현기부터 성숙시(R7)에 이르기까지 성숙기를 제외한 콩의 전 생육기간에 걸쳐 생육과 수량에 영향을 미친다(Saliba *et al.*, 1982).

미국 동남부(32°N 84°W) 등에서는 콩 만파재배 시 관수함으로써 수량을 증대하였는데, 관수를 이용한 수량증대효과는 기상에 의해 크게 좌우되므로 파종시기 및 기후대에 따라 관수여부를 결정하는 것이 중요하다(Boerma and Ashley, 1982; Heatherly, 1988; Calviño *et al.*, 2003). 적절한 환경 조건에서는 표준재배에 비하여 재식거리를 좁힘으로써 만파로 인한 생육저하 및 수량감소를 완화할 수 있다.

단위면적 당 재식밀도가 증가하면 캐노피(canopy) 형성에 유리하며 특히 생식생장단계에 수광태세가 좋아져 낙화 및 낙협이 억제되고 수량이 증대된다(Board *et al.*, 1992; Liu *et al.*, 2010; Turgut *et al.*, 2005). 특히 종실비대시(R5)까지 지표면을 완전히 덮을 정도로 캐노피가 형성되지 않으면 수량이 감소하며 최대 수량을 확보하기 위해서는 개화시(R1)까지 캐노피 형성이 완료되는 것이 좋다(Egli *et al.*, 1985; Lee *et al.*, 2008). 또한 생식생장단계의 엽면적지수(Leaf area index, LAI)는 수량에 크게 영향을 미치는데 종실비대시에 LAI 3.5일 때 최대 수량을 기록하였다(Liu *et al.*, 2005; Holshouser and Whittaker, 2002). 재식거리조정에 의한 수량증대 효과는 토양수분, 토성, 토심 등 토양환경조건에 따라 달라질 수 있는데 건조한 토양에서는 적습조건일 때 비하여 세배 정도 밀도를 높여야 최대 수량을 확보할 수 있고, 식질토에서는 재식거리를 달리하여 재배하여도 효과가 없는 것으로 나타났다(Heatherly, 1988; Holshouser and Whittaker, 2002).

재식밀도 조정 시의 작물 생장 및 수량은 재배지역, 기후, 품종, 생태형과 밀접한 관계가 있다. 미국 동북부 지역에서는 ha 당 420,000본, 남부에서는 540,000본을 파종하였을 때 최대수량을 낸 바 있다(Ball *et al.*, 2000a; Cox and Cherney, 2011). 국내에서도 밀식 재배할수록 수량을 높일 수 있었는데 나물콩 적기 파종 시 10a 당 19,000~22,000본, 6월 하순에서 7월 상순으로 만파 시 22,000~33,000본으로 재배하는 것이 적절하였고, 밀식에 따른 도복한계선은 절간장 5 cm

기준 10a 당 15,100~78,000본이었다(RDA, 2003; Hong, 1989; Lee and Kim, 2008).

콩 파종시기가 늦어질 경우 수량감소는 불가피한 현상이며 이를 완화할 방안을 강구할 필요가 있는데 특히 남부지방은 작부체계 특성 상 만파가 빈번함에도 불구하고 재배적극복방안에 관한 연구가 부족한 실정이다. 주당 본수를 달리하여 재식밀도를 조정하는 방법은 농가에서도 손쉽게 이용할 수 있는 방법이지만 이에 대한 연구결과가 부족하고 관련 지침이 없어 종자를 낭비하거나 오히려 수량감소를 초래하기도 한다.

이 연구에서는 전국적으로 널리 재배하는 대원콩을 이용하여 6월 20일에서 7월 20일까지 파종하였을 때 주당본수를 1주 2본에서 5본까지 높여 각 처리별 콩 생육 및 수량성을 검정하였으며 이를 통해 만파 재배 시 수량성을 향상할 수 있는 재식밀도를 밝히고자 하였다.

