

온도 상승에 따른 콩 종실의 무기영양과 단백질 및 지방 함량 평가

이윤호¹ · 조현숙² · 김준환² · 상완규² · 신평² · 백재경² · 서명철^{3,†}

The Effects of Increased Temperature on Seed Nutrition, Protein, and Oil Contents of Soybean [*Glycine max* (L.)]

Yun-Ho Lee¹, Hyeoun-Suk Cho², Jun-Hwan Kim², Wan-Gyu Sang², Pyong Shin², Jae-Kyeong Baek², and Myung-Chul Seo^{3,†}

ABSTRACT The content of nutrients, proteins, and oils of crop seeds is affected by global climate change due to the increase in temperature. Information regarding the effects of increased temperature on soybean seed nutrition is limited despite its vital role in seed quality and food security. The objective of this study was to determine the effect of increasing temperature on seed nutrient, protein, and oil content in two soybean [*Glycine max* (L.) Merr] cultivars (Daewonkong and Pungsannamulkong) during the reproductive period in a temperature-gradient chamber. Four temperature treatments, Ta (near ambient temperature), Ta+1°C (ambient temperature+1°C), Ta+2°C (ambient temperature+2°C), Ta+3°C (ambient temperature+3°C), and Ta+4°C (ambient temperature+4°C), were established by dividing the rows along the temperature gradient. At maturity, increased temperature did not significantly affect the concentration of P, K, Ca, and Mg. The protein and oil content was significantly correlated with temperature. At maturity, the protein content of DWK and PSNK was reduced at Ta+4°C. The oil content was the highest at Ta+4°C in DWK, whereas it decreased in PSNK at Ta+4°C. Consequently, the biochemical composition of soybean seeds changed with the increase in temperature. These results illustrate the effects of temperature on soybean seed nutrient, protein, and oil content, which can help improve soybean quality at different temperatures. Thus, the biochemical composition of crop seeds can be changed in accordance with nutritional requirements for the benefit of human health in the future.

Keywords : Climate change, Oil, Protein, Soybean, Temperature gradient chamber

최근 이상고온 현상으로 인하여 2017년 지구의 평균 기온은 20세기(1901-2000) 평균 기온(14.0°C)보다 0.84°C 높아져 1880년 관측 이래 세번째로 높게 기록되었다(www.ncdc.noaa.gov).

콩[*Glycine max* (L.)]은 영양학적으로 30~40%의 단백질과 20%의 지방을 함유하고 있을 뿐만 아니라 칼슘, 인산, 마그네슘을 비롯한 무기영양이 균형 있게 분포되어 있고, 장류 용, 나물 용, 풋콩 용 및 밥밀 용 등 다양한 용도로 우리 식생활에서 영양공급원으로 이용되고 있다. 그러나 우리나라의 대부분 콩은 여름을 중심으로 생육하는 여름작물

로 생식생장기간 쉽게 고온 피해를 받아 종실의 품질에 부정적인 영향을 줄 수 있다.

일반적으로 콩은 개화 후 40일부터 동화양분을 종실로 공급하는 시기인데, 이 기간 동안 이상 고온을 받게 되면 종실의 이화학적 특성이 변화가 된다(Bellaloui *et al.*, 2016; Dornbos & Mullen, 1992; Gibson & Mullen, 1996; Mertz-Henning *et al.*, 2018; Piper & Boote, 1999).

온도 상승과 관련하여 콩 종실 연구는 지난 수십년간 단백질과 지방 함량 및 무기영양에 관해 진행되어 왔다. Wolf *et al.* (1982)은 24/19°C와 27/22°C (주/야간)에서 지방 함

¹농촌진흥청 국립식량과학원 작물재배생리과 박사후연구원 (Post-doc, Crop physiology and production, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, 181, Hyeoksins-ro, Iseo-myeon, Wanju-gun, Jeollabuk-do 55365, Republic of Korea)

²농촌진흥청 국립식량과학원 작물재배생리과 연구사 (Researcher, Crop physiology and production, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, 181, Hyeoksins-ro, Iseo-myeon, Wanju-gun, Jeollabuk-do 55365, Republic of Korea)

³농촌진흥청 국립식량과학원 작물재배생리과 연구관 (Senior Researcher, Crop physiology and production, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, 181, Hyeoksins-ro, Iseo-myeon, Wanju-gun, Jeollabuk-do 55365, Republic of Korea)

