Korean Journal of Environmental Agriculture

Korean J Environ Agric. 2014;33(4):364-371. Korean
Published online 2014 December 10. http://dx.doi.org/10.5338/KJEA.2014.33.4.364

Online ISSN: 2233-4173
Print ISSN: 1225-3537

Research Article

Open Access

급변온도 변이에 따른 양파의 생리적 특성 및 수량 변화

이형진,[1†] 한효심,[2†] 천상욱,[3] 김동관,[4] 권현숙[5], 이경동[1*]

[1]동신대학교 한약재산업학과, [2]순천대학교 생물학과, [3](주)이파리넷, [4]전남농업기술원, [5]경남과학기술대학교

Physiological Characteristics and Yield of Onion Affected by Rapid Temperature Changes

Hyeong-Jin Lee,[1†] Hyo-Shim Han,[2†] Sang-Uk Chon,[3] Dong-Kwan Kim[4] , Hyun Sook Kwon[5] and Kyung Dong Lee[1*] ([1]Dept. of Oriental Medicine Materials, Dongshin University, Naju 520-714, Korea, [2]Dept. of Biology, Sunchon National University, Suncheon 540-742, Korea, [3]Future Agro-Food Research Institute, EFARINET Co. Ltd, Gwangju 500-895, Korea, [4]Jeonnam ARES, Naju 520-715, Korea, [5]Swine Science and Technology Center, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju, 660-758, Korea)

Received: 15 October 2014 / Revised: 25 November 2014 / Accepted: 10 December 2014
Copyright ⓒ 2014 The Korean Society of Environmental Agriculture
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract

BACKGROUND: To evaluate the impact of rapid temperature change at spring and the early summer seasons in climate change, we have investigated the physiological response and yield of onion in a greenhouse with thermostat control system.
METHODS AND RESULTS: Seedlings of onion(cv. Sunshine) were planted on October 30, 2012 and harvested on May 30, 2013. The used treatments(March-April-May) for a rapid temperature change were T0(control): 6.0-10.4-17.2℃, T1: 6.0-5.4(-5)-17.2℃, T2: 6.0-10.4-22.2(+5)℃ and T3: 6.0-5.4(-5)-22.2(+5)℃. Total yields of bulb within the temperature change as high temperature treatment T2 and control treatment T0 were increased significantly(p<0.05), as compared to the low temperature treatment T1. Low temperature conditions significantly (p<0.05) reduced plant height, SPAD reading, crude protein and fiber etc., as compared to the TO and T2.
CONCLUSION: The rapid temperature changes were highly affected by low temperature than high temperature. These results suggest that rapid climate change of future could need systematic standard model for physiological characteristics and yields of onion.

Key words: Climate change, Onion, Physiological response, Yield

서 론

최근 우리나라를 비롯해 전 세계적으로 기후변화에 대한 시나리오에 따른 전망을 발표하고 있으며, 국내에서도 SRES(Special Report on Emission Scenario) A1B를 적용한 미래의 곡물 생산에 관한 연구결과가 보고되었다(Kim *et al.*, 2012; Lee *et al.*, 2012; Shim *et al.*, 2011). 우리나라의 기후변화는 다른 나라에 비하여 진전도가 빠르며 최근 들어 기상이변이 빈발하고 있다(Jeong *et al.*, 2014). 지구온난화에 따른 겨울철 및 봄철의 이상기온은 빈번한 동해피해와 고온으로 인한 호르몬의 불균형, 생육단계를 전반적으로 빠르게 하여 품질을 저하시킬 수 있다(Jang *et al.*, 2002). 양파의 매운맛과 단맛은 pyruvic acid, 당, 황화합물의 함량과 유의한 상관관계를 갖고 있는 것으로 보고(Lee and Suh,

†Equally contributed as first authors
*교신저자(corresponding author): Kyung Dong Lee
Phone: +82-61-330-3261; Fax: +82-61-330-2885;
E-mail: leek-d@hanmail.net

2009)되고 있는데 양념류 채소의 생육적온이 변화되면 내외적 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 그 성과는 미미한 실정이다. 괴경의 비대에 대한 연구는 감자의 경우 저온단일과 gibberellic acid(GA)함량이 낮을 때 괴경의 비대가 유도된다고 알려져 있고(Jackson, 1999), *Allium* sp.에서 abscisic acid(ABA)의 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 생리적인 연구가 거의 없는 실정이다.

