

해발고도별 기온변화에 따른 극조생 양파의 생육 및 구특성

송은영* · 문경환 · 위승환 · 오순자

농촌진흥청 국립원예특작과학원 온난화대응농업연구소
(2018년 7월 18일 접수; 2018년 11월 23일 수정; 2018년 12월 6일 수락)

Growth and Bulb Characteristics of Extremely Early-Maturing Onion by Air Temperature Variation at Different Altitudes

Eun Young Song*, Kyung Hwan Moon, Seung Hwan Wi and Soonja Oh

Research Institute of Climate Change and Agriculture, National Institute Horticultural Herbal Science,
Rural Development Administration, Jeju 63240, Korea

(Received July 18, 2018; Revised November 23, 2018; Accepted December 6, 2018)

ABSTRACT

A study was carried out to determine the influence of climatic environments on the growth characteristics and bulb quality of extremely early-maturing type onion grown at different altitudes, such as 60m, 200m, 350m and 700m above sea level (ASL). The mean air temperature during the growing season of extremely early-maturing type onion (October 18 to April 27) was 10.8°C, 9.6°C, 8.1°C and 6.1°C at 60m, 200m, 350m and 700m ASL. The mean air temperature during the bulb growth period (March 16 to April 14) was recorded 10.5°C, 9.4°C, 7.9°C and 6.0°C at 60m, 200m, 350m and 700 m ASL. Plant height, neck diameter, leaf number, leaf area, top fresh weight and top dry weight were significantly increased in growing of extremely early-maturing type onion at 60m ASL. Bulb/neck diameter ratio increased rapidly under the same temperature regime. The diameter and weight of the bulb were also the largest at 60m ASL during the bulb growth period (daily mean temperature of 12.5°C). At 60m ASL, there was the highest bulb size like a height, diameter and weight of bulb related directly on onion yield in the bulb growth period from March 16 to April 14. In contrast, yield and bulb quality were considerably decreased at 700m ASL during the bulb growth stage (daily mean temperature of 8.4°C). The quantity of extremely early-maturing type onion has gradually decreased as the daily average temperature drops below 12.5°C during the bulb growth stage (March 16 to April 14). As a result, the lower temperature (daily mean temperature below 12.5°C) during the bulb growth stage significantly decreased the size and quantity of bulb in direction proportion.

Key words: Allium cepa, Bulb quality, Onion



* Corresponding Author : Eun Young Song
(eysong@korea.kr)

I. 서 론

양파(*Allium cepa* L.)는 세계적으로 중요한 양념채소로서 연중 수요량이 증가되고 있는 추세이며(Lim *et al.*, 2002), 국내 생산량이 1,144,493 ton, 재배면적이 19,538 ha로 이중 전라남도는 전국 양파 재배면적의 47% 이상을 차지하고 있다(MAFRA, 2018). 양파 주산지가 남부지방으로 제한되는 것은 동절기 저온으로 인한 동사, 일장과 온도 변화가 원인이 되어 생산이 불안정하기 때문이다(Song *et al.*, 1987). 국내에서 재배되는 양파는 숙기에 따라서 조생종, 중만생종, 만생종으로 구분하며, 조생종은 월동기간이 온난한 제주특별자치도와 남부 해안지역에서 주로 재배되고, 중만생종과 만생종은 남부내륙과 중부지방에 주산지를 이루고 있다(Kim *et al.*, 2016). Choi and Baek(2016)는 주로 노지에서 재배되기 때문에 기상변화에 예민하고 이상기후 발생시 예년에 비해 생산량 차이가 크며 지역별 편차도 크기 때문에 선제적인 수급량 조절을 위해 기후변화를 고려한 농작물 생산량 예측이 매우 중요하다고 하였다. 기후변화는 기온 상승, 강수량과 강수패턴의 변화, 해수면 상승과 같은 지구 물리적 시스템의 변화가 동반되며(Park *et al.*, 2016), 작물의 개화, 출수시기 변화 등 생리적 변화를 일으키고 작물의 품질변화, 재배적지를 이동시켜 큰 영향을 미칠 것으로 판단하고 있다(FAO, 2004).

따라서 본 연구는 해발고도별의 해발고도 포장을 이용하여 생육기 온도차이에 의한 극조생 양파의 생육 및 구 비대 특성을 파악함으로써 기후변화에 대응할 수 있는 재배법 개발에 필요한 기초 자료를 확보하기 위해 수행되었다.

II. 재료 및 방법

본 시험을 위해 극조생종 양파인 싱싱볼(*Allium cepa* L. cv. Singsingball)을 사용하였고, 양파 종자는 2016년 9월 2일에 원예용 상토를 채운 406구 육묘용 플러그 트레이에 1립씩 파종하여 $20 \pm 1^\circ\text{C}$ (주간)/ $15 \pm 1^\circ\text{C}$ (야간)의 조건으로 육묘하였다. 파종 45일 후인 10월 18일에 본엽이 2~3매 나온 균일하게 자란 개체를 선발하여 해발고도별 노지 시험포장에 정식하였다. 해발고도별 노지 시험포장은 한라산 북사면 방향으로 해발 60m, 200m, 350m, 700m 4지점으로, 노지 조건에서 작물의 반응을 조사할 수 있도록 설치되었다. 극조

생 양파의 재식거리는 $16 \times 12\text{cm}$ 로 정식하였고, 정식 전 10a 당 퇴비 3,000kg과 석회 120kg을 전량 기비로 주었으며, 질소-인산-칼리(24-7.7-15.4kg/10a)의 60% (인산은 전량)는 기비로 사용하였고, 질소와 칼리의 나머지 40%를 2회 나누어서 추비로 공급하였다. 기타 재배관리는 농촌진흥청 표준영농재배법에 준하여 관리하였다(RDA, 2011).

