

ORIGINAL ARTICLE

침수기간이 배추의 생육, 생리적 반응 및 수량에 미치는 영향

이상규 · 이희주* · 김성겸 · 최장선 · 박성태

농촌진흥청 국립원예특작과학원 채소과

Influence of Waterlogging Period on the Growth, Physiological Responses, and Yield of Kimchi Cabbage

Sang Gyu Lee, Hee Ju Lee*, Sung Kyeom Kim, Chang Sun Choi, Sung Tae Park

Vegetable Research Division, National Institute of Horticultural and Herbal Sciences, Wanju 565-852, Korea

Abstract

This study was conducted to investigate effects of waterlogging on the growth, physiological responses, and yield of Kimchi cabbage. The growth of Kimchi cabbage with applied optimized air temperature (set to 20°C) was greater than those with high air temperature (set to 30°C) and the growth significantly decreased by severe waterlogging treatment. The net photosynthetic rate of outer leaves on one hour after waterlogging treatment was higher at 72 hours waterlogging treatment in 20°C and lower at 24 hours of waterlogging treatment in 30°C. The root activity was decreased by the elevation of waterlogging periods in 20°C treatment and lower by the short of waterlogging periods in 30°C treatment. The ratio of formality with non-waterlogging treatment was approximately 64% under 20°C air temperature and that of range was from 16 to 30% under 30°C. The yield under 20°C showed higher than that under high air temperature. The non-waterlogging treatment in 20°C had 4,463 kg/10a, which was the greatest among all treatments, while yields of non-waterlogging treatment at 30°C were significantly low as 1,082 kg/10a. Results suggested that additional drainage work should be needed to overcome waterlogged conditions of open field during heavy rainfall and should be drainage as soon as possible if there are waterlogging.

Key words : Chlorophyll, Head height, High temperature, Normality, Photosynthesis

1. 서론

배추는 우리나라 식생활에서 다양하게 이용되고 있는데, 특히 배추김치의 주재료로써 사용되고 있기 때문에 안정적인 생산과 공급이 매우 중요하다. 배추의 재배면적은 32,027 ha에 생산량은 2,538천 톤이며, 10 a당 생산량은 7,927 kg로 2013년 대비 6.3% 증대되었다(KOSTAT, 2015). 배추의 생산시기를 보면 전체 생산량중 가을재배

가 67%로 배추의 대부분이 가을에 생산되고 있고, 봄재배 14%, 겨울재배 12%, 고랭지재배는 7% 정도로 분포되어 있다(KOSTAT, 2015). 여름철 배추는 높은 온도와 습도로 인한 생리장해 및 병해충 발생으로 평지에서 생산이 어려워져 주로 고랭지 지역에서 집중적으로 생산되기 때문에 그 지역의 가뭄이나 집중 호우시 피해에 따라 가을배추의 가격변화에 미치는 영향이 크며(Hwang et al., 2003), 또한 대부분 노지에서 재배되고 있기 때문

Received 11 February, 2016; Revised 9 March, 2016;

Accepted 14 March, 2016

*Corresponding author : Hee Ju Lee, Vegetable Research Division, National Institute of Horticultural and Herbal Sciences, Wanju 565-852, Korea

Phone : +82-63-238-6661

E-mail : perpetuaa@korea.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© 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.

