

## Effects of Rapid Temperature Change on Growth Response and Yield of Garlic in Greenhouse with Thermostat Control System in Jeonnam Province

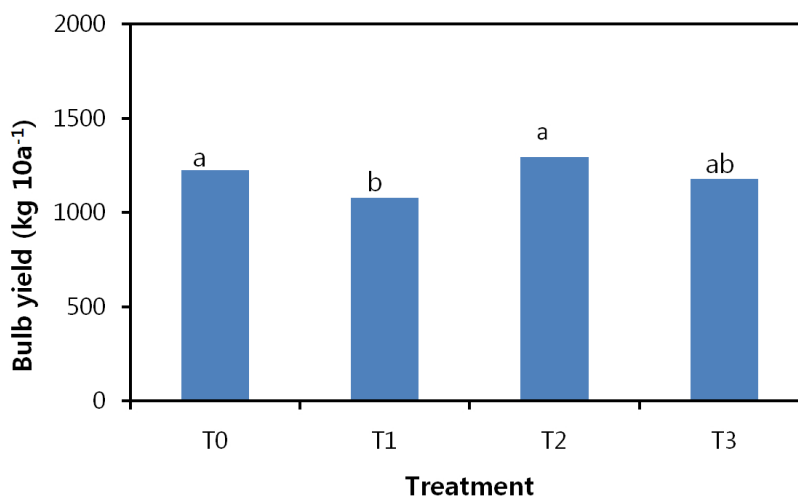
Kyung Dong Lee\*

Department of Oriental Medicine Materials, Dongshin University, Naju 520-714, Korea

(Received: October 17 2014, Revised: December 22 2014, Accepted: December 24 2014)

The garlic cultivation area is moved by change of grown environment due to global warming. It is important to predict changes in cultivation area, quantity and quality of each crop. This study was carried out to estimate the yield and response of garlic growth by the rapid temperature changes in the greenhouse with thermostat control system. Seedlings of Namdo garlic were planted on September 27, 2012 and harvested on May 30, 2013. The used treatments for a rapid temperature change in March-April-May were T0 (control): 6.0-10.4-17.2°C, T1: 6.0-5.4 (-5)-17.2°C, T2: 6.0-10.4-22.2 (+5)°C and T3: 6.0-5.4 (-5)-22.2 (+5)°C. Total dried weight per plant of garlic significantly increased by 5.0% for T2, but T1 and T3 decreased by 12.5 and 4.6%, respectively, compared to T0. Total yields of bulb within the temperature change as T2 and T0 increased significantly ( $p < 0.05$ ), as compared to T1. Decreasing temperature significantly ( $p < 0.05$ ) reduced plant height, SPAD reading, crude protein and fiber contents etc., as compared to T0 and T2. ABA contents gradually increased with time but IAA content rapidly decreased. Conclusively, growth and yield of garlic were more affected by decreased temperature than increased temperature at bulb development stage.

**Key words:** Climate change, Garlic, Yield, Physiological response



Bulb yields of garlic as affected by different temperature conditions at harvest.

\*Corresponding author : Phone: +82613303261, Fax: +82613302885, E-mail: leek-d@hanmail.net

§Acknowledgement: This research was financially supported by the Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (IPET: 112126-03-1-SB010), Republic of Korea.

## Introduction

최근 지구온난화의 영향으로 난지형 마늘이 2003년에는 충청지역과 동해안지역까지 점차적으로 북상하는 것으로 나타났다 (Heo et al., 2006; Kim et al., 2008), 온도변화에 따라 그 구성성분과 생리활성 및 품질특성에 영향이 있는 것으로 추정되고 있다 (Shin et al., 2004). 우리나라의 기후변화는 다른 나라에 비하여 진전도가 빠르며 최근 들어 기상이변이 빈발하고 있다 (Jeong et al., 2014). 최근 연평균기온의 상승과 이상기온에 의한 급변현상 즉, 급강하와 급상승이 빈번히 일어나 마늘의 생육에 지장을 주고 있으며, 가까운 미래에는 양념류의 안정적인 수급에 문제가 발생할 소지가 있다. 마늘의 가식부위인 인경은 다양한 외적·내적 요인에 의해서 영향을 받는 것으로 보고되었는데 Ledesma et al. (1997)은 인경이 비대할수록 건물중이 높으며, 총 수용성 탄수화물과 단백질 함량이 높다고 하였다. 지구온난화에 따른 겨울철 및 봄철의 이상기온은 빈번한 동해피해와 고온으로 인한 호르몬의 불균형을 초래하고 생육단계를 전반적으로 빠르게 하여 품질을 저하시킨다 (Jang et al., 2002). 마늘과 양파의 매운맛과 단맛은 pyruvic acid, 당, 황화합물의 함량과 유의한 상관관계를 갖고 있는 것으로 보고 (Lee and Suh, 2009)되고 있는데 양념류 채소의 생육 적온이 변화되면 내·외적 생육상태가 변동이 되어 품질에 문제를 일으킬 가능성도 제기되고 있다. 지금까지 부분적으로 양파와 마늘의 인경비대에 대한 내적 호르몬과 항산화성의 변동 등 생리적 요인과 환경적 요인에 대하여 연구를 수행해 오고 있으나 (Shin and Lee, 1988; Park and Lee, 1992; Hwang and Tae, 2000; Ahn and Yoon, 2010; Kim et al., 2011) 그 성과는 미미한 실정이다. 일반적으로 abscisic acid (ABA)은 구근작물의 경우 인경의 형성 및 비대와 밀접한 관계를 가지고 있고 (Yamazaki et al., 1995), 인경의 비대에 ABA가 중추적 역할을 하며 인경이 비대할 때 내생 ABA 함량이 높아진다는 보고 (Yamazaki et al., 2002)가 있다. 또한 Sohn et al. (2011)은 난지형 마늘의 내생 gibberellic acid (GA)와 jasmonic acid (JA)는 인편분화기 전에 최대에 달하여 그 이

