

파종시기에 따른 참깨 수량구성요소 및 수량에 미치는 영향

심강보^{1,†} · 신명나² · 전원태¹ · 한아름²

Effect of Different Sowing Dates on the Yield-related Traits and Seed Yield of Sesame

Kang Bo Shim^{1,†}, Myoung Na Shin², Won Tae Jeon¹, and Arum Han²

ABSTRACT The yield potential of sesame depends on genetic factor, environmental factor, genetic x environmental interaction, as well as agronomic factors such as sowing date, planting density or seed rate for sowing. The main aim of this study was to analyze the effects of different sowing dates on the yield-related traits and total seed weight of sesame. The analysis of variance revealed that different sowing dates affected sesame yield-related traits such as plant height, number of branch per plant, number of capsule per plant, 1,000-seed weight, and total seed weight. Early or late sowing date showed negative effect of yield-related sesame traits and total seed weight. Optimum sowing date for sesame in the middle region of Korean peninsula was May 10th, in which total seed yield recorded 90 kg per 10 are. Path-coefficient analysis revealed that the number of capsule per plant and plant height were major factors that affected the total seed weight of sesame across different sowing dates.

Keywords : sesame, sowing date, yield-related traits

참깨는 아프리카 사반나 지역이 원산지인 고온·단일 조건에서 개화가 촉진되는 대표적인 단일성 작물이다. 재배시기는 5월부터 9월까지이며 생육기간은 약 120일 정도이다. 파종기에 따른 일장, 온도 및 두 요인의 상호작용이 작물의 생육 및 생태반응에 다양한 영향을 미친다(Garner *et al.*, 1920; Boote, 1980; Lee *et al.*, 1982). 마찬가지로 참깨를 만파하면 수량구성요소에 필요한 충분한 영양생장량이 확보되지 않고 엽면적지수도 적어 초장, 주당삭수가 감소하고 결과적으로 단위면적당 수량이 감소한다(Park *et al.*, 1964; Lee *et al.*, 1982; Boquet *et al.*, 1983). 온대기후조건에서 참깨와 유사한 재배시기를 가지는 콩을 만파하면 성숙기간이 약 50% 정도 감소한다(Abel, 1962). 일반적으로 작물의 생육특성은 발아부터 줄기신장기의 영양생장단계와 개화기까지의 생식생장단계, 그리고 종자가 맺히는 생리적 성숙단계로 구분한다(Hay *et al.*, 1991; Snape *et al.*, 2001; Gonzalez *et al.*, 2002). 참깨를 만파하면 고온단일

조건에서 개화반응을 빨리하기 때문에 짧은 영양생육기간을 거쳐 생식생장으로 전환되어 개화소요일수는 짧아지고, 유효적산온도와 일사량이 부족하여 충분한 생식생장기간이 확보되지 않아 수량이 감소하였다(Shekhar, 1988; Katoh *et al.*, 1996; Nath *et al.*, 2001; Kumazaki *et al.*, 2002). 참깨의 수량은 꼬투리가 달린 마디수에 의해 결정되며 마디당 꼬투리수는 품종이나 재배환경에 따라 차이가 나며, 개화 후 약 35일~50일 경에 꼬투리내 종실수량이 최고에 도달한다(Guh *et al.*, 1980; Lee *et al.*, 1980; Kang *et al.*, 1983; Idea *et al.*, 1999). 참깨를 만파하면 수량구성요소가 확보되는 시간이 부족하여 주당 꼬투리수가 감소되고 전체적으로 총종실수량이 감소한다(Katoh *et al.*, 1996; Idea *et al.*, 1999). 참깨와 재배시기가 비슷한 콩의 경우 파종기가 늦어질 경우, 수량은 짧아진 생식생장기간에 의해 영향을 받지만 영양생장기간에는 영향을 미치지 않는다고 하였다(Boquet *et al.*, 1983). 본 연구는 참깨 파종시기를 달리하였을 때 품종

¹⁾농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부 농업연구관 (Senior Researcher, Department of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 16429, Korea)

²⁾농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부 농업연구사 (Junior Researcher, Department of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 16429, Korea)

[†]Corresponding author: Kang Bo Shim; (Phone) +82-31-695-0642; (E-mail) shimkb@korea.kr

<Received 31 August, 2021; Revised 9 November, 2021; Accepted 11 November, 2021>

의 고유특성과 기상환경의 영향에 따른 참깨 생육특성 및 수량성 관련 특성을 파악하고 상호연관성을 비교 분석하여 작부체계 연계 등 다양한 재배조건에서 최대의 참깨 수량성을 확보하기 위한 기초자료를 얻고자 수행하였다.