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

재료 및 방법

실험포장의 실험구 설정

전남지역에서 급변하는 기후변화에 대한 양파의 생육특성, 생리현상과 수량에 미치는 영향을 조사하고자 동신대학교 실험포장 내 온습도, 자동개폐 등이 가능한 하우스터널을 이용하여 2012년 10월 30일 정식하여 2013년 5월 30일까지 실험을 수행하였다. 양파의 급변온도를 조성하기 위해 1 m×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 Electronics Inc., Seoul, Korea), 디지털 핫에어 스테이션(WHA-600KR, Weller Co., NC, USA), 벨트히터(RWPH, Raon system, Siheung, Korea)에 온도보정용 센서를 달아서 온도조절이 잘 되도록 설치하였다. 각 처리간에는 온도변화를 최소화하기 위하여 일정거리를 두었고 기타관리는 일반 관행법에 준하여 실시하였다. 급상승 및 급하강 온도변화(±5℃)에 대한 온도 설정은 기상청의 최근 5년간 나주지역 평균온도를 기준으로 산정하였다(Fig. 1). 실험기간 중 터널내 3-5월의 온도 설정은 2시간 간격, 2-3일 간의 자료를 매일 기상청(기상청 홈페이지와 광주기상청 시간별 자료)으로부터 전송받아 사용하였다. 온도의 상승과 강하를 위해

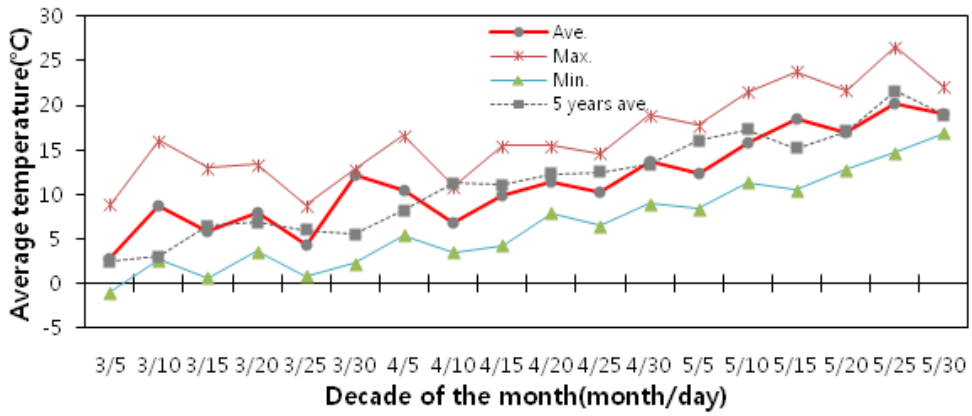

Fig. 1. Temperature changes of Naju city during the experiment in 2013.

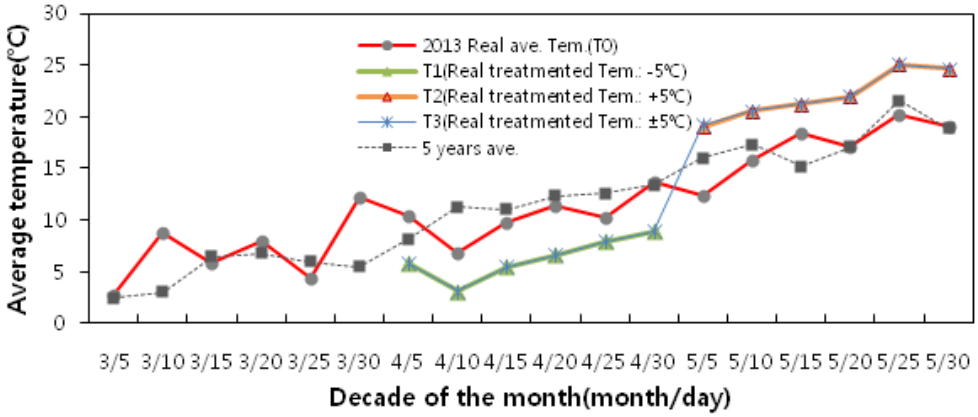

Fig. 2. Starting date and temperature levels of variable temperature treatment during the experiment in 2013.

확보된 자료는 냉난방기 운용을 위해 온도컨트롤 장비에 저장하였다. 급변 온도변화에 대한 처리구의 배치는 2013년 3-4-5월 3개월간 평균기온을 기준으로 대조구인 T0(6.0-10.4-17.2℃), 저온온도처리구 T1(6.0-5.4(-5)-17.2℃), 고온온도처리구 T2(6.0-10.4-22.2(+5)℃), 저온고온혼합처리구 T3(6.0-5.4(-5)-22.2(+5)℃)처리구로 설치하였으며, 저온처리는 4월에 T1과 T3처리구, 고온처리는 5월에 T2와 T3에 낮과 밤 구별 없이 ±5℃씩 온도차를 두고 양파의 생육을 조사하였다(Fig. 2).

양파재배

양파의 시험품종은 중만생종인 선샤인을 2012년 9월 4일에 파종하여 10월 30일에 정식하였고 80%가 도복되는 시점을 기준으로 2013년 5월 30일에 수확하였다. 재식거리는 20×15 cm 6조식으로 정식하였고, 투명 PE필름에 멀칭 재배하였다. 시험 배치구는 난괴법 3반복으로 하였다. 양파의 생육특성으로서는 초장, 엽수 등을 조사하였으며 수량특성으로 구경, 구중, 상품수량 등을 조사하였다. 초장, 엽색(엽록소측정기, SPAD-502, Minolta Camera Co. Ltd., Osaka, Japan), 광합성률(광합성측정장치, LI-6400, Li-Cor Inc., Lincoln, NE, USA) 등은 측정하였다. 시비량은 10 a당 성분량으로 N, P_2O_5, K_2O를 각각 20, 8, 15 kg, 퇴비 2,000 kg, 석회 120 kg을 시용하였다. 3요소의 1차 추비는 3월 5일에 2차 추비는 3월 25일에 시용하였다.