후 점차 감소하는 반면 ABA 함량은 비대개시기부터 점차 증가한다고 보고하였다. 괴경의 비대에 대한 연구는 감자의 경우 저온단일과 GA함량이 낮을 때 괴경의 비대가 유도된다고 알려져 있고 (Jackson, 1999), *Allium sp.*에서 ABA의 농도에 따라 비대가 촉진된다는 연구결과 (Sohn et al., 2011) 등이 있다. 전남 서남부에서 많이 재배하는 난지형 마늘은 이차생장이 심한 개체들이 많아 상품수량을 떨어뜨리는 경우가 있다. 이는 해동기 이후 마늘 생육기인 3-5월에 온도가 급상승 또는 급하강 조건이 빈번히 있는 경우 마늘이 이차생장이 대량발생 (70-80%)하여 상품성 저하 및 작황부진으로 이어지고 있다 (Sohn et al., 2011). 그러나 아직까지 전남지역에서 기상이상에 따른 양념류의 환경적 및 생리적 연구가 거의 없는 실정이다.

따라서 본 과제에서는 전남지역에서 재배되는 마늘을 이용하여 온도 급상승과 급하강시 마늘의 생육 상황, 생리적 변화 그리고 수량성을 파악하고자 하였다.

## Materials and Methods

**포장설계 및 환경설정** 최근 기후변화에 대응하여 전남지역 양념류의 생산량을 유지하고 증대시키기 위하여 급변 온도조건에서 마늘의 생리생태적 반응을 조사하고자 동신대학교 실험포장 내 하우스 터널을 이용하여 2012년 9월 27일부터 2013년 5월 30일까지 실험을 수행하였다. 급변온도의  $\pm 5^{\circ}\text{C}$  범위설정은 CCGIS를 이용한 기후 변화 대응 전국 232개 시군별 마늘 생산성에 관한 취약성 평가 (Chon et al., 2014), RCP8.5 기후조건의 작물생육모의에 근거한 우리나라 곡물생산 전망 (Kim et al., 2012), 양념류의 온도에 따른 생리적 현상 등 (Shin and Lee, 1988; Park and Lee, 1992; Hwang and Tae, 2000; Ahn and Yoon, 2010; Kim et al., 2011)을 기초로 설정하였다. 급상승 및 급하강 온도변화를 설정하기 위해 기준이 되는 평균온도는 최근 5년간 나주지역의 평균온도를 기준으로 산정하였다 (Fig. 1). 급변 온도변화에 대한 처리구의 배치는 2013년 3-4-5월 3개월간 평균기온을 기준으로 대조구인 T0 (6.0-10.4-17.2 $^{\circ}\text{C}$ ),

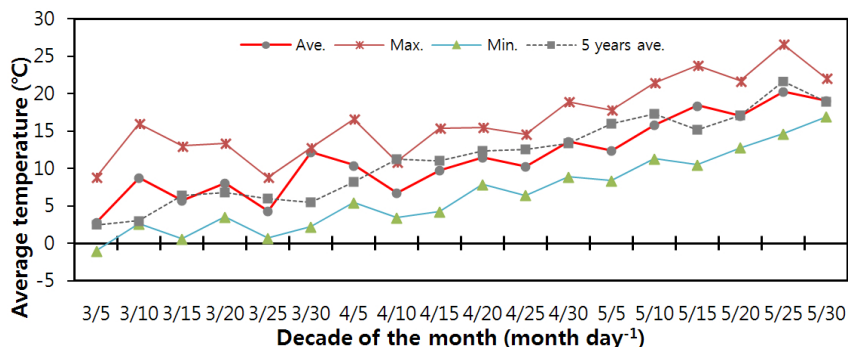


Fig. 1. Temperature changes of Naju city during the experiment in 2013.

저온처리구 T1 (6.0-5.4(-5)-17.2°C), 고온처리구 T2 (6.0-10.4-22.2(+5)°C), 저온고온혼합처리구 T3 (6.0-5.4 (-5)-22.2(+5)°C) 로 설치하였으며, 저온처리는 4월에 T1과 T3처리구, 고온처리는 5월에 T2와 T3에 낮과 밤 구별 없이 ±5°C씩 온도차를 두고 마늘의 생육특성을 조사하였다 (Fig. 2). 마늘의 급변 온도를 조성하기 위해 1×3 m 넓이의 비닐 터널을 2013년 3월에 설치하여 5월 말까지 유지하였다. 터널 내 밤과 낮의 온도는 비가림 하우스의 수준이었으며, 정밀온도를 유지하기 위해 외장형 냉·온풍 장치 (LP- X1450, LG Co., Korea), 디지털 핫에어 스테이션 (WHA-600KR, Weller, China), 벨트히터 (RWPH, Raon system, Korea)에 온도보정용 센서를 달아서 온도조절이 잘 되도록 설치하였다. 각 처리간에는 온도변화를 최소화하기 위하여 일정거리를 두었고, 수분공급은 Nam et al. (2007)의 방법에 따라 토양수분함량 30%정도일 때 처리구별로 지하수를 관개하였다. 기타관리는 일반관행법에 준하여 실시하였다. 생육 중 2013년도 3-5월중의 날씨 조정은 2시간 간격, 2-3일 간의 자료를 매일 기상청 (기상청 홈페이지와 광주기상청 시간별 자료)으로부터 확보하였다. 온도의 상승과 강하를 위해 확보된 자료를 냉·난방기 운용을 위해 2-3일 분량의 예상 온도자료를 컨트롤 장비에 저장하였다.

