

과 제 구 분	공동연구	과 제 번 호	RS-2023-00215864	
과학기술분류	LB0104	품목표준코드	FC-03-0301	
주 관 과 제 명	기후변화 대응 콩의 파종시기 및 재식밀도 재설정 연구			
과 제 책 임 자	성 명	직 급	소속기관 및 부서	
	신 평	농업연구사	국립식량과학원 재배생리과	
연 구 기 간	2023 ~ 2025	참여연구기관	순천대, 충북대, 강원도원	
세부과제명		부 서	세부책임자	연구기간
4) 기후변화 대응 콩의 파종시기 및 재식밀도 재설정 연구(4공동)		작물연구과	이지애	'23~'25
키 워 드	기후변화, 콩, 파종시기, 재식밀도			

ABSTRACT

This study was conducted to determine the optimal sowing time and planting density for stable soybean production in the central-northern inland region in response to climate change. A cultivation practice adjustment experiment was carried out using the soybean cultivars 'Daewon' and 'Seonpung' for soy sauce and paste production, and 'Pungsan' and 'Aram' for sprout use. During the experimental period, the average temperature and accumulated temperature showed an increasing trend, indicating variability in the cultivation environment.

The sowing date experiment showed that delayed sowing shortened the vegetative growth period, resulting in overall reductions in plant height, branch number, leaf area index (LAI), and dry matter weight. Yield was highest when soybeans were sown from early to mid-June and decreased as sowing was further delayed. In contrast, seed quality was relatively less affected by sowing time, and both the ripening rate and seed size distribution remained generally stable.

The planting density experiment was conducted using the new cultivars 'Seonpung' and 'Aram'. In both cultivars, as planting density decreased, plant height decreased while stem thickness and branch number increased, and lodging was reduced. Although the number of pods per plant increased at lower densities, yield per unit area was higher under moderately dense planting conditions. The highest yield was obtained at a spacing of 70×15cm for 'Seonpung' and 70×10cm for 'Aram'.

Overall, the optimal sowing time for stable soybean production in the central-northern inland region was determined to be from early to mid-June. The appropriate planting density was 70×15cm for 'Seonpung' and 70×10cm for 'Aram'.

1 연구목표

본 연구는 기후변화에 따른 온도 상승 및 생육환경 변화가 콩의 생육 특성, 수량성 및 품질에 미치는 영향을 규명하고 이를 바탕으로 기후대별 최적 재배기술을 확립하는 데 있다. 최근 기후변화로 인해 작물의 생물계절 변화, 생육기간 연장, 고온 스트레스 등이 나타나면서 기존 재배법으로는 안정적인 생산을 확보하기 어려운 상황이다(IPCC, 2021). 특히 콩은 일장과 온도에 민감한 작물로서 파종 시기와 재식 밀도의 변화에 따라 생육 반응과 수량성이 크게 달라질 수 있다(Sinclair and de Wit, 1975; Egli and Bruening, 2000).

서로 다른 기후대에서 주요 콩 품종을 대상으로 파종 시기와 재식 밀도를 달리하여 재배시험을 수행하고, 생육단계별 특성 변화와 수량 구성요소를 종합적으로 분석하고자 한다. 또한 기후에 따른 생육 반응 차이는 지역별 기온 및 환경 특성 차이에 기인할 수 있으며(Lee et al., 2015), 본 연구에서는 단편적 접근에 그쳤던 기존 연구들의 한계를 보완하여 종합적인 분석을 수행하고자 한다. 더불어 단순한 수량성 평가를 넘어 단백질 및 조지방 함량 등 품질 특성까지 함께 조사하여 재배 조건이 품질에 미치는 영향까지 통합적으로 규명하는 것을 목표로 한다(Board and Harville, 1992; Jiang and Egli, 1995; Wilcox and Shibles, 2001).

본 연구는 기후대별 환경 차이를 고려한 맞춤형 콩 재배기술을 제시함으로써 생산 안정과 품질 경쟁력을 향상시키고, 기후변화에 선제적으로 대응한 재배법의 재정립을 통해 국내 콩 자급률 제고와 함께 지속가능한 농업 생산성을 유지하기 위한 기초자료를 제공하고자 수행되었다.

2 재료 및 방법

<제4세부과제: 중북부 내륙 콩 적정 파종시기 및 재식밀도 구명>

(시험 1) 중북부 내륙지역 콩 최적 파종시기 구명

중북부 내륙지역의 최적 파종 적기를 구명하기 위해 장류용 2품종(대원, 선풍), 나물용 2품종(풍산, 아람)을 대상으로 시험을 수행하였다. 파종 시기는 기후 변화에 따른 재배 가능 기간의 변화를 고려하여 5월 하순부터 7월 상순까지 10일 간격으로 5시기로 설정하였다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였으며, 재식 간격은 장류용 70×15cm, 나물용 70×10cm로 1휴 1열, 1주 2본으로 파종하였다. 비료 시비는 농촌진흥청 콩 표준시비량(N-P₂O₅-K₂O, 3.0-3.0-3.4kg/10a)을 기준으로 전량 기비 사용하였다. 잡초, 병해충 관리도 콩 표준 재배 지침에 준하여 실시하였으며, 재배 기간 중 발생할 수 있는 가뭄, 습해 피해를 방지하기 위해 시험포장 내 관·배수 관리를 철저히 수행하였다.

콩의 생육 특성 및 수량 관련 항목 조사는 농촌진흥청 연구조사분석기준(RDA, 2012)을 준수하였다. 생육특성은 경장, 경태, 주경절수 등을 분석하였다. 수량구성 요소는 수확기(R8)에 각 처리별로 표본주를 선정하여 주당 협수, 협당 립수, 백립중, 최종 수량을 조사하였다.