†Corresponding author: Myung-Chul Seo; (Phone) +82-63-238-5281; (E-mail) mcseo@korea.kr

<Received 3 September, 2018; Revised 24 October, 2018; Accepted 7 November, 2018>

량은 급격하게 증가한 반면 단백질 함량은 감소하였다고 한다. Gibson & Mullen (1996)은 주야간 온도를 30/20°C와 30/30°C 그리고 35/30°C로 처리한 결과 단백질과 지방함량간에 부의 상관관계를 나타낸다고 하였다. Piper & Boote (1999)는 미국의 60개 지역 20개 품종에 대한 단백질과 지방함량을 분석한 결과 평균 온도 28°C까지는 지방함량이 증가하고 단백질함량은 U선으로 20~25°C 이하 또는 그 이상을 벗어나게 되면 증가되었다고 한다.

무기영양과 관련하여 종실비대기에서 성숙기사이 온도 상승하게 되면 인산, 칼륨, 칼슘 그리고 마그네슘 함량은 증가하게 되고, 개화기에서 성숙기사이 온도 상승은 약 10%의 마그네슘을 감소시킨다고 한다(Gibson & Mullen, 2001). 질소와 인산 함량은 40/30°C (주/야간)까지 증가하였으나 44/34°C (주/야간)에서 감소하였다(Thomas *et al.*, 2003).

최근 Song *et al.* (2016)은 중국 전지역을 대상으로 3년간 763개 콩 종실의 단백질과 지방 함량 및 지방산 조성을 미기상과 함께 분석한 결과 단백질은 평균 온도와 관계가 있고 지방 함량은 평균 19.8°C에서 가장 높다고 한다. 또한 2000년대부터 CO₂ 농도와 온도 상승에 따른 콩 종실의 무기영양과 단백질과 지방함량 변화에 대한 연구가 진행되고 있다(Bellaloui *et al.*, 2016; Thomas *et al.*, 2003; Xu *et al.*, 2016). Xu *et al.* (2016)에 의하면 CO₂ 농도 400 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ 에서 온도는 22/18°C (주/야간)과 36/32°C (주/야간)에서 단백질 함량은 증가 되었지만, 지방 함량은 저온 보다는 고온에서 감소된다고 하였다.

이러한 기존의 연구들 대부분은 제한된 공간에서 최종 수확한 종실만을 가지고 무기영양과 단백질 및 지방 함량에 관한 연구가 되었을 뿐 자연적인 온도 상승에 따른 콩 종실의 생육 시기별 연구는 미비한 실정이다.

따라서 본 연구는 급속도로 진행되고 있는 이상고온현상에 대응하기 위해 자연조건과 가장 유사한 온도구배 챔버(Temperature Gradient Chamber: TGC) (Horie *et al.*, 1995)를 이용하여 개화기 이후 종실비대성기(R6), 성숙시(R7), 성숙기(R8)까지 온도 상승에 따라 종실에 축적되는 무기영양, 단백질, 지방함량 변화를 분석함으로써 향후 기후변화 대응과 인간의 영양 섭취에 대한 기초 자료로 활용하고자 수행을 하였다.

재료 및 방법

온도구배챔버(TGC) 및 재배관리

본 연구는 2017년 국립식량과학원 포장에 설치된 가로 2 m × 세로 30 m의 2개의 온도구배 챔버에서 수행을 하였

다. 온도구배 챔버의 입구는 공기가 챔버 안쪽으로 유입할 수 있게 개방되어 있으며, 가장 안쪽으로 두개의 환풍기가 설치되어 있어 안쪽으로 들어 갈수록 외부 온도보다 Ta+1°C, Ta+2°C, Ta+3°C, Ta+4°C씩 증가하면서 일정한 온도구배를 유지하는 시스템으로 온도구배 지점마다 온도 센서(SP-110, Apogee instruments, USA)을 설치하여 온도 변화를 기록하였다.

시험에 사용된 품종은 정부 보급종 중 가장 많이 재배되고 있는 대원콩과 풍산나물콩으로 하였다 재식거리 50 cm × 15 cm로 6월 20일에 파종 하였고, 시비량은 N-P₂O₅-K₂O를 10a당 3-3-3.4 kg 전량 기비로 사용을 하였다. 관수는 파종 후부터 착엽시까지 주 2~3회씩 하였고, 개화기부터 성숙기까지 주 2회 공급을 하였다. 종실비대성기(R6)부터 성숙기(R8)사이 각 온도구배 챔버에 설치되어 있는 온도 센서를 기준으로 종실을 채취하였다. 재배기간 생육단계 조사 기준(Fehr & Caviness, 1977)에 준하였다.