재배기간 동안의 온도(온도센서, HMP 155, Vaisala Co., Finland), 강수량(강우량센서, 260-2501-A, Novalynx Co., USA) 및 일사량(광센서, SP-510, Apogee Instruments Inc., USA)는 데이터로거(DT80M, Thermo Fisher Scientific Inc., Australia)에 연결하여 1시간 간격으로 기록하였다. 일장은 하루 24시간중 일사량이 $1.0\text{W}/\text{m}^2$ 이상 되었을 때 시간을 조사하여 월 평균값으로 나타내었다. 양파의 생육에 대한 온도의 영향을 분석하기 위하여 생육도일(growing degree day, GDD)을 조사하였는데, GDD는 생육기 일 최고온도와 일 최저온도의 평균에서 생육의 최저한계온도인 기준 온도(5°C)를 빼준 온도를 누적하여 계산하였고, GDD값이 음수가 될 경우 0으로 계산하여 누적하였다.

양파의 생육조사는 정식 한달 후부터 2016년 11월 18일, 12월 20일, 2017년 1월 18일, 2월 16일, 3월 16일, 3월 31일, 4월 14일, 4월 27일까지 총 8차례에 걸쳐 실시하였다. 조사방법은 시험구에서 처리구별 6주씩 채취하여 초장, 엽초경, 엽수, 총엽면적(엽면적 측정기, LI-3100, LI-COR, USA), 지상부 생체중, 지상부 건물중 등을 조사하였다. 엽수는 노화된 잎을 제외하고 육안상으로 관찰되는 잎의 개수를 조사하였다.

양파의 구 특성은 정식 후 3개월부터 2017년 1월 18일, 2월 16일, 3월 16일, 3월 31일, 4월 14일, 4월 27일까지 총 6차례 채취하여 구경, 구중, 구 건물중, 구 비대지수를 조사하였다.

조사된 자료의 통계분석은 통계 패키지(3.0.3, R Foundation)를 이용하였고, 각 처리간의 유의성은 분산분석(ANOVA)으로, 평균 간의 유의성은 5%수준에서 최소유의차(LSD)검정으로 분석하였다. 또한 EXCEL(2016, Microsoft, USA)을 이용하여 회귀관계를 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

극조생 양파 ‘싱싱볼’의 주 생육기인 2016년 10월 18일부터 2017년 4월 27일까지 해발고도별 일평균 대기온도는 해발 60m, 200m, 350m, 700m에서 각각 10.8°C, 9.6°C, 8.1°C, 6.1°C이었으며, 일최저평균기온은 각각 6.9°C, 5.9°C, 4.4°C, 2.4°C이었고, 일최고평균기온은 각각 15.0°C, 13.7°C, 12.0°C, 10.5°C이었다 (Fig. 1A). 양파 정식일 기준으로 수확기(4월 27일)까지 생육도일(GDD)를 조사한 결과 해발 60m, 200m, 350m, 700m에서 각각 1163.3°C, 979.9°C, 764.8°C, 570.9°C로 해발 700m에 비해 각각 592.4°C, 409.0°C와 193.8°C가 높았다(Fig. 1B).

극조생 양파의 생육기간 중 해발고도별 일평균 강우량을 조사한 결과 해발 60m, 200m, 350m, 700m에서 각각 1.8mm, 2.2mm, 2.9mm, 4.4mm로 조사되었고 해발고도가 높아질수록 많아지는 경향이 있었다(Fig. 1C). 또한, 해발고도별 일평균 누적일사량을 조사한 결과 해발 60m 10.5MJ/m², 해발 200m 9.8MJ/m², 해발 350m 9.2MJ/m², 해발 700m에서 9.5MJ/m²로 조사되었고 해발고도별로 큰 차이를 보이지 않았다(Fig. 1D).

양파 수확시기는 구 비대에 요구되는 일장과 온도에 따라 결정되는데 해 길이가 길지 않고 어느 정도 낮은 온도에서 구 비대되는 것을 조생종이라 하고, 그보다 긴 해 길이와 높은 온도에서 구 비대되는 것을 만생종으로 분류하고 있다(RDA, 2011). 제주 및 남부 해안지역에서는 극조생 또는 조생종 품종이 주로 이용되며, 조생종 양파의 구 비대 한계일장은 12~12.5시간, 극조생 양파인 경우 구 비대 한계일장은 11.5~12.0시간으로 알려져 있다(RDA, 2011). Huh *et al.*(2002)는 양파는 구 비대에 필요한 한계일장을 기준으로 단일형 양파와 중간형, 장일형 양파로 구분하며, 단일형 양파는 일장이 11~12시간 이상에서 구비대가 가능하며 주로 저위도지방에서 재배된다고 하였다. 본 실험의 경우 극조생 양파 ‘싱싱볼’을 정식하여 재배중인 해발고도별 4개소의 평균 일장을 조사한 결과 10월에는 12시간, 11~1월까지 11시간, 2월에는 12시간, 3월에는 13시간, 4월에는 13.5시간으로 조사되었고, 극조생 양파의 구 비대 한계일장에 부합되는 경향을 보였다(Fig. 2A). 이 시기에 해발고도별 4개소의 월별 24시간동안 평균 일사량을 조사한 결과 10~1월까지는 일조시간이 짧아졌기 때문에 일사량 수치도 낮았는데 특히 1월의 일평균 일사량이 72.8 W·m²로 가장