(시험 2) 중북부 내륙지역 콩 적정 재식밀도 구명

시험 1의 결과를 바탕으로 재배 안정성이 가장 높게 나타난 6월 상순을 최적 파종기로 설정하고, 최근 육성된 신품종인 장류용 '선풍'과 나물용 '아람'을 대상으로 재식 밀도 시험을 수행하였다. 재식 밀도는 기후대별 생육 반응 차이를 고려하여 각 품종별로 조절하였다. 장류용인 선풍은 70×15cm, 70×20cm, 70×25cm로,

나물용인 아랍은 70×10cm, 70×15cm, 70×20cm로 처리하여 재식 밀도에 따른 생육 및 수량 변화를 분석하였다. 비료 시비와 잡초방제 등 재배관리는 시험 1과 동일하게 콩 표준 재배 지침에 준하여 실시하였다.

콩의 생육 특성 및 수량 관련 항목 조사는 시험 1과 동일하게 농촌진흥청 연구조사분석기준(RDA, 2012)을 준수하였다. 생육특성은 경장, 경태, 주경절수, 분지수, 종실 품의를 분석하였다. 수량 구성 요소는 각 처리별로 표본주를 선정하여 주당 협수, 협당 립수, 백립중, 최종 수량을 조사하였다.

3 결과 및 고찰

<제4세부과제: 중북부 내륙 콩 적정 파종시기 및 재식밀도 구명>

시험기간(2023~2025) 동안의 기상 특성을 종합하면, 평균기온은 지속적인 상승 추세를 나타냈으며, 강수량은 연간 총량의 변동보다 특정 시기에 집중되는 편중성이 더욱 심화되는 방향으로 변화하였다(그림 1). 전반적인 기온 상승과 강수의 시기적 편중은 작물 생육의 안정성을 저해하는 주요 원인으로 작용한다. 생육 적온 범위를 벗어난 고온과 불규칙한 강수 패턴은 작물의 생리적 스트레스를 유발하므로 향후 기후변화에 대응하는 재배관리 체계의 재설정이 필요한 것을 시사한다.

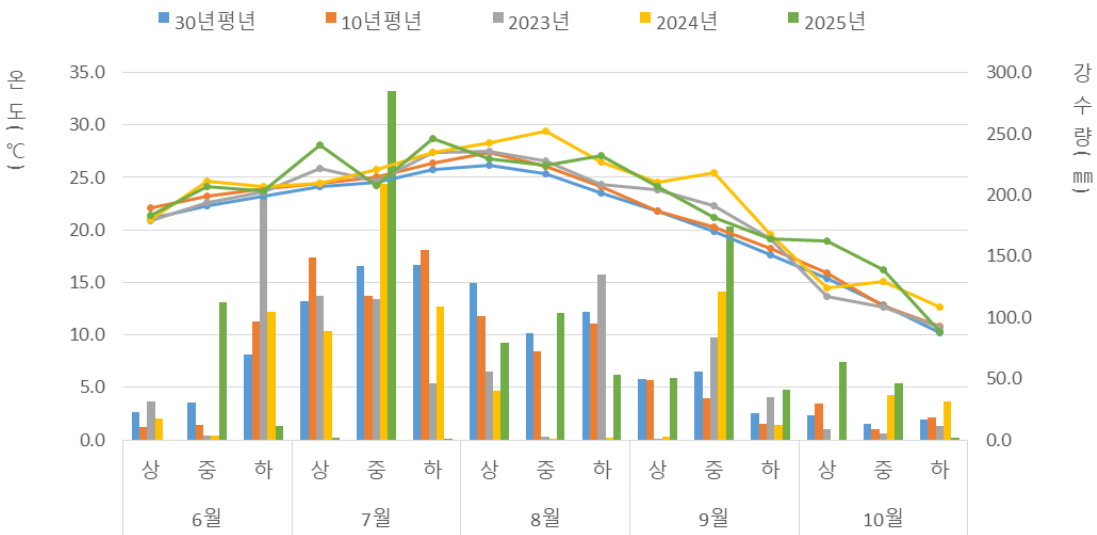


그림 1. 시험기간 중 기상 분석 결과(2023~2025)

콩 재배기간인 6월부터 10월까지의 적산온도 변화를 분석한 결과 중북부내륙지역에서 유효 적산온도가 현저하게 증가하였다(그림 2). 과거 1995년부터 2004년까지의 연도별 적산온도평균은 3,685℃였으나 2005년부터 2014년까지 적산온도평균이 3,769℃로 증가하였다. 이후 2015년부터 2024년까지 3,900℃로 상승하여 지속적으로 증가하는 추세를 보여주고 있다. 특히 최근 10년(2015~2024년)의 적산온도는 1995년부터 2004년까지 적산온도평균 대비 215℃ 증가하여 기후변화에 따른 연평균 기온 상승이 점점 커지고 있는 것을 확인할 수 있었다.

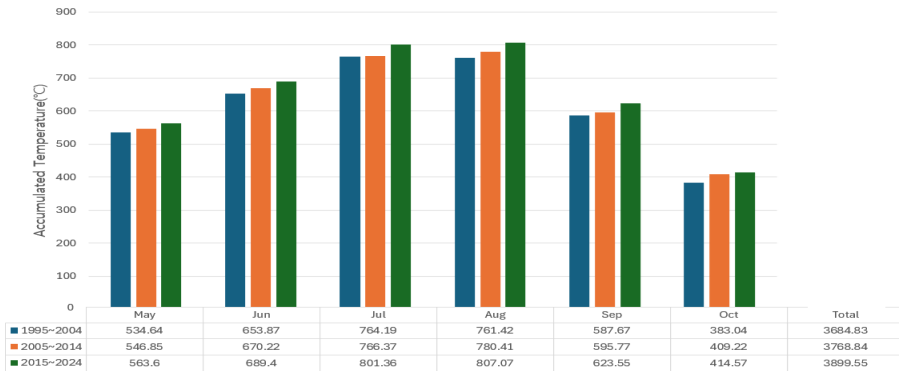


그림 2. 중북부 내륙 10년 단위별 콩 재배기간 적산온도

(시험 1) 중북부내륙지역 콩 최적 파종시기 구명

1) 파종시기에 따른 생육소요일수

콩 생육단계별 소요일수를 종합적으로 분석한 결과, 파종 시기가 지연됨에 따라 모든 품종에서 영양생장기간은 뚜렷하게 단축되는 경향을 보였다. 생식생장기간 역시 감소하는 추세를 보였으나 영양생장기간보다 단축 폭은 상대적으로 적었다(그림 3).