무기영양과 단백질 및 지방 함량 분석

분석을 하기위해 채취한 콩 종실을 72°C 건조기에 약 4일간 건조 후 곱게 분쇄하였다. 무기영양분석을 위해 분쇄 시료를 0.5 g씩 칭량 후 습식분해 법으로 분해용액(HNO₃: H₂SO₄: HClO₄ = 10: 1: 4)을 첨가하여 마이크로 킬달 플라스크에 220°C로 4시간 분해 하여 여과과정을 거쳐 분광분석기(UV-Cintra 404, GBC Scientific Equipment Pty Ltd., Australia)로 인산 분석을 하였다. 유도 결합 플라즈마 발광광도계(Inductively Coupled Plasma Spectrophotometry Mass, ICP Integra XL, GBC Scientific Equipment Pty Ltd., Australia)를 이용하여 칼륨과 칼슘 및 마그네슘을 분석하였다. 탄소와 질소 분석은 Dumas법(Fred and Watts, 1993)으로 0.2 g씩 칭량 후 원소분석기(Elementary, vario MAX cube., Germany)로 분석하였다.

단백질 분석은 질소 농도에 콩 단백질 환산 계수 6.25를 곱하여 계산하였다. 조지방분석은 Soxhlet 추출법으로 분쇄된 종실 3 g을 원통여지에 시료를 넣은 후 ethanol 추출법으로 향온수조에 40°C로 8시간 추출하여 계산하였다. 모든 처리는 3반복 시험을 하여 평균값으로 구하였다.

통계분석

연구 결과의 통계분석은 SAS 9.1 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) 통계패키지를 이용하여 자료에 대한 분산분석(ANOVA)을 통해 유의성 검정을 하였고, Ducans의 다중범위 검정을 실시하여 유의적인 차이를 p<0.05 수준에 검정 하였다.

결 과

생식생장기간 온도 상승 변화

출현기부터 성숙기까지 온도 상승에 따른 Ta+1, Ta+2, Ta+3, Ta+4 온도 변화이다(Table 1). 대원콩과 풍산나물콩은 출현에서 개화기까지 소유일수는 온도구배간 차이는 없었지만, 종실비대시부터 성숙기까지 Ta+4가 다른 온도구배에 비하여 약 4~5일 정도 지연되었다.

콩의 개화기는 7월 하순에서 8월 초순으로 적온은 25~30°C로 이 기간 온도가 가장 높은 시기이다. 개화기의 평균 온도를 보면 Ta+1을 제외한 모든 온도구배간에서 30°C에 근접을 하였다. 종실비대기부터는 평균온도가 25°C 이하로 내려갔다.

온도 상승에 따른 종실비대기의 종실 이화학적 변화

콩은 개화 후 26일부터 36일사이에 무기영양, 단백질과 지방 함량이 축적되는 시기로 이 시기에 저온, 고온 그리고 한발과 같은 이상 현상을 받게 되면 물질 축적에 변화를 줄 수 있다. 온도 상승에 따른 대원콩과 풍산나물콩의 종실비대 성기에 대한 무기영양, 단백질 및 지방 함량에 대한 결과이다(Table 2). 대원콩의 온도구배간 온도 범위는 22.3~25.1°C로 온도 상승에 따라 모든 무기영양과 단백질 그리고 지방 함량은 고도의 유성을 보였다. 질소, 칼륨, 마그네슘 및 단백질은 상승된 온도인 Ta+4에서 높았다. 단백질 함량은 상

승된 온도구배인 Ta+3과 Ta+4가 Ta+1과 Ta+2에 비하여 높게 나타났고, 지방 함량은 낮았다.

풍산나물콩의 온도구배의 온도범위는 22.3~25.0°C로 Ta+1와 Ta+4사이의 온도 차이는 약 3°C를 보였다. 온도구배간에 있어서 탄소, 질소, 칼륨, 단백질 그리고 지방함량은 고도의 유의성을 보였다. 특히 질소와 단백질 함량은 평균온도가 증가함에 따라 높았지만, 지방 함량은 감소하였다.