**마늘 재배조건** 실험에 사용된 마늘 품종은 난지형 남도마늘을 사용하였으며, 파종은 2012년 9월 27 수확은 2013년 5월 30일에 수확하였다. 남도마늘 4-6 g 정도의 인편을 재식거리는 18×11 cm로 백색유공비닐 (15공)에 파종하였다. 시험 배치구는 난괴법 3반복으로 하였다. 재배관리는 난지

형 마늘 표준재배법 (RDA, 2001) 등에 준하여 실시하였다. 마늘의 생육특성으로서는 초장, 초장, 엽색 (SPAD-502, Minolta, Japan), 광합성률 (Li-Cor 6400, Li-Cor Inc, USA) 등은 3월 30일, 4월 30일, 5월 30일 1달 간격으로 측정하였고, 구 특성은 구중, 구고, 구경 등을 조사하였다. 기타 조사방법 등은 농촌진흥청조사기준 (RDA, 1995)에 준하여 조사하였다. 시비량은 10 a당 성분량으로 N:P:K= 20-8-15 kg, 퇴비 2,000 kg과 석회 120 kg을 사용하였다. 3요소 1차 추비는 3월 5일에 2차 추비는 3월 25일에 사용하였다.

**무기물함량 분석** 마늘의 무기성분 분석은 5월 30일에 채취한 시료를 50°C에서 열풍 건조하여 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>로 분해한 시료를 식물체 분석에 사용하였다. 토양분석은 농촌진흥청 토양화학분석법 (RDA, 1988)에 준하여 실시하였으며, 시험전과 후의 토양은 음지에서 건조하여 2 mm체를 통과시켜 분석시료로 사용하였다. pH와 EC는 풍건한 토양과 증류수를 1:5로 하여 30분간 진탕한 현탁액을 측정하였고, 유효인산은 Lancaster법, 유기물함량은 Wakley와 Black법으로 분석하였다. 그리고 치환성 양이온 (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>)은 5 g의 토양시료에 50 μl의 1 M NH<sub>4</sub>OAc (pH 7.0)를 가하여 30분간 진탕 여과하여 원자흡광분석법 (Atomic absorption spectrophotometer, Shimadzu 660, Japan)으로 측정하였다. 실험에 사용된 토양의 화학적 특성은 Table 1에 나타내었다.

**ABA와 IAA 함량 분석** 마늘의 잎과 인경에서 ABA와 IAA 호르몬을 추출하기 위하여 추출액 (80% methanol containing 2% glacial acetic acid)을 잎과 함께 막자사발에 넣고 파쇄

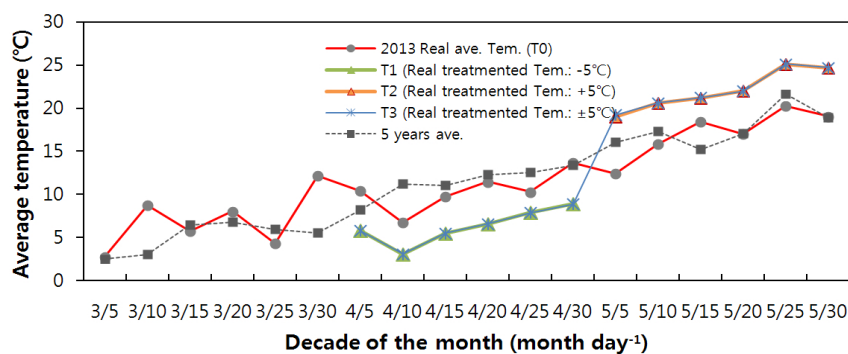


Fig. 1. Temperature changes of Naju city during the experiment in 2013.

Table 1. Chemical properties of soil used test before experiments.

Parameter	pH	OM	T-N	EC	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Exchangeable Cation			CEC
						K	Ca	Mg	
Mean	(1:5)	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	dS m <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>			
SD <sup>†</sup>	0.2	1.0	0.06	0.001	5.2	0.01	0.2	0.04	1.1

<sup>†</sup>SD, Standard deviation.

하였다. 면역반응을 원활히 하기 위하여 색소와 다른 극성 물질들을 제거하기 위하여 추출물에 polyvinylpyrrolidone column과 C<sub>18</sub> (Sep-Pak Vac) cartridges (Waters, Milford, MA)로 여과하였다. 여과된 용액은 회전진공농축기를 이용하여 건조농축하였으며, ELISA 처리전 Tris-buffered saline에 현탁시켰다. IAA 분석을 위해 확보된 시료는 200 ml methanol에 녹여 사용하였으며, 용해는 300 ml phosphate buffer saline (PBS, 1.3 mM NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 8.7 mM Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, 0.14 M NaCl, pH 7.4)을 넣고 ELISA로 분석한 후 정량화하였다 (Walker-Simmons, 1987; Yang et al., 2001). ABA와 IAA immunoassay detection kit (PGR-1)는 Sigma-Aldrich 회사에서 구입하였다.

**아미노산 분석** 마늘에 함유된 아미노산 함량은 Sakano (1981)의 방법을 변형하여 0.5 g의 시료를 6 N-HCl을 가하여 100°C에서 24시간 동안 가수분해시킨 후 감압농축하고, 이 농축액을 sodium citrate buffer (pH 2.2)에 녹여 아미노산 자동분석기 (LKB-Biochrom 20, Pharmacia LKB Biochrom Ltd, UK)를 이용하여 분석하였다. 이때 column은 Bio 20 PEEK sodium feedstuff를 사용하였고, buffer는 sodium citrate (pH 3.2-6.5)를 사용하였으며, ninhydrin의 유속은 25  $\mu$ l hr<sup>-1</sup>로 조정하였다. Column 온도는 50-80°C, 반응온도는 131°C로 하였고, 분석시간은 68 min으로 하였다.