따라서 파종 시기의 지연은 콩의 영양생장기간 단축에 영향을 끼치고 결과적으로 전체 생육 기간을 감소시키는 핵심 요인임이 확인하였다. 특히 영양생장기간의 급격한 감소는 충분한 영양체 확보를 어렵게 하여 최종 수량에 영향을 미칠 수 있으므로 품종별로 단축된 생육 기간 내에 최적의 생육을 유도할 수 있는 파종 적기 설정이 필요하다는 것을 시사한다.

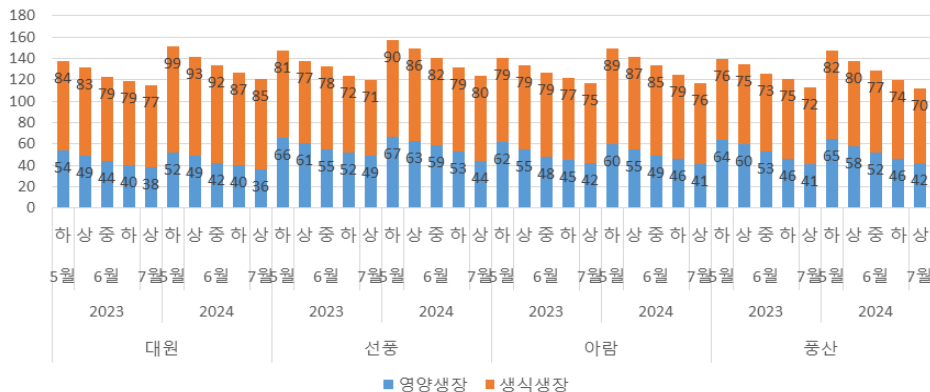


그림 3. 생육단계 별 소요일수

2) 파종시기에 따른 생육특성

2023년 장류용 콩 대원은 5월 하순 파종구에서 경장 75cm, 개체당 건물중이 16.6g으로 가장 우수하였으나, 7월 상순 파종구에서는 각각 38cm, 7.4g으로 크게 감소하였다(표 1). 선풍은 5월 하순에서 6월 중순 파종 시 경장 60cm, 개체당 건물중 24g 수준으로 높은 바이오매스를 보여주었고, 전반적으로 대원보다 경태, 분지수,

LAI 및 건물중이 높은 특성을 보여주었다. 2024년 시험에선 대원은 5월 하순 파종구에서 경장 78cm, 개체당 건물중 17.6g으로 바이오매스가 가장 높았으며 7월 상순에는 각각 43cm, 7.7g으로 크게 감소하였다. 도복은 조기 파종 시험구에서 도복정도가 7로 높았다가 파종이 늦어질수록 1 수준으로 낮아졌다. 선풍은 5월 하순에서 6월 중순까지 높은 생육을 유지하였으며, 경태는 7.5~9.1cm로 대원보다 굵고 LAI도 3.8~6.6 범위로 비교적 높게 나타났고 도복정도는 6월 중순부터 1로 감소하였다.

표 1. 장류용 콩 품종별 생육특성(2023~2024)

품종	파종일	시험 년도	경장 (cm)	경태 (cm)	분지수 (개)	주경절수 (개)	엽면적 지수	건물중 (g/개체)	도복 (1~9)
대원	5월 상순	2023	75	7.6	2.2	18	3.9	16.6	2
		2024	78	7.2	1.7	17	4.1	17.6	7
		평균	77	7.4	2.0	18	4.0	17.1	5
	상순	2023	51	6.3	2.3	15	3.4	14.3	2
		2024	66	6.0	3.0	15	2.9	12.3	5
		평균	59	6.2	2.7	15	3.2	13.3	4
	6월 중순	2023	64	7.0	2.0	16	3.6	10.9	2
		2024	55	5.3	1.9	13	2.5	11.5	1
		평균	60	6.2	2.0	15	3.1	11.2	2
	하순	2023	42	6.3	2.7	13	3.0	10.8	2
		2024	48	5.9	1.7	12	2.5	9.7	1
		평균	45	6.1	2.2	13	2.8	10.3	2
7월 상순	2023	38	5.4	2.6	12	2.2	7.4	1	
	2024	43	6.0	3.6	13	2.3	7.7	1	
	평균	41	5.7	3.1	13	2.3	7.6	1	
선풍	5월 상순	2023	51	9.2	3.4	18	8.2	24.2	1
		2024	64	9.0	2.6	19	6.6	22.7	3
		평균	58	9.1	3.0	19	7.4	23.5	2
	상순	2023	60	9.2	2.9	17	6.8	24.4	3
		2024	61	9.1	2.9	19	6.2	24.3	3
		평균	61	9.2	2.9	18	6.5	24.4	3
	6월 중순	2023	60	8.1	3.3	17	4.9	19.2	1
		2024	60	8.2	2.3	18	5.7	23.1	1
		평균	60	8.2	2.8	18	5.3	21.2	1
	하순	2023	47	7.7	4.4	17	6.8	20.9	1
		2024	54	8.2	3.3	17	5.1	19.7	1
		평균	51	8.0	3.9	17	6.0	20.3	1
7월 상순	2023	28	5.2	2.8	10	4.2	17.7	1	
	2024	44	7.5	3.1	15	3.8	14.2	1	
	평균	36	6.4	3.0	13	4.0	16.0	1	

나물용 콩 품종은 5월 하순 파종에서 경장 76cm, 개체당 건물중 24.8g으로 생육이 가장 왕성하였으며, 7월 상순에는 경장 45cm, 개체당 건물중 9.0g으로 감소하였다. 아람은 파종시기 지연에 따라 경장과 건물중이 감소하는 경향을 보였으나, 5월 하순과 6월 중순에 경장 56~59cm 수준으로 감소폭이 상대적으로 작았고

도복에도 안정적인 특성을 나타냈다. 2024년 풍산은 5월 하순 파종에서 경장 83cm, 분지수 4.9개, 개체당 건물중 18.0g에서 파종이 늦어질수록 생육량이 감소하였고, 도복정도는 모든 파종시기에서 9로 매우 높았다. 아람 역시 파종시기 지연에 따라 경장, 경태, 건물중 및 도복정도가 감소하는 경향을 나타냈다.

