

파종시기별 생육일수 및 적산온도 변화가 콩의 개화, 등숙 및 수량에 미치는 영향

이재은¹ · 정건호^{2,†} · 김성국² · 김민태² · 신수현² · 전원태¹

Effects of Growth Period and Cumulative Temperature on Flowering, Ripening and Yield of Soybean by Sowing Times

Jae Eun Lee¹, Gun Ho Jung^{2,†}, Sung Kook Kim², Min Tae Kim², Su Hyeon Shin², and Weon Tai Jeon¹

ABSTRACT The purpose of this research was to analyze the effect of different sowing times on the flowering and maturing of major soybean cultivars by varying day length and temperature in the central plain region. The average of growth period and cumulative temperature in five test cultivars by sowing times were 121 days and 2,972°C on June 1, respectively and gradually decreased to 85 days, 2,042°C, respectively on July 20. Analysis of the flowering response according to the sowing times showed that flowering was greatly influenced by the decrease of photoperiod until the sowing on July 10, and the minimum number of days for flowering were 27 days, 36 days, respectively in early and mid-rate maturing type in the central plain region. Daepung 2 is classified to the same ecotype with Daewonkong, the total number of growing days was not different between two cultivars, but ripening period (R2-R6) was longer by 5 days and yield was higher by 11% in Daepung 2. The maturity rate was also high and safe enough to maintain more than 90% through the entire sowing times. This ecological characteristic can be usefully applied as a section index for breeding environmental stress resistant and high yielding soybean varieties. The yield of 4 domestic cultivars (except TI196944) sowing on July 20 were 85~92% levels compared to sowing on June 20.

Keywords : cumulative temperature, growth period, seed quality, sowing time, yield

콩(*Glycine max.* (L.) merrill)은 환경에 매우 예민한 작물로서 낮의 길이가 10시간 이내일 경우 꽃피는 시기가 앞당겨지지만 12시간 이상으로 길어지면 꽃피는 시기가 늦어지는 전형적인 단일성 식물이다. 또한 경제적인 생산을 위해서는 2,500~3,000°C 정도의 적산온도가 필요한 것으로 알려져 있다. 지난 100년간 우리나라 평균기온은 약 1.7°C 정도 상승하여 전 세계 온난화 속도의 2배 정도를 상회하고 있다. 온난화는 기상재해로 인해 막대한 수량손실을 가져오는 위기적인 측면도 있지만, 작물의 재배지역이 북상하고 재배기간이 확장되는 등 기회적인 측면이 상존하는 양면성이 있다. 콩은 생태적으로 파종기의 폭이 넓은(4월말~7

월초) 특성을 가지고 있고, 표준재배법 상 단작의 파종적기가 6월 상순으로 되어있다. 그러나 일반 재배농가에서는 6월 중순~하순 경 파종을 하는 경우가 대부분이고, 최근 우리나라 기상 여건상 5~6월의 상습적인 가뭄으로 인해 파종시기를 놓치거나 출현율이 극히 저조하여 농사를 실패하는 경우가 많은 실정이다. 따라서 최근의 급격한 재배환경의 변화에 따라 다수확 및 고품질의 콩 생산을 위한 파종 적기와 경제적인 수준의 수량을 얻을 수 있는 파종 한계기에 대해 보다 정밀하게 분석할 필요가 있다.

Jiang & Egli (1995)은 콩의 수량구성요소가 정해지는 결정적인 시기는 개화기(R2)~착합기(R3) 사이이며, Board *et*

¹농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부 재배환경과 농업연구관 (Senior Research Scientist, Crop Cultivation and Environment Research Division, Department of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 16429, Korea)

²농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부 재배환경과 농업연구사 (Junior Research Scientist, Crop Cultivation and Environment Research Division, Department of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 16429, Korea)

[†]Corresponding author: Gun Ho Jung; (Phone) +82-31-695-0647; (E-mail) ideaway@korea.kr

<Received 3 October, 2019; Revised 17 November, 2019; Accepted 25 November, 2019>

Table 1. Description of soybean reproductive growth stage[†].

Stage No.	Abbreviated Stage title	Description
R1	Beginning bloom	One open flower at any node on the stem
R2	Full bloom	Open flower at one of the two uppermost nodes on the main stem with a fully developed leaf
R3	Beginning pod	A 3/16 inch long pod at one of the four uppermost nodes on the main stem
R6	Full seed	A pod containing a green seed that fills the pod capacity is located at one of the four uppermost main stem nodes
R8	Full maturity	Nine-five percent of pods that have reached their mature pod color. Five to ten days of drying weather are required after R8 before the soybeans have less than 15% moisture