에 외부 환경 조건 여하에 따라서 생산량에 차이가 많이 발생하고 있으며 특히 고온, 지속적인 가뭄과 집중적인 강우가 큰 피해를 입힌다. 배추는 수분함량이 많은 채소로써 토양내 다습조건은 무름증상 피해를 더욱 심하게 발생시키는 것으로 알려져 있다. 배추 노지재배시 적당한 강우는 생육을 촉진시키고, 수량을 증대시키는 효과가 있으나 지속적인 강우는 일조부족뿐만 아니라 다습으로 인하여 각종 병 발생의 원인이 되어 안정생산을 위협하는 요인이다. 배추의 세포내 조직 치밀도는 다른 채소와는 다르게 낮아 약간의 다습조건으로 인하여 세포 조직의 붕괴가 빠르게 일어난다. 특히 강우량이 많은 여름철 고온기 배추재배는 재배시에도 문제가 되지만 수확후 생산된 배추의 수분함량이 높고 표면적이 넓어서 수분손실이 크기 때문에 부패될 우려가 큰 것으로 알려져 있고 (Eum et al., 2013), 침수시 작물의 위조, 잎의 황화, 부정근 발생, 상편생장 등의 증상이 발생하는데 에틸렌이 주 작용을 하는 것으로 알려져 있다(Braford and Yang, 1981). 2010년 여름철의 잦은 호우로 인하여 배추뿐만 아니라 노지채소 작물에 병 발생이 심각하여 생산량을 크게 감소시켜 가격이 큰 폭으로 상승한바 있다(KOSIS, 2011). 그러나 앞으로 기상여건은 기후변화로 인하여 폭우, 지속적인 강우 등 이상기상 현상이 잦아질 것(IPCC, 2007)으로 예견하고 있으며, 노지재배로 대부분 생산되고 있는 배추의 경우 안정적인 공급에 차질이 우려된다. 또한 고온과 지속적인 가뭄은 배추의 경우 추대가 불량해 지거나 수량이 감소하고(Lee et al., 2014), 고온 스트레스에서 배추의 세포 손상과 사멸 가능성(Oh et al., 2014), 생육저하와 결구불량(Lee et al., 2009), heat shock protein의 발현과 석회 흡수 패턴(Hwang et al., 2003), 그리고 갖을 40℃ 이상으로 고온처리하였을 때 생육과 엽록소 함량이 20% 이상 감소한다는 보고(Hayat et al., 2009) 등 고온에 의한 엽채류 작물의 생리적 및 생화학적 반응에 미치는 영향이 연구되었다. 본 실험은 배추 재배시 고온과 침수시간에 따른 생육반응과 수량에 미치는 영향을 구명하고자 실시하였다.

2. 재료 및 방법

공시재료는 봄재배에서 많이 재배되고 있는 ‘춘광’(cv. chungwang, Sakada seed co., Japan) 품종을 2015년 3

월 31일에 72공 플러그 트레이에 시판용 경량상토인 바이오상토 1호(Hungnong seed co., Korea)를 채우고 1셀당 2립씩 파종하여 발아 후에 1주씩 남기고 솟아 주었다. 정식은 파종후 44일에 실시하였는바, 단동형 비가림 시설에 이랑폭을 90 cm로 만들고 점적호수를 이랑당 1줄을 설치하였고 그 위에 흑색 폴리에틸렌 필름으로 멀칭한 후 주간거리를 35 cm로 하였다.

온도처리는 하우스 1동은 적온구, 다른 1동은 고온구로 하여 적온구는 하우스내 온도가 20℃가 되면 자동으로 환기팬 및 측창이 열려서 환기가 되도록 하였고, 고온구는 30℃가 되어야 자동으로 환기팬 및 측창이 열리도록 설정하였다. 침수처리는 정식후 40일에 하우스를 5등분하여 무침수(0시간) 처리구와 침수(12, 24, 48 및 72 시간) 처리구를 두었고, 구획 구분은 처리구간 사이를 1 m간격을 두었으며 중간지점을 70 cm 깊이로 판 후 비닐을 설치하여 물이 다른 처리구로 이동하는 것을 막아 주었으며 침수처리는 점적호수를 이용하여 계속적으로 관수를 하였다.