재료 및 방법

시험재료 및 재배조건

본 연구는 2019년부터 2020년까지 경기도 수원에서 수행하였으며 생육특성이 다양한 안산개, 성분개, 풍성개, 양백개, DT45, 90일개, 아름개 등 7품종을 공시하여 수행하였다. 4월 20일부터 6월 30일까지 10일 간격으로 총 7회 파종하여 참깨 수량구성요소를 조사, 분석하였다. 흑색 유공비닐 피복 후 재식거리 조건 30 cm, 주간 10 cm로 파종하였으며, 솥음작업 과정을 거쳐 1주 1본으로 최종 유지하였다. 기타 참깨 재배관리는 농촌진흥청 참깨 표준재배기술(RDA, 2003)에 준하여 실시하였다. 난괴법 3반복으로 시험구를 배치하였으며, 생육 및 수량성에 관한 기본조사 요령은 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사분석기준(RDA, 2012)에 준하여 실시하였다. 참깨 생육특성에 대한 기온의 영향을 분석하기 위하여 유효적산온도(growing degree days, GDDs)를 활용하였으며 유효적산온도는 일 최고온도, 일 최저온도 및 참깨의 기본온도를 조합하여 산출하였으며 계산식은 다음과 같다. 유효적산온도(Growing degree days, GDDs) = $\sum [(T_{max} + T_{min})/2 - T_b]$. 식에서 T_{max} , T_{min} , T_b 는 각각 일 최고온도, 일 최저온도, 기본온도를 나타내며, 작물에 따라 기본온도는 다른데 참깨의 경우 기본온도를 15°C로 설정하였다.

수량특성 조사

참깨는 무한화서로서 아래부터 위로 꽃이 핀다. 개화기간은 약 25~30일이며 식물체의 최하위 꼬투리가 벌어지게 되면 수확할 수 있다(Lee *et al.*, 2001). 초장(plant height)은 지체부에서 지상부 식물체 끝까지의 길이를 측정하였고, 주당 삭수(number of capsule per plant)는 1개 식물체에 달려있는 총 꼬투리수를 조사한 것이다. 천립중(1,000-seed weight)은 참깨종자 1,000개의 무게로, 표준 재식거리로 심었을 때 소요되는 10a 당 개체수(20,000주)를 감안하여, 개체당 종자무게를 측정하여 10a 당 수량성으로 환산한 것을 2019년과 2020년을 평균하여 나타냈다.

통계분석

통계분석은 SAS 9.2 (Statistical Analysis Systems Inc., Raleigh, NC, USA)를 이용하여 분산분석(Analysis of Variation, ANOVA)을 실시하였으며, 최소유의차검정(Fisher's least significant difference (LSD) test)과 던컨의 다중범위검정(Duncan's multiple range test)으로 5% 유의수준 검정하였다. 또한 수량구성요소간의 연관성과 종실수량에 미치는 영향을 분석하기 위해서 Pearson 상관분석을 수행하였고, SPSS 27 (IBM Corporation, New York, NY, USA)를 이용하여 경로분석(Wright, 1921; Dewey *et al.*, 1959)을 수행하여 총 종실수량에 미치는 직접효과 및 간접효과를 분석하였다.

결과 및 고찰

기상환경 분석

파종시기에 따라 참깨 재배기간 중 유효적산온도, 일조

Table 1. Weather conditions based on the sowing date of sesame during 2019 and 2020.

Sowing date	2019			2020		
	GDD ¹	S _{hrs}	Rain	GDD	S _{hrs}	Rain
April 20	+37	-124	+854	-5	-274	+108
April 30	+43	-76	+59	+38	-283	+867
May 10	+69	-141	+217	+22	-288	+970
May 20	+58	-139	+242	-74	-266	+942
May 30	+75	-147	+241	+64	-223	+940
June 10	+74	-139	+222	+24	-198	+926
June 20	+172	-135	+211	-29	-193	+916
Average	+75	-129	+292	+6	-246	+810

“+” means above and “-” means below common year.

¹GDD : Growing degree days, S_{hrs} : Sunshine duration, Rain : Total rainfall amount.
Growing degree days, sunshine and rainfall are in °C, hours, mm respectively

시간 및 강수량을 평년과 비교하여 본 결과, 2019년의 경우 파종시기가 늦어질수록 평균 적산온도는 증가하는 경향을 보였으며, 평균 일조시수와 강수량은 4월 파종기에 따른 차이가 크게 낮으나, 5월 이후 파종기에서는 상대적으로 적었다. 2020년에는 4월 20일, 5월 10일, 6월 20일 파종기에서 평균 적산온도는 평년에 비해 적었으며, 5월 이후 파종기가 늦어질수록 평균 일조시간과 강수량은 감소하는 경향을 나타내었다(Table 1).