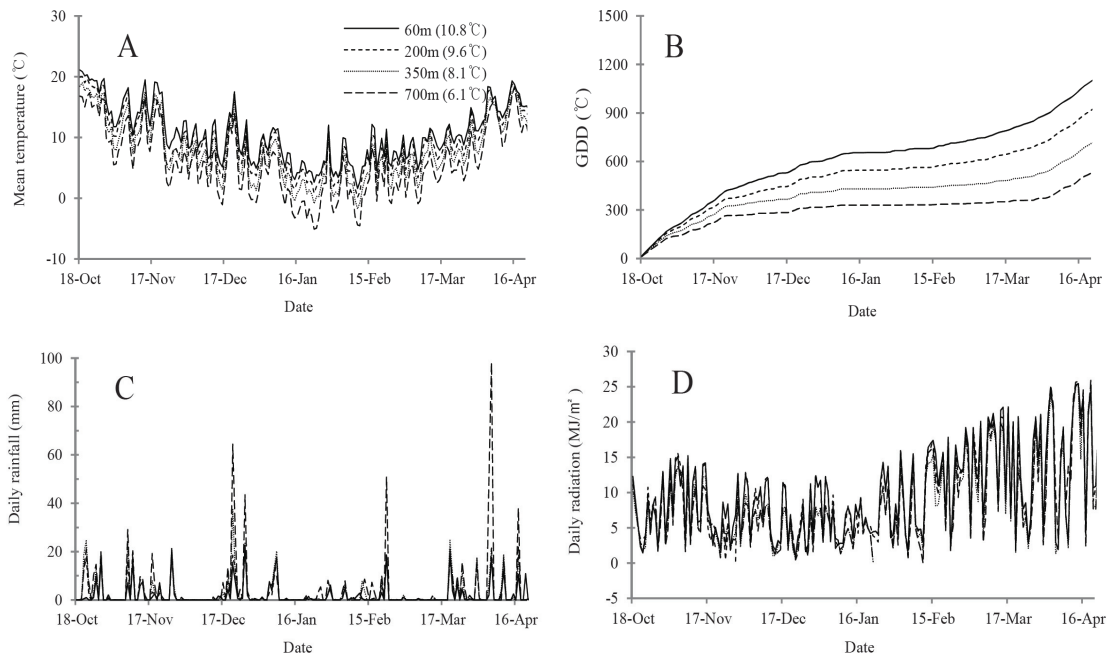


Fig. 1. Changes in daily mean air temperature (A), growing degree days (B), daily rainfall (C) and daily radiation (D) in the altitude experiment sites where the extremely early-maturing type onion plants were grown.

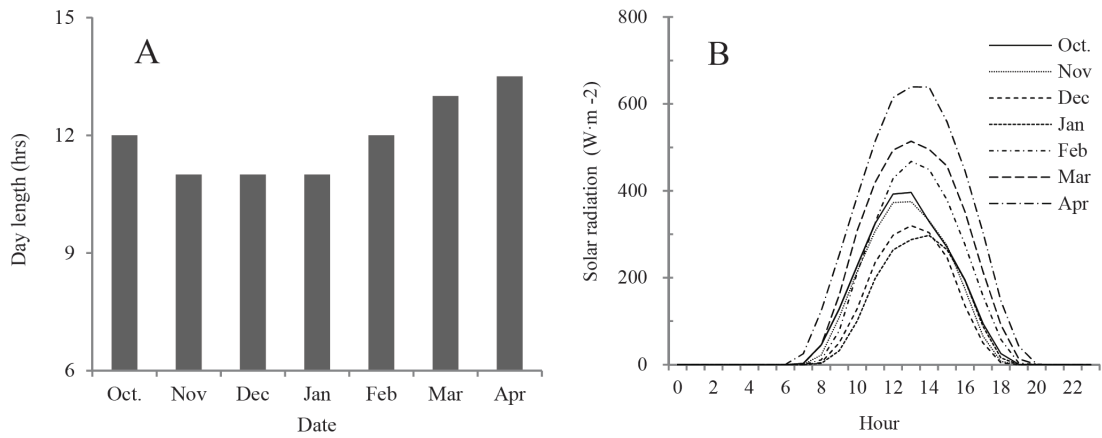


Fig. 2. Seasonal changes in day length (A) and solar radiation (B) in the altitude experiment sites where the extremely early-maturing type onion plants were grown.