생육조사는 정식 후 48일(침수처리후 8일)에 처리구의 반복별로 엽장, 엽폭, 엽수, 엽면적(LI-3100, Area meter, LI-COR Inc., USA), 생체중 및 건물중을 조사하였다. 통계처리를 위하여 생육 특성과 생체중은 각 처리구별로 5반복으로 조사하였다. 광합성특성 조사는 광합성측정기(LI-6400, portable photosynthesis system, LI-COR Inc., Nebraska, USA)를 사용하여 외엽중 남쪽 방향에서 자란 잎을 침수처리 종료 후 바로 처리구별로 3반복으로 조사하였다. 광합성 측정기의 측정 조건은 온도 25℃, 상대습도 60%, CO₂농도는 400 μmol·mol⁻¹, 광량은 500 μmol·m⁻²·s⁻¹로 하였다. 근활력 조사는 Berridge et al.(2005)의 방법으로 하였는데, 처리구별로 3주씩 6반복으로 측정하였다. 뿌리 채취는 침수처리 종료 후 정식부위를 중심으로 반경 50 cm, 깊이 30 cm 부위의 뿌리를 채취하여 증류수에 세척 후 측정에 이용하였다. 뿌리 시료는 세근을 약 0.5 cm 길이로 절단하여 균일하게 혼합한 후 0.1 g을 취해 2 mL test tube에 넣었다. 그 후 1 mL의 증류수를 첨가하여 혼합한 후 Premix WST-1 cell proliferation assay system(Takara Inc., Tokyo, Japan) 시약 10 μL를 가하였다. 이것을 암상태로 25℃에서 3시간 동안 반응시킨 후 ELISA reader (Microplate Spectrophotometer, EonTM, BioTekInc., Vermont, USA)

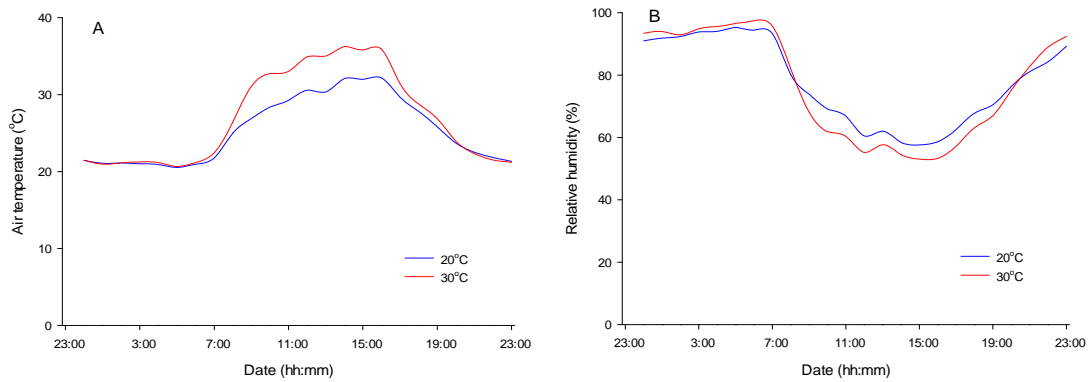


Fig. 1. Changes of temperature (A) and relative humidity (B) on different temperature treatment (at June 28th).

를 이용하여 흡광도 420 nm에서 분석하였다. Premix WST-1 cell proliferation assay system 시약 10 μL 를 증류수에 혼합하여 blank로 이용하였다. 시설내 환경조건 측정은 데이터로거(HOBO® weather station data logger, Onset, USA)를 이용하여 1시간 간격으로 기온, 상대습도, 광량, 토양수분함량을 조사하였다.

통계분석은 SAS 프로그램(SAS 9.2, SAS Institute Inc., USA)을 이용하여 각 처리구별 생장, 수량, 광합성, 및 근활력 차이에 대해 95% 신뢰수준에서 duncan's multiple range test (DMRT) 검정을 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

배추 재배하우스의 환경조건을 조사한 결과는 Fig. 1과 같다. 전체적으로 처리간 10°C 정도의 차이는 있었지만 외부환경 온도가 너무 높아서 20°C 처리구도 한낮에는 30°C에 육박했다.

배추 정식후 48일의 중간 생육을 조사한 결과는 Table 1과 같다. 엽면적, 구고 및 구폭은 온도에 의한 영향이 컸으며, 침수처리에 의해서는 엽록소 함량과 구고의 유의차가 컸으며, 엽수, 엽면적 및 구폭은 온도 및 침수처리 교호작용에 의하여 통계적으로 유의하게 영향을 받았다 (Table 1). 엽장은 20°C 48시간 침수처리가 52.5 cm로 가장 컸으며 20°C 24시간처리가 47.6 cm로 가장 적었다. 엽폭은 20°C 무침수 처리구가 32.8 cm로 가장 컸으며 20°C 72시간 침수처리가 27.5 cm로 가장 적었다. 엽록소함량은 온도에 따른 유의성은 없었지만