품종 및 파종시기에 따른 참깨 수량성 반응

참깨는 고온 단일성 작물로서 온도, 일장 등 기상환경에 따라 생육 및 수량성의 차이가 크게 나타나는데(Kotecha *et al.*, 1975), 2019~2020년 수원지역 기상조건에서 공시된 참깨 7개 품종 간 수량구성요소 및 총 종실수량을 비교하여 분석한 결과, 양백개와 안산개가 주당삭수가 많으면서 수량이 높았으며, DT45와 풍성개는 수량이 낮았다(Table 2). 이러한 품종 간 차이는 온도, 일장 등 재배환경에 대한 반응성 정도, 품종 고유의 특성발현 등의 차이에서 기인된 것으로 나타났다(Shim *et al.*, 2020).

일반적으로 참깨 발아 최저온도는 10~12°C이고, 발아 적온은 25~27°C인데, 파종적기인 5월 상순보다 빠른 4월 중·하순에 파종하면, 출현 후 영양생장기간 동안 평균 적산온도가 65°C 낮고, 평균 일조시수는 40시간 부족하여, 전

반적으로 생육이 부진하여 개화 후 생식생장으로 전환된 후에는 초장, 분지수, 주당삭수 등 수량구성요소 확보에 불리하게 작용하여 수량이 감소하게 되며, 5월 상순보다 파종기가 늦어지면 고온단일 기상조건에서 생육하고 충분한 영양생장량이 확보되지 않은 상태에서 개화가 유도되어 생식생장으로 전환되기 때문에 개화일수는 줄어들지만 기본적인 생육량이 확보되지 않아 경장과 분지수가 줄어들고 주당 삭수도 감소되어 전체적으로 총 종실수량이 감소한다(Lee *et al.*, 1982). 파종 시기별 공시 품종 간 연차간 평균 수량성을 비교하여 본 결과, 5월 10일 파종에 비하여 4월 20일, 4월 30일 조파한 경우 총 종실수량이 각각 77, 88% 수준으로 감소하였고, 5월 10일보다 파종기가 늦어지면 수량이 줄어드는데, 5월 중·하순 파종 시 약 5~23% 감소하였으며, 6월 파종 시에는 약 34~78% 정도 수량이 감소하였다(Table 3). 파종시기에 따른 총 종실수량 변이는 양백개가 다른 품종에 비하여 크게 나타났으며, 성분개와 DT45는 상대적으로 적었다.

우리나라 기상조건에서 참깨 파종적기인 5월 상순보다 조파 하거나 만파 하면 전반적으로 참깨 수량이 감소하는데(Lee *et al.*, 1982), 이는 참깨 종실수량에 가장 크게 영향을 미치는 주당삭수의 감소와 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다(Fig. 1). 5월 10일 파종 시 연차간 전체 공시품종의 평균 주당삭수는 103개로 다른 파종기보다 4~44개 정도 많았

Table 2. Agronomic characteristics of each variety base on different sowing dates during 2019 and 2020.

Variety	Year	Plant height (cm)	No. of branch/plant	No. of capsule/plant	1,000-seed weight (g)	Total seed weight (kg/10a)
Aansan	2019	172 ^a	6.5 ^a	108 ^a	2.60 ^c	85 ^a
	2020	151 ^b	6.1 ^a	89 ^{ab}	2.52 ^{cd}	70 ^b
Sungboon	2019	170 ^c	1.9 ^{bc}	93 ^a	2.54 ^{cd}	75 ^b
	2020	149 ^{bc}	1.7 ^{bc}	76 ^b	2.40 ^e	59 ^c
Poonsung	2019	171 ^a	2.8 ^b	99 ^a	2.87 ^b	64 ^{bc}
	2020	150 ^b	2.6 ^b	81 ^b	2.78 ^b	49 ^{cd}
Yangbaek	2019	110 ^c	1.5 ^{bc}	96 ^a	2.80 ^b	89 ^a
	2020	91 ^d	1.3 ^{bc}	78 ^b	2.70 ^c	72 ^b
DT45	2019	52 ^e	4.1 ^b	64 ^c	3.66 ^a	51 ^{cd}
	2020	38 ^f	3.9 ^b	48 ^d	3.40 ^a	35 ^d
90days	2019	139 ^{bc}	6.0 ^a	103 ^a	2.75 ^{bc}	75 ^b
	2020	120 ^c	5.7 ^a	87 ^{ab}	2.64 ^c	59 ^c
Areum	2019	164 ^{ab}	3.7 ^b	88 ^{ab}	2.82 ^b	68 ^{bc}
	2020	142 ^{bc}	3.4 ^b	71 ^{bc}	2.74 ^{bc}	53 ^c

Different lowercase letters indicate significant difference at $P < 0.05$ by Duncan's multiple range test

Table 3. Effect of sowing date on the variation of total seed weight of sesame varieties during 2019 and 2020.