## 재료 및 방법

본 시험은 남부지역에서 콩 만파재배 시 재식밀도 별 생육 및 수량을 관찰하여 수량감소를 방지할 수 있는 적정 재식밀도를 구명하고자 실시하였다. 내탈립성이 강해 남부지역에서 널리 재배되는 대원콩(Kim *et al.*, 1998)을 이용하여 경남 밀양시(위도 35° 50'N, 경도 128° 75'E) 소재 국립식량과학원 기능성작물부 시험 포장에서 2013년부터 2014년까지 2회 재배하였다. 시험구배치는 분할구배치법이며 주구는 파종기, 세구는 주당본수로 배치하였으며 6월 20일(적기파종), 7월 5일(만파), 7월 20일(극만파)에 파종하였고 1주 2본에서 5본까지 밀도를 높여 시험하였다. 재식거리는 70 × 20 cm로 1휴 1열 비닐피복 재배하였으며 처리 본수보다 1립 추가로 파종한 뒤 제2복엽 완전전개기(V3)에 솟음작업을 하여 주수를 조정하였다.

연차 간 성적비교분석을 위해 첫 파종기인 6월 20일부터 최종 수확이 이루어진 11월 상순까지 Data logger (WatchDog model 425, Spectrum Technologies, Inc., Plainfield, IL)를 설치하여 시험포장의 토양온도 및 습도를 측정하였고, 기상청에서 제공하는 국내기후자료를 활용하여 콩 생육기간동안의 기온, 강수량, 일조시간 등을 파악하였다.

파종기에 따른 콩 생육 및 수량성을 파악하기 위하여 종실비대성기(R6)에 시험구 가운데 2열에서 10개체를 수확하여 생육특성을 조사하였으며 조사방법은 농업과학기술 연구조사분석기준에 준하여 실시하였다(RDA, 2012). 경장은 자엽절에서 줄기의 선단까지의 길이, 경태는 자엽절과 초생엽절 사이 줄기의 최소직경, 주경절수는 자엽절을 포함하여

주경의 선단절까지의 절수, 분지수는 분지 중 2개 이상의 절수를 갖는 분지수, 협수는 불임협을 제외한 꼬투리의 수를 기준으로 조사하였다. 수량조사는 수확 후 실시하였으며 백립중은 수분함량 13% 이하로 풍건한 뒤 완전립을 대상으로 3반복 측정하였고 수량은 시험구 당 종실수량을 10a로 환산하여 나타내었다. 시험결과는 SAS program을 이용하여  $\alpha=0.05$ 에서 PROC GLM (general linear model), DMRT (Duncan's multiple range test), PROC REG (regression)를 통해 유의성을 분석하였다(SAS Institute, Inc. 2009).

### 결과 및 고찰

#### 시험기간 중 기상환경

2013년과 2014년에 콩 생육기간 중 평균기온은 30년 평년기온(21.1°C)에 비해 각각 1.9, 0.4°C 높았으며 콩 생육에 크게 영향하지 않았다(Fig. 1). 한편 콩은 근권 산소농도에 민감하게 반응하는 작물로 토양수분함량이 높을 경우 습해에 매우 취약한데(Williamson and Kriz, 1970) 하절기에 강수량이 집중되는 우리나라의 기후특성 상 습해로 인한 수량감소의 위험이 높다. 지난 2014년 8월에는 528.7 mm의 강수량을 기록하여 7월 20일에 파종한 경우 개화기에 일조시간을 충분히 확보하지 못하고 토양수분이 과다해지는 등 콩 생육에 불리한 환경이 조성되었으며 만파 시 수량감소에 영향을 줄 것으로 예상하였다.

#### 재식밀도에 따른 생육 및 수량특성

파종기 별 재식밀도에 대한 콩 생육 및 수량특성을 조사한 결과는 Table 1과 같으며 분산분석 결과, 재식밀도와 파종기간 유의한 상관관계가 관찰되지 않아 각 파종기 별로 재식밀도의 효과를 검정하였다(Table 2).