온도 상승에 따른 성숙시의 종실 이화학적 변화

온도 상승에 따른 성숙시의 무기영양, 단백질 그리고 지방 함량 변화에 대한 결과이다(Table 3). 대원콩의 온도구배간 평균 온도 범위는 20.4~22.5°C이고 Ta+1와 Ta+4간의 온도는 약 2°C 차이를 보였다. 탄소, 질소, 단백질 그리고 지방 함량은 온도구배간에 고도의 유의성을 보였는데, 탄소, 질소, 칼슘 그리고 단백질함량은 상승된 온도에서 감소를 하였다.

풍산나물콩의 평균 온도 범위는 20.4~22.2°C로 질소, 칼륨, 단백질 그리고 지방 함량은 고도의 유의성을 보였고, 온도가 상승 할수록 칼륨은 증가하였다.

온도 상승에 따른 성숙기의 종실 이화학적 변화

성숙기의 무기영양, 단백질 그리고 지방 함량 변화에 대한 결과 이다(Table 4). 대원콩의 온도구배간 평균 온도 범위는 15.8~18.8°C이고 Ta+1과 Ta+4간에 약 3°C 차이를 보

Table 1. Duration and mean temperature at different temperature in a temperature-gradient chamber in 2017.

Cultivar and temperature gradient	Days from			Mean air temperature (°C)		
	VE-R1 ^x	R1-R5	R5-R8	VE-R1	R1-R5	R5-R8
Daewonkong						
Ta ^y				27.1	27.3	21.9
Ta+1	32	31	74	28.0	28.2	22.9
Ta+2	31	32	74	28.7	29.2	23.9
Ta+3	31	33	75	29.8	30.0	25.0
Ta+4	32	35	79	31.0	30.6	25.5
Pungsannamulkong						
Ta				27.1	26.2	21.5
Ta+1	38	31	70	28.0	27.1	22.5
Ta+2	37	32	71	28.3	27.7	23.5
Ta+3	37	34	71	29.8	28.7	24.5
Ta+4	38	34	74	31.0	29.6	25.0

^yTa : Near ambient temperature, Ta+1 : ambient temperature+1°C, Ta+2°C : ambient temperature+2°C, Ta+3°C : ambient temperature+3°C, Ta+4°C : ambient temperature+4°C.

^xVE: Vegetative stage emergence, R1 : Beginning bloom, R5 : Beginning seed, R8 : Full maturity.

Table 2. Effects of elevated temperature on developing soybean seed (Daewonkong and Pungsannamulkong) nutrition, protein, and oil in full seed stage.

Cultivars and temperature gradient	Temperature (°C)	C	N	P	K ₂ O	CaO	MgO	Protein	Oil
		%							
Daewonkong									
Ta+1 ^y	22.3	47.70ab	5.61b	0.38a	1.62b	0.28a	0.27ab	35.03b	13.94b
Ta+2	23.6	47.43b	5.46c	0.36b	1.79a	0.29a	0.26b	34.11c	14.62b
Ta+3	24.3	47.80a	5.75a	0.36b	1.81a	0.26b	0.26b	35.95a	15.20a
Ta+4	25.1	47.11c	5.74a	0.37b	1.82a	0.26b	0.28a	35.87a	13.13c
<i>P</i> value ^x		0.004	<0.001	<0.001	0.001	0.001	0.052	<0.001	<0.001
Pungsannamulkong									
Ta+1	22.3	47.64ab	6.01a	0.42a	1.75b	0.21a	0.23a	37.59a	12.47c
Ta+2	23.2	47.81a	5.78d	0.38ab	1.96a	0.22a	0.24a	36.12d	15.05a
Ta+3	24.2	47.54bc	5.82c	0.38ab	2.02a	0.22a	0.23a	36.37c	13.52b
Ta+4	25.0	47.32c	5.95b	0.37b	1.97a	0.20a	0.23a	37.19b	11.43d
<i>P</i> value		0.006	<0.001	0.091	0.012	0.213	0.392	<0.001	<0.001

^yTa+1 : ambient temperature+1°C, Ta+2°C : ambient temperature+2°C, Ta+3°C : ambient temperature+3°C, Ta+4°C : ambient temperature+4°C.