[†]Source : Feher and Caviness (1977)

al. (1995)은 이 결정적인 시기는 종실이 발육을 시작하여 10~12일 후에 종료된다고 하였다. 따라서 이 시기가 더 연장될수록 일사량을 더 많이 흡수하여 동화물질의 전류량이 증가하고 결과적으로 마디수와 종실수의 증가로 수량이 증대된다고 하였으며(Magali *et al.*, 2015), 이 결정적인 시기는 작물생장에 결정적인 환경요소인 온도나 일장에 의해 그 기간의 연장 등을 조절할 수 있다고 하였다(Harley *et al.*, 1985; Farquhar & Sharkey, 1994; Thomas, 1994). 또한 Magali *et al.* (2015)은 생식생장기간(R2~R6)이 긴 품종일수록 환경스트레스에 대한 내성이 강하고 개화 이후 일사량이 부족한 지역에 더 잘 적응할 수 있다고 하였다. 콩의 생육시기별 고온이 품질과 수량에 미치는 영향을 평가하기 위해 다양한 연구결과들이 보고되었다. Zheng *et al.* (2002)은 콩의 개화기부터 등숙기까지 25~30°C 온도처리로 입중이 감소됨을 보고하였고, Gibson & Mullen (1996)은 개화기 이후 30.5~32.5°C의 고온조건은 처리시기에 상관없이 종실중을 감소시킨다고 하였다.

콩의 파종시기에 관한 연구는 대부분 생육 및 수량형질에 관련된 것이 많고, 파종시기별 생육일수 단축 정도, 적산온도 및 등숙적온 반응 등에 관한 기초적인 연구는 매우 빈약한 실정이다. 따라서 기후변화에 대응하여 중부지역에서 콩 생산성 향상을 위해 적합한 품종선발과 재배적기 결정에 필요한 등숙 및 개화생태형 기초자료를 제공하고자 본 시험을 수행하였다.

재료 및 방법

시험지역 및 실험재료

본 시험은 경기도 수원시 서둔동에 위치한 국립식량과학원 중부작물부 밭작물 시험연구포장에서 수행하였다. 시험

재료는 조생종으로 큰올콩, TI96944, 중생종으로 선유콩, 중만생종으로 대원콩, 대풍2호 등 총 5종의 콩 품종이 사용되었다.

파종시기 및 재배방법

파종기는 6월 1일, 6월 20일, 7월 10일, 7월 20일 총 4회 파종하였다. 재식거리는 콩 단작 표준재식밀도(22,000개체/10a)에 따라서 재식거리는 휴폭 60 cm × 주간거리 15 cm, 재식본수는 1주 2개체로 하였다. 시비량은 10a당 N-P₂O₅-K₂O를 성분량으로 3-3-3.4 kg을 전량 기비로 로터리 작업 전에 사용하였다. 파종 후 제초제 처리는 Alachlor 입제를 10a 당 2 kg을 살포하였다. 기타 재배관리는 농촌진흥청 콩 표준재배법에 준하였다. 시험구 배치는 파종기를 주구로, 품종을 세구로 한 분할구배치 3반복으로 하였으며, 각 처리구 당 시험구 면적은 28 m² (휴장 3 m, 16줄) 이었다.

적산온도 및 시험구 수량 구성요소 분석

주요 생식생장 단계별[개화기(R2), 종실비대성기(R6), 성숙기(R8)] 도달 일자는 Table 1의 콩의 주요 생식생장단계 개념 정의(Fehr & Caviness, 1977) 기준에 따라 주 3회 지속적으로 조사하였다. 적산온도는 기상청 자료를 활용하여 주요 생식생장단계 도달 기간 동안의 일 평균기온 값을 합산하여 구하였다. 수량구성요소 조사는 수확기에 시험구당 10주 20개체를 채취하여 개체 당 협수 및 립수, 백립중 등을 조사하였고, 수량조사를 위해 각 시험구별로 생육이 일정한 지점에서 5.4 m² (3 m × 1.8 m) 넓이로 채취하였다.

통계분석

모든 데이터는 3회 반복 측정하였으며, 평균과 표준편차로

Table 2. Monthly average of daily mean temperature, monthly average of daily mean duration of sunshine, and monthly precipitation during the growth period for 2018.

Monthly average		June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Average
Temperature (°C)	Normal year	23.0	25.8	26.5	21.9	15.5	22.5 [†]
	2018	22.6	27.4	28.5	21.2	12.7	22.5
Sunshine duration (hr)	Normal year	234.0	145.1	181.5	207.2	217.8	986 [†]
	2018	229.2	242.0	234.8	212.3	240.8	1,159
Precipitation (mm)	Normal year	46.6	385.2	161.6	75.3	57.2	726 [†]
	2018	107.0	222.7	218.6	87.1	132.7	768

[†]Represents total precipitation, Normal year (2013-2017)

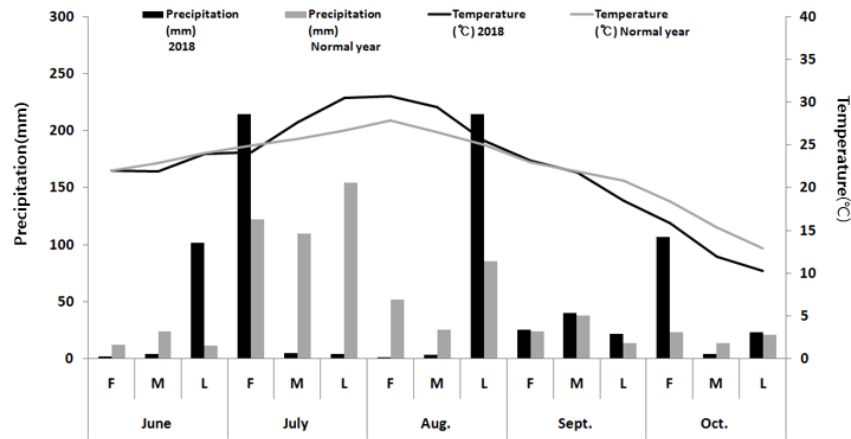


Fig. 1. Precipitation recorded in the study area in 2018. the Temperature in 2018 and in an average year (Average of 2013~2017) were compared.