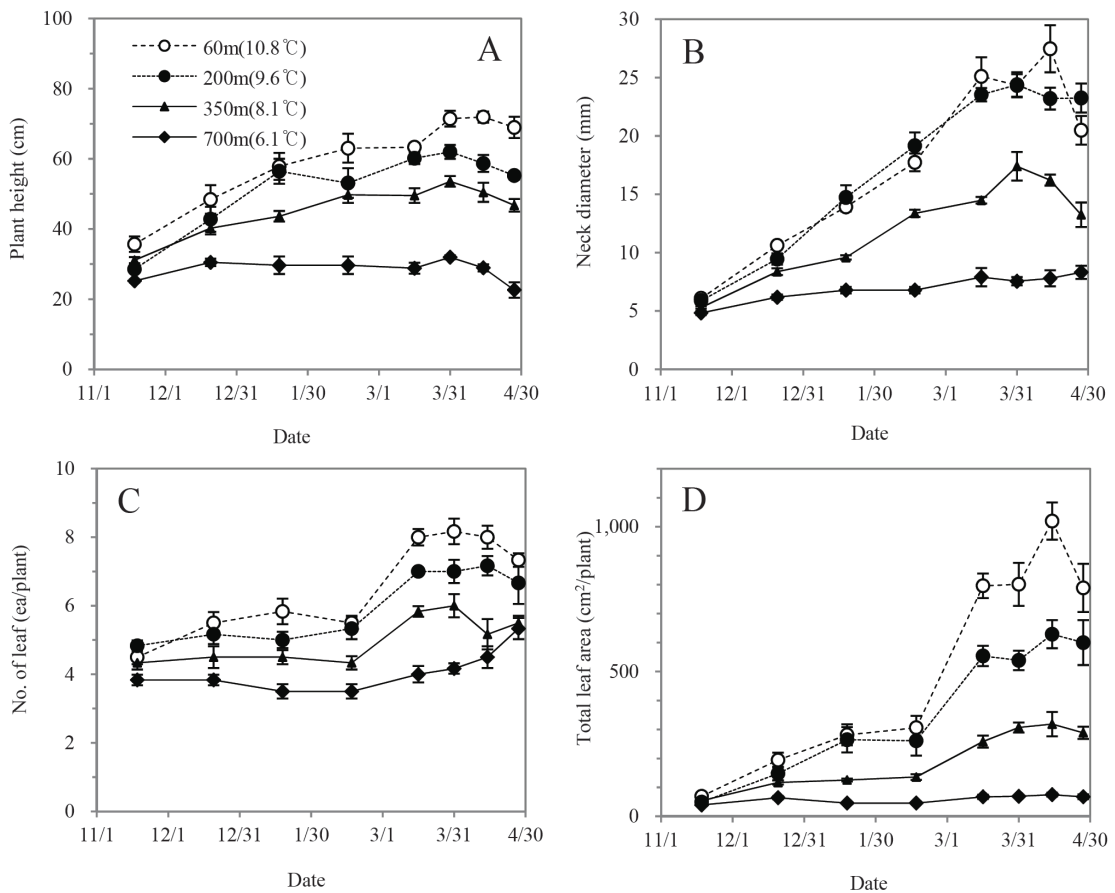


Fig. 3. Changes in plant height (A), neck diameter (B), leaf number (C) and total leaf area (D) of the extremely early-maturing type onion under different temperature regimes at different altitudes.

낮았고 2월부터는 점점 일평균 일사량이 증가되는 경향을 보였는데 일조시간이 13.5시간으로 길어지는 4월부터는 일평균 일사량이 195.7 W · m²로 2배 이상으로 증가되었다(Fig. 2B).

해발고도별 기온차이에 따른 극조생 양파 ‘싱싱볼’의 생육에 미치는 영향을 검토한 결과는 Fig. 3에서 보는 바와 같다. 양파 정식 후 약 190일간 재배하였을 때, 해발 700m에 비해 대기온도가 더 높은 해발 60m 조건에서 초장이 길게 신장하고, 엽초경도 두꺼워졌고, 엽수 및 총엽면적도 증가하였다. 초장은 해발 60m에서 자라는 양파가 69.0cm로 대조구인 700m 조건의 22.6cm보다 월등히 신장생장이 좋았다(Fig. 3A). 엽초경도 해발 700m에서 재배하였을 때 8.5mm인데 반해, 해발 60m에서 재배하였을 때 20.5mm로 더 두꺼워지는 경향을 보였다(Fig. 3B).

양파는 경엽 생육시 온도가 높을수록 생장이 빠르거나 아울러 노화도 빠르며, 성장과 노화를 감안한 경엽의 생육에 적당한 온도는 17°C 전후라는 보고가 있는데(RDA, 2011), 본 실험에서는 양파 생육초기인 정식 후 2개월까지 엽수 증가가 빨랐는데 대기온도가 가장 높은 해발 60m(일평균 13.5°C)에서 5.5대로 가장 많이 증가하였고, 해발 200m(일평균 12.0°C)에서 5.2대, 해발 350m(일평균 10.7°C)에서 4.5대, 해발 700m(일평균 8.9°C)에서 3.8대 순으로 조사되었다(Fig. 3C).

식물체당 총엽면적은 생육 중후기에 해당하는 정식 후 4~6개월(2월 16일~4월 14일) 사이에 급격히 증가되는 경향을 보였는데, 특히, 이 시기 해발 60m(일평균 10.5°C)에서 주당 1,019.5cm², 해발 200m(일평균

9.4°C) 628.8cm², 해발 350m(일평균 7.9°C) 318.3cm², 700m(일평균 6.0°C) 74.9cm² 등으로 해발 60m의 총엽면적은 해발 200m, 해발 350m, 해발 700m에 비해 각각 38.3%, 68.8%, 92.7% 증가하였다(Fig. 3D).

해발고도별 기온차이에 따른 극조생 양파의 주당 지상부 생체중 및 건물중을 조사한 결과(Fig. 4), 생육 중후기에 해당하는 정식 후 4~6개월(2월 16일~4월 14일) 사이에 양파의 생식생장이 가장 빠르게 진행되었고, 지상부 생체중 및 건물중도 급속히 증가되는 경향을 보였다. 특히, 이 시기에 해발 60m(일평균 10.5°C)조건에서 주당 139.1g, 200m(일평균 9.4°C) 87.5g, 해발 350m(일평균 7.9°C) 34.8g, 해발 700m(일평균 6.0°C) 5.3g 등으로 해발 60m의 지상부 생체중은 해발 200m, 해발 350m, 해발 700m에 비해 각각 37.1%, 75.0%, 96.2% 증가하였다(Fig. 4A).