표 2. 나물용 콩 품종별 생육특성(2023~2024)

품종	파종일	시험 년도	경장 (cm)	경태 (cm)	분지수 (개)	주경절수 (개)	엽면적 지수	건물중 (g/개체)	도복 (1~9)
풍산	5월 상순	2023	76	7.9	3.3	21	7.9	24.8	5
		2024	83	6.9	4.9	20	6.8	18.0	9
		평균	80	7.4	4.1	21	7.4	21.4	7
	상순	2023	60	6.6	3.1	18	4.6	16.9	9
		2024	71	6.4	3.3	18	5.0	15.5	9
		평균	66	6.5	3.2	18	4.8	16.2	9
	6월 중순	2023	56	6.7	3.2	17	5.3	14.7	9
		2024	62	6.2	2.8	16	4.6	13.2	9
		평균	59	6.5	3.0	17	5.0	14.0	9
	하순	2023	49	5.6	1.7	15	4.5	11.7	9
		2024	56	5.6	2.8	15	4.0	12.7	9
		평균	53	5.6	2.3	15	4.3	12.2	9
	7월 상순	2023	45	4.8	3.1	15	3.4	9.0	9
		2024	48	5.4	2.6	15	3.4	8.9	9
		평균	47	5.1	2.9	15	3.4	9.0	9
아람	5월 상순	2023	56	6.9	2.0	18	4.9	19.3	2
		2024	75	7.4	0.2	17	4.3	13.1	3
		평균	66	7.2	1.1	18	4.6	16.2	3
	상순	2023	56	7.5	3.0	18	5.8	14.7	1
		2024	68	6.6	2.9	17	4.2	11.9	3
		평균	62	7.1	3.0	18	5.0	13.3	2
6월 중순	2023	59	6.5	2.2	15	4.7	14.6	2	
	2024	63	6.3	1.1	15	3.9	11.1	1	
	평균	61	6.4	1.7	15	4.3	12.9	2	
하순	2023	45	6.4	3.7	15	4.8	11.4	1	
	2024	58	5.9	2.9	15	3.9	10.5	1	
	평균	52	6.2	3.3	15	4.4	11.0	1	
7월 상순	2023	50	6.1	4.0	15	4.7	11.4	1	
	2024	49	5.8	2.9	14	3.8	9.7	1	
	평균	50	6.0	3.5	15	4.3	10.6	1	

2023~2024년 종합 결과 장류용 콩 대원과 선풍, 나물용 콩 풍산과 아람 모두 파종시기가 지연될수록 경장, 경태, 주경절수, 분지수, 엽면적지수(LAI) 및 건물중 등 주요 생육특성이 감소하는 경향을 보였다(표 2). 대원은 파종 지연에 따른 생육 감소폭이 비교적 크게 나타났으며, 조기 파종구에서 생육이 우수한 대신 도복이 우려되는 특징을 보였다. 선풍은 대원과 유사한 경향을 보이면서도 파종시기 변화에 따른 생육 변동폭이 상대적으로 작아 보다 안정적인 생육 특성을 나타냈다. 풍산은 조기 파종구에서 가장 왕성한 생육을 보였으나

도복에 매우 취약한 특성을 보였고, 아랍은 파종시기 지연에 따라 경장이 줄어드는 경향이었으나 도복엔 안정적인 경향을 나타냈다. 종합적으로 파종시기 지연은 생육 및 건물생산량을 감소시켰으나 반대로 도복 위험은 낮추는 경향을 보여주었다. 적정 생육량 확보와 도복 안정성을 동시에 고려할 때 최적 파종시기는 6월 상순에서 중순 사이로 판단된다.

3) 파종시기에 따른 수량성

2023년 집중호우에 따른 영향으로 시험 품종 모두 수량은 전반적으로 파종시기가 지연될수록 감소하는 경향을 보였다(표 3). 대원은 6월 상순 파종구에서 10a당 348kg으로 수량이 가장 높았으나 이후 감소하여 7월 상순에는 238kg까지 낮아졌다. 선풍은 5월 하순 364kg에서 7월 상순 280kg으로 점차 감소되어 조기 파종구에서 가장 높은 수량성을 나타냈다.

2024년에도 장류용 콩 대원과 선풍 모두 파종시기가 6월 상·중순일 때 가장 높은 수량을 나타냈다. 대원은 6월 상순 307kg/10a, 6월 중순 289kg/10a로 높은 수준을 유지했으나 7월 상순에는 201kg/10a로 감소하였고, 선풍도 6월 상순 295kg/10a, 6월 중순 287kg/10a에서 높은 수량을 보였으나 7월 상순에는 137kg/10a로 급감하였다. 두 장류용 품종 모두 협수는 파종이 빠를수록 높게 나타났다.