나타내었다. 통계분석은 SAS 9.4 (Statistical Analysis Systems Inc., Raleigh, NC, USA)을 이용하여 분산분석을 하였으며, 던컨의 다중범위검정(Duncan’s multiple test)으로 5% 유의 수준에서 처리구간 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

콩 재배기간의 기상변화

콩 생육과 수량은 온도, 강수량, 그리고 일장과 밀접하게 관련되어 있다(Han *et al.*, 2008). 본 시험을 수행한 2018년의 콩 재배기간 동안 순별 평균기온, 강수량과 일조시간을 평년(2013~2017)의 자료이다. 콩 재배기간의 평균 기온은 22.5°C로 평년과 같다, 하지만 등숙기 기온은 평년보다 1.8°C가 낮았다. 7월 상순부터 8월 하순까지 평균기온은 1.9°C 높았다. 8월 1일~8월 31일 : 30°C 이상 25일간, 폭염(35°C이상) 16일간 지속되었으며 8월 1일~8월 31일까지 열대야(25°C이상) 15일간 지속되었다. 강우는 8월 중·하순에 집

중되었으며, 일조량을 보면 1,159시간으로 평년 986시간보다 173시간 많았다. 강수량은 768 mm로 평년 726 mm 보다 42 mm 많이 내렸다(Table 2, Fig. 1).

파종시기별 주요 생육단계 소요일수 및 적산온도

콩 생태형별 파종시기에 따른 개화일수와 적산온도 변화를 알아본 결과는 Table 3과 같다. 조생종인 큰올콩과 TI196944는 6월 1일 파종할 경우 개화일수는 42~43일 정도 소요되었고 적산온도는 974~1,001°C이었으며, 파종시기가 늦어질수록 개화일수와 적산온도가 점점 감소하여, 7월 20일 파종할 경우 개화일수는 27일 정도 소요되었고 적산온도는 826°C이었다. 중생종인 선유콩은 6월 1일 파종할 경우 개화일수는 52일 소요되었고 적산온도는 1,256°C이었으며, 7월 20일 파종할 경우 개화일수 31일, 적산온도는 936°C까지 감소하였다. 중만생종인 대원콩과 대풍2호는 6월 1일 파종할 경우 개화일수는 51~54일 정도 소요되었고 적산온도는 1,218~1,227°C이었으며, 7월 20일 파종할 경우 개화일수 36일, 적산온도 1,074°C까지 감소하였다. 낮의 길이가 가장 긴 6

월 22일을 기준으로 할 때, 5개 시험품종 모두 7월 10일까지 파종한 콩의 개화일수 및 적산온도 반응은 일장과 온도에 크게 영향을 받아 지속적으로 감소하였고, 7월 20일 파종할 경우는 일장과 온도의 영향보다는 개화에 필요한 최소한의 소요일수와 적산온도에 달해야 하는 것으로 판단되었다. 작물의 개화까지의 일수는 감온성과 감광성에 크게 지배되지만(가소영양생장기간), 작물에 아무리 개화에 알맞은 온도와 일장조건에 놓이더라도 일정한 기간의 기본영양생장을 하지 않으면 개화에 이르지 못하며 이를 기본영양생장기간(BVP, Basic Vegetative Phase)이라 정의한다. 고위도 지역인 캐나다 앨버타주에서 수행한 콩의 기본영양생장기간 시험(Major, 1980) 결과, 콩의 BVP는 22.5~23.5일 정도인 것으로 보고되었다. 우리나라 중부평야지의 경우 콩 생태형별 기본영양생장기간, 즉 개화에 필요한 최소한의 소요일수는 조생종인 큰올콩은 27일, 중생종인 선유콩은 31일, 중만생종인 대원콩과 대풍2호는 36일 정도이었다.

콩은 등숙기간(R2~R6) 동안 개화, 착협 및 종실비대를 통해 수량과 품질을 결정짓는 가장 중요한 시기이다. 콩 생태형

별 파종시기에 따른 등숙기간(R2~R6)과 적산온도 변화를 알아본 결과는 Table 4와 같다. 조생종인 큰올콩과 TI196944는 6월 1일 파종할 경우 등숙기간은 43~47일 정도 소요되었고 적산온도는 1,268~1,369°C이었으며, 파종시기가 늦어질수록 등숙기간과 적산온도가 점점 감소하여, 7월 20일 파종할 경우 등숙기간은 35일 정도 소요되었고 적산온도는 840°C이었다. 중생종인 선유콩은 6월 1일 파종할 경우 등숙기간은 47일 소요되었고 적산온도는 1,322°C이었으며, 7월 20일 파종할 경우 등숙기간 38일, 적산온도는 853°C까지 감소하였다. 중만생종인 대원콩과 대풍2호는 6월 1일 파종할 경우 등숙기간은 54~60일 정도 소요되었고 적산온도는 1,455~1,608°C이었으며, 7월 20일 파종할 경우 등숙기간은 41~45일, 적산온도는 846~922°C까지 감소하였다. 이는 파종기가 지연될수록 등숙기간이 단축되며 개화일수의 단축정도보다는 그 폭이 작고, 생태형에 있어서는 조생종보다는 중만생종의 단축정도가 더 크다는 연구결과(Chu *et al.*, 1996)와 일치하는 경향이였다.