**일반 영양성분 분석** 수분은 105°C 상압가열건조법 (Moisture analyzer, MB45, Ohaus, USA)으로 가열한 후 건조물을 측정하여 결정하였다. 조단백질 함량은 Kjeldahl법을 이용하여 분해 (K-424, Buchi, Switzerland), 증류 및 중화 (B-323, Buchi, Switzerland)와 적정의 단계를 거쳐 측정하고 질소환산 계수는 6.25를 곱하여 결정하였다. 조지방은 Soxhlet 추출법 (Universal extraction system, B-811, Buchi, Switzerland)와 조지방자동추출기 (Foss 2050 Soxtec, Hoganas, Sweden)를 이용하였다. 건조시료 0.3 g을 취해 0.9 NaCl용액 1 ml를 첨가하여 균질화시킨 다음 CHCl<sub>3</sub>과 CH<sub>3</sub>OH을 1:2로 섞은 용액 4 ml를 넣고 강하게 vortex하였다. 25°C 항온수조에서 15분 방치하고 4°C, 3,000 rpm에서

10분간 원심분리하여 아래층을 취하고 질소로 증발시킨 후 그 무게를 측정하였다. 조회분은 550°C 직접 회화법으로, 조섬유소는 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-NaOH법 (Fibercap System, 2022, Foss, Hoganas, Sweden)으로 A.O.A.C. (1995) 표준법에 따라 분석하였다. Ascorbic acid 분석은 시료 0.3 g을 취해 6% 메타인산 10 ml를 첨가하여 가볍게 vortex한 다음 실온에서 10분간 방치하였다. 이것을 원심분리 (4°C, 3000 rpm, 10 min)한 후 상층액을 취하고 syringe filter (0.45  $\mu$ l, Waters Co., USA)에 여과한 용액 10  $\mu$ l를 HPLC에서 주입하여 ascorbic acid의 함량을 측정하였다. 상층액을 다시 취한 후 6% 메타인산을 더 첨가하여 위와 같은 방법을 반복하여 2차로 분석하였다. Ascorbic acid 함량 분석에 사용된 기기는 HPLC (LC-2010, Shimadzu, Japan)을 사용하였다. 사용한 column은 Nova-pack C<sub>18</sub>으로 3.9x150 mm이었으며, 1.0 ml min<sup>-1</sup>의 속도로 분리하였다. 표준물질로는 L-ascorbic acid (Sigma Co., USA)를 사용하였다.

**통계처리** 모든 데이터는 통계 프로그램인 CoStat software (CoHort Software, Monterey, USA)를 사용하여 변이들을 분석하였으며, 모든 처리는 3반복으로 하였다. 각 처리 및 시료군에 대한 유의차 검정은 분산분석을 실시한 후  $p < 0.05$  수준에서 최소유의차 검정 (LSD, Least Significant Difference)을 실시하였다.

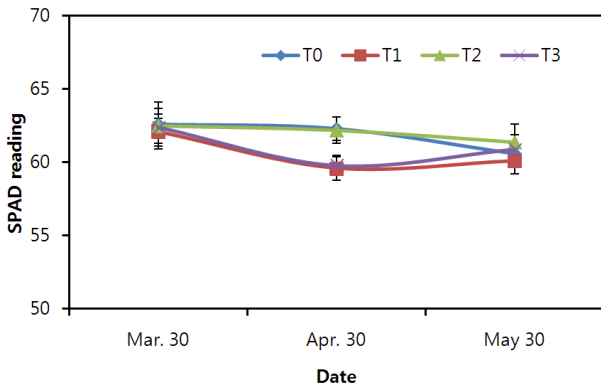
## Results and Discussion

**생육특성** 전남지역은 한지형 마늘보다는 난지형 마늘을 주로 재배하며 최근에는 충남 서산까지 난지형이 재배되고 있어 기후온난화에 따라 재배지역이 북상하고 있다 (Heo et al., 2006; Kim et al., 2008). 그러나 온난화와 더불어 마늘 생육비대기에 온도의 급상승 및 급강하로 인하여 양념류 채소들의 생육 및 수량에 영향을 주고 있다. 따라서 본 연구에서는 급변온도 변화에 대한 마늘의 재배생리적인 특성을 파악하고자 2013년 3-4-5월 3개월간 나주지역의 평균기온을 기준으로 저온은 4월 (T1과 T3처리구)에, 고온처리구는 5월 (T2와 T3처리구)에  $\pm 5^\circ\text{C}$ 씩 온도차를 설정하여 실

**Table 2. Growth of garlic in tunnel house and outdoor by different temperature conditions.**

Treatment	Plant height	Neck diameter	No. of leaves	Photosynthesis rate	Blooming time
	----- cm -----			umol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	May
TO	88.9b <sup>†</sup>	1.62	6.0	12.5b	5.1-5.5
T1	83.5c	1.56	5.7	12.6b	5.1-5.5
T2	96.2a	1.67	6.7	13.7a	5.1-5.5
T3	93.0ab	1.65	6.3	12.9b	5.1-5.5
LSD <sub>0.05</sub>	4.22	ns	ns	0.75	-

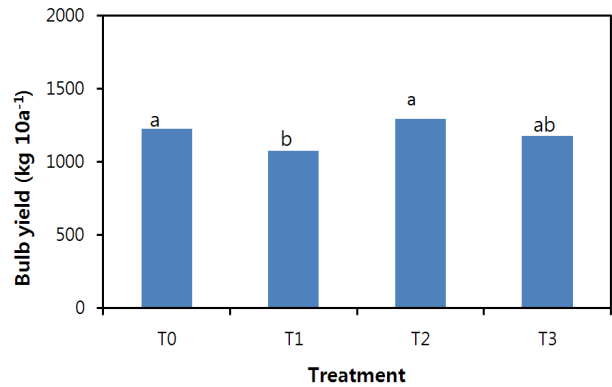
<sup>†</sup>Mean separation within columns of each observation by LSD, 5% level.