표 3. 장류용 콩 품종별 수량특성

품종	파종일	시험 년도	협수 (개/개체)	협당립수 (개/협)	백립중 (g)	수량 (kg/10a)	지수 (%)
대원	5월 상순	2023	73	1.8	25.0	341	100
		2024	47	1.7	26.2	236	100
		평균	60	1.8	25.6	289	100
	상순	2023	67	1.8	27.8	348	102
		2024	59	1.8	25.7	307	130
		평균	63	1.8	26.8	328	116
	6월 중순	2023	66	1.9	25.1	323	95
		2024	57	1.7	26.1	289	122
		평균	62	1.8	25.6	306	109
	하순	2023	58	1.8	26.1	291	85
		2024	48	1.8	27.0	267	113
		평균	53	1.8	26.6	279	99
7월 상순	2023	54	1.7	24.2	238	70	
	2024	37	1.8	27.2	201	85	
	평균	46	1.8	25.7	220	78	
5월 상순	2023	69	1.9	26.5	364	100	
	2024	38	1.8	24.5	184	100	
	평균	54	1.9	25.5	274	100	
선풍	상순	2023	64	1.9	26.6	345	95
		2024	58	1.8	24.7	295	160
	평균	61	1.9	25.7	320	128	
	6월 중순	2023	55	1.9	27.5	292	80
		2024	53	1.9	24.9	287	156
평균	54	1.9	26.2	290	118		

품종	파종일	시험 년도	협수 (개/개체)	협당립수 (개/협)	백립중 (g)	수량 (kg/10a)	지수 (%)
선풀	6월 하순	2023	61	1.9	25.2	291	80
		2024	45	1.9	24.6	231	126
		평균	53	1.9	24.9	261	103
	7월 상순	2023	59	1.8	25.8	280	77
		2024	31	1.7	23.4	137	74
		평균	45	1.8	24.6	209	76

2023년 풍산은 5월 하순 384kg에서 7월 상순 224kg으로 감소되는 경향을 보였다. 반면 아람은 5월 하순 212kg과 6월 상순 209kg으로 안정적인 수준을 유지하다가 6월 중·하순에 각각 188, 187kg으로 감소한 후, 7월 상순에는 256kg으로 다시 증가하는 경향을 보여 다른 품종과 다른 차이점을 보여 주었다. 2024년 풍산은 5월 하순 220kg/10a에서 6월 상·중순 333~330kg/10a로 최대 수량을 보였으며, 이후 6월 하순 264kg/10a, 7월 상순 140kg/10a로 감소하였다. 아람도 5월 하순 202kg/10a에서 6월 상·중순 292~343kg/10a로 최대 수량을 나타내었고, 이후 6월 하순 274kg/10a, 7월 상순 129kg/10a로 낮아지는 경향을 보였다. 종합적으로 모든 품종은 6월 상·중순 파종이 수량 확보에 가장 유리한 것으로 확인되었다.

표 4. 나물용 콩 품종별 수량특성

품종	파종일	시험 년도	협수 (개/개체)	협당립수 (개/협)	백립중 (g)	수량 (kg/10a)	지수 (%)
풍산	5월 상순	2023	167	2.1	10.8	384	100
		2024	56	2.2	12.2	220	100
		평균	112	2.2	11.5	302	100
	상순	2023	131	2.2	11.0	335	87
		2024	85	2.1	11.7	333	151
		평균	108	2.2	11.4	334	119
	6월 중순	2023	118	2.1	11.5	304	79
		2024	86	2.1	11.3	330	150
		평균	102	2.1	11.4	317	115
	하순	2023	110	2.1	11.3	272	71
		2024	73	2.2	11.8	264	120
		평균	92	2.2	11.6	268	96
7월 상순	2023	82	2.2	11.9	224	58	
	2024	49	2.2	11.3	140	64	
	평균	66	2.2	11.6	182	61	
아람	5월 상순	2023	85	2.5	9.6	212	100
		2024	62	2.2	10.3	202	100
		평균	74	2.4	10.0	207	100
	6월 상순	2023	81	2.4	10.3	209	99
		2024	73	2.3	10.4	292	145
		평균	77	2.4	10.4	251	122
중순	2023	70	2.5	11.3	188	89	
	2024	86	2.3	10.7	343	170	
	평균	78	2.4	11.0	266	130	

품종	파종일	시험 년도	협수 (개/개체)	협당립수 (개/협)	백립중 (g)	수량 (kg/10a)	지수 (%)
아람	6월 하순	2023	81	2.2	9.9	187	88
		2024	79	2.2	10.7	274	136
		평균	80	2.2	10.3	231	112
	7월 상순	2023	116	2.2	9.6	256	121
		2024	51	2.2	10.2	129	64
		평균	84	2.2	9.9	193	93

종합결과 6월 상순 파종구에서 가장 높은 수량을 나타냈으며 이후 파종이 지연될수록 감소하는 경향을 보였다. 6월 상순에서 대원은 협수 개체당 63개, 수량은 10a 당 328kg으로 가장 높았고, 선품도 협수 61개, 수량 320kg으로 최대 수량을 나타냈다. 또한 풍산은 6월 상순과 중순 파종구에서 각각 334kg, 317kg으로 높은 수량을 보였으며, 아람은 6월 중순과 상순 파종구에서 각각 266kg, 251kg으로 최대 수량을 나타냈다. 협수는 수량 변동과 밀접하게 연관되었으며, 모든 품종에서 6월 상순에서 중순 파종구에서 최대 수량을 보이는 경향이 나타났다.

또한 파종시기와 수량 간 회귀분석 결과, 모든 품종에서 6월 상순과 중순 사이에서 최고값을 나타낸 후 파종이 지연될수록 감소하는 2차 회귀곡선 형태를 보여주었다(그림 2). 장류용 콩 대원의 2차 회귀식은 $y = -0.20x^2 + 6.90x + 242.03$ ($R^2 = 0.94$), 선품용 콩 대원은 $y = -0.33x^2 + 11.52x + 193.09$ ($R^2 = 0.96$)으로 나타났으며, 나물용 콩 풍산은 $y = -0.38x^2 + 13.10x + 226.21$ ($R^2 = 0.99$), 아람은 $y = -0.42x^2 + 15.26x + 196.49$ ($R^2 = 0.99$)로 나타나 높은 설명력을 보였다.