콩 생태형별 파종시기에 따른 성숙기간(R6~R8)과 적산온

Table 3. Responses of days to flowering and cumulative temperature in 5 soybean varieties by sowing times.

Variety (Ecotype)	June 1		June 20		July 10		July 20	
	Days to flowering (days)	Cumulative temp. (°C)	Days to flowering (days)	Cumulative temp. (°C)	Days to flowering (days)	Cumulative temp. (°C)	Days to flowering (days)	Cumulative temp. (°C)
Keunolkong (early)	42c±0.6	974±16	36c±1.2	931±17	28c±0.3	821±16	27c±0.9	826±18
TI196944 (early)	43c±0.9	1,001±16	36c±1.2	931±17	27c±0.3	791±13	27c±0.9	826±18
Seonyukong (medium)	52b±0.7	1,256±19	42b±0.9	1,113±19	35b±1.2	1,034±37	31b±1.2	936±41
Daewonkong (mid-late)	54a±0.7	1,318±21	44a±0.3	1,177±11	37a±0.7	1,129±28	36a±0.6	1,074±14
Daepung 2 (mid-late)	51b±0.6	1,227±18	42b±0.7	1,113±32	37a±0.7	1,129±28	36a±0.6	1,074±14

‡ the same letters in a column are not significantly different at $P<0.05$ by duncan multiple range test

Table 4. Responses of grain filling period (R2-R6) and cumulative temperature in 5 soybean varieties by sowing times.

Variety (Ecotype)	June 1		June 20		July 10		July 20	
	Grain filling period (days)	Cumulative temp. (°C)	Grain filling period (days)	Cumulative temp. (°C)	Grain filling period (days)	Cumulative temp. (°C)	Grain filling period (days)	Cumulative temp. (°C)
Keunolkong (early)	43c±0.3	1,268±10	41c±0.7	1,162±24	36c±0.6	948±12	35c±1.0	840±19
TI196944 (early)	47c±0.3	1,359±12	40c±0.6	1,139±14	35c±0.9	935±21	35c±1.0	840±19
Seonyukong (medium)	47c±0.9	1,322±18	42c±0.6	1,133±12	39c±1.0	942±19	38c±0.6	853±10
Daewonkong (mid-late)	54b±0.7	1,455±14	52b±0.6	1,313±10	43b±0.3	964±5	41b±1.0	846±17
Daepung 2 (mid-late)	60a±1.2	1,608±24	57a±0.3	1,426±5	48a±1.0	1,059±16	45a±0.7	922±15

‡ the same letters in a column are not significantly different at $P<0.05$ by duncan multiple range test

Table 5. Responses of grain ripening period (R6-R8) and cumulative temperature in 5 soybean varieties by sowing times.

Variety (Ecotype)	June 1		June 20		July 10		July 20	
	Grain filling period (days)	Cumulative temp. (°C)	Grain filling period (days)	Cumulative temp. (°C)	Grain filling period (days)	Cumulative temp. (°C)	Grain filling period (days)	Cumulative temp. (°C)
Keunolkong (early)	15c±0.3	379±7	14c±0.7	324±13	13c±0.6	275±10	12c±0.3	218±5
TI96944 (early)	16c±0.7	391±15	16c±0.6	366±11	15c±0.3	318±4	14c±0.7	254±15
Seonyukong (meidium)	24bc±0.9	474±15	23bc±1.0	441±17	17b±0.6	297±9	14c±0.3	234±3
Daewonkong (mid-late)	30a±0.6	492±8	28a±0.7	416±8	23a±0.3	337±5	19a±0.3	259±4
Daepung 2 (mid-late)	28b±1.0	441±16	25b±0.7	368±9	19b±0.3	272±4	16b±0.3	208±4

‡ the same letters in a column are not significantly different at $P<0.05$ by duncan multiple range test

Table 6. Percentage of ripening grains in 5 soybean varieties by sowing times.