무기물 분석

식물체 및 토양의 무기성분 분석방법은 국립농업과학기술과학원 토양 및 식물체 분석법에 준하여 실시하였다.식물체 분석은 5월 30일에 채취한 양파 시료를 50℃에서 열풍 건조하여 H_2SO_4-H_2O_2로 분해하여 식물체 분석에 사용하였다. 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. 치환성 양이온(Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+})은 5 g의 토양시료에 50 mL의 1 M NH_4OAc(pH 7.0)를 가하여 30분간 진탕 여과하여 원자흡광분석기(AA-660, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)으로 측정하였다. 실험에 사용된 토양의 이화학적 특성은 Table 1에 나타내었다.

ABA와 IAA 함량 분석

양파의 잎과 인경에서 ABA와 IAA 호르몬을 추출하기 위하여 추출액(80% methanol containing 2% glacial acetic acid)을 잎과 함께 막자사발에 넣고 파쇄하였다. 색소와 다른 극성물질들을 제거하기 위하여 추출물에 polyvinylpyrrolidone column과 C18(Sep-Pak Vac) cartridges(Waters Co., Milford, MA, USA)로 여과하였다. 여과된 용액은 회전진공농축기를 이용하여 건조·농축하였으며, ELISA(enzyme- linked immunosorbent assay) 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_2PO_4, 8.7 mM Na_2HPO_4, 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 Co.(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다.

아미노산분석

아미노산 함량은 Sakano(1981)의 방법을 변형하여 0.5 g의 시료에 6 N-HCl을 가하여 100℃에서 24시간 동안 가수분해 시킨 후 감압농축하고, 이 농축액을 sodium citrate buffer(pH 2.2)에 녹여 아미노산 자동분석기(LKB-Biochrom 20, Pharmacia LKB Biochrom Ltd, Cambridge, 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 mL/hr로 조정하였다. Column 온도는 50-80℃, 반응온도는 131℃로 하였고, 분석시간은 68 min으로 하였다.

일반 영양성분 분석

수분은 105℃ 상압가열건조법(Moisture analyzer, MB45, Ohaus Co., Parsippany, NJ, USA)으로 가열한 후 건조물을 측정하여 결정하였다. 조단백질 함량은 Kjeldahl법을 이용하여 분해(KjelDigester K-424, Buchi Co., Flawil, Switzerland)하였다. 조지방은 Soxhlet 추출법(Extraction System B-811, Buchi Co., Flawil, Switzerland)와 조지방 자동추출기(Soxtec™ 2050 Auto System, Foss Co., Hoganas, Sweden)를 이용하였다. 건조시료 0.3 g을 취해 0.9% NaCl 1 mL를 첨가하여 균질화시킨 다음 $CHCl_3$과 CH_3OH을 1:2로 섞은 용액 4 mL을 넣고 강하게 vortex하

Table 1. Physical and chemical properties of soil used test before experiments

Parameter	pH (1:5)	OM (g/kg)	T-N (g/kg)	EC (dS/m)	Av. P_2O_5 (mg/kg)	Ex. Cations ($cmol^+$/kg)			CEC ($cmol^+$/kg)
						K	Ca	Mg	
Mean	6.0	12	0.60	0.08	140	0.25	4.5	1.0	10.2
SD	0.2	1.0	0.06	0.001	5.2	0.01	0.2	0.04	1.1

OM, Organic matter; EC, Electrical conductivity; Ex. Cations, Exchangeable cations; CEC, Cation exchange capacity; SD, Standard deviation

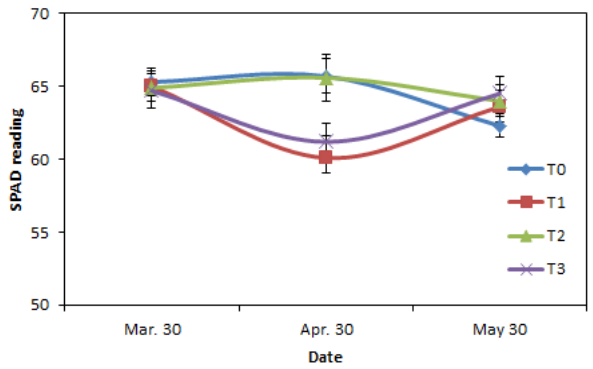

Fig. 3. SPAD reading of onion leaves as affected by different temperature conditions.
Data represent mean values ±SE(n=3).