경장은 파종기 및 재식밀도가 달라짐에 따라 유의한 차이가 있었다. 파종기가 늦어짐에 따라 생육기간이 단축되어 극

만파 재배 시(7월 20일) 파종일에서 성숙기까지의 소요기간이 적기 재배에 비하여 18.6% 단축된 96일이었으며 이때 충분한 생육기간을 확보하지 못하여 경장이 짧아지는 경향을 보였다. 재식밀도를 높일 경우 표준 재배(1주 2본)에 비하여 식물체 간 경합이 발생함에 따라 경장이 길어졌으며 이러한 현상은 적기 및 만파 재배 시 모두 관찰할 수 있었다.

경태는 파종기 및 재식밀도 각각에 대해 유의한 차이를

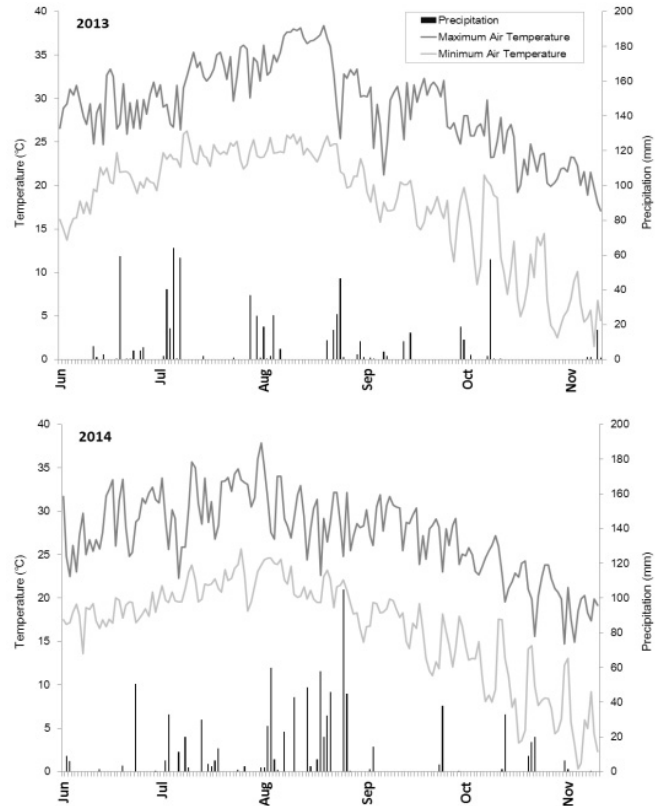


Fig. 1. Daily maximum and minimum temperature and precipitation at Miryang, Gyeongsangnam-Do (2013-2014). Source : Korea Meteorological Administration (<http://www.kma.go.kr>).

Table 1. Mean squares on analysis of variance of soybean growth, pod number, 100 seed weight, and yield (2013-2014).

	Height	Stem diameter	Branch	Node	Pod number	100 Seed weight	Yield
Year	0.32ns	9.14**	6.67*	6.69*	29.37**	38.15**	56.60**
Planting date	53.02**	7.75**	9.27**	9.39**	6.37**	12.92**	36.03**
Planting density	14.78**	17.90**	21.07**	0.66ns	22.92**	11.73**	3.50*
Year×planting date	27.60**	3.46*	18.07**	4.57*	12.08**	17.81**	2.69ns
Planting density×planting date	0.69ns	0.80ns	1.27ns	0.48ns	0.90ns	0.19ns	0.47ns
Year×planting density×planting date	1.07ns	2.69*	2.71*	2.27ns	5.71**	1.58ns	0.73ns

\*, \*\* : Significant at the 5% and 1% levels, respectively. ns : non significant