침수시간에 따른 유의성이 인정되어 침수시간이 길어질수록 함량이 낮아지는 것으로 나타났다. 엽수는 고온처리구의 무침수 처리구가 63.8매로 가장 적었고, 엽면적은 적온처리구가 고온 처리구에 비해서 유의하게 컸으며, 절구높이는 적온처리구의 12시간 침수처리가 39.3 cm로 가장 컸고 고온처리구의 무침수와 72시간 침수처리가 가장 작았으며, 절구둘레는 적온처리구가 고온처리구보다 유의성 있게 컸다. 이와 같은 결과는 고추 유묘기와 개화기에 침수시간이 길수록 생장량(초장, 엽수, 생체중 등)이 감소한다는 보고(Guh and Kuk, 1996a; Guh and kuk, 1996b)와 유사하였다.

배추의 광합성특성을 각 처리별로 처리후 1시간에 측정된 결과, 20°C 72시간 침수처리가 22.0 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 로 가장 높았으며, 30°C 24시간 처리구가 18.4 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 로 가장 낮았다. 기공전도도는 30°C 12시간과 24시간 침수처리구에서 각각 1.32와 1.37 $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 로 높았다. 본 연구 결과와 유사하게, 1일간 관수해를 받은 처리구 배추와 무의 광합성과 호흡이 증가하는 경향을 보였고, 에틸렌 발생은 관수해를 받은 배추와 무에서 대조구에 비해 많이 발생하였다(Suh, 1990). 그러나 침수처리시 고추속 작물의 광합성률은 3일째 50% 이하로 감소하였고(Ou et al., 2011), 포도의 광합성률, 증산률 및 광포화점도 7일차부터 급격히 낮아지며(Kang et al., 2007), 침수시 기공폐쇄와 더불어 대부분의 식물에서 광합성이 감소한다는 결과(Ahmed et al., 2002; Lee et al., 2004)와 다른 경향으로, 이것은 배추라는 작물이 절구를 하는 작물이며 식물체내 수분을

Table 1. Effects of temperature and water logging on growth of kimchi cabbage on 48 days after transplanting

Temperature (A)	Waterlogging (B)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Chlorophyll (SPAD)	No. of leaves	Leaf area (cm ² /pl.)	Height of head (cm)	Width of head (cm)
20°C	0 hr	51.8 ab ^z	32.8 a	50.4 ab	73.0 a	26,299 a	35.3 bc	52.3 abc
	12 hr	50.0 ab	31.2 ab	49.1 abc	70.7 ab	24,359 ab	39.3 a	53.0 ab
	24 hr	47.6 b	28.1 ab	48.6 abc	71.7 a	24,195 ab	36.5 ab	54.0 a
	48 hr	52.5 a	28.7 ab	47.8 abc	67.2 ab	24,408 ab	34.2 bc	52.3 abc
	72 hr	49.2 ab	27.5 b	44.6 c	66.8 ab	22,044 bcd	31.7 cd	50.4 abc
30°C	0 hr	49.3 ab	30.3 ab	51.8 a	63.8 b	18,213 d	27.2 e	44.2 e
	12 hr	51.6 ab	32.6 ab	50.5 ab	70.0 ab	18,820 cd	35.3 bc	49.0 bcd
	24 hr	48.4 ab	29.3 ab	50.7 ab	72.0 a	19,257 cd	34.7 bc	46.3 de
	48 hr	48.2 ab	29.8 ab	46.7 bc	70.2 ab	23,761 ab	29.5 de	50.8 abc
	72 hr	49.2 ab	31.0 ab	46.8 bc	69.5 ab	22,558 abc	26.2 e	48.7 cd
Significance								
	A	ns	ns	ns	ns	**	***	***
	B	ns	ns	**	ns	ns	***	ns
	A×B	ns	ns	ns	*	**	ns	*

^zMean separation within by Duncan's multiple range test at $p=0.05$ **Table 2.** Effects of combination of air temperature and waterlogging on the net photosynthetic rate and transpiration rate of Kimchi cabbage