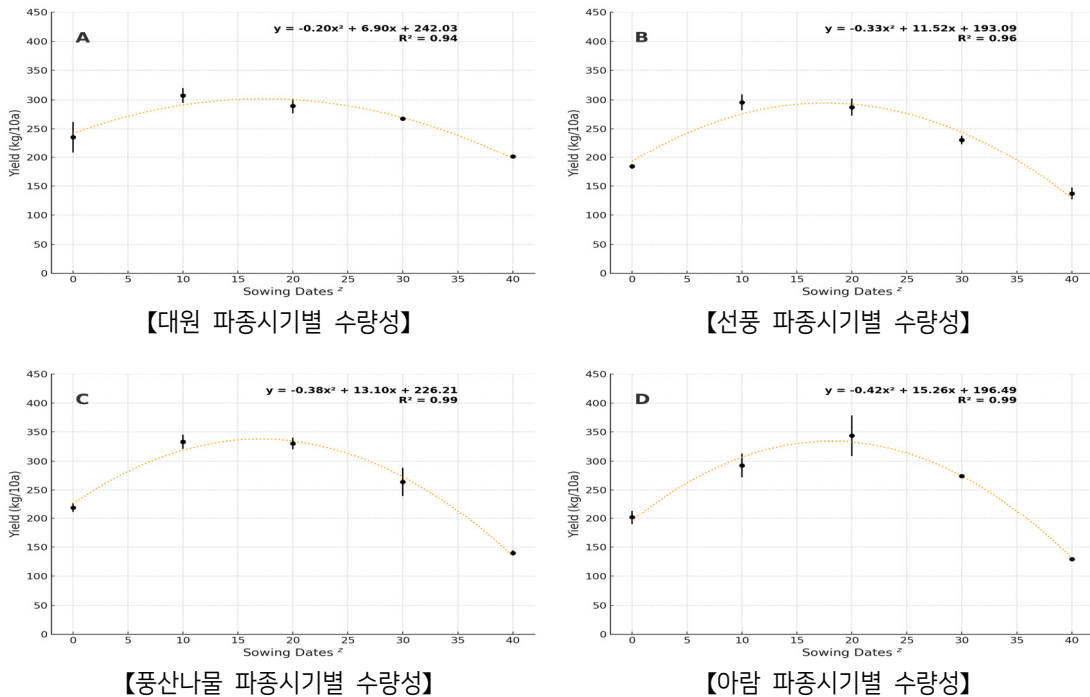


그림 4. 파종시기에 따른 품종별 수량성

4) 파종시기에 따른 품질특성

품질특성을 종합적으로 분석한 결과, 모든 품종은 파종시기에 따른 등숙률과 종실 크기 분포에서 전반적으로 큰 변화 없이 안정적인 특성을 유지하는 것으로 나타났다(표 5). 장류용 콩 품종인 대원과 선풍의 경우, 대원은 등숙률이 91~96% 범위로 비교적 일정하게 유지되었으며 종실 크기도 주로 6.7~8.0mm 구간에 집중되어 파종시기별 차이가 크지 않았다. 선풍도 등숙률과 종실 크기 분포에서 전반적으로 큰 차이는 없었으나, 파종기가 지연될수록 등숙률이 다소 감소하는 경향을 보여 파종기 지연에 비교적 민감한 반응을 나타냈다.

나물용 콩 품종인 풍산과 아람 또한 파종시기가 지연되더라도 등숙률이 각각 93~97% 범위로 높은 수준을 유지하여 파종시기에 따른 등숙 저하는 크지 않았다. 종실 크기 분포에서도 두 품종 모두 4.75~5.6mm 구간의 비율이 가장 높았으며, 풍산은 74~79%, 아람은 85~91% 범위로 비교적 안정적으로 유지되었다. 따라서 본 시험에서 파종시기는 전반적으로 품종별 등숙률과 종실 크기 분포에 미치는 영향이 크지 않은 것으로 판단된다.

표 5. 용도별 품종 종실크기 및 등숙률(%)(2023~2024)

품종	파종일	등숙률 (%)	종실 크기(mm)				
			3.55~4.75	4.75~5.6	5.6~6.7	6.7~8.0	
장류용	대원	5월 상순	91	0	1	15	84
		상순	92	0	1	13	86
		6월 중순	93	0	2	30	68
		하순	96	0	1	17	82
		7월 상순	94	0	2	26	72
	선풍	5월 상순	87	0	2	38	60
		상순	90	0	3	51	46
		6월 중순	89	0	1	41	58
		하순	84	0	1	28	71
		7월 상순	80	0	0	17	83
나물용	풍산	5월 상순	95	21	78	1	0
		상순	94	23	75	2	0
		6월 중순	94	21	78	1	0
		하순	93	26	74	0	0
		7월 상순	93	21	79	0	0
	아람	5월 상순	96	6	90	4	0
		상순	95	7	91	2	0
		6월 중순	97	6	90	4	0
		하순	96	10	85	5	0
		7월 상순	94	7	90	3	0

(시험 2) 중북부 내륙지역 콩 적정 재식밀도 구명

선풍은 재식밀도가 낮아질수록 경장이 68cm에서 52cm로 크게 감소한 반면, 분지수는 3.1개에서 5.3개로 증가하였다(표 6). 아람도 70×15cm에서 경장이 62cm로 가장 길었으며, 분지수는 70×20cm에서 5.4개로

가장 많았다. 두 품종 모두 재식밀도가 낮을수록 경장이 짧아지고 경태가 굽어지며 분지수가 증가하였고 도복률도 낮아졌다. 재식밀도에 따른 생육 특성 분석 결과, 장류용 콩 선풍과 나물용 콩 아람 모두 주간거리가 넓어질수록 경장은 감소하고 경태와 분지수는 증가하는 공통적인 경향을 보였다. 이러한 생육 특성 변화는 도복 저항성과도 관련이 있어 재식주수가 적어질수록 전반적으로 도복 저항성이 증가하는 것으로 나타났다. 다만 품종별 특성을 보면, 선풍은 재식밀도가 낮아질수록 줄기가 굽어지고 분지수가 증가하면서 도복 저항성이 상대적으로 높아지는 경향이 뚜렷하게 나타났다. 반면 아람은 전반적으로 도복에 강한 특성을 보였으며, 재식밀도가 낮아질 경우 경장이 감소하고 경태가 증가하여 도복 저항성이 더욱 향상되는 양상을 보였다.