**Fig. 3.** SPAD reading of garlic leaves as affected by different temperature conditions. Data represent mean values  $\pm$ SE ( $n=3$ ).

험한 결과, Table 2에서 보여준 바와 같이 초장은 저온처리구 T1이 대조구 T0에 비하여 6.1%가 감소하였다 ( $p<0.05$ ). 반면에 고온처리구 T2와 혼합처리구인 T3처리구는 오히려 8.2%와 4.6%가 증가한 것으로 조사되었다 ( $p<0.05$ ). 특히 T3처리구는 4월에 저온 처리되었음에도 불구하고 초장의 변화가 보이지 않는 이유는 5월의 정상 평균온도보다 +5°C 고온상태를 한 달간 유지함으로써 저온 스트레스과정에서 오는 생육부진 현상을 어느 정도 회복한 것으로 생각되었다. 광합성률은 고온처리구인 T2는 T1보다 9.6%가 증가 ( $p<0.05$ )되어 수량이 증수되는데 일조한 것으로 생각된다. 엽색농도는 4월보다는 3월에 엽색농도가 높았는데 (Fig. 3) 이는 뿌리의 비대 및 당저장과 관련이 깊은 것으로 생각되었다. 양파재배에서 Steer (1980)와 Brewster (1990)는 한계 일장이상의 조건에서 고온일수록 구 비대가 빠르고 생육이 왕성하다는 보고와 유사한 결과였다. 따라서 마늘의 구 비대에 저온기간이 길어지면 생육이 감소할 수 있으며 반대로 적당한 고온처리는 마늘의 생육을 증가시킬 수 있는 것으로 조사되었다.

**수량특성** 마늘 수확 후 구의 높이와 지름 그리고 수분 함량을 측정된 결과 Table 3에 나타난 바와 같이 유의적 차이가 인정되지 않았다 ( $p=0.05$ ). 그러나 마늘 1주당 구의 중



**Fig. 4.** Bulb yields of garlic as affected by different temperature conditions at harvest. Mean separation within columns of each observation by LSD, 5% level.

량은 대조구 T0에 비하여 T1, T2, T3처리구가 각각 -12.4, 5.0, -4.6% 차이가 있었는데 ( $p<0.05$ ) Steer (1980)는 정상 온도보다 고온일 때 구의 무게를 증가시킨다는 보고와 유사하였다 (Fig. 4). 그러나 구 비대에 오랜 시간 저온에 노출될 경우 구의 비대를 방해하는 요인으로 작용하였음도 확인할 수 있었다. Tae and Hwang (2000)은 마늘의 미기상변화에서 저온처리시 구중을 감소시킨다고 보고하였고, Steer (1980)도 만생종인 Creamgold 품종을 이용하여 장일조건하에서 저온처리한 결과 구의 비대를 저해한다는 연구와 유사하였다. 따라서 마늘의 비대에 기온의 상승이 필요하며 기온의 급강하는 수량지수에 영향을 줄 수 있으므로 이에 대한 생리적 작용 등의 연구가 선행되어야 할 것이다.

**무기양분의 변동** 급변온도에 영향을 받은 마늘의 무기성분 함량의 변화는 Table 4에 나타내었다. 마늘에 함유되어 있는 다량원소들 중 가장 많은 함유량을 보인 것은 칼륨이었으며 가장 적은 함유량을 가진 무기이온은 인산이었다. Shin et al. (2004)은 제주와 의성지역 마늘의 인편 속에 칼륨성분이 가장 많이 함유되어 있음을 보고하였고, Kato et al. (1999)는 추파양파의 양분 흡수량은 3월 중순 이후에 증가하기 시작하며 칼륨흡수가 가장 먼저 증가한다고 보고하였다. 급변온도를 처리한 4월의 질소함량의 변화는 저온

**Table 3.** Bulb characteristics of garlic plant as affected by different temperature conditions at harvest.

Treatment	Bulb height	Bulb diameter	Bulb moisture content	Bulb weight	Bulb Misss-planted
	----- cm -----		%	g plant <sup>-1</sup>	%
T0	3.28	4.67	62.1	32.2ab <sup>†</sup>	0.13
T1	3.10	4.13	62.0	28.2c	0.05
T2	3.34	4.68	63.6	33.8a	0.17
T3	4.42	4.59	62.8	30.7b	0.15
LSD <sub>0.05</sub>	ns	ns	ns	2.19	ns

<sup>†</sup>Mean separation within columns of each observation by LSD, 5% level.