였다. 25℃ 항온수조에서 15분 방치하고 원심분리(4℃, 3000 rpm, 10 min)하여 아래층을 취하고 질소로 증발 시킨 후 그 무게를 측정하였다. 조회분은 550℃ 직접 회화법으로, 조섬유소는 H_2SO_4-NaOH법(Fibercap System 2022, Foss Co., Hoganas, Sweden)으로 A.O.A.C.(1995) 표준법에 따라 분석하였다. Ascorbic acid 분석은 시료 0.3 g을 취해 6% 메타인산 10 mL을 첨가하여 가볍게 vortex한 다음 실온에서 10분간 방치하였다. 이것을 원심분리(4℃, 3000 rpm, 10 min)한 후 상층액을 취하고 syringe filter(0.45 uL, Waters Co., Milford, MA, USA)에 여과한 용액 10 uL를 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 Co., Kyoto, Japan)을 사용하였다. 사용한 column은 Nova-pack C_{18}으로 3.9x150 mm이였으며, 1.0 mL/min의 속도로 분리하였다. 표준물질로는 L-Ascorbic acid(Sigma Co., St. Louis, MO, USA)를 사용하였다.

통계처리

모든 데이터는 통계 프로그램인 CoStat software (CoHort Software, Monterey, CA, 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)을 실시하였다.

결과 및 고찰

생육특성

봄에서 초여름사이에 전남지역의 온도가 급상승 및 급강하는 경우가 빈번하게 발생하여 양파의 수량과 품질에 문제가 발생할 우려가 많다. 이에 본 연구에서는 급변온도 발생시 양파의 재배생리적인 특성을 파악하고자 2013년 3-4-5월 3개월간 평균기온을 기준으로 정상온도(대조구) T0(6.0-10.4-17.2℃), T1(6.0-5.4(-5)-17.2℃), T2(6.0-10.4-22.2(+5)℃), T3(6.0-5.4(-5)-22.2(+5)℃)처리구로 설치하였으며, 저온처리는 4월에 T1과 T3처리구, 고온처리는 5월에 T2와 T3처리구에 ±5℃씩 온도차를 두고 실험한 결과, **Table 2**에서와 같이 저온처리된 T1처리구가 4월 평년기온 대조구인 T0처리구보다 초장이 11.2% 감소하였다. 그러나 T3처리구의 경우 저온처리되었음에도 불구하고 초장의 변화가 보이지 않았는데, 이는 5월의 정상 평균온도보다 +5℃가 높은 고온상태를 한달간 유지함으로서 저온 스트레스과정에서 오는 생육부진 현상을 어느 정도 회복한 것으로 생각되었다. 고온처리된 T2처리구는 급변온도 처리구들 중에서 초장이 가장 길었는데(p<0.05) 생육하기에 부적절한 환경은 아니었던 것으로 생각되었다. 그리고 양파 줄기의 두께, 잎의 수와 광합성률은 처리구간 차이가 나타나지 않았다(p=0.05). 엽색농도는 4월보다는 3월중에 엽색농도가 높았는데(Fig. 3) 이는 뿌리의 비대 및 당저장과 관련이 깊은 것으로 생각되었다. 4월은 양파 생육의 구 비대기에 해당됨으로 저온에 노출되면 생육이 억제되는 등의 생리현상이 발생될 수 있다. 이는 한계일장이상의 조건에서 고온일수록 구 비대가 빠르고(Steer, 1980), 고온조건에서도 구 비대가 빠르고 수량이 증가한다는 보고(Brewster, 1990)와 유사한 결과를 나타내었다. 양파의 개화시기는 T0과 T2처리구에서 5월 15-26일경, 저온 처리구인 T1은 이보다 2-3일 늦게 개화하였다. 일반적으로 구 비대기에는 고온보다는 저온처리가 양파의 생육과 수량에 영향을 주는 것으로 나타났다.

수량특성

수확 후 양파의 구 지름과 높이는 Table 3에 나타난 바와 같이 유의성은 나타나지 않았으며, 구의 수분함량은 90-91% 정도인 것으로 조사되었다. 수량성에 직접적으로 영향을 주는 인자인 구의 무게는 유의성(p<0.05)이 인정되었다. 양파 한

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

Treatment	Plant height (cm)	Neck diameter (cm)	No. of leaves	Photosynthesis rate (umol/m^{-2}/s)	Blooming time (May)
T0	89.4a	1.84	7.0	13.8	15-28
T1	79.4b	1.82	6.7	13.4	20-30
T2	94.4a	1.95	7.3	14.3	14-25
T3	88.7a	1.97	7.0	14.2	18-27
$LSD_{0.05}$[†]	8.52	ns	ns	ns	-

[†]Mean separation within columns of each observation by LSD, 5% level.