**Table 2.** Soybean growth and yield response to plant population for each planting dates (2013-2014).

Planting date	Number of plants per hill	Height (cm)	Stem diameter (mm)	Branch (ea)	Node (ea)	Pod number (ea)	100 Seed weight (g)	Yield (kg/10a)
June 20	2	67c <sup>†</sup>	7.5a	3.8a	13	53a	28.2a	329 <sup>§</sup>
	3	74bc	7.2b	3.0b	13	39b	27.1ab	345
	4	78ab	6.2bc	2.8b	13	35b	26.0ab	379
	5	82a	6.5c	2.6b	13	35b	26.4b	346
July 5	2	67b	7.1a	3.3a	13	53a	29.1a	310
	3	75ab	6.5ab	3.1ab	13	45ab	27.5b	330
	4	82a	6.0b	2.6b	13	33bc	26.7b	334
	5	82a	5.7b	2.6b	13	40b	26.7b	327
July 20	2	53b	6.9a	3.3a	12	45a	30.8a	211b
	3	60a	6.0ab	2.6b	12	37b	28.9b	236b
	4	60a	5.5b	2.2b	13	32bc	28.2b	283a
	5	63a	5.4b	2.1c	12	29c	27.8b	243ab

<sup>†</sup>Means with the same letter within a row are not significantly different at 5% level by DMRT.

<sup>§</sup>Soybean yield data for June 20 and July 5 planting showed no significance.

나타내었는데 파종기가 늦어질수록, 밀도가 높아질수록 줄기의 굵기가 가늘어졌다. 재식밀도를 높일 경우 많은 식물체가 한정된 공간에서 생육하므로 부피 생장이 정상적으로 이루어지지 못하며 이에 따라 경태가 감소하는 것으로 보인다.

분지 또한 식물체 간 경합 여부에 따라 크게 영향 받는데 (Lee and Kim, 2008) 재식밀도를 높일수록 분지수는 감소하였고 이는 극만파 시에 더욱 크게 감소하였다. 재식밀도를 높일 경우 경장은 신장하고 경태와 분지수는 감소하여 도복에 취약한 초형으로 성장하게 되는데 만파 시에는 적기 재배 시에 비해 경장이 단축되므로 밀식하더라도 잘 도복하지 않는다. 마디수는 재식밀도와 상관관계가 관찰되지 않아 재식밀도를 높이더라도 크게 영향을 받지 않는 것으로 보이며 극만파 시에는 적기 재배 시에 비하여 감소하였다. 협수는 마디수와 더불어 수량을 결정하는 주요 수량구성요소이며 파종기가 늦어질수록, 재식밀도가 높아질수록 개체당 협수는 감소하였다.

파종기가 늦어질수록 생육기간 및 등숙기간의 단축으로 100립중은 감소할 것으로 예상하였으나 오히려 적기재배에 비해 만파 및 극만파 시에 증가하는 것으로 나타났다. 기존 연구에 의하면 생육기간 단축으로 충분한 립수를 확보하지 못할 경우 100립중이 증가하여 수량감소를 방지하는 보상 효과(compensatory mechanism)가 나타나는 것으로 알려져 있다(Evans, 1996; Zhang *et al.*, 2010). 그러나 만파할수록 100립중이 감소하거나 변화가 없는 경우도 많은 것으로 보아 종실의 무게는 재배환경 및 조건에 따라 크게 좌우되는

것으로 보인다(Park *et al.*, 2014; Cho *et al.*, 2006).

수량은 파종기와 재식밀도 간 유의한 상관관계가 나타나지 않았다. 따라서 각 파종기 별로 재식밀도를 달리하였을 때 수량이 유의하게 차이나는 지 확인하기 위하여 분산분석을 실시하였다(Table 2). 그 결과 7월 상순까지는 재식밀도를 높이더라도 수량이 유의한 수준으로 차이나지 않았으며 오히려 경장이 지나치게 신장하고 경태 및 분지수는 감소하여 도복에 취약한 초형으로 성장하였다. 재식밀도 증가에 의한 증수효과는 7월 중순이후로 극만파할 때에 두드러지게 나타났는데 1주 4본 재배 시에 표준재배에 비하여 약 34% 증수효과가 있었으며 1주 5본으로 재배할 경우에는 오히려 수량이 감소하였다. 일반적으로 밀식할 경우에는 도복이 문제되는 경우가 많은데, 만파 재배할 경우에는 생육기간의 단축으로 재식밀도를 높이더라도 도복을 우려할 만큼 경장이 자라지 않아 안정적인 재배 및 수확이 가능할 것으로 보인다.