Variety (Ecotype)	Percentage of ripened grains(%)			
	June 1	June 20	July 10	July 20
Keunolkong (early)	20.5±10.6 ^{d‡}	90.7±3.3 ^a	94.6±1.6 ^a	94.2±1.4 ^{ab}
TI96944 (early)	30.3±1.2 ^c	78.0±6.4 ^b	97.6±0.5 ^a	92.5±0.3 ^b
Seonyukong (medium)	81.9±3.5 ^b	91.7±2.1 ^a	92.4±1.5 ^b	86.8±7.8 ^c
Daewonkong (mid-late)	80.3±0.7 ^b	91.7±3.1 ^a	96.8±1.5 ^a	92.6±2.5 ^b
Daepung 2 (mid-late)	91.4±2.6 ^a	94.4±1.9 ^a	97.0±1.5 ^a	97.0±0.3 ^a

‡ the same letters in a column are not significantly different at $P<0.05$ by duncan multiple range test

도 변화를 알아본 결과는 Table 5와 같다. 조생종인 큰올콩과 TI96944는 6월 1일 파종할 경우 성숙기간은 15~16일 정도 소요되었고 적산온도는 379~391°C이었으며, 파종시기가 늦어질수록 성숙기간과 적산온도가 점점 감소하여, 7월 20일 파종할 경우 개화일수는 12~14일 정도 소요되었고 적산온도는 218~254°C이었다. 중생종인 선유콩은 6월 1일 파종할 경우 성숙기간은 24일 소요되었고 적산온도는 474°C이었으며, 7월 20일 파종할 경우 성숙기간 14일, 적산온도는 234°C까지 감소하였다. 중만생종인 대원콩과 대풍2호는 6월 1일 파종할 경우 성숙기간은 28~30일 정도 소요되었고 적산온도는 441~492°C이었으며, 7월 20일 파종할 경우 성숙기간은 15~19일, 적산온도는 208~259°C까지 감소하였다. 이는 파종기가 지연될수록 성숙기간이 단축되며, 생태형에 있어서는 여름형 콩인 조생종이 가을형 콩인 중만생종에 비해 성숙기간 중 더 높은 온도로 경과하여 그 기간이 더 짧다는 연구결과(Park *et al.*, 1987)와 일치하는 경향이었다.

파종시기별 등숙율 및 등숙적온

콩 생태형별 파종시기에 따른 등숙율 변화를 알아본 결과

는 Table 6과 같다. 모든 시험품종이 대풍2호를 제외하고 6월 1일에 파종할 경우 등숙율이 많이 저조하였다. 조생종인 큰올콩과 TI96944는 6월 1일에 파종하면 등숙율이 각각 20.5%, 30.3%로 수확이 불가할 정도로 낮았으며, TI96944는 6월 20일에 파종을 해도 78%에 불과하였다. 중생종인 선유콩과 중만생종인 대원콩은 6월 1일 파종구의 등숙율이 각각 81.9%, 80.3% 수준이었다. 대풍2호는 모든 파종시기의 등숙율이 90% 이상으로 높았고, 파종시기가 늦어질수록 등숙율이 증가하여 7월 10일과 7월 20일 파종구의 등숙율은 97%로 매우 높았다. 이를 초형과 관련하여 살펴보면, 대풍2호를 제외한 나머지 4품종은 잎이 난형으로 엽폭이 매우 넓고 분지가 많거나 주경의 길이가 긴 특성을 갖고 있다. 따라서 일찍 파종할 경우 영양생장기간이 길어 지상부 생육이 과번무해지기 때문에 수광효율이 떨어지고 도복으로 인해 습해를 받아 등숙율이 떨어지는 반면, 대풍2호는 잎이 세형으로 엽폭이 좁아 수광효율이 좋고, 주경의 길이가 짧고 분지가 적어 도복에 강하기 때문인 것으로 판단된다. 등숙율이 가장 낮은 큰올콩과 가장 높은 대풍2호의 종실 외관품질 살펴보면(Fig. 2), 큰올콩은 6월 1일 파종구의 종실 외관품질이 많이 떨어지고 대풍2호는 전 파종시기의

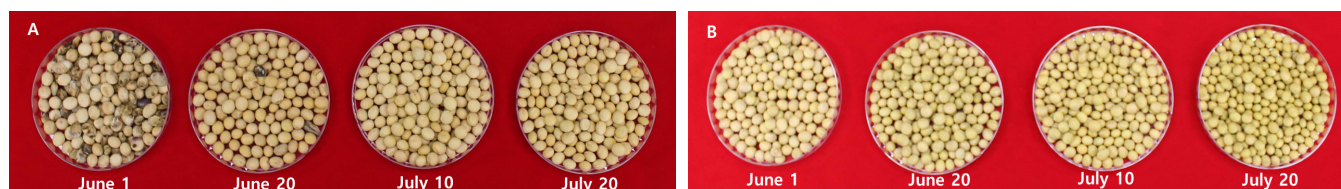


Fig. 2. Comparison of seed quality between Keunolkong (A) and Daepung 2 (B) by sowing times.

Table 7. Mean temperature and daily temperature range during ripening period in 5 soybean varieties by sowing times.

Variety (Ecotype)	June 1		June 20		July 10		July 20	
	Mean temp. (°C)	Daily temp. range (°C)	Mean temp. (°C)	Daily temp. range (°C)	Mean temp. (°C)	Daily temp. range (°C)	Mean temp. (°C)	Daily temp. range (°C)
Keunolkong (early)	29.3±0.1	9.7±0.03	28.2±0.3	9.0±0.17	26.2±0.2	9.4±0.06	23.9±0.2	9.3±0.07
TI96944 (early)	28.9±0.2	9.4±0.10	28.4±0.1	9.0±0.03	26.6±0.3	9.1±0.15	23.9±0.2	9.3±0.07
Seonyukong (medium)	28.0±0.2	9.1±0.09	26.8±0.2	9.4±0.06	24.0±0.1	9.3±0.12	22.3±0.2	9.7±0.10
Daewonkong (mid-late)	26.8±0.1	9.3±0.03	25.1±0.2	9.4±0.06	22.3±0.2	10.0±0.10	20.5±0.3	10.2±0.07
Daepung 2 (mid-late)	26.7±0.2	9.4±0.07	25.1±0.3	9.6±0.13	21.9±0.4	10.1±0.17	20.2±0.3	10.3±0.13

Table 8. Yield and yield components of 5 soybean varieties by sowing times.