개당 구의 무게는 고온처리구 T2가 저온처리구 T1보다 25.2% 증가하는 경향을 보였다. 봄철 4월과 5월은 양파 비대기에 속하는데 4월의 장기저온은 양파의 생육과 수량에 제한요인으로 작용한 것으로 생각되었다. 그러나 T3처리구의 경우 저온과 고온을 함께 받았음에도 식물체당 수량이 저온처리구 T1보다 증가한 것은 저온에서 고온으로의 생육반응 전환속도가 빠를 것으로 이해할 수 있었다. 이는 장일조건에서도 양파 생육기간에 저온이 지속되면 구 비대가 감소한다는 보고와 유사하였다(Steer, 1980). 또한 급변온도에 따른 비상품성 구가 많은 경향을 보였으나 처리간의 유의성은 나타나지 않았다. 10 a당 양파의 구 수량은 주당 구의 무게와 비슷한 경향을 나타내었는데, 급변온도 미처리구 T0보다 고온처리구 T2가 5.2%가 증가하였고, 저온처리구 T1과 혼합처리구 T3은 각각 16.2%, 2.3%가 감소하였다(Fig. 4).

무기양분의 변동

급변온도조건에서 양파의 무기성분 함량의 변화는 Table 4와 Fig. 5에 나타내었다. 양파에 함유되어 있는 다량원소들 중 가장 많은 함유량을 보인 것은 칼륨이었다. 추파양파의 양분흡수량이 3월 중순 이후에 증가하기 시작하며 무기성분 중 칼륨흡수가 가장 먼저 증가하고 그 다음으로 질소와 인산의 흡수가 증가하는 경향을 보인다는 Kato 등(1999)의 보고와 유사하였다. 4월달에 급변온도 처리시 잎과 인경의 질소함량 변화는 대조구 T0보다 저온처리된 T1과 T3처리구에서 많은

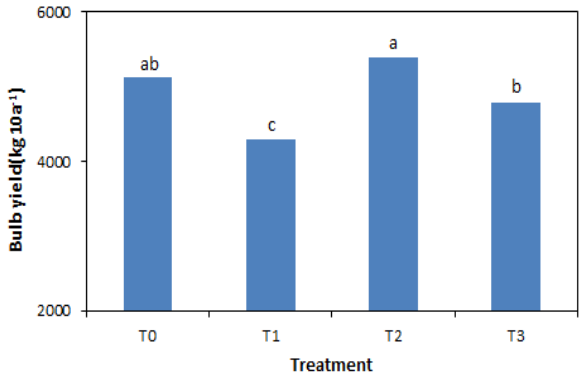

Fig. 4. Bulb yields of onion as affected by different temperature conditions at harvest in 2013. Mean separation within columns of each observation by LSD, 5% level.

함유량을 보였으나, 5월의 고온처리구 T2와 T3에서는 질소함량의 변화가 거의 없었다. 저온처리구에서 칼륨함량이 축적되는 경향을 보였으나 고온에서는 오히려 감소하는 경향이 있었는데 이는 구의 비대기와 겹쳐 상대적으로 감소한 것으로 생각되어진다. 칼슘은 4월의 저온처리구에서는 대조구 T0보다 증가하는 경향을 보였으나 6월에는 감소하였으며, 마그네슘 역시 저온에서는 축적되는 경향과 고온에서는 급속하게 감소하는 경향을 보였다. 이와 같은 결과는 인삼 잎과 뿌리 모두 저온하에서 재배된 것이 고온하에서 재배된 것보다 높은 무기성분 함량을 보였으나 부위별 함량은 큰 차이가 없었다는 보고(Lee *et al.*, 2012)와 유사하였다. 급변온도에 대하여 인산의 함량 변화는 크지 않았고 다른 다량원소들은 고온기나 식물의 성숙단계가 따라 무기성분이 감소하는 경향을 보였다.

아미노산의 함량변화

급변온도조건에서 양파의 아미노산 함량변화를 조사한 결과는 Table 5와 같다. 아미노산 성분 중 glutamic acid의 함량이 전체 함유량의 25.3%를 함유하고 있었고 그 다음으로는 phenylalanine, arginine 순이었다. 양파에서 유리아미노산 중 arginine이 전체 유리아미노산의 상당량을 차지한다는 보고(Shin *et al.*, 1999)와 유사하였다. 아미노산의 종류에 따른 함량변화는 부분적으로 차이가 있었으나 전체 함량에 대한 유의성은 발견하지 못하였다. 그러나 glutamic acid의 함량은 대조구 T0에 비하여 다른 처리구보다 감소하는 경향을 보였으나 proline, serine, arginine의 함량은 T0처리구보다 증가하는 경향을 보였다. 이는 glutamate가 arginine과 proline의 생합성과정에서 전구물질로 작용하고 있다는 점을 고려할 때 증감 폭이 있는 것으로 여겨진다.