**Table 4. Mineral contents of leaves of garlic plant as affected by different temperature conditions.**

Plant part	Observed date	Treatment	Mineral content				
			N	P	K	Ca	Mg
----- g kg <sup>-1</sup> -----							
Bulb	March 30	T0	22.2	3.05	40.2	2.47	3.91
		T1	21.6	3.14	41.3	2.56	3.75
		T2	23.4	3.16	40.9	2.51	3.80
		T3	22.5	3.10	41.1	2.36	3.64
	April 30	T0	22.6	3.01	39.7	2.36	3.80
		T1	25.6	3.10	41.2	2.74	3.98
		T2	21.3	3.22	38.0	2.42	3.57
		T3	23.4	3.22	42.7	2.90	3.75
	May 30	T0	20.3	3.21	37.90	1.35	3.45
		T1	22.9	3.00	37.20	1.60	3.44
		T2	19.8	3.36	35.50	1.26	3.21
		T3	20.7	3.11	34.20	1.23	3.36
Leaf	March 30	T0	18.6	3.82	60.2	17.3	8.56
		T1	17.9	3.80	54.6	16.9	8.04
		T2	18.5	3.74	56.2	15.5	8.12
		T3	18.8	3.65	58.4	17.5	8.32
	April 30	T0	16.9	3.32	49.9	16.6	7.04
		T1	17.8	3.72	58.5	18.5	8.24
		T2	15.8	3.44	50.2	15.0	7.20
		T3	17.2	3.56	57.7	17.6	7.92
	May 30	T0	15.8	3.24	44.0	16.2	6.48
		T1	16.2	3.22	43.5	15.8	6.34
		T2	15.0	3.48	40.6	14.5	5.87
		T3	15.2	3.37	39.3	14.8	5.98

처리된 T1과 T3처리구에서 대조구 T0보다 잎과 인경에서 함유량이 많았다. Lee et al. (2012)은 급변온도에서 인삼부위별로 질소를 포함한 무기이온 성분별 차이는 크지 않았다는 보고와는 차이가 있었다. 저온처리구에서 칼륨함량은 축적되는 경향이었고 온도 상승시 감소하는 경향이 있었는데 이는 구의 비대기와 밀접한 영향이 있는 것으로 생각된다.

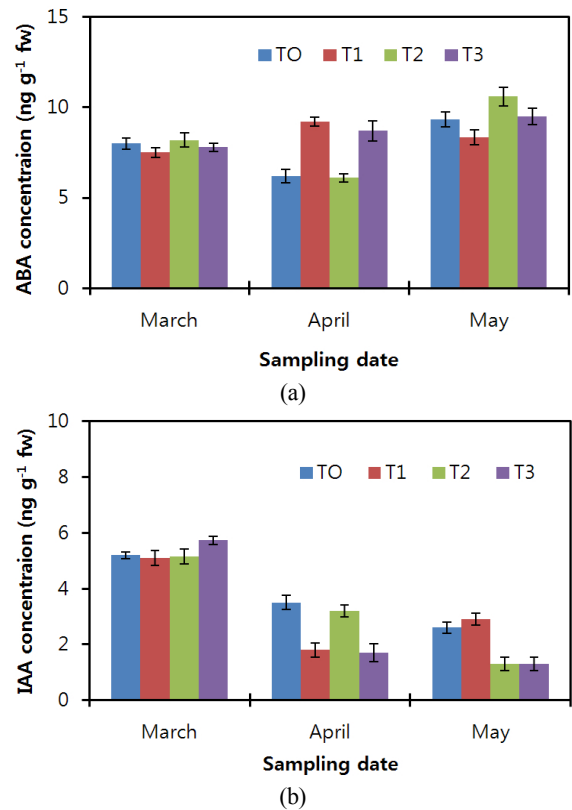
**아미노산의 함량변화** 마늘에서 아미노산의 함량은 Table 5에 나타낸 바와 같이 Arginine이 전체 함유량의 15.6%를 차지하고 있었으며, 그 다음으로는 glutamic acid, proline, glycine 순이었다. 일반적으로 glutamate의 함량은 arginine과 proline의 생합성과정에서 전구물질로 작용하는 것으로 알려져 있다 (Lee and Lee, 2011; Shin et al., 1999). 아미노산의 종류에 따른 처리간 함량변화는 728-755 mg 100g<sup>-1</sup> (FW) 정도로 차이가 없었다.

**호르몬의 함량변화** 급변 온도변화에 따른 양파의 내

**Table 5. Amino acid contents (mg 100 g<sup>-1</sup>, FW) of garlic plant as affected by different temperature conditions at harvest.**

Amino acid	Treatment			
	T0	T1	T2	T3
Aspartic acid	59.2±4.1 <sup>†</sup>	58.2±4.3	60.2±4.8	61.2±4.7
Threonine	32.6±2.7	32.9±2.8	33.2±2.5	33.0±3.1
Serine	39.3±2.5	42.2±2.1	43.3±3.5	44.5±3.4
Glutamic acid	82.6±6.4	73.3±6.8	77.2±5.1	78.8±6.3
Proline	65.2±5.2	69.2±5.4	72.1±5.0	73.3±4.8
Glycine	64.1±2.8	63.5±3.6	64.4±4.7	62.1±3.2
Alanine	18.6±1.2	18.5±1.3	15.6±1.2	16.1±1.0
Valine	22.3±1.7	21.3±1.4	20.9±1.6	20.5±1.5
Cystine	32.2±2.6	30.6±2.8	34.8±2.4	34.5±2.9
Methionine	5.6±0.4	5.9±0.4	4.8±0.6	5.1±0.6
Isoleucine	8.6±1.0	8.2±0.5	8.0±0.8	8.2±0.4
Leucine	32.1±1.9	31.5±2.0	31.2±2.2	32.5±2.1
Tyrosine	19.3±1.6	25.3±1.5	22.1±1.2	22.4±2.0
Phenylalanine	38.9±3.5	43.3±2.6	39.9±2.4	41.2±2.9
Lysine	51.4±3.5	46.7±2.7	49.7±3.8	48.2±2.3
Histidine	42.8±3.5	42.1±3.1	41.0±3.0	42.3±3.2
Arginine	114.0±5.0	124.4±5.3	118.5±4.2	131.0±5.1
Total	728.8±35	737.1±36.1	736.9±32.2	754.9±32.6