Variety	Sowing time	No. of pods/plant	No. of seeds/plant	100 seeds weight (g)	Yield (kg/10a)
Keunolkong	June 1	26.9±0.4 ^{b‡}	53.3±1.6 ^b	30.9±0.5 ^a	133±9.9 ^c
	June 20	34.7±2.3 ^a	64.2±3.5 ^a	30.4±0.7 ^a	245±6.4 ^a
	July 10	30.6±0.4 ^{ab}	61.1±0.4 ^a	29.5±0.4 ^{ab}	237±7.3 ^a
	July 20	27.8±2.0 ^b	58.0±1.3 ^{ab}	28.1±1.6 ^b	222±4.0 ^b
TI96944	June 1	28.0±1.2 ^b	58.1±3.4 ^b	23.7±0.4 ^a	140±15.6 ^d
	June 20	33.8±0.6 ^{ab}	66.7±1.7 ^{ab}	23.8±0.7 ^a	227±9.9 ^c
	July 10	36.3±0.1 ^a	71.0±2.1 ^a	23.5±0.1 ^a	252±6.7 ^a
	July 20	33.4±0.7 ^{ab}	69.9±1.3 ^a	22.4±0.3 ^b	244±4.6 ^b
Seonyukong	June 1	29.1±0.2 ^{ab}	43.8±1.7 ^c	34.7±0.7 ^a	224±4.0 ^b
	June 20	33.5±1.0 ^a	63.6±1.3 ^a	33.6±0.8 ^{ab}	248±5.8 ^a
	July 10	33.3±1.9 ^a	64.9±3.3 ^a	30.4±0.5 ^b	243±6.2 ^a
	July 20	26.3±2.0 ^b	50.7±2.0 ^b	30.5±0.8 ^b	222±1.0 ^b
Daewonkong	June 1	33.2±3.2 ^b	59.3±3.1 ^c	29.7±0.6 ^a	223±6.1 ^c
	June 20	42.5±2.2 ^a	78.6±2.9 ^a	26.8±0.2 ^b	256±4.6 ^a
	July 10	42.2±2.2 ^a	79.9±2.7 ^a	26.3±0.3 ^b	248±2.8 ^a
	July 20	36.5±1.3 ^b	72.1±1.7 ^b	25.7±0.9 ^c	236±8.4 ^b
Daepung 2	June 1	44.1±0.8 ^a	85.5±2.2 ^b	23.3±1.3 ^a	274±5.2 ^b
	June 20	45.2±0.9 ^a	94.7±3.5 ^a	20.3±0.3 ^b	288±11.5 ^a
	July 10	41.5±1.3 ^{ab}	89.7±1.1 ^{ab}	20.2±0.5 ^b	271±8.3 ^b
	July 20	38.0±1.0 ^b	81.2±1.4 ^b	18.6±0.2 ^c	245±8.5 ^c

[‡] the same letters in a column within a variety are not significantly different at $P<0.05$ by duncan multiple range test

종실 외관품질이 우수한 것을 알 수 있다.

등숙율과 수량성(Table 8)을 종합적으로 고려하여 콩 생태형별 등숙적온과 일교차를 살펴보면(Table 7), 조생종인 큰올콩은 등숙적온 28.2°C, 일교차 9.0°C, 중생종인 선유콩은 각각 26.8°C, 9.4°C, 중만생종인 대원콩과 대풍2호는 각각 25.1°C, 9.5°C 정도인 것으로 나타났다.

등숙기간에 따른 등숙율 및 수량성

콩의 파종시기별 등숙기간 확장이 등숙율과 수량에 미치는 영향을 살펴보았다(Fig. 3). 대풍2호는 현재 국내 보급중 중 내재해 및 다수성이 가장 우수한 품종으로 생태형 분류상

중만숙군(총 생육일수 110~130일)에 속한다. 같은 생태형으로 분류되는 대원콩과 비교할 때, 4차례 파종시기 전체 평균 생육일수는 112일 정도로 차이가 없으나 등숙기간(R2~R6)이 5일 정도 더 길고 수량은 11% 더 높았다. 등숙율도 전 파종시기에 있어서 90% 이상을 유지할 정도로 높고 안전하였다. 이는 콩의 등숙기간이 확장되면 일사량 흡수가 증가하고 마디수와 동화물질 전류량이 증가하여 결과적으로 수량이 증수된다고 연구결과(Board & Tan, 1995; Jiang & Egli, 1995; Egli & Bruening, 2002)와 일치하는 경향이였다. Magali *et al.* (1980)은 수량증수에 관여하는 일장의 영향 중 생식생장단계의 확장으로 누적일사량 증가에 의한 것이 양적효과 또는 간접적인 효과이며, 누적일사량 증가와는 상관없이 일장이 작물의 구조와 기능의 변화를 초래하는 것이 질적효과 또는 직접적인 효과라고 하였는데, 대풍2호의 다수성은 양적효과에 기인하는 것으로 판단된다. 본 연구결과는 콩의 생식생장 기간이 길수록 환경스트레스에 대한 내성이 강하고 일사량이 부족한 지역에 잘 적응할 수 있다는 연구결과(Egli, 2005; Magali *et al.*, 2015)와 잘 부합되며, 내재해 및 다수성 콩 품종육성을 위한 선발지표로 유용하게 적용할 수 있을 것으로 기대된다.