호르몬의 함량변화

급변온도 변화에 따른 양파의 내생호르몬인 ABA와 IAA 함량을 조사한 결과는 Fig. 6에 나타내었다. 급변온도 조건에서 4월의 ABA 함량은 T0와 T3처리구에서 3월과 비슷한 수준을 보였다. 일반적으로 ABA는 구근 작물의 경우 인경의 형성, 비대와 밀접한 관계를 가지고 있고(Park and Lee, 1992; Yamazaki *et al.*, 1995), 인경의 비대에는 ABA가 중추적 역할을 하며 인경이 비대할 때 내생 ABA 함량이 높아

Table 3. Bulb characteristics of onion and garlic as affected by different temperature conditions at harvest

Treatment	Bulb height (cm)	Bulb diameter (cm)	Bulb moisture content (%)	Bulb weight (g/plant)	Bulb miss-planted (%)
T0	6.1	7.2	91.1	179.3ab	4.6
T1	6.0	6.9	90.3	150.6c	5.0
T2	6.1	7.5	91.0	188.6a	5.5
T3	6.1	7.2	90.9	167.8b	5.7
$LSD_{0.05}$†	ns	ns	ns	16.13	ns

†Mean separation within columns of each observation by LSD, 5% level.

Table 4. Mineral contents of leaves of onion as affected by different temperature conditions

Plant part	Observed date	Treatment	Mineral content				
			N	P	K	Ca	Mg
			---------- g/kg ----------				
Bulb	March 30	T0	18.5	2.23	23.6	3.45	1.54
		T1	18.3	2.10	24.5	3.72	1.39
		T2	17.9	2.06	24.9	3.29	1.42
		T3	18.0	2.34	23.7	3.47	1.34
	April 30	T0	16.3	2.01	21.9	4.86	1.53
		T1	17.5	2.10	22.3	5.54	1.98
		T2	16.8	1.92	20.3	4.72	1.57
		T3	17.6	1.22	23.9	5.90	2.09
	May 30	T0	15.5	2.00	20.7	4.80	1.43
		T1	17.5	1.89	20.3	5.60	1.48
		T2	16.2	2.11	18.6	4.18	1.38
		T3	16.9	2.09	18.5	4.82	1.42
Leaf	March 30	T0	16.3	1.22	34.8	18.9	10.91
		T1	15.9	1.30	35.2	17.5	10.70
		T2	16.7	1.25	35.7	18.6	9.95
		T3	16.8	1.24	34.5	18.0	10.54
	April 30	T0	14.10	1.13	29.6	13.6	7.11
		T1	15.89	1.09	38.7	18.7	9.35
		T2	14.20	1.14	29.9	13.9	7.23
		T3	16.20	1.20	35.5	19.2	8.99
	May 30	T0	13.50	1.08	28.2	13.5	6.17
		T1	13.90	1.04	30.2	14.2	6.65
		T2	13.20	1.14	27.6	12.4	6.14
		T3	13.00	1.20	27.0	12.1	6.11

Table 5. Amino acid contents(mg/100 g, FW) of onion as affected by different temperature conditions at harvest

Amino acid	Treatment			
	T0	T1	T2	T3
Aspartic acid	45.7±3.8†	48.6±4.2	42.1±3.6	45.1±3.4
Threonine	16.2±2.1	20.1±2.2	21.3±1.8	21.6±2.3
Serine	20.3±1.7	26.2±2.1	22.0±1.7	27.9±1.6
Glutamic acid	145.6±7.6	109±7.4	121.1±7.0	120.2±8.5
Proline	30.0±2.3	39.5±1.4	37.5±2.8	40.8±2.4
Glycine	14.3±1.2	15.4±1.5	16.0±1.2	15.9±1.2
Alanine	16.2±1.3	18.2±1.1	14.1±1.1	15.1±0.9
Valine	18.6±1.2	19.2±1.4	18.2±1.3	19.1±1.6
Cystine	8.3±0.7	8.6±0.9	8.9±0.2	8.9±0.6
Methionine	11.2±1.0	13.5±1.2	11.0±0.8	10.5±0.9
Isoleucine	16.5±1.1	16.2±1.3	16.9±1.2	17.1±1.0
Leucine	29.8±1.8	30.1±2.1	29.2±2.3	30.0±2.3
Tyrosine	36.5±1.7	34.2±2.5	28.9±2.3	33.2±2.0
Phenylalanine	76.9±4.2	79.2±5.2	80.3±4.2	84.4±4.9
Lysine	37.1±2.5	38.2±2.1	36.4±2.0	37.2±2.7
Histidine	11.3±1.0	12.4±2.4	11.0±0.9	12.8±1.1
Arginine	48.2±3.1	58.3±4.2	56.5±3.2	58.2±3.8
Total	572.7±28.4	576.9±30.6	571.4±31.8	598.0±36.6

†Data represent mean values ±SE(n=3)

진다는 보고(Yamazaki *et al.*, 2002)와 유사하였다. 5월의 ABA 함량은 4월보다 급격한 증가가 조사되었고 특히 T0과 T2가 두드러진 증가를 보였다. 구의 비대기에서 ABA 함량의 증가는 인경의 비대 촉진으로 이어져 수량을 직접적으로 높인 요인으로 작용한 것으로 생각된다. 3월의 양파 인경 내 IAA 함량은 상대적으로 많았으나 인경 비대기로 접어들면서 점차 줄어드는 경향을 보였고, 4월의 저온처리구에서 낮은 함량을 보여 대조적이었다.