^xValues followed by a common letter are not significantly different within a column ($p = 0.05$) against the ANOVA

Table 3. Effects of elevated temperature on developing soybean seed (Daewonkong and Pungsannamulkong) nutrition, protein, and oil in beginning maturity.

Cultivars and temperature gradient	Temperature (°C)	C	N	P	K ₂ O	CaO	MgO	Protein	Oil
		%							
Daewonkong									
Ta+1 ^y	20.4	47.77a	5.85b	0.34a	1.90a	0.20a	0.23c	36.57b	14.78c
Ta+2	21.4	47.84a	5.83b	0.34a	1.91a	0.19b	0.24ab	36.44b	16.38a
Ta+3	22.4	48.01a	6.09a	0.34a	1.94a	0.19b	0.25a	38.06a	16.68a
Ta+4	22.5	45.97b	5.75c	0.34a	1.92a	0.18c	0.24ab	35.91c	15.57b
<i>P</i> value ^x		<0.001	<0.001	0.214	0.297	0.009	0.007	<0.001	<0.001
Pungsannamulkong									
Ta+1	20.4	47.97b	6.56a	0.40b	1.99b	0.16b	0.25b	41.03a	13.05c
Ta+2	21.4	48.23ab	6.45b	0.41ab	2.08a	0.18a	0.25ab	40.32b	15.04a
Ta+3	22.4	48.51a	6.41c	0.42a	2.11a	0.17b	0.25a	40.05c	15.17a
Ta+4	22.2	48.34ab	6.46b	0.40ab	2.13a	0.17ab	0.25ab	40.37b	14.19b
<i>P</i> value		0.142	<0.001	0.142	0.0002	0.055	0.085	<0.001	<0.001

^yTa+1 : ambient temperature+1°C, Ta+2°C : ambient temperature+2°C, Ta+3°C : ambient temperature+3°C, Ta+4°C : ambient temperature+4°C.

^xValues followed by a common letter are not significantly different within a column ($p = 0.05$) against the ANOVA

였으며, 탄소, 질소, 단백질 그리고 지방 함량은 고도의 유의성을 보였다. 단백질 함량은 Ta+4 (37.8%), Ta+2 (37.7%), Ta+1 (38.4%), Ta+3 (38.9%) 순으로 상승된 온도구배에서 감소하였다. 지방 함량은 상승된 온도인 Ta+3과 Ta+4 각

각 19%와 20%로 낮은 온도구배에 비하여 높게 나타났다.

풍산나물콩의 온도구배 평균 온도가 15.6~17.9°C 범위로 Ta+1과 Ta+4간에 약 2°C 정도 차이를 보였고, 탄소, 질소, 단백질 그리고 지방 함량은 온도구배간에 고도의 유의성을

Table 4. Effects of elevated temperature on developing soybean seed (Daewonkong and Pungsannamulkong) nutrition, protein, and oil in full maturity.

Cultivars and temperature gradient	Temperature (°C)	C	N	P	K ₂ O	CaO	MgO	Protein	Oil
		%							
Daewonkong									
Ta+1 ^y	15.8	49.92bc	6.15b	0.63a	2.14ab	0.30a	0.37ab	38.44b	17.60c
Ta+2	16.7	50.34a	6.03c	0.61a	2.09b	0.28a	0.36b	37.68c	16.61d
Ta+3	17.9	49.81c	6.22a	0.67a	2.29a	0.26a	0.37b	38.87a	19.16b
Ta+4	18.8	50.10b	6.04c	0.70a	2.01b	0.27a	0.41a	37.78c	20.08a
<i>P</i> value ^x		0.002	0.0004	0.7433	0.035	0.232	0.043	<0.001	<0.001
Pungsannamulkong									
Ta+1	15.6	48.91a	6.84a	0.74a	2.00a	0.27a	0.35a	42.76a	15.39b
Ta+2	16.7	48.71ab	6.44c	0.83a	2.01a	0.27a	0.33a	40.25c	17.96a
Ta+3	17.8	48.88a	6.51b	0.74a	2.06a	0.26a	0.34a	40.71b	16.54b
Ta+4	17.9	48.44b	6.52b	0.79a	2.07a	0.28a	0.33a	40.73b	15.35c
<i>P</i> value		0.019	<0.001	0.341	0.774	0.452	0.142	<0.001	<0.001

^yTa+1 : ambient temperature+1°C, Ta+2°C : ambient temperature+2°C, Ta+3°C : ambient temperature+3°C, Ta+4°C : ambient temperature+4°C.