Sowing date	Variety							
	Aansan	Sungboon	Poonsung	Yangbaek	DT45	90days	Areum	
April 20	67 ^{bc}	84 ^{ab}	73 ^a	63 ^c	48 ^{cd}	86 ^a	73 ^b	
April 30	93 ^a	81 ^{ab}	69 ^{ab}	99 ^{ab}	56 ^c	84 ^a	74 ^b	
May 10	103 ^a	94 ^a	80 ^a	113 ^a	60 ^c	91 ^a	91 ^a	
May 20	100 ^a	90 ^a	76 ^a	104 ^{ab}	58 ^c	86 ^a	84 ^{ab}	
May 30	86 ^{ab}	69 ^b	59 ^b	47 ^d	89 ^a	75 ^{ab}	61 ^c	
June 10	77 ^b	63 ^b	49 ^{bc}	37 ^{de}	75 ^b	63 ^b	53 ^d	
June 20	57 ^c	51 ^c	39 ^c	30 ^{de}	57 ^c	46 ^c	43 ^{de}	
June 30	22 ^d	22 ^d	19 ^d	16 ^e	22 ^e	21 ^d	20 ^e	
F-value	18.3 ^{**}	328.9 ^{**}	173.6 ^{**}	23.0 ^{**}	141.7 ^{**}	20.6 ^{**}	181.5 ^{**}	
LSD	9.61	3.89	4.47	11.07	4.11	9.19	5.15	

Different lowercase letters indicate significant difference at $P < 0.05$ by Duncan's multiple range test

^{**}Significant at $P < 0.01$ probability level

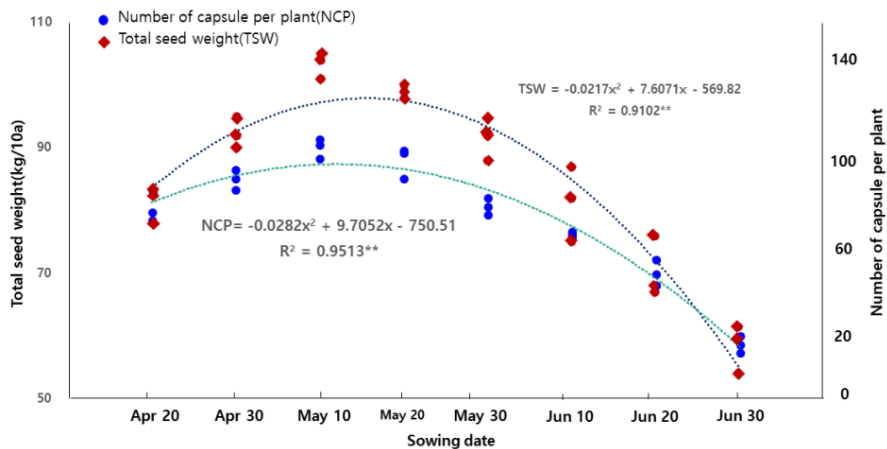


Fig. 1. Total seed weight and number of capsule per plant response of sesame based on different sowing dates during 2019 and 2020.

^{**} Significant at $p < 0.01$

으며 10a당 종실수량도 90 kg으로 다른 파종기 대비 5~70 kg정도 많았다.

Table 4는 2019년과 2020년 동안 파종시기에 따라 참깨의 평균 초장, 분지수, 주당삭수, 천립중과 총 종실수량의 평균 값의 통계적 유의성을 분석하였는데, 모든 수량구성요소에서 유의적인 차이를 보였다. 파종시기에 따른 수량구성요소 간 유의적 차이를 최소유의차 값으로 비교하여 보면, 주당삭수와 초장은 각각 3.79, 2.99로 크게 나타났으나, 분지수와 천립중은 각각 0.27, 0.11로 상대적으로 적어, 파종시기에 따라 주당삭수와 초장이 총 종실수량 확보에 크게 영향을 미치는 것으로 판단되었다.