한편, 휴간거리 및 단위면적 당 재식밀도를 유지한 채 주당본수와 주간거리를 달리함으로써 수량증대효과를 낼 수 있는지 확인하고자 위 시험과 동일한 재배조건에서 휴간거리를 70 cm로 고정하고 주간거리를 20, 40, 50, 60 cm로, 주당본수를 1주 당 2, 4, 5, 6본으로 하여 주간거리 별 생육 및 수량변이를 조사하였다(Table 3). 그 결과 단위면적 당 재식밀도가 동일할 경우에는 주간거리가 달라지더라도 생육과 수량성에 있어 유의한 차이가 관찰되지 않았다. 위 결과와 종합하여 볼 때 콩 생육과 수량은 재식거리보다는 단위

**Table 3.** Soybean growth and yield responses to different within-row-spacing (2013-2014).

Within row spacing (cm)	Number of plants per hill	Height (cm)	Diameter (mm)	Branch (ea)	Node (ea)	Pod number (ea)	100 Seed weight (g)	Yield (kg/10a)
20	2	42b	6 <sup>§</sup>	3	14	43	31	367
40	4	45a	6	3	12	42	31	392
50	5	46a	6	3	12	40	32	376
60	6	48a	6	3	11	42	31	373

※Total plant population : 14,000 plants per 10a, between-row-spacing : 70 cm

§Diameter, number of branch, node, pod number, 100 seed weight, and yield data for each within row spacing showed no significance.

면적 당 재식밀도의 영향을 더 강하게 받는 것으로 보인다.

국내 콩 재배 시에는 피복재나 농기계 규격에 따라 재식 거리가 정해지는 경우가 많으며, 이에 따라 휴간이나 주간 거리를 달리하여 시험한 결과가 많지 않다. 반면 기계화율이 높고 평휴재배가 일반적인 미국 등의 콩 주산지에서는 재식거리를 달리하여 수량증대를 도모한 연구가 활발하였다. 재식밀도와 재식거리를 달리하여 작물을 재배할 경우 수광태세(Calviño *et al.*, 2004)와 수분이용률(Gubbels and Dedio, 1988)이 달라지며 이는 수량구성요소 및 수량변이로 이어지게 된다. 특히 단위면적 당 재식밀도를 높여 재배할 경우에는 캐노피 형성이 촉진되어 수광태세가 우수해지고 작물성장률(crop growth rate)이 증가하여 생물량(biomass)이 증대되며 립수 및 수량증가로 이어진다(Ball *et al.*, 2000b). 재식밀도의 효과는 재배조건 및 재배품종에 따라라도 달라질 수 있는데 재배환경이 불량한 경우 적절한 환경에서 재배할 때에 비하여 최적 재식밀도가 더 낮아지는 경향이 있다(Wade and Foreman, 1988). 일반적인 무한형 재배 시에는 재식밀도를 달리하더라도 개체 당 생물량, 종실중에 변화가 없었는데 무한형 중 만생종을 재배할 경우에는 밀도를 높임에 따라 개체 당 생물량이 19% 감소하는 것으로 나타났다. 재식밀도가 증가할 경우 식물체 간 경합에 의해 개체 당 엽면적비율(leaf area ratio, LAR)과 엽면적비(specific leaf area, SLA)가 증가하였으나 포기 수가 많으므로 단위면적 당 수량은 오히려 증가하는 경향을 보였다(Gan *et al.*, 2002).

기존 연구내용과 본 연구결과를 종합하여 볼 때 불리한 생육환경에서 재배할 때에는 재식밀도를 높여 수량증대를 도모할 수 있을 것으로 보인다. 다만 지나치게 종자를 투입할 경우 오히려 수량이 감소하고 종자낭비로 이어질 수 있으므로 재배지역 및 시험품종의 생육형을 달리하여 최대수량을 낼 수 있는 재식밀도를 구명할 필요가 있을 것으로 보인다.