이 시기에 주당 지상부 건물중도 생육온도가 가장 높은 해발 60m(일평균 10.5°C) 조건에서 주당 11.0g, 해발 200m(일평균 9.4°C) 7.2g, 해발 350m(일평균 7.9°C) 2.8g, 해발 700m(일평균 6.0°C) 0.5g 등으로 해발 60m의 지상부 건물중은 해발 200m, 해발 350m, 해발 700m에 비해 각각 34.5%, 74.5%, 95.5% 증가하였다(Fig. 4B).

해발고도별 기온차이에 따른 극조생 양파의 구비대 특성을 조사한 결과(Fig. 5), 생육 중후기에 해당하는 정식 후 4~6개월(2월 16일~4월 14일) 사이에 극조생 양파의 구비대가 빠르게 진행되었는데, 생육온도가 가장 높은 해발 60m 조건에서 구 크기(구경, 구중)가 타 조건에 비해 더 커지는 경향을 보였다.

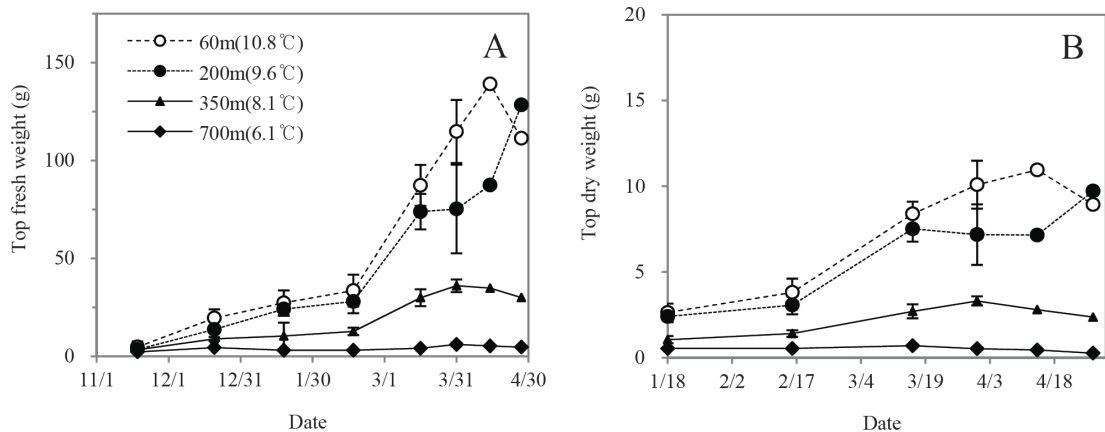


Fig. 4. Changes in top fresh weight (A) and top dry weight (B) of the extremely early-maturing type onion under different temperature regimes at different altitudes.

특히, 이 시기 구경은 해발 60m(일평균 10.5°C) 조건에서 83.8mm, 해발 200m(일평균 9.4°C) 72.8mm, 해발 350m(일평균 7.9°C) 39.2mm, 해발 700m(일평균 6.0°C) 15.5mm로 급격히 작아지는 경향을 보였다(Fig. 5A). 구중 및 구 건물중도 양파 정식 후 4~6개월(2월 16일~4월 14일) 사이에 급격히 증가되는 경향을 보였는데, 정식 6개월 후 수확하여 조사한 결과 구중은 생육온도가 가장 높은 해발 60m 조건에서 247.2g로 생육온도가 가장 낮은 해발 700m 조건에 3.9g에 비해 약 98.4%나 더 무거워졌고(Fig. 5B), 마찬가지로 구 건물중도 해발고도 60m 조건에서 18.7g으로 생육온도가 가장 낮은 해발 700m 조건에 0.4g에 비해 97.9%나 더 나갔다(Fig. 5C).

Brewster(1990)는 구 비대 조건이 계속 유지되어 구가 충분히 비대하게 되면 엽초경내에 동공이 발생하고 도복하게 되는데 이는 양파에 있어 성숙지표로 이용된

다고 하였고, 구 비대 개시점은 Mondal *et al.*(1986)과 Steer(1980)이 수행한 것과 같이 엽초경과 구경이 비율이 1:2가 되는 시점으로 하고, 성숙기는 지상부가 약 50% 도복하였을 때로 하였고, Suh and Ryu(2002)도 양파의 구 비대지수(구경/엽초경)가 2.0 이상이 일 때 구 비대 개시점으로 보았다. 본 실험에서는 3월 16일 조사하였을 때 해발 60m 조건에서는 구 비대지수가 2.2, 해발 200m 조건에서는 2.3, 해발 350m 조건에서는 2.3로 구비대가 시작되었고, 생육온도가 가장 낮은 해발 700m 조건에서는 1.4로 타 처리에 비해 구 비대 시점이 가장 늦은 경향을 보였다. 그 이후 점차 구 비대지수는 증가하는 경향을 보였는데 극조생 양파 정식 후 약 6개월 시점인 4월 14일경 해발 60m 및 해발 200m 조건에서 구 비대지수가 3.2로 가장 높았고, 생육온도가 가장 낮은 해발 700m 조건에서는 구비대지수가 2.0으로 조사되었다(Fig. 5D).