<sup>†</sup>Data represent mean values ±SE (n=3)



**Fig. 5. Effects of rapid temperature change on the ABA (a) and IAA (b) content of garlic plant. Vertical bars represents the standard error of the mean (n=3).**

**Table 6. Nutritional characteristics and changes of garlic plants as affected by different temperature conditions at harvest.**

Treatment	Crude protein	Crude fat	Crude ash	Crude fiber	Ascorbic acid
	----- % -----				mg 100 g <sup>-1</sup>
T0	4.67a <sup>†</sup>	0.766	1.656	0.268ab	27.7
T1	4.07b	0.709	1.710	0.219b	28.8
T2	4.70a	0.826	1.670	0.306a	27.8
T3	4.23b	0.8183	1.673	0.278a	28.5
LSD <sub>0.05</sub>	0.311	ns	ns	0.054	ns

<sup>†</sup>Mean separation within columns of each observation by LSD, 5% level.

생호르몬 ABA와 IAA 함량을 조사한 결과는 Fig. 5에 나타내었다. 5월달의 ABA 함량은 3월달에 비하여 증가하였다. ABA 함량은 대조구 T0와 고온처리구 T3에서 크게 증가하였는데 이는 온도 상승과 연관이 있는 것으로 생각된다. Yamazaki et al. (1995, 2002), Park and Lee (1992) 등도 인경 비대기에는 내생 ABA 함량이 높아지며 구의 비대에 관여한다는 보고와 유사하며, Sohn et al. (2011) 역시 난지형 마늘의 내생 GA와 JA는 인편 분화기 전에 최대에 달하여 그 이후 점차 감소하는 반면 ABA 함량은 비대개시기부터 점차 증가한다고 하였다. 이로서 구의 비대기에서 ABA 함량 증가는 인경의 비대 촉진으로 이어져 수량을 직접적으로 높이는 요인으로 작용하였음을 확인하였다. 그러나 IAA의 함량은 ABA 함량과는 반대로 낮은 함량을 보였다.

**영양성분의 변화** 마늘 인편의 영양성분을 조사한 결과는 Table 6에 나타내었다. 조단백질 함량은 제주 및 의성 마늘의 경우 5-7%정도 (Shin et al., 2004)이나 본 실험에서는 함량이 낮게 조사되었다. Kim et al. (2000)과 Jeong et al. (2006)은 재배지와 온도변동 등과 같은 환경요인에 따라 유용성분 함량이 달라질 수 있음을 보고한 내용과 유사하였다. 급변온도 처리구간 조단백질 함량은 정상온도의 대조구 T0와 고온처리구 T2에서 높은 함유량을 보였으며, 저온과 고온간의 조단백질 함량은 차이가 있었다 ( $p < 0.05$ ). 조지방, 조회분 및 ascorbic acid 함량은 처리간 차이는 없었으나 조섬유는 온도가 높은 처리구일수록 함량이 증가 ( $p < 0.05$ )하는 경향을 보였다.

## Conclusion

난지형 마늘의 인경 비대기인 3-5월에 급변온도 환경을 조성하여 이들의 생육반응과 수량을 조사하였다. 사용된 마늘은 남도마늘로 2012년 9월 27일에 파종하여 2013년 5월 30일에 수확하였다. 실험포장은 온도·습도가 자동조절 되는 하우스에 온도보정용 냉온풍조절기를 추가로 설치하고 3-5월 3개월간 처리구별로  $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 를 유지토록 하였다. 처리구는 T0 (control): 6.0-10.4-17.2 $^{\circ}\text{C}$ , T1: 6.0-5.4 (-5)-17.2 $^{\circ}\text{C}$ ,

T2: 6.0-10.4-22.2 (+5) $^{\circ}\text{C}$  and T3: 6.0-5.4 (-5)-22.2 (+5) $^{\circ}\text{C}$ 로 설정하고 실험한 결과, 건물중량은 T2가 대조구인 T0보다 5.0%가 증가하였으나 T1과 T3는 각 12.5와 4.6%가 감소하는 결과를 보였다. 고온보다는 저온이 마늘의 생육반응을 감소시켰다. 무기성분의 함량은 저온처리구에서 칼륨이 축적되는 경향을 보였으나 조단백질 함량은 T0와 T2에서 높은 함량을 보이는 것으로 조사되었다. ABA 함량은 T0와 T3에서 크게 증가하였는데 이는 온도가 올라갈수록 증가하는 경향이였다. 따라서 마늘 비대기에 이상고온보다는 이상저온이 마늘의 수량과 생육에 더 제한적 요인으로 작용함을 확인하였다. 앞으로 이를 기초로 양념류의 안정적 수급에 기여할 수 있는 연구가 확대되어야 할 것이다.

## References

- Ahn, Y.K., and M.K. Yoon. 2010. Effect of short day length and temperature control on garlic florigenesis. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 28:180-185.
- A.O.A.C. 1995. Official method of analysis of AOAC Intl. 16th ed. Method 991.43. Association of official analytical communities, Arlington, VA, USA.
- Brewster, J.L. 1990. The influence of cultural and environmental factors on the time of maturity of bulb onion crops. *Acta Hort.* 267:289-296.
- Chon, S.U., K.D. Lee, D.H. Lee, and B.G. Heo. 2014. Vulnerability evaluation of garlic productivity against climate change using CCGIS program at 232 cities and counties in Korea. *J. Korean Soc. People Plants Environ.* 17:219-227.
- Heo, I.H., W.T. Kwon, Y.M. Chun, and S.H. Lee. 2006. The impact of temperature rising on the distribution of plant: in case of bamboos and garlics. *J. Environ. Impact* 15:67-78.
- Hwang, J.M., and G.S. Tae. 2000. Changes of microclimates and garlic growth in outdoor by mulching and tunnel treatments. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 41:27-30.
- Jackson, S.D. 1999. Multiple signaling pathways control tuber induction in potato. *Plant Physiol.* 119:1-8.
- Jang, H.I., H.H. Seo, and S.J. Park. 2002. Strategy for fuji cultivation research under the changing climate. *Korean J. Hort. Sci. Technol.* 20:270-275.