참깨 수량구성요소와 수량성 연관성

파종시기를 조파, 적파, 만파 3개 그룹으로 나누고 참깨 총 수량성에 대한 수량구성요소의 연관성을 회귀분석한 결과, 주당삭수가 가장 높은 상관관계($R^2=0.7211$)를 보여 총 종실수량 결정에 주요 요인으로 작용하는 것으로 나타났으며, 분지수의 상관관계($R^2=0.1896$)는 상대적으로 낮았다 (Fig. 2). 이러한 수량구성요소 간의 연관성 정도 차이는 온도, 일장 등 재배환경에 대한 수량구성요소의 감응도 차이, 관련요인 간 상호작용, 공시품종의 일장 및 온도반응성 차이 등 여러 가지 복합적인 요인이 관여하는 것으로 판단되며, 기존 연구에서 일조시간과 적산온도가 수량구성요소와 정의 상관관계 나타내어, 참깨 수량은 온도, 일장과 밀접한

Table 4. Yield and yield-related traits of sesame as affected by sowing date during 2019 and 2020.

Sowing date	Plant height (cm)	No. of branch/plant	No. of capsule/plant	1,000-seed weight (g)	Total seed weight (kg/10a)
April 20	133 ^{ab}	4.0 ^a	81 ^c	2.9 ^{ab}	69 ^c
April 30	139 ^a	4.0 ^a	92 ^b	3.0 ^a	79 ^b
May 10	142 ^a	4.3 ^a	103 ^a	3.2 ^a	90 ^a
May 20	139 ^a	4.2 ^a	99 ^{ab}	3.2 ^a	85 ^{ab}
May 30	135 ^a	4.2 ^a	91 ^b	3.0 ^a	69 ^c
June 10	127 ^b	3.7 ^b	82 ^c	2.7 ^b	59 ^d
June 20	117 ^c	2.7 ^c	70 ^d	2.3 ^c	46 ^{de}
June 30	105 ^d	2.1 ^d	59 ^d	2.0 ^d	20 ^d
F-value	168.1 ^{**}	69.05 ^{**}	146.34 ^{**}	137.25 ^{**}	1106.44 ^{**}
LSD	2.99	0.27	3.79	0.11	2.07

Different lowercase letters indicate significant difference at $P < 0.05$ by Duncan's multiple range test