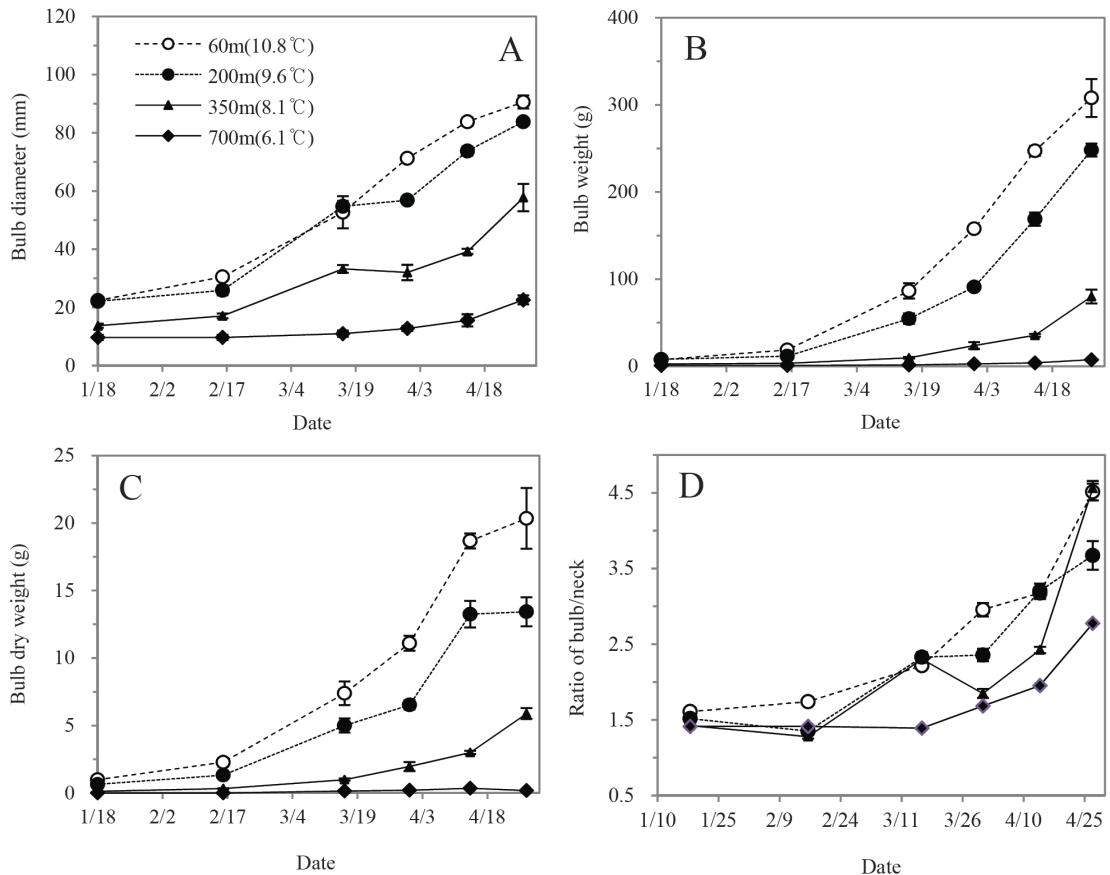


Fig. 5. Changes in bulb diameter, bulb weight, bulb dry weight and bulbing ratio of the extremely early-maturing type onion under different temperature regimes at different altitudes.

Table 1. The growth characteristics of bulbs of the extremely early-maturing type onion harvested at 180 days after

Altitude	Bulb moisture Content (%)	Bulb height (mm)	Bulb Diameter (mm)	Bulb weight (g)	Dry bulb weight (g)
60m (10.8°C)	95.6±1.1a ^z	75.2±2.8 a	83.8±1.5 a	247.2± 5.7 a	18.7± 0.6 a
200m (9.6°C)	95.8±0.7a	67.8±3.6 a	73.8±1.6 b	168.9±7.7 b	13.3± 1.0 b
350m (8.1°C)	92.3±2.3b	47.4±2.0 b	39.2±0.9 c	35.6± 1.6 c	3.0± 0.1 c
700m (6.1°C)	90.5±4.1b	25.4±2.3 c	15.5±2.1 d	3.9±1.1 d	0.4± 0.1 d

^zThe data are represented as mean ± standard deviation (SD) of three replicates. The different letters in each column indicate significant differences among different temperature levels (P<0.05).

양파는 일장뿐만 아니라 온도도 구 비대에 중요하게 관여하는데(Brewster, 1990), 한계일장 이상의 조건에서는 고온일수록 구비대가 빠르고, 또한 고온조건에서 구 비대를 요구하는 한계일장이 짧아지기도 한다(Steer, 1980). 국내 시판되는 양파 품종들은 11.5~16 시간의 한계일장에 15~25°C 온도가 구 비대 적온으로 알려져 있다(Suh and Ryu, 1987; Hahn and Choi, 1987). 본 실험에서 극조생 양파의 구 비대기인 3월 중순~4월 중순(3월 16일~4월 14일)사이의 평균기온을 조사한 결과는 해발 60m 조건에서 일평균 대기온도가 12.5°C, 해발 200m 조건에서 일평균 대기온도가 11.6°C, 해발 350m 조건에서 일평균 대기온도가 10.2°C, 해발 700m 조건에서 일평균 대기온도가 8.4°C로 조사되었다. 양파의 구 비대 온도는 품종에 따라 차이가 있으며, 극조생 양파는 구 비대 한계온도 12~13°C, 조생종은 구 비대 한계온도는 14~15°C, 중만생종은 20°C 전후가 적당하며 온도가 높을수록 구 비대 성숙

은 빠르나 구 크기는 작아지며, 25°C 이상의 고온에서는 생육이 둔해지고 고온이 계속되면 생육이 정지하고 휴면에 들어간다고 하였는데(RDA, 2011), 본 실험에서도 극조생 양파 ‘싱싱볼’의 경우 주 인경비대기인 3월 중순~4월 중순(3월 16일~4월 14일) 사이에 생육 온도가 가장 높은 해발 60m(일평균 12.5°C) 조건에서 구 비대가 빠르고 구 크기도 커지는 경향을 보였으나, 그 보다 낮은 온도조건에서는 구 비대가 점점 늦어지고 구 크기도 작아지는 결과를 얻었다.