- Jeong, H., C. Kim, and D. Moon. 2014. An analysis of impacts of climate change on rice damage occurrence by insect pests and disease. *Korean J. Environ. Agric.* 33:52-56.
- Kato, T., K. Yamata, T. Haioka, S. Kawajaki, and A. Shoma. 1999. *Vegetable encyclopedia 11. Onion, asparagus and Japanese angelica tress.* 4th ed. p. 121-140. Rural Cult. Ass. Tokyo, Japan.
- Kim, C.B., C.Y. Kim, M. Park, D.H. Lee, and J. Choi. 2000. Effect of chemical properties of cultivation soils on the plant growth and quality of garlic. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 33:333-339.
- Kim, D., S. Kim, K. Moon, and J.I. Yun. 2012. An outlook on cereal grains production in South Korea based on crop growth simulation under the RCP8.5 climate condition. *Korean J. Agri. For. Meteorol.* 14:132-141.
- Kim, Y.J., W.Y. Lee, and J.N. Kim. 2008. Sustainable development strategies to cope with climate change. *J. Kor. Rural Eco. Inst.* 43-44.
- Kim, Y.W., S.Y. Hong, and M.W. Jang. 2011. Comparison between spatial interpolation methods of temperature data for garlic cultivation. *J. Korean Soc. Agri. Eng.* 53:1-7.
- Ledesma, A., S.B. Nunez, and J.A. Arguello. 1997. Bulbing physiology in garlic (*Allium sativum* L.) II. Characterization of ontogenic stages by shoot growth dynamics and its relation to bulbing. *Acta Hort.* 433:405-416.
- Lee, G., Y. Chang, and K. Park. 2012. Comparative analysis on concentration and uptake amount of mineral nutrients in different growth stages and temperatures of *Panax ginseng* C.A. Meyer grown with hydroponic culture. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 20:251-258.
- Lee, E., and J. Suh. 2009. Pyruvic acid and sugar contents according to bulb growth stage in onion. *Korean J. Hort. Sci. Technol.* 27:18-23.
- Lee, J.J. and H.J. Lee. 2011. Physicochemical composition of baked garlic. *Korean J. Food Preserv.* 18:575-583.
- Lee, T., J.Y. Choi, S.H. Yoo, S.H. Lee, and Y.G. Oh. 2012. Analyzing consumptive use of water and yields of paddy rice by climate change. *J. Korean Soc. Agri. Eng.* 54:47-54.
- Nam, S.S., I.H. Choi, S.K. Bae, and J.K. Bang. 2007. Effect of irrigation level on plant growth and bulb yield during bulb development stage of garlic plants. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 25:169-173.
- Park, Y., and B. Lee. 1992. Effect of storage temperature on changes in carbohydrate and endogenous hormones in garlic bulbs. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 33:442-451.
- RDA (Rural Development Administration, Korea). 1995. Standard investigation methods for agricultural experiment, pp. 601, RDA, Suwon, Korea.
- RDA (Rural Development Administration). 2001. *Garlic culture.* Suwon, Korea.
- RDA (Rural Development Administration). 1988. *Methods of soil chemical analysis.* National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.
- Sakano, K. 1981. Regulation of aspartatekinase isoenzyme levels in cultured cells of *Vinca rosea*. *Plant Cell Physiol.* 14:1343-1353.
- Shin, D., H. Seog, J. Kim, and Y. Lee. 1999. Flavor composition of garlic from different area. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31:293-300.
- Shin, J.H., J.C. Ju, O.C. Kwen, S.M. Yang, S.J. Lee, and N.J. Sung. 2004. Physicochemical and physiological activities of garlic from different area. *Kor. J. food nut.* 17:237-245.
- Shin, S.L., and W.S. Lee. 1988. Effect of low temperature treatment of seed bulb and planting date on plant growth and yield in garlic. *Agric. Res. Bull. Kyungpook Natl. Univ.* 6:49-69.
- Sohn, E., Y. Kim, S. Jang, J. Kim, H. Lee, D. Seo, and I. Lee. 2011. Changes in gibberellin, abscisic acid, jasmonic acid and sugar contents during bulb development and secondary growth period in the southern type of garlic (*Allium sativum* L.). *Korean J. Hort. Sci. Technol.* 29:279-287.
- Steer, B.T. 1980. The bulbing response to day-length and temperature of some Australasian cultivars of onion (*Allium cepa* L.). *Aust. J. Agric Res.* 31:511-518.
- Tae, G.S., and J.M. Hwang. 2000. Changes of microclimates and response of garlic growth by supplemental lighting and tunnel in the plastic film house. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 41:589-592.
- Yamazaki, H., T. Nishijima, and M. Koshioka. 1995. Changes in abscisic acid content and water status in bulbs of *Allium wakegi* Araki throughout the year. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 64:589-598.
- Yamazaki, H., T. Nishijima, M. Koshioka, and H. Miura. 2002. Gibberellins do not act against abscisic acid in the regulation of bulb dormancy of *Allium wakegi* Araki. *Plant Growth Regul.* 36:223-229.
- Yang, J., J. Zhang, Z. Wang, Q. Zhu, and W. Wang. 2001. Hormonal changes in the grains of rice subjected to water stress during grain filling. *Plant Physiol.* 127:315-323.