일반 영양성분의 변화

양파 인편의 영양성분을 조사한 결과는 Table 6에 나타내었다. 조단백질은 대조구 T0과 고온처리구 T2에서 높은 함량을 보였으며, 저온처리구와 고온처리구간에는 유의적(p<0.05) 차이가 인정되었다. Jeong 등(2006)의 보고에 의하면 황색과 자색양파의 성분을 분석한 결과, 조단백질 함량은 1.0%정로 조사되었으나 본 실험에서는 비교적 많은 함량이 검출되었다. 조섬유는 온도가 높은 처리구일수록 함량의 증가가 인정되었으나(p<0.05) 저온처리구에서는 감소되는 경향을 보였다. 조지방, 조회분 및 ascorbic acid 함량은 처리간 차이가 없었다.

요 약

양파의 인경 비대기인 3-5월에 급변 온도조건을 유도시켜 양파의 생육반응과 수량을 조사하였다. 시험품종은 중만생종인 선샤인을 2012년 9월 4일에 파종하여 10월 30일에 정식하였고 다음해 5월 30일에 수확하였다. 온도변화에 따른 처리구는 3-4-5월 평균온도(T0 대조구: 6.0-10.4-17.2℃, T1: 6.0-5.4(-5)-17.2℃, T2: 6.0-10.4-22.2(+5)℃, T3: 6.0-5.4(-5)-22.2(+5)℃)를 기준으로 4월과 5월에 ±5℃씩 온도차를 두었다. 그 결과, T2처리구가 T0 대조구에 비하여 양파 생육과 구의 수량이 증가하였으나 저온처리구인 T1에서는 감소하였다. 무기이온 함량에서는 3월보다는 5월에 다량원소의 감소가 있었고 고온보다 저온에서 함유량이 높았다. 호르몬의 변화는 구의 비대시기와 밀접하게 관련이 있었으며 ABA 함량의 증가는 구의 비대를 촉진하였다. 따라서 급변온도에 대한 비대기 양파의 생육과 수량은 고온보다는 저온기간이 길어질수록 수량지수가 감소됨을 확인하였다.

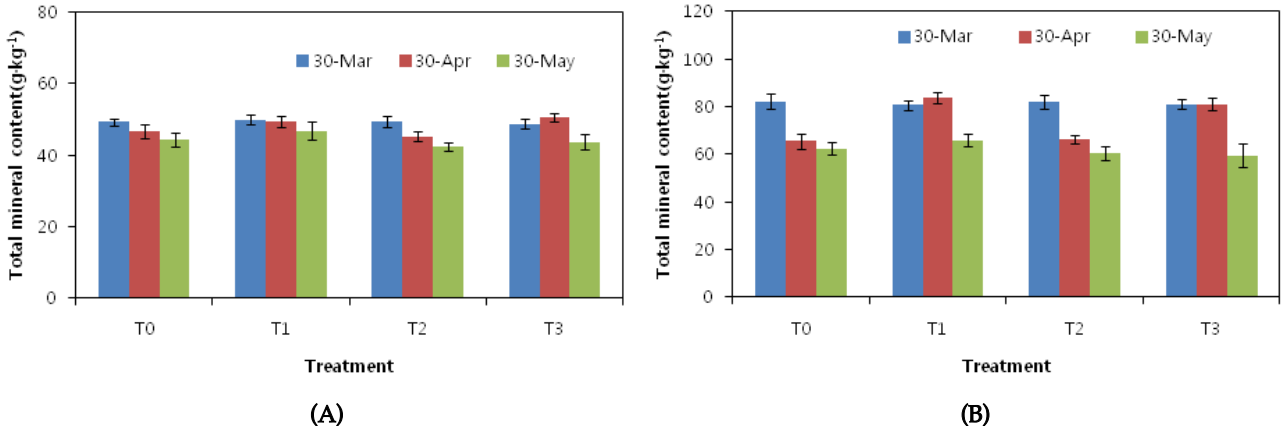

Fig. 5. Total mineral contents of bulb(A) and leaves(B) of onion as affected by different temperature conditions. Vertical bars represents the standard error of the mean(n=3).