극조생 양파 ‘싱싱볼’의 최적 수확기로 알려진 4월 중순(정식 후 180일)경 수확한 구의 특징을 살펴보면, 양파는 수분함량이 90% 정도로 매우 높은 작물료(Suh *et al.*, 1996) 구 비대가 진행되면서 화학물질의 증가와 함께 수분함량도 급격히 증가한다고 하였는데(Hamilton *et al.*, 1998), 본 실험에서도 해발고도별 극조생 양파의 구의 수분함량은 주 인경비대기인 3월 중순~4월 중순(3월 16일~4월 14일) 사이에 생육온도

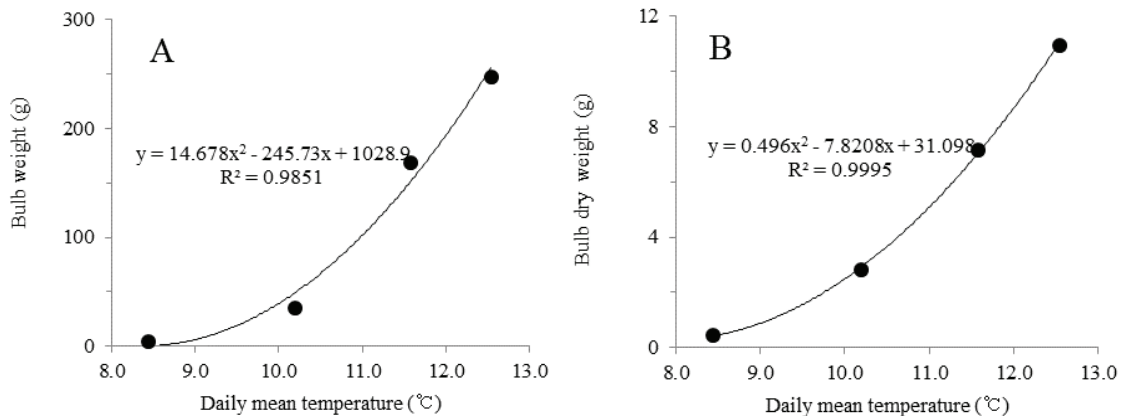


Fig. 6. Relationship between bulb weight (A) and bulb dry weight (B) of extremely early-maturing type onion with daily mean temperature during the bulb growth stage (March 16 to April 14).

가 가장 높은 해발 60m(일평균 12.5°C) 조건과 해발 200m(일평균 11.6°C) 조건에서 약 96%로 가장 높은 반면에 생육온도가 낮은 해발 350m(일평균 10.2°C)과 해발 700m(일평균 8.4°C) 조건에서 각각 92.3%와 90.5%로 점차 감소하는 경향을 보였다. 수량성에 직접적으로 영향을 주는 인자인 구의 크기(구고, 구경 및 구중)도 이 시기에 생육온도가 가장 높은 해발 60m(일평균 12.5°C) 조건에서 가장 컸으며 생육온도가 낮을수록 역시 유의성 있게 감소하였다(Table 1).

또한, 극조생 양파의 주 인경비대기인 3월 중순~4월 중순(3월 16일~4월 14일) 사이에 생육온도와 인경 무게와 인경 건물중과의 상관관계를 조사한 결과 밀접한 연관이 있다는 것을 알 수 있었다(Fig. 6).

Song *et al.*(2017)는 생육기 온도상승 조건에서 극조생 양파의 생육을 조사한 결과 대조구인 생육기 대기온도(일평균 9.8°C)에 비해 대기온도 +2°C(일평균 12.0°C)에서 수량이 증가되었고, 그 보다 더 높은 온도 조건인 대기온도 +5°C(일평균 14.5°C)에서는 수량이 감소된다고 하였다. 본 실험결과에서 극조생 양파를 8월 말~9월 초순 경 파종하여 약 45일간 육묘한 후 10월 중순경에 정식하여 4월 중순까지 약 6개월간 재배하였을 때 생육온도가 가장 높은 해발 60m(일평균 10.8°C) 조건에서 구 비대가 가장 원활히 진행되는 경향을 보였으나 그 보다 낮은 생육조건에서는 점차 수량감소가 이루어졌고 생육온도가 가장 낮은 해발 700m(일평균 6.1°C)에서는 수량성이 가장 낮은 결과를 얻었다. 양파는 주로 노지에 재배되기 때문에 기상 변화에 예민하고, 특히 재배시 생육온도는 구비대와 수량에 큰 영향을 미칠 수 있기 때문에 생육기 평균온도가 평년에 비해 일정 수준으로 고온이 유지되면 수량성이 증가될 수 있으나 그 보다 낮을 경우 오히려 수확량이 감소될 것으로 판단된다.