Temperature (A)	Waterlogging (B)	Net photosynthetic rate ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	Stomatal conductance ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	Transpiration rate ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
20°C	0 hr	20.5 ab ^z	0.79 c	5.25 c
	12 hr	20.5 ab	1.25 ab	8.22 a
	24 hr	19.2 bc	1.27 ab	7.92 ab
	48 hr	20.4 ab	0.84 bc	6.71 abc
	72 hr	22.0 a	0.74 c	5.10 c
30°C	0 hr	19.6 bc	0.58 c	4.70 c
	12 hr	19.4 bc	1.32 a	6.32 abc
	24 hr	18.4 c	1.37 a	7.23 abc
	48 hr	19.3 bc	0.65 c	5.53 bc
	72 hr	20.4 ab	0.55 c	6.46 abc
Significance				
	A	**	ns	ns
	B	**	***	**
	A×B	ns	ns	ns

^zMean separation within by Duncan's multiple range test at $p=0.05$

많이 함유하는 작물로써 광합성 측정 잎이 결구된 잎이 아니라 외엽이었기 때문에 침수 시간이 길어도 크게 낮아지지 않은 것으로 사료된다.

뿌리의 근활력은 침수처리후 8일 측정시 20℃ 48시간과 72시간 처리구가 각각 0.148과 0.151로 가장 높았으며 12시간 처리구가 0.052로 가장 낮았다. 수확기 무렵인 처리후 28일에는 30℃ 72시간 처리구에서 가장 높았고, 30℃ 무침수 처리구가 0.021로 20℃ 무침수 대비 50% 수준이었다. 전체적으로 침수처리후 생육기간이 길어질수록 근활력은 낮아지는 것으로 나타났으며, 근활력 비율은 적온구의 경우 침수시간이 길수록 근활력이 많이 떨어졌고, 고온구의 경우에는 적온구와는 달리 침수 시간이 짧을수록 많이 떨어졌다. 이것은 침수시간이 길어질수록 참외(Lee et al., 2004)와 사과(Chilelers and White, 1942)의 근활력이 급격하게 감소하였다는 결과와 다른 결과로 엽채류인 배추의 경우 침수가 근활력 저하에는 영향을 미치지 않고, 침수후 시간이 지날수록 장기간 침수 처리한 처리구의 근활력 저하가 큰 것으로 나타났다.

침수처리후 28일의 결구중은 2,338-3,108 g/주 로 통

계적인 유의성이 없었다. 그러나 침수처리후 17일과 27일의 정상주 비율을 조사한 결과 온도가 높고 침수시간이 길수록 정상주 비율이 현저하게 낮아졌으며 특히 침수처리후 27일에서 정상주 비율이 크게 낮아졌다. 침수처리후 27일의 정상주 비율은 적온구의 무침수처리구가 63.8%인데 비해서 적온구 48시간과 72시간 침수처리구는 각각 35%와 38% 정도로 낮아졌고, 고온구의 경우에는 모든 처리구에서 16~30% 정도로 크게 낮아졌다. 수량은 적온처리구가 고온처리구보다 유의하게 높아서 적온구의 무침수처리구가 4,463 kg/10a로 가장 높았고, 고온구의 무침수 처리구가 1,082 kg/10a로 가장 낮았다. 정상주율을 보면 10일 차이로 많이 떨어지므로 따라서 이 시기에는 야간온도도 높고 강한 광선으로 인하여 정상주 확보를 위해서는 수확시기를 다른 시기에 재배하는 것 보다 앞당겨야 할 것으로 사료되고, 특히 고온일 때 침수가 되면 수확시기를 늦추지 말아야 할 것으로 판단된다. 이것은 배추는 결구후 강우일수가 많아지면 토양내 수분이 증가하여 포기 무게가 감소하여 생산량이 줄어든다는 결과(Heo et al., 2008)와 유사하였고, Sammis et al.(1988)은 상추와 배추에서 관수량을 늘렸을 때 수량

Table 3. Effects of temperature and water logging on root activity of kimchi cabbage