^xValues followed by a common letter are not significantly different within a column ($p = 0.05$) against the ANOVA

보였다. 단백질 함량은 종실비대성기부터 성숙기까지 Ta+2 구간이 17.9%로 다른 온도구배 보다 높았으나 상승된 온도인 Ta+4가 15.3%로 낮아지는 결과를 보였다. 이기간 무기영양은 칼륨이 가장 높고, 인>마그네슘> 칼슘 순이었다.

100립중과 단백질 그리고 지방함량 변화

대원콩의 100립 무게는 30~34 g (평균 31.6 g)으로 100립 무게와 단백질 함량 간에 정의 상관관계를 보였다. 풍산나물콩의 100립 무게는 11~14 g (평균 12.8 g)으로 외부 온도와 가장 유사한 Ta+1이 100립의 무게와 단백질 함량이 증가 하였지만, 상승된 온도 Ta+4에서는 감소하였다(Fig. 1).

100립 무게와 지방 함량의 결과를 보면 대원콩은 100립의 무게가 증가 할수록 지방 함량도 증가하였지만 유의성은 나타나지 않았다. 그러나 풍산나물콩은 100립의 무게가 증가 할수록 지방함량이 증가하면서 정의 상관관계가 나타났다(Fig. 2).

고 찰

온도 상승에 따른 대원콩과 풍산나물콩의 무기영양 변화는 수정 된 후 20일~28일부터인 종실비대성기와 성숙시에 종실이 급속히 축적되면서 무기영양의 변화를 알 수 있었다. 등숙을 완료한 성숙기에는 온도 상승에 따라 온도구배

간 차이를 보이지 않았다. 전체적인 무기영양의 변화의 폭은 종실비대성기에서 성숙시보다는 성숙시에서 성숙기의 증가 폭이 크다는 것을 알 수 있었다. 본 연구에서 주목 할 만한 것은 대원콩과 풍산나물콩은 성숙시에 칼슘이 낮아졌는데, 이는 일시적인 저온을 만나 물질의 동화와 전류도 저해를 받아 감소된 것으로 판단되었다. 그러나 성숙기에는 다른 무기영양을 제외하고 질소가 온도 상승에 따라 증가 폭이 변화 되는 것을 알 수 있었다.

온도는 콩 종실의 단백질과 지방함량 변화에 영향을 주는 가장 중요한 환경요인 중의 하나이다(Thomas *et al.*, 2003). 개화기에서 성숙기까지 평균 온도가 25°C (30/20°C)에 33°C (35/30°C)사이에 단백질함량은 감소하였고, 지방함량은 증가한다고 보고하였다(Gibson & Mullen, 1996). Thomas *et al.* (2003)은 온도를 처리를 28/18°C, 32/22°C, 36/26°C, 40/30°C 그리고 44/34°C (주/야간)로 하였을 때 콩 종실의 지방함량은 32/22°C에서 최고 높았으나 그 이상 온도에서는 감소된다고 하였다. 반면 단백질함량은 40/30°C (주/야간)까지 증가 하였으나 44/34°C (주/야간)에서 단백질과 지방함량 모두 감소한다고 보고 하였다. Pipolo *et al.* (2004)은 24.3°C에서 최저 단백질함량을 나타낸다고 하였다. Bellaloui *et al.* (2016)은 두개 품종을 가지고 CO₂ 농도 360 μmol mol⁻¹에 온도는 26/16°C (주/야간)과 45/35°C (주/야간)를 비교한 결과 고온 조건에서 단백질과 지방 함량 및 무기영