적 요

본 연구는 노지 월동채소인 극조생 양파 ‘싱싱볼’의 생육 기간 중 기온차이가 생육 및 구 비대에 미치는 영향을 검토하고자 해발 60m, 200m, 350m 및 700m 4지점에 설치된 노지 포장에서 수행하였다. 극조생 양파의 생육기간(2016년 10월 18일~2017년 4월 27일)의 해발고도별 일평균 온도는 각각 10.8°C, 9.6°C, 8.1°C 및 6.1°C였고, 주 인경비대기인 3월 중순~4월 중순(3월 16일~4월 14일)경 해발고도별 일평균 온도는

각각 12.5°C, 11.6°C, 10.2°C, 8.4°C로 조사되었다. 극조생 양파의 생육특성을 조사한 결과, 해발 60m(일평균 10.8°C) 조건에서 초장이 길었고, 엽초경도 두꺼워졌으며, 엽수, 총엽면적, 지상부 생체중 및 지상부 건물중도 증가되었다. 양파의 구 특성을 조사한 결과, 극조생 양파의 주 인경비대기인 3월 중순~4월 중순(3월 16일~4월 14일)경 해발 60m(일평균 12.5°C) 조건에서 구 비대가 가장 빠르고 구 크기도 커지는 경향을 보였으나, 그 보다 낮은 온도조건에서는 구 비대가 점점 늦어지고 구 크기도 작아지는 결과를 얻었다. 수량성에 직접적으로 영향을 주는 인자인 구의 크기(구고, 구경 및 구중)도 이 시기에 생육온도가 가장 높은 해발 60m(일평균 12.5°C)에서 가장 컸으며 생육온도가 낮을수록 역시 유의성 있게 감소하였다. 이상의 결과로 보아 극조생 양파의 주 인경비대기인 3월 중순~4월 중순경 대기온도가 12.5°C 이하로 하락할 경우 구 비대성숙이 지연되어 수량도 감소될 것으로 예측된다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 시험연구사업(과제번호: PJ012033022018)의 지원으로 이루어졌습니다.

REFERENCES

- Brewster, J. L., 1990: The influence of cultural and environmental factors on the time of maturity of bulb onion crops. *Acta Horticulturae* **267**, 289-296.
- Choi, S. C., and J. S. Baek, 2016: Onion yield estimation using spatial panel regression model. *The Korean Journal of Applied Statistics* **29**(5), 873-885. (in Korean with English abstract)
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2004: Impact of climate change on agriculture in Asia and the Pacific. *Twenty-seventh FAO Regional Conference for Asia and the Pacific*. Beijing, China, 17-21.
- Hahn, G. P., and S. K. Choi, 1987: Effects of planting time on the advance production of onion in the southern area of Korea. *Research Reports of the Rural Development Administration (Korea Republic)*, 228-232. (in Korean with English abstract)
- Hamilton, B. K., K. S. Yoo, and L. M. Pike, 1998: Changes in pungency of onions by soil type,

- sulphur nutrition and bulb maturity. *Scientia Horticulturae* **74**, 249-256.
- Huh, E. J., K. S. Cho., Y. S. Kwon, and G. W. Jong, 2002: Effects of temperature and photoperiod on bulbing and maturity of spring sown onions in highland. *Korean Journal of Horticultural Science* **43**(5), 587-590. (in Korean with English abstract)
- Kim, C. W., E. T. Lee, I. H. Choi, Y. S. Jang, S. K. Bae, and S. J. Suh, 2016: Early maturing male sterile line 'Wonye 30005' for hybrid seed production of onion (*Allium cepa* L.). *Korean Journal Breeding Science* **48**(2), 168-172. (in Korean with English abstract)
- Lim, C. S., T. H. Park, J. L. Cho, and S. M. Kang, 2002: Effect of daylength and temperature after bolting on flower curd and seed yield of early onion 'Samnamjosaeng'. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology* **20**(4), 306-308. (in Korean with English abstract)
- MAFRA (Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs), 2017: Statistics of vegetable product amount MAFRA Sejong Korea, 53pp.
- Mondal, M. F., J. L. Brewster, G. E. L. Morris, and H. A. Butler, 1986: Bulb development in onion. I. Effects of plant density and sowing date in field conditions. *Annals of Botany* **58**, 187-195.
- Park, S. U., K. K. Ah, C. W. Seo, and W. S. Kong, 2016: Potential Impact of climate change on distribution of *hedera rhombea* in the Korean peninsula. *Journal of Climate Change Research* **7**(3), 325-334. (in Korean with English abstract)
- RDA (Rural Development Administration), 2011: *Agricultural Technology Guide: Onion*. 12-35.
- Song, E. Y., K. H. Moon, S. H. Wi, C. H. Kim, C. K. Lim, S. Oh, and I. C. Son, 2017: Impact of elevated temperature in growing season on growth and bulb development of extremely early-maturing onion. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **19**(4), 223~231. (in Korean with English abstract)
- Song, J. C., N. K. Park, K. D. Cho, I. W. Yoon, and P. J. Han, 1987: Studies on the storage of onions. *Research Reports of the Rural Development Administration (Korea Republic)*, 241-247. (in Korean with English abstract)
- Steer, B. T., 1980: The bulbing response to day-length and temperature of some Australasian cultivars of onion (*Allium cepa* L.). *Australian Journal Agricultural Research* **31**, 511-518.
- Suh, H. J., S. H. Chung, J. Y. Son, H. S. Son, W. D. Cho, and S. J. Ma, 1996: Preparation of onion hydrolysates with enzyme. *Journal of Korean Society Food Science Nutrition* **25**(5), 786-790. (in Korean with English abstract)
- Suh, J. K., and Y. W. Ryu, 2002: Short-period test of growth, bulbing, leaf-fall down and regrowth of onion (*Allium cepa* L.) under different daylength controlled by supplemental lighting. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology* **43**(5), 591-595. (in Korean with English abstract)
- Suh, J. K., and W. S. Lee, 1987: Effects of seedling and transplanting dates on bulbing of spring crop onion in low land. *Research Reports of the Rural Development Administration (Korea Republic)*, 208-214. (in Korean with English abstract)