** Significant at $p < 0.01$ probability level

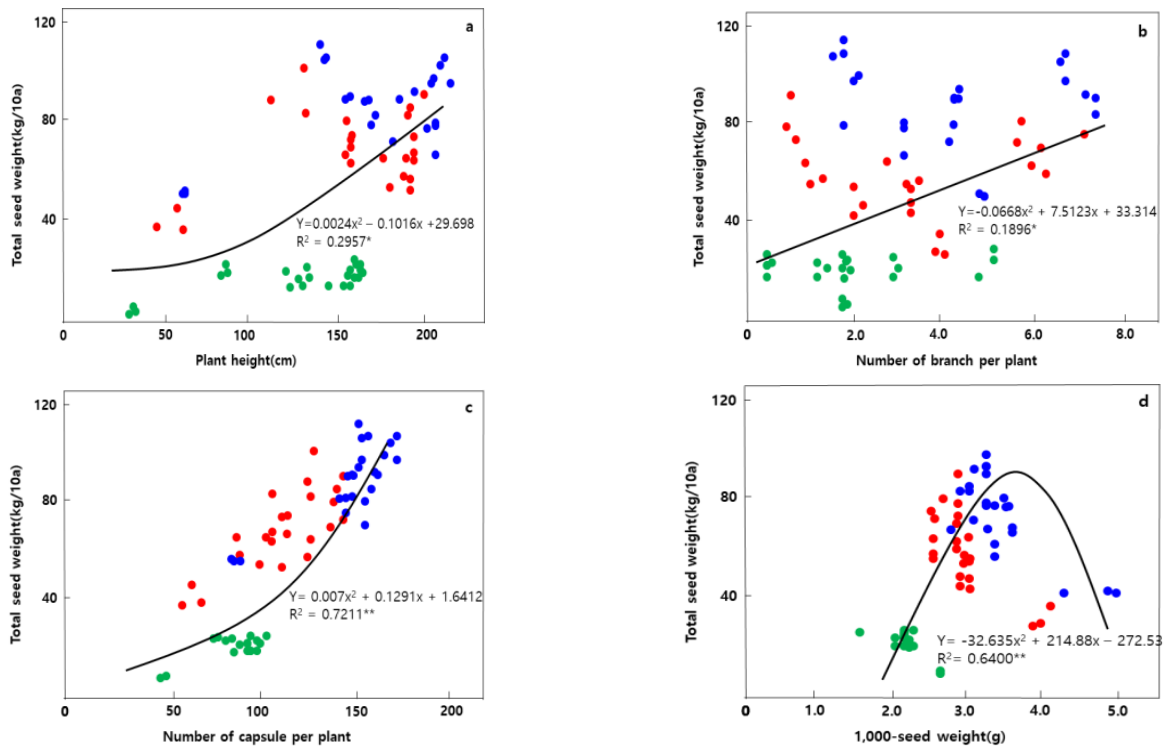


Fig. 2. Total seed weight of sesame as a function of (a) plant height, (b) number of branch per plant, (c) number of capsule and (d) 1,000-seed weight. Symbols indicate early (red circle), optimum (blue circle), late (green circle) sowing date. Data from two season of 2019 and 2020 and seven sesame varieties. Fitted regression lines are drawn when significant.

관계가 있다고 제시하였다(Lee *et al.*, 1982).

참깨 수량구성요소가 종실수량에 미치는 영향을 경로계수 분석을 통하여 직접효과와 간접효과 값을 비교하였다 (Table 5). 분석결과 직접효과는 주당삭수가 0.621로 가장

높았으며, 초장 0.521, 분지수 0.142, 천립중 0.086 순으로 높게 나타났다. 직접효과와 간접효과를 합한 총 효과는 주당삭수가 0.921로 가장 높았으며, 초장 0.889, 분지수 0.482, 천립중 0.345 순으로 높았다. 따라서 참깨 종실수량을 결정

Table 5. Path-coefficient analysis indicating direct and indirect effects of yield related traits on total seed weight of sesame influenced by sowing date during 2019 and 2020.

Variable	Direct effect	Indirect effect			Total effect
		Plant height	No. of branch/plant	No. of capsule/plant	
Plant height	0.521		0.040	0.283	0.889
No. of branch/plant	0.142	0.147		0.192	0.482
No. of capsule/plant	0.621	0.238	0.044		0.921
1,000-seed weight	0.086	0.127	0.001	0.131	0.345

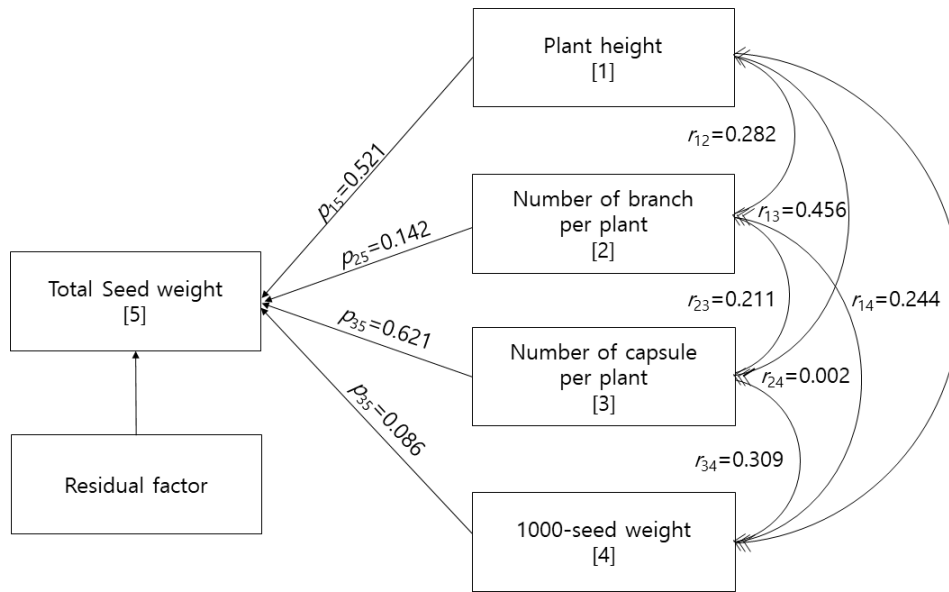


Fig. 3. Path-coefficient diagram of factors that affected total seed yield of sesame. In the diagram, double-headed lines shows correlation coefficient and single-headed line shows direct influences as measured by coefficients.

하는 가장 중요한 구성요소는 주당삭수였는데, Fig. 2에서 참깨의 총 수량성과 주당삭수가 높은 상관관계($R^2=0.7211$)를 나타내는 결과와 일치하였다.

Table 5 분석결과를 도식화하여 보면(Fig. 3), 초장은 주당삭수와 높은 상관계수($r_{13}=0.456$)를 나타냈으며 분지수는 천립중과 매우 낮은 상관계수($r_{24}=0.002$)를 보였는데, 이는 개체당 분지수가 많으면 주당삭수가 늘어나게 되어 총 종실수량은 증가하는 반면, 1립 종자의 무게는 가벼워지는 경향을 보여 천립중은 상대적으로 감소하였다.