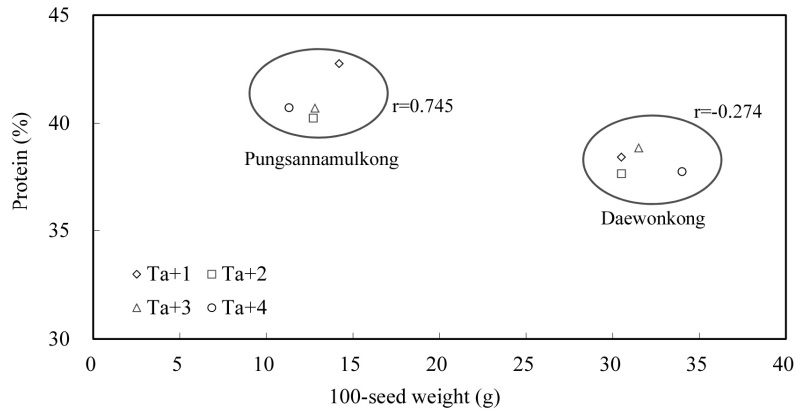


Fig. 1. Relationship between 100-seed weight and protein in effects of elevated temperature on full maturity. Ta+1 : ambient temperature+1°C, Ta+2°C : ambient temperature+2°C, Ta+3°C : ambient temperature+3°C, Ta+4°C : ambient temperature+4°C.

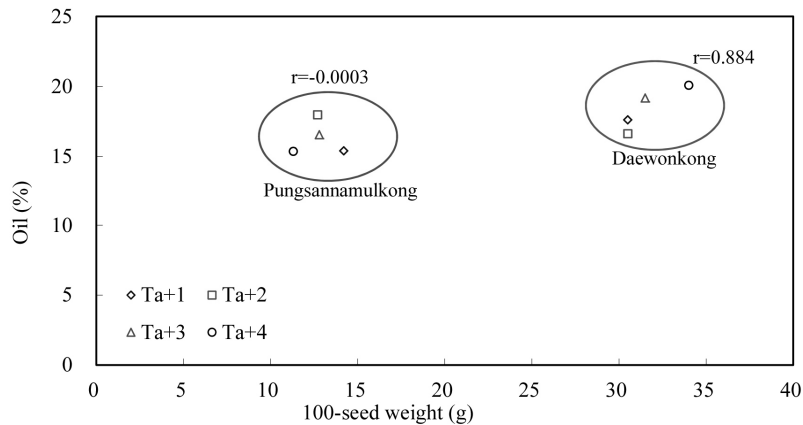


Fig. 2. Relationship between 100-seed weight and oil in effects of elevated temperature on full maturity. Ta+1 : ambient temperature+1°C, Ta+2°C : ambient temperature+2°C, Ta+3°C : ambient temperature+3°C, Ta+4°C : ambient temperature+4°C.

양이 감소된다고 하였다.

본 시험의 결과 단백질 함량은 온도가 상승 할수록 감소하는 경향을 보였는데, 대원콩의 단백질함량은 종실비대기에서 성숙기까지 평균온도 25°C (Ta+4)이상 벗어나게 되면 감소를 하였으나, 풍산나물콩은 평균 온도 23°C (Ta+2) 이상에서 감소를 하였다. 지방 함량은 온도가 상승 할수록 증가 또는 감소하는 경향을 보였는데, 대원콩의 지방 함량은 종실비대기에서 성숙기까지 평균 온도 25°C (Ta+4)까지 증가하였고, 풍산나물콩은 평균온도 21°C (Ta+2)에서 가장 높았으나 그 이상을 벗어나게 되면 감소하였다. 이러한 결과를 보았을 때 함량의 변화는 온도와 품종간에 상당한 변이가 있는 것으로 판단된다.

종실 발달 과정 중 단백질 함량 증가는 종실비대성기보다 성숙시에 증가 폭이 높았으나, 지방 함량은 성숙시보다는 종실비대기에 증가 폭이 높다는 것을 알 수 있었다. 품종간에 있어서 풍산나물콩은 대원콩보다 다소 낮은 온도에

서 단백질과 지방 함량이 증가 한다는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과 대원콩은 온도에 대한 반응 폭이 넓은 반면 풍산나물콩은 폭이 넓지 않은 것으로 판단되며 온도 반응에 따라 종실크기와 질소가 크게 변화 되는 것으로 판단된다.

적 요

온도는 콩 종실의 무기영양과 단백질 및 지방함량에 영향을 주는 환경요인 중의 하나이다. 본 연구는 향후 이상고온 현상을 대비하여 자연 조건과 가장 유사하게 만들어진 온도구배 챔버에 종실비대기에서 성숙기까지 콩 종실의 무기영양과 단백질 및 지방함량 변화에 대한 연구를 수행하였다.

1. 대원콩과 풍산나물콩은 온도 상승에 따라 성숙기에 질소를 제외한 다른 무기영양은 유의한 차이를 보이

지 않았다.