## 적 요

1. 남부지역에서 대원콩을 이용하여 재배한 결과, 주당본수를 높일수록 식물체 간 경합에 의해 경장은 길어지고 경태는 가늘어지며 분지수가 감소하여 도복에 취약한 초형으로 생육한다. 다만 만파재배 시에는 생육기간이 단축되므로 주당본수를 높더라도 도복이 우려될 만큼 경장이 신장하지 않는다.
2. 마디수는 주당본수 별로 유의한 차이가 나지 않았으며 협수는 주당본수가 높아질수록 감소하는 경향을 나타내었다.
3. 재식밀도의 증가에 의한 증수효과는 7월 중순이후로 극대화할 때에 관찰되며 1주 4본 재배 시 표준재배에 비하여 34 % 증수효과가 있었고, 1주 5본 이상 재배할 경우 오히려 수량이 감소하였다.
4. 따라서 만파재배 시에는 밀식하여도 잘 도복하지 않으며 70 × 20 cm로 재배할 때 1주 4본까지 재식밀도를 높이는 것이 수량증대에 유리하다.

## 사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제명: 남부지역 콩 파종한계기 및 작부체계 연구, 세부과제번호: PJ008674022014)의 지원에 의해 이루어진 것임

## 인용문헌(REFERENCES)

- Ball, R. A., L. C. Purcell, and E. D. Vories. 2000a. Optimizing soybean plant population for a short-season production system in the southern USA. *Crop Sci.* 40(3) : 757-764.
- Ball, R. A., L. C. Purcell, and E. D. Vories. 2000b. Short-season soybean yield compensation in response to population and water regime. *Crop Sci.* 40(4) : 1070-1078.