참깨 생육 및 수량성 확보에 기온, 강수량, 일조시간, 일사량 등의 기상요인이 매우 중요하게 작용한다. 특히, 우리나라 기상 조건에서 7월부터 8월 사이에 참깨가 개화하고 꼬투리가 형성되는 생식생장기로서 많은 적산온도와 일사량이 필요로 하는 시기지만 긴 장마로 인하여 흐리고 비가 오는 날이 많으면 유효적산온도 및 일조시간 확보가 어려워 참깨 수량구성요소가 충분하게 형성되지 않아 총수량이

감소하게 된다. 참깨를 5월 상순에 파종하고 수량성에 미치는 유전자형 X 환경 상호작용 연구결과(Shim *et al.*, 2015), 총 변이 중 환경변이가 61%, 유전변이가 18%, 두 요인 간 상호작용변이가 21% 정도로 참깨는 환경영향을 상대적으로 크게 받는 작물로서 평균 생육기간이 약 100일 정도로 다른 작물에 비해 짧아 최근에는 다양한 작부체계 유형에 연계작물로 활용되고 있으며, 작부체계 순서 상 주로 앞작물로 배치되어 파종적이인 5월 상순보다 조파 시 적산온도와 일조시간 부족 등 불리한 기상환경 영향을 줄일 수 있는 연구결과는 없는 실정이다. 다만, 본 연구는 우리나라 중부지역(수원)에서 파종시기에 따른 참깨 수량구성요소에 미치는 영향을 분석한 결과로써, 적파시기인 5월 10일보다 조파를 할 경우 주당삭수를 많이 확보하는 재배법이나 품종선택을 하는 것이 유리 할 것으로 판단되었다. 우리나라 참깨 재배지역은 전남, 경북 등 주산지 개념의 지역이 특화되어 있는데, 앞으로 다양한 작물과 연계하여 작부체계 시

시스템에 참깨를 효율적으로 활용하기 위해서는 전국 단위의 기상조건에서 파종기 재설정, 적합한 품종선정 등 정밀한 기초 연구가 필요하다.

적 요

파종시기를 달리하여 참깨 수량구성요소 및 종실수량에 미치는 영향과 수량구성요소 간 상호 연관성을 구명하고자 2019년부터 2020년까지 수행하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 참깨를 만파하면 기본적인 생육량이 확보되지 않은 상태에서 생식생장으로 전환되어 초장, 분지수, 주당삭수의 감소로 궁극적으로는 총 종실 수량이 감소하였으며, 조파 시 저온으로 인한 유효적산온도 및 일조시간 확보 불충분으로 총 종실 수량이 줄어드는 경향을 보였다.
2. 우리나라 기상조건에서 참깨 파종적기인 5월 상순에 파종하면 평균 주당삭수는 103개로 다른 파종기보다 4~44개 정도 많았으며 종실수량도 90 kg/10a으로 다른 파종기대비 5~70 kg정도 많았다.
3. 회귀분석을 통한 참깨 수량구성요소의 종실수량에 대한 연관성 정도를 비교하여 본 결과 주당삭수가 가장 크게 ($R^2=0.7211$) 나타났으며 분지수($R^2=0.1896$)가 가장 적었다. 이러한 차이는 온도나 일장 등 재배환경에 대한 수량구성요소의 감응도 차이, 관련요인 간 상호작용, 공시품종의 일장 및 온도반응성 정도 등 복합적인 요인이 관여하는 것으로 판단되었다.
4. 경로분석을 통해 참깨 총 종실수량에 미치는 직접효과는 주당삭수 0.621, 초장 0.521, 천립중 0.086 순으로 크게 나타났다. 직접효과와 간접효과를 합한 총 효과는 주당삭수가 0.921로 가장 높았으며 초장 0.889, 분지수 0.482, 천립중 0.345 순으로 나타났다. 따라서 조파, 만파 시 불량 기상환경조건에서 주당삭수를 많이 확보할 수 있는 품종 선정이 필요할 것으로 판단되었다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 작물시험연구사업(공동연구과제명 : 중북부지역 적용 참깨 재배시기 다양화 생리생태 반응성 분석, 공동연구 과제번호 : PJ01427802)의 지원에 의해 수행되었다.

인용문헌(REFERENCES)

Abel, G. H., 1962. Response of soybeans to dates of planting in the Imperial Valley of California. *Agron. J.* 53 : 95-98.