표 6. 재식밀도에 따른 품종별 생육특성

품종	재식밀도 (cm)	시험년도	재식주수 (개)	경장 (cm)	경태 (cm)	분지수 (개)	주경절수 (개)	도복 (1~9)
선풍	70×15	2024	9,523	61	9.1	2.9	19	3
		2025		68	7.6	3.1	19	1
		평 균		65	8.4	3.0	19	2
	70×20	2024	7,142	61	10.4	3.4	19	3
		2025		64	8.1	4.1	19	1
		평 균		63	9.3	3.8	19	2
	70×25	2024	5,714	60	10.8	3.9	19	1
		2025		52	8.8	5.3	18	1
		평 균		56	9.8	4.6	19	1
아람	70×10	2024	14,285	68	6.6	2.9	17	3
		2025		55	5.7	4.8	17	1
		평 균		62	6.2	3.9	17	2
	70×15	2024	9,523	55	7.6	2.8	17	1
		2025		62	7.0	4.2	18	1
		평 균		59	7.3	3.5	18	1
	70×20	2024	7,142	51	8.1	4.4	17	1
		2025		57	7.8	5.4	18	1
		평 균		54	8.0	4.9	18	1

2024년 선풍과 아람 품종 모두 재식밀도가 낮아질수록 개체당 협수는 증가하는 경향을 보여, 협수는 재식 밀도와 부(-)의 상관관계를 나타냈다(표 7). 품종별 수량성을 보면, 선풍은 5월 하순 파종 시 70×20cm에서 10a당 196kg, 6월 상순 파종 시 70×15cm에서 295kg으로 가장 높은 수량을 보였다. 아람은 5월 하순 파종 시 70×10cm에서 201kg, 6월 상순 파종 시 70×15cm에서 306kg으로 가장 높은 수량을 나타냈다. 2025년에도 선풍과 아람 품종 모두 재식밀도가 높을수록 개체당 협수는 감소하였고, 재식주수가 증가함에 따라 단위면적당 수량성은 높아지는 경향을 보였다. 선풍의 경우 재식밀도 70×15cm에서 개체당 협수는 47개로 가장 적었으나 재식주수는 10a당 9,523개로 나타나 수량성이 370kg으로 가장 높았다. 아람은 재식 밀도 70×10cm에서 개체당 협수가 108개로 가장 적었으나 재식주수는 10a당 14,285개로 가장 많아 수량성이 가장 높은 것으로 나타났다. 종합적으로 보면, 선풍과 아람 모두 재식밀도가 낮아질수록 재식주수는 감소하고 개체당 협수는 증가하는 경향을 보였으나, 단위면적당 총 수량은 일정 수준의 밀식 조건에서 더 유리한 것으로

나타났다(표 7). 선풍은 재식밀도 70×15cm(9,523주/10a)에서 332kg으로 최대 수량을 확보할 수 있었다. 반면 아람은 밀식 조건에서도 도복에 비교적 안정적인 특성을 보여 재식밀도가 높은 70×10cm에서 383kg으로 최대 수량을 나타냈다.

표 7. 재식밀도에 따른 품종별 수량특성

품종	재식밀도 (cm)	시험년도	재식주수 (개)	협수 (개/개체)	협당립수 (개/협)	백립중 (g)	수량 (kg/10a)	지수 (%)
선풍	70×15	2024	9,523	58	1.8	24.7	295	100
		2025		47	1.9	25.0	370	100
		평 균		53	1.9	24.9	333	100
	70×20	2024	7,142	70	1.8	24.5	265	90
		2025		56	1.9	25.5	339	92
		평 균		63	1.9	25.0	302	91
	70×25	2024	5,714	83	1.9	24.3	253	86
		2025		83	2.0	24.4	360	97
		평 균		83	2.0	24.4	307	92
70×10	2024	14,285	73	2.3	10.3	293	100	
	2025		108	2.2	9.9	472	100	
	평 균		91	2.3	10.1	383	100	
아람	70×15	2024	9,523	116	2.3	10.1	306	105
		2025		96	2.3	10.1	265	56
		평 균		106	2.3	10.1	286	81
	70×20	2024	7,142	130	2.4	10.2	270	92
		2025		132	2.3	9.6	246	52
		평 균		131	2.4	9.9	258	72

두 품종 모두 재식밀도에 따른 종실 품질의 차이는 크지 않은 것으로 나타났다(표 8). 모든 재식밀도에서 등숙률은 약 94% 수준으로 유사한 경향을 보였다. 선풍은 종실 크기 5.6~8.0mm 구간의 비율이 가장 높게 나타났으며, 아람은 종실 크기 4.75~5.6mm 구간의 비율이 72~79% 수준으로 나타났다. 이러한 결과는 재식밀도의 차이가 두 품종 모두에서 종실 품질에는 큰 영향을 미치지 않는 경향이 있음을 보여준다.

표 8. 재식밀도에 따른 품종별 종실크기 및 등숙률(종합, 2024~2025)

품종	재식밀도 (cm)	재식주수 (개)	등숙률 (%)	종실 크기(mm)			
				3.55~4.75	4.75~5.6	5.6~6.7	6.7~8.0
선풍	70×15	9,523	94	0	2	43	55
	70×20	7,142	94	0	3	47	51
	70×25	5,714	94	0	3	51	47
아람	70×10	14,285	94	21	79	0	0
	70×15	9,523	95	23	76	1	0
	70×20	7,142	94	27	72	1	0