2. 성숙기의 단백질 함량에 있어서 대원콩은 상승된 온도에 다소 감소를 하였다. 그러나 지방 함량은 대원콩이 상승된 온도인 Ta+4에서 증가 하였으나, 풍산나물콩은 감소하였다.
3. 100립의 무게가 증가 할수록 풍산나물콩은 단백질 함량이 증가 하였고, 대원콩은 지방 함량이 증가 하였다.
4. 온도 상승은 종실의 이화학적 성분들을 변화 시킬 수 있다. 이상기상으로 온도가 지속적으로 상승 되었을 때 작물의 생육과 수량에 미치는 영향도 중요하지만, 인간의 음식섭취에 있어 미네랄과 단백질 그리고 지방함량과 같은 영양소 변화에 대한 대처도 중요 할 것이다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 국립식량과학원 농업과학기술 연구개발 사업(과제번호: PJ 011952)의 지원에 이루어진 것임.

인용문헌(REFERENCES)

- Bellaloui, N., Y. Hu, A. Mengistu, H. K. Abbas, M. A. Kassem, and M. Tigabu. 2016. Elevated atmospheric carbon dioxide and temperature affect seed composition, mineral, 15N and 13 C dynamics in soybean genotypes under controlled environments. *Atlas Journal Plant Biology* 4 : 56-65.
- Dornbos, D. L. JR. and R. E. Mullen. 1992. Soybean seed protein and oil contents and fatty acid composition adjustments by drought and temperature. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 69(3) : 228-231.
- Fehr, W. R. and C. E. Caviness. 1997. Stages of soybean development. Iowa State University of Science and Technology Special Report 80.
- Fred, S. and C. E. Watts. 1993. Dumas method for organic nitrogen. *Industrial and Engineering chemistry, Analytical Edition*. 11(6) : 333-334.
- www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global.html/. National Centers for Environmental Information Earth system research laboratory ESR Global monitoring division.
- Gibson, L. R. and R. E. Mullen. 1996. Soybean seed composition under high day and night growth temperatures. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 73(6), 733-737.
- Gibson, L. R. and R. E. Mullen. 2001. Mineral concentrations in soybean seed produced under high day and night temperature. *Canadian Journal Plant Science* 81(4) : 595-600.
- Horie, T., H. Nakagawa, J. Nakano, K. Hamotanl, and H.Y. Kim. 1995. Temperature gradient chambers for research on global environment change III A system designed for rice in Kyoto, Japan. *Plant Cell Environment*. 18 : 1064-1069.
- Mertz-Henning, L. M., L. C. Ferreira, F. A. Henning, J.M.G. Mandarino, E.D Santos, M.C.N.D. Olivera, A.L Nepomuceno, J.R.B. Faarias, and N. Neumaier. 2018. Effect of water deficit-induced at vegetative and reproductive stages on protein and oil content in soybean grains. *Agronomy* 8(3) : 1-11.
- Piper, E. L. and K. J. Boote. 1999. Temperature and cultivar effects on soybean seed oil and protein concentration. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 76(10) : 1233-1241.
- Pipolo, A. E., Thomas R. S, and G. M. Camara. 2004. Effects of temperature on oil and protein concentration in soybean seeds cultured in vitro. *Annals of Applied Biology* 144 : 71-76.
- Song, W., R. Yang, T. Wu, C. Wu, S. Sun, S. Zhang, B. Jiang, S. Tian, X. Liu, and T. Han. 2016. Analyzing the effects of climate factor on soybean protein oil contents, and composition by extensive and high-density sampling in China. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 64 : 4121-4130.
- Thomas, J. M. G., K. J. Boote, L. H. Allen, Jr., M. Gallo-Meagher, and J.M. Davis. 2003. Elevated temperature and carbon dioxide effects on soybean seed composition and transcript abundance. *Journal of AgroCrop Sciences* 43 : 1548-1577.
- Wolf, R. B., J.E. Cavins, R. Kleiman, and L. T. Black. 1982. Effect of temperature on soybean seed constituents: oil, protein, moisture, fatty acids, amino acids and sugars. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 59(5) : 230-232.
- Xu, G., S. Singh, J. Barnaby, J. Buyer, V. Reddy, and R. Sicher. 2016. Effects of growth temperature and carbon dioxide enrichment on soybean seed components at different stage of development. *Plant Physiology and Biochemistry* 108 : 313-322.