파종시기에 따른 수량구성요소 및 수량

파종시기에 따른 콩 품종별 수량구성요소와 수량을 살펴 보았다(Table 8). 개체당 협수와 개체당 입수는 모든 시험 품종에 있어서 6월 20일과 7월 10일 파종한 경우 전반적으로 많은 경향이였다. 백립중은 파종시기가 늦어질수록 감소하였는데, 이는 파종기가 지연될수록 동화물질이 전류되는 시기인 등숙기간(R2~R6)의 단축에 기인하는 것으로 판단되며, 수량구성요소관련 형질 중 백립중이 파종기 이동에 가장 민감하게 반응한다는 연구결과(Park *et al.*, 1987)와 일치하는 경향이였다. 10a당 수량은 대풍2호를 제외하고 나머지 4품종은 기존의 표준재배법 상 단작 파종적기에 해당하는 6월 1일 파종할 경우 상승적인 가뭄으로 인해 출현율이 저조하고, 영양생장기간 중 고온으로 경과하여 지상부 생육이 과번무하고 도복이 심하여 등숙율이 낮았던 관계로 가장 저조하였던 것으로 판단된다. 북한도입 유전자원인 TI196944는 6월 20일 파종기까지 지속적으로 등숙율이 저조하여 7월 10일 파종기가 수량이 가장 높았고, 나머지 국내육성 4품종은 6월 20일 파종기가 가장 높았다. 따라서 콩 다수확 및 고품질을 고려할 때 6월 중·하순경이 파종적기인 것으로판단되며, 좀 더 면밀한 추가적인 검토가 필요할 것으로 사료된다. 7월 20일 파종할 경우 6월 20일 파종과 비교할 때 85~92% 수준이었다. 최근 우리나라 기

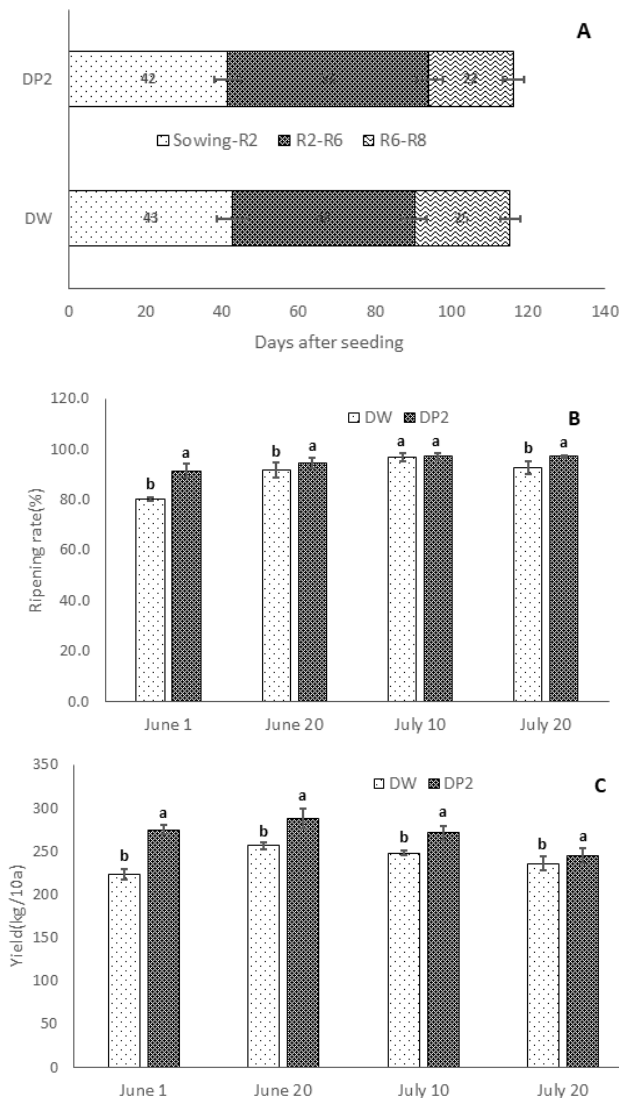


Fig. 3. Comparison of ripening period (A), ripening Rate (B), yield (C) between Daewonkong (DW) and Daepung 2 (DP 2) by sowing times.

상여건 상 5~6월의 상습적인 가뭄으로 파종시기를 놓치거나 출현율이 극히 저조할 경우, 중부평야지에서는 7월 20일까지 파종을 해도 경제적인 수준의 콩 생산이 가능할 것으로 판단된다.