<제4세부과제: 중북부 내륙 콩 적정 파종시기 및 재식밀도 구명>**(시험 1) 중북부 내륙지역 콩 최적 파종시기 구명**

- 가. 시험 기간 동안 평균기는 상승과 강수 집중 경향이 나타났으며, 파종 시기가 늦어질수록 고온 및 단일 조건의 영향으로 콩의 생육과 재배 안정성에 영향을 미치는 것으로 나타났다.
- 나. 파종시기 지연에 따라 모든 품종에서 영양생장기간이 뚜렷하게 단축되었고 생식생장 기간도 함께 감소하였다. 특히 영양생장기간 감소폭이 커 전체 생육기간 단축의 주요 요인으로 나타났다.
- 다. 파종이 늦어질수록 경장, 주경절수, 분지수, 엽면적지수(LAI)가 전반적으로 감소하였으며, 조기 파종 시 도복 발생이 증가하는 경향을 보였다. '선풍'은 도복에 다소 취약하였으나 '선풍'과 '아람'은 비교적 강한 초형과 내도복성을 나타내 안정적인 생육을 보였다.
- 라. 수량은 전반적으로 6월 상순에서 중순 파종 시 가장 높았으며 이후 파종이 지연될수록 협수 감소와 함께 수량이 감소하였다. 특히 '선풍'과 '아람'은 파종 시기 변화에도 비교적 안정적인 수량성을 유지하는 특성을 보였다.
- 마. 종실 품질은 파종 시기의 영향이 비교적 적어 모든 품종에서 등숙률과 종실 크기 분포가 유사하게 나타났으며 전반적으로 안정적인 품질 특성을 유지하였다.
- 바. 종합적으로 파종 시기 지연은 영양생장 기간 단축과 생육량 감소를 통해 협수 감소 및 수량 저하로 이어지는 경향을 보였으며, 재식밀도 시험에서는 밀식 조건에서 단위면적당 수량 확보에 유리한 경향이 나타났다. 따라서 중북부 내륙 지역에서 안정적인 생육과 수량 확보를 위한 최적 파종 적기는 6월 상순에서 중순 사이인 것으로 판단된다.

(시험 2) 중북부 내륙지역 콩 적정 재식밀도 구명

- 가. 재식밀도 변화에 따라 생육 기간의 차이는 나타나지 않았으나, 주간거리가 넓어질수록 개체 생육이 상대적으로 왕성해지는 경향을 보였다.
- 나. 두 품종 모두 주간거리가 넓어질수록 경장은 감소하고 경태와 분지수는 증가하는 경향을 보였으며, 재식밀도가 낮을수록 도복 발생이 줄어드는 경향이 나타났다. 특히 '아람'은 전반적으로 도복에 강하였고, '선풍'은 경태 증가에 따른 도복 저항성 향상이 확인되었다.
- 다. 재식밀도가 낮아질수록 개체당 협수는 증가하였으나 재식주수 감소로 인해 단위면적당 수량은 일정 수준 이상의 밀식 조건에서 높게 나타났다. '선풍'은 70×15cm에서, '아람'은 70×10cm에서 가장 높은 수량을 보여 품종 간 적정 재식밀도의 차이가 나타났다.
- 라. 종실 품질은 재식밀도에 따른 영향이 크지 않아 두 품종 모두 등숙률과 종실 크기 분포가 전반적으로 유사하였으며, 재식밀도 변화에도 품질 안정성이 유지되는 경향을 보였다.
- 마. 종합적으로 재식밀도 감소는 개체 생육과 협수 증가에 유리하였으나 단위면적 수량 확보 측면에서는 일정 수준의 밀식 재배가 유리하였다. 이에 따라 중북부 내륙지역에서 안정적인 생산을 위한 적정 재식밀도는 '선풍' 70×15cm, '아람' 70×10cm 수준으로 판단된다.

5 인용문헌

- IPCC. 2021. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Cambridge University Press.
- 이현석, 황운하, 양서영, 송영서, 임우진, 정희정, 이충근, 이형주, 정종태, 신중희, 최명구. 2022. 2022년 벼 생육 및 수량 모니터링 실험에서 출수기의 이례적 지연. Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology 24(4): 330-336.
- Sinclair T. R., de Wit C. T. 1975. Photosynthate and nitrogen requirements for seed production by various crops. Science 189: 565-567.
- Egli D. B., Bruening W. P. 2000. Potential of early-maturing soybean cultivars in late plantings. Agronomy Journal 92: 532-537.
- Godfray H. C. J. 외. 2010. Food security: The challenge of feeding 9 billion people. Science 327: 812-818.
- 이충근 외. 2015. Temperature effects on growth and development of soybean. Field Crops Research 176: 1-9.
- Board J. E., Harville B. G. 1992. Explanations for greater light interception in narrow- vs. wide-row soybean. Crop Science 32: 198-202.
- Jiang H., Egli D. B. 1995. Soybean seed number and crop growth rate during flowering. Agronomy Journal 87: 264-267.
- Wilcox J. R., Shibles R. M. 2001. Interrelationships among seed quality attributes in soybean. Crop Science 41: 11-14.

6 연구결과 활용

연도(연차)	활용방안	제 목
2023(1년)	현장컨설팅	콩 '대왕2호' 보급종 재배현황 및 컨설팅
2024(2년)	학술발표	중북부내륙지역 콩 품종 및 파종시기에 따른 생육 및 수량변이
2025(3년)	영농정보	강원 중북부 콩 용도별 파종시기 재설정
	학술발표	기후변화 대응 중북부 콩 파종시기에 따른 생육 및 수량특성

성과지표		연도		1년차 (2023)		2년차 (2024)		3년차 (2025)		계	
		목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적		
학술 발표	국제										
	국내	1		1	1		1		1	2	2
영농 활용	기술										
	정보							1	1	1	1

성과지표	연도	1년차 (2023)		2년차 (2024)		3년차 (2025)		계	
		목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적
현장컨설팅			1						1
계			1		1		2	3	4

7 연구원 편성

구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도		
					'23	'24	'25
과제책임자	식량과학원 재배생리과	농업연구사	장현수	과제 총괄	○		
		농업연구사	신 평	과제 총괄		○	○
세부책임자	작물연구과	농업연구사	김정호	세부주관 수행	○	○	
		농업연구사	이지애	세부주관 수행			○
공동연구자	작물연구과	농업연구관	김용복	시험수행 및 평가	○		
		농업연구관	박종열	평가분석 지원	○		
		공업주사	김성용	현장조사 지원	○	○	
		농업연구관	임수정	평가분석 지원		○	
		농업연구관	박영식	평가분석 지원		○	
		농업연구관	조운상	평가분석 지원			○
		농업연구사	김준태	품질조사 지원			○