Boote, K. J., 1980. Response of soybeans in different maturity groups to march plantings in Sourthern USA. *Agron. J.* 73 : 854-859.

Boquet, D. J., K. L. Koonce, and D. M. Walker, 1983. Row spacing and planting date effect on the yield and growth responses of soybeans. *Louisiana Agri. Exp. Stn. Bull.* 754.

Dewey, F. L. and K. H. Lu, 1959. A correlation and path-coefficient analysys of components of crested wheat grass seed production. *Agron. J.* 51 : 515-518.

Garner, W. W. and H. A. Allard, 1920. Effect of the relative length of day and night and factors of the environment on growth and reproduction in plants. *J. Agr. Res.* 18 : 553-606.

Gonzalez, F. G., G. A. Slafer, and D. J. Miralles, 2002. Vernalization and photoperiod response in wheat pre-flowering reproductive phases. *Field Crops Res.* 81 : 17-27.

Guh, J. O. and S. S. Lee, 1980. Comparative study with some sesame cultivars on ripening development. *Korean J. Crop Sci.* 25(2) : 58-63.

Hay, R. K. M. and E. J. M. Kirby, 1991. Convergence and synchrony-A review of the coordination of development in wheat. *Aus. J. Agri. Res.* 42 : 661-700.

Ieda, T., H. Nomura, and T. Tashiro, 1999. Effect of growth conditions on yield and quality in sesame. 1. Relation to sowing date. *Rep. Tokai Br. Crop Sci. Soc. Japan* 127 : 5-6.

Kang, C. W., J. I. Lee, E. R. Son, and C. Y. Yoo, 1983. Changes of grain weight and germination by maturity in different plant types in sesame. *Korean J. Crop Sci.* 30(4) : 436-441.

Katoh, T., T. Tashiro, and S. Yoshida, 1996. Effect of time of sowing on yield and quality of sesame. *Jpn. J. Crop Sci.* 65 : 192-193.

Kotecha, A. K., D. M. Yermanos, and F. M. Shropshire, 1975. Flowering in cultivars of sesame (*Sesamum indicum*) differing in photoperiodic sensitivity. *Econ. Bot.* 29 : 185-191.

Kumazaki, T., T. Hirano, S. Yasumoto, and H. Michiyama, 2002. Effect of sowing date and black vinly mulching pn the growth and flowering in sesame. *Jpn. J. Crop Sci.* 71 : 62-63.

Lee, H. J., J. I. Yun, and Y. W. Kwon, 1980. Flowering and seed maturation of sesame cropped after winter barley. *Korean J. Crop Sci.* 25(1) : 66-71.

Lee, J. I., S. T. Lee, G. C. Um, and C. H. Park, 1982. Effect of planting date on agronomic characteristics and varietal differences in sesame varieties. *Korean J. Crop Sci.* 27(3) : 268-275.

Lee, S. W., C. W. Kang, D. H. Kim, and K. B. Shim, 2001. Effect of delayed sowing on growth, flowering date, and yield in sesame. *Korean J. Crop Sci.* 46(2) : 130-133.

Nath, R., P. K. Chakraborty, and A. Chakraborty, 2001. Effect of climatic variation on yield of sesame at different dates of

- sowing. *J. Agronomy & Crop Science* 186 : 97-102.
- Park, S. H. and J. H. Lee, 1964. Effect of planting date on growth and yield characteristics of sesame. *Res. Rept. RDA* 7(1) : 139-145.
- Rural Development Administration. 2003. Standard sesame cultivation technology.
- Rural Development Administration. 2012. Agricultural science and technology research standard.
- Shekhar, J., 1988. Effect of varieties, dates of sowing, row spacing and their interaction on yield of sesame. *Seeds and Farms*. 14 : 25-35.
- Shim, K. B., S. H. Shin, J. Y. Shon, S. G. Kang, W. H. Yang, and S. G. Heu, 2015. Interpretation of Genotype \times Environment Interaction of Sesame Yield Using GGE Biplot Analysis. *Korean J. Crop Sci.* 60(13) : 349-354.
- Shim, K. B., B. L. Goo, M. N. Shin, and W. T. Jeon, 2020. Effect of Temperature and Daylength on Flowering and Growth Characteristics. *Korean J. Crop Sci.* 65(3) : 241-247.
- Snape, J. W., K. Butterworth, E. Whitechurch, and A. J. Worland, 2001. Waiting for fine times : Genetics for flowering time in wheat. *Euphytica* 119 : 185-190.
- Wright, S. 1921. Correlation and causation. *J. Agri. Res.* 20 : 557-585.