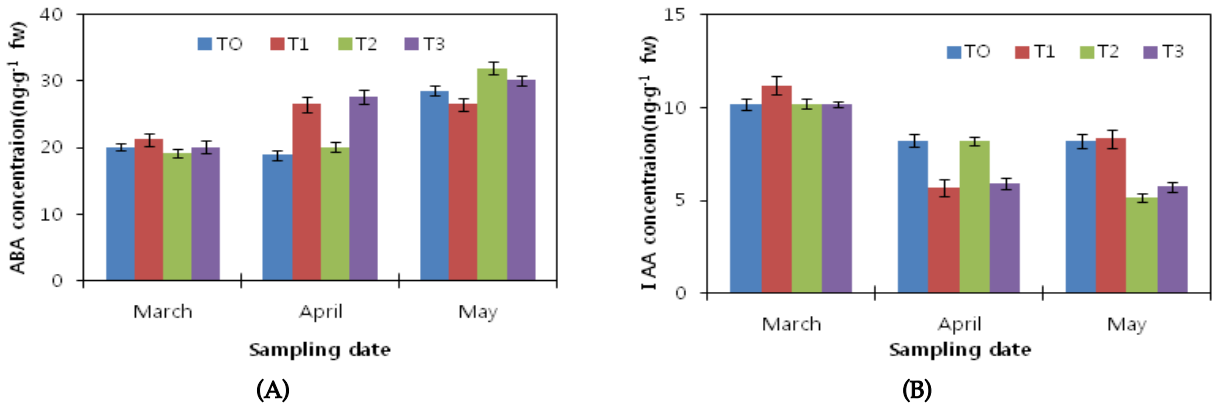

Fig. 6. Effects of rapid temperature change on the ABA and IAA concentration of onion. Vertical bars represents the standard error of the mean(n=3).

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

Treatment	Crude protein (%)	Crude fat (%)	Crude ash (%)	Crude fiber (%)	Ascorbic acid (mg/100 g)
T0	3.57ab	0.289	0.315	0.528b	17.2a
T1	3.01c	0.222	0.339	0.463c	15.4b
T2	3.69a	0.221	0.305	0.587a	17.8a
T3	3.28bc	0.218	0.323	0.507bc	18.2a
$LSD_{0.05}$†	0.368	ns	ns	0.055	1.6

†Mean separation within columns of each observation by LSD, 5% level.

Acknowledgment

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

References

A.O.A.C., 1995. Official method of analysis of AOAC Internationnal, Method 991.43, 16th ed. 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, *Aata Hort.* 267, 289-296.

Jackson, S.D., 1999. Multiple signaling pathways control tuber induction in potato, *Plant Physiol.* 119, 1-8.

Jang, H.I., Seo, H.H., Park, S.J., 2002. Strategy for fuji cultivation research under the changing climate, *Korean J. Hort. Sci. Technol.* 20, 270-275.

Jeong, H.K., Kim, C.G., Moon, D.H., 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., Yamata, K., Haioka, T., Kawajaki, S., Shoma, A., 1999. *Vegetable encyclopedia 11. Onion, asparagus and Japanese angelica tree,* pp.121-140, 4th ed. Rural Cult. Ass. Tokyo, Japan.

Kim, D.J., Kim, S.O., Moon, K.H., Yun, J.I., 2012. An outlook on cereal grains production in South Korea based on crop growth simulation under the RCP8.5 climate condition, *Korean J. Agric. For. Meteorol.* 14, 132-141.

Lee, G.A., Chang, Y.K., Park, S.Y., Kim, G.A., Kim, S.H., Park, K.C., 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.J., Suh, J.K., 2009. Pyruvic acid and sugar contents according to bulb growth stage in onion, *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 27, 18-23.

Lee, T.S., Choi, J.Y., Yoo, S.H., Lee, S.H., Oh, Y.G., 2012. Analyzing consumptive use of water and yields of paddy rice by climate change, *J. Korean Soc. Agric. Eng.* 54, 47-54.

Park, Y.B., Lee, B.Y., 1992. Effect of storage temperature on changes in carbohydrate and endogenous hormones in garlic bulbs, *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 33, 442-451.

Sakano, K., 1981. Regulation of aspartate kinase isoenzyme levels in cultured cells of *Vinca rosea, Plant Cell Physiol.* 22, 1343-1353.

Shim, K.M., Min, S.H., Lee, D.B., Kim, G.Y., Jeong, H.C., Lee, S.B., Kang, K.K., 2011. Simulation of the effects of the A1B climate change scenario on the potential yield of winter naked barley in Korea, *Korean J. Agric. For. Meteorol.* 13, 192-203.

Shin, D.B., Seog, H.M., Kim, J.H., Lee, Y.C., 1999. Flavor composition of garlic from different area, *Korean J. Food Sci. Technol.* 31, 293-300.

Sohn, E.Y., Kim, Y.H., Jang, S.W., Kim, J.T., Lee, H.S., Seo, D.H., Lee, I.J., 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. Agr. Res.* 31, 511-518.

Walker-Simmons, M., 1987. ABA levels and sensitivity in developing wheat embryos of sprouting resistant and susceptible cultivars, *Plant Physiol.* 84, 61-66.

Yamazaki, H., Nishijima, T., Koshioka, M., 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., Nishijima, T., Koshioka, M., Miura, H., 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., Zhang, J., Wang, Z., Zhu, Q., Wang, W., 2001. Hormonal changes in the grains of rice subjected to water stress during grain filling, *Plant Physiol.* 127, 315-323.