- Board, J. E., M. Kamal, and B. G. Harville. 1992. Temporal importance of greater light interception to increased yield in narrow-row soybean. *Agron J.* 84(4) : 575-579.
- Boerma, H. R. and D. A. Ashley. 1982. Irrigation, Row Spacing, and Genotype Effects on Late and Ultra-Late Planted Soybeans. *Agron J.* 74(6) : 995-999.
- Calviño, P. A., V. O. Sadras, and F. H. Andrade. 2003. Development, growth and yield of late-sown soybean in the southern Pampas. *Eur. J. Agron.* 19(2) : 265-275.
- Calviño, 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(2) : 261-267.
- Cho, J. W., S. Y. Lee, S. K. Kang, and C. S. Kim. 2006. Yield and ecological characteristics of soybean in drained-paddy field. *Jour. Agri. Sci.* 33(2) : 141-147.
- Coward, L., N. C. Barnes, K. D. Setchell, and S. Barnes. 1993. Genistein, daidzein, and their beta-glycoside conjugates: antitumor isoflavones in soybean foods from American and Asian diets. *J. Agric. Food Chem.* 41(11) : 1961-1967.
- Cox, W. and J. H. Cherney. 2011. Growth and yield responses of soybean to row spacing and seeding rate. *Agron J.* 103(1) : 123-128.
- Egli, D. B., R. D. Guffy, and J. E. Leggett. 1985. Partitioning of assimilate between vegetative and reproductive growth of soybean. *Agron. J.* 77(6) : 917-922.
- Egli, D. B. and W. P. Bruening. 2000. Potential of early-maturing soybean cultivars in late plantings. *Agron J.* 92(3) : 532-537.
- Evans, L. T. 1996. *Crop evolution, Adaptation and Yield.* Cambridge University Press, Cambridge, 500.
- Gan, Y., I. Stulen, H. Van Keulen, and P. J. C. Kuiper. 2002. Physiological response of soybean genotypes to plant density. *Field Crop Res.* 74(2) : 231-241.
- Gubbels, G. H. and W. Dedio. 1988. Response of sunflower hybrids to row spacing. *Can. J. Plant Sci.* 68(4) : 1125-1127.
- Halvorson, M. A., T. C. Helms, and J. W.ENZ. 1995. Evaluation of simulated fall freeze, planting date, and cultivar maturity in soybean. *J. Prod. Agric.* 8(4) : 589-594.
- Hany A. El-Shemy. 2011. *Soybean Physiology and Biochemistry.* Rijeka: InTech. 488.
- Heatherly, L. G. 1988. Planting Date, Row Spacing, and Irrigation Effects on Soybean Grown on Clay Soil. *Agron J.* 80(2) : 227-231.
- Holshouser, D. L. and J. P. Whittaker. 2002. Plant population and row-spacing effects on early soybean production systems in the Mid-Atlantic USA. *Agron. J.* 94(3) : 603-611.
- Hong, Y. K. 1989. Effects of Planting Density on Growth of Four Soybean Cultivars, and the Estimation of Proper Planting Density. RDA research collection. 31(2) : 1-14.
- Kim, S. D., K. Y. Park, Y. H. Kim, H. T. Yun, Y. H. Lee, S. H. Lee, Y. K. Seung, E. H. Park, Y. H. Hwang, Y. H. Ryu, C. J. Hwang, and Y. S. Kim. 1998. A new soybean variety for soypaste with large seed and disease resistant "Daewonkong". *RDA. J. Crop Sci.* 40(2) : 107-111.
- Korea Rural Economic Institute. *Agricultural Prospect* 2014. 2014.
- Lee, C. D., D. B. Egli, and D. M. TeKrony. 2008. Soybean response to plant population at early and late planting dates in the Mid-South. *Agron J.* 100(4) : 971-976.
- 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(1) : 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(1) : 17-26.
- Liu, X., J. Jin, S. J. Herbert, Q. Zhang, and G. Wang. 2005. Yield components, dry matter, LAI and LAD of soybeans in Northeast China. *Field Crop Res.* 93(1) : 85-93.
- Messina, M. and V. Messina. 2010. The role of soy in vegetarian diets. *Nutrients* 2 : 855-888.
- Park, H. J., W. Y. Han, K. W. Oh, H. T. Kim, S. O. Shin, B. W. Lee, J. M. Ko, and I. Y. Baek. 2014. Growth and yield components responses to delayed planting of soybean in southern region of Korea. *Korean J. Crop Sci.* 59(4) : 483-491.
- Rural Development Administration. 2012. *Criteria for agricultural research and investigation.* 414-430.
- Rural Development Administration. 2003. *Practical use of Agricultural Research.*
- Saliba, M. R., L. E. Schreder, S. S. Hirano, and C. D. Upper. 1982. Effect of freezing field-grown soybean plants at various stages of podfill on yield and seed quality. *Crop Sci.* 22(1) : 73-77.
- SAS Institute Inc. 2009. *SAS/STAT<sup>®</sup>9.2 User's Guide, Second Edition.* Cary, NC : SAS Institute Inc.
- Statistics Korea. 2013a. *Agricultural Area Survey.*
- Statistics Korea. 2013b. *Agricultural Production Cost Survey. Income Analysis for Soybean.*
- 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 hybrids (*Zea mays* L.). *J. Agron. Crop Sci.* 191(2) : 140-151.
- Wade, L. J. and J. W. Foreman. 1988. Density-maturity interactions for grain yield in sunflower. *Aust. J. Exp. Agric.* 28(5) : 623-627.
- Williamson, R. E. and G. J. Kriz. 1970. Response of agricultural crops of flooding, depth-of water table and soil gaseous composition. *Transaction of the ASAE.* 216-220.
- Zhang, Q. Y., Q. I. Gao, S. J. Herbert, Y. S. Li, and A. M. Hashemi. 2010. Influence of sowing date on phenological stages, seed growth and marketable yield of four vegetable soybean cultivars in North-eastern USA. *Afr. J. Agric. Res.* 5(18) : 2556-2562.