적 요

기후변화에 대응하여 중부지역에서 콩 생산성 향상을 위해 적합한 품종선발과 대재적기 결정에 필요한 등숙 및 개화생태형 기초자료를 확보하고자 본 시험을 수행하였다. 시험재료는 조생종으로 큰올콩, TI196944, 중생종으로 선유콩, 중만생종으로 대원콩, 대풍2호 등 총 5품종이 사용되었다. 파종기는 6월 1일, 6월 20일, 7월 10일, 7월 20일 총 4회 파종하였다. 개화에 필요한 최소한의 소요일수 즉 기본 영양생장기간(BVP)은 조생종인 큰올콩이 27일, 중생종인 선유콩은 31일, 중만생종인 대원콩과 대풍2호는 36일 정도 이었고, 적산온도는 5개 품종 평균적으로 볼 때 950°C 정도이었다. 등숙율은 대풍2호를 제외하고 6월 1일 파종구가 가장 저조하였고, 대풍2호는 모든 파종시기의 등숙율이 90% 이상으로 높았다. 등숙율과 수량성을 고려할 때 중만생종인 대원콩과 대풍2호의 등숙적온은 25°C 정도이었다. 대풍2호의 다수성은 등숙기간이 길어 일사량 흡수가 증가하고 마디수와 동화물질 전류량이 증가하여 결과적으로 수량이 증수하는데 기인하는 것으로 분석되었다. 파종시기별 수량성은 북한도입 유전자원인 TI196944를 제외하고 나머지 국내육성 4품종은 6월 20일 파종구가 가장 높았으며, 7월 20일 파종의 경우 6월 20일 파종과 비교할 때 85~92% 수준이었다. 따라서 최근 우리나라 기상여건 상 5~6월의 상습적인 가뭄으로 파종시기를 놓치거나 출현율이 극히 저조할 경우, 중부평야지에서는 7월 20일까지 파종을 해도 경제적인 수준의 콩 생산이 가능할 것으로 판단된다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 작물시험연구사업(ATIS 과제번호 : PJ01195902)의 지원으로 수행된 결과입니다.

인용문헌(REFERENCES)

- Board, J. E. and Q. Tan. 1995. Assimilatory capacity effects on soybean yield components and pod number. *Crop Sci.* 35 : 846-851.
- Chu, Y. H., K. W. Chung, and M. K. Joo. 1996. Effect of different planting dates on growth and yield component in two ecotypes of soybean. *Korean J. Crop Sci.* 41(1) : 86-94.
- Egli, D. B. and W. P. Bruening. 2002. Flowering and fruit set dynamic at phloem-isolated nodes in soybean. *Field Crops Res.* 79 : 9-19.
- Egli, D. B. 2005. Flowering pod set and reproductive success in soya bean. *J. Agron. Crop Sci.* 191 : 283-291.
- Farquhar, G. D. and T. D. Sharkey. 1994. Photosynthesis and carbon assimilation. *ASA/CSSA/SSSA, Madison, WI*, pp. 187-210.
- Fehr, W. R. and C. E. Caviness. 1977. Stages of soybean development. *Iowa Agric. Exp. Stn. Spec. Rep.* 80.
- Gibson, L. R. and R. E. Mullen. 1996. Soybean seed quality reductions by high day and night temperature. *Crop Sci.* 36 : 1615-1619.
- Harley, P. C., J. A. Weber, and D. M. Gates. 1985. Interactive effects of light, leaf temperature, [CO₂] and [O₂] on photosynthesis in soybean. *Planta* 165 : 249-263.
- Han, W. Y., K. R. Park, H. T. Kim, H. M. Ko, I. Y. Baek, C. Y. Lee, and M. G. Choung. 2008. Variations in growth characteristics and seed qualities of Korean soybean landraces. *Korean J. Crop Sci.* 53(5) : 96-102.
- Jiang, H. and D. B. Egli 1995. Soybean seed number and crop growth rate during flowering. *Agron. J.* 87 : 264-267.
- Magali, N., D. J. Miralles, and A. G. Kantolic. 2015. Post-flowering photoperiod and radiation in soybean yield determination: Direct and indirect photoperiodic effects. *Field Crops Research.* 176 : 45-55.
- Major, D. J. 1980. Photoperiod response characteristics controlling flowering of nine crop species. *Can. J. Plant Sci.* 60 : 777-784.
- Park, K. Y., S. K. Oh, B. C. Jeong, S. P. Rho, and E. H. Hong. 1987. Effect of planting dates on dry matter production and ecological characteristics of soybeans in southern region of Korea. *Korean J. Crop Sci.* 32(4) : 409-416.
- RDA. 2012. Agricultural science and technology resrarch standard.
- RDA. 2018. Major food field crop varieties. Rural Development Administration.
- Thomas, J. F. 1994. Ontogenic and morphological plasticity in crop plant. *ASA/CSSA/SSSA, Madison, WI*, pp. 181-186.
- Zheng, S., H. Nakamoto, K. Yoshikawa, T. Furuya, and M. Fukuyama. 2002. Influences of high night temperature on flowering and pod setting in soybean. *Plant Prod. Sci.* 5(3) : 215-218.