Temperature (A)	Waterlogging (B)	Root activity (Abs., at 420 nm)		
		8 days after waterlogging (C)	28 days after waterlogging (D)	Ratio (D/C) ^z
20℃	0 hr	0.093 cd ^y (100)	0.041 ab (100)	44.0
	12 hr	0.052 e (55)	0.028 bc (67)	53.8
	24 hr	0.130 ab (139)	0.028 bc (69)	21.5
	48 hr	0.148 a (158)	0.038 abc (91)	25.6
	72 hr	0.151 a (162)	0.025 bc (60)	16.5
30℃	0 hr	0.097 cd (103)	0.021 c (50)	21.6
	12 hr	0.101 cd (108)	0.027 bc (65)	26.7
	24 hr	0.098 cd (105)	0.035 abc (86)	35.7
	48 hr	0.083 d (89)	0.024 bc (59)	33.7
	72 hr	0.117 bc (125)	0.051 a (124)	43.5
Significance				
A		**		ns
B		***		ns
A×B		***		**

^z() : Ratio is compare to 25℃, 0 hr

^yMean separation within by Duncan's multiple range test at p=0.05

Table 4. Effects of temperature and water logging on fresh weight and yield of kimchi cabbage

Temperature (A)	Waterlogging (B)	Fresh weight (g)			Percentage of formality (%)		Yield (kg/10a)
		Total	Head	Root	17 days after waterlogging	27 days after waterlogging	
20℃	0 hr	4,620 ab ^z	2,455 a	22.7 c	86.3 a	63.8 a	4,463 a
	12 hr	4,159 ab	2,482 a	22.9 c	63.8 abc	47.5 ab	3,360 abc
	24 hr	4,492 ab	2,638 a	30.0 b	72.5 abc	55.0 ab	4,135 ab
	48 hr	4,366 ab	2,657 a	37.5 a	60.0 abc	35.0 bc	2,650 abcd
	72 hr	4,979 ab	3,108 a	31.1 b	66.3 abc	38.8 bc	3,432 abc
30℃	0 hr	3,577 b	2,338 a	31.5 ab	62.5 abc	16.3 c	1,082 d
	12 hr	4,549 ab	2,734 a	35.0 ab	35.3 bc	30.0 bc	2,338 bcd
	24 hr	5,029 a	2,910 a	33.5 ab	43.8 bc	30.0 bc	2,488 bcd
	48 hr	4,229 ab	2,579 a	35.2 ab	38.8 bc	20.0 c	1,470 cd
	72 hr	4,983 ab	2,932 a	33.4 ab	27.5 c	17.5 c	1,462 cd
Significance							
A		ns	ns	***	***	***	***
B		ns	ns	***	ns	ns	ns
A×B		ns	ns	**	ns	ns	ns

^zMean separation within by Duncan's multiple range test at $p=0.05$



Fig. 2. State of kimchi cabbage after waterlogging. Non-waterlogging with 20℃(A), 72 hours waterlogging with 20℃(B) and 72 hours waterlogging with 30℃(C).

이 두 품목 모두 유의하게 증가한다는 결과와 상반된 결과로 본 실험은 72시간 관수를 계속해 주었기 때문에 집중적인 관수에 따른 비정상과 발생이 많아 수량이 감소한 것으로 사료된다.

침수시간과 온도조건별 배추의 피해양상을 보면 20℃ 무침수 처리구는 정상적이었으나, 20℃와 30℃ 72시간 침수처리시 무름증상과 속썩음증상이 발생하였고, 특히 30℃ 72시간 침수처리구에서 피해가 심하게 나타났다. 이것은 참외에서 5일 침수처리가 1일 침수처리보다 수량이 감소하였고(Lee et al., 2004), 마늘의 침수시간이 길어질수록 수량이 크게 감소하였다(Suh et al., 1987)

는 보고와 유사한 결과로, 배추재배시 침수는 상품성을 떨어뜨리며 특히 시간이 길어질수록 상품수량은 더욱 낮아지므로 침수 후 가급적 일찍 수확을 하는 것이 좋다는 것을 의미한다.

4. 결론

배추의 침수시간과 고온에 따른 생육, 근활력 및 수량에 미치는 영향을 구명하였다. 배추의 생육은 30℃ 처리구보다 20℃ 처리구가 좋았고, 침수시간이 길수록 생육이 감소하였다. 처리별로 침수처리후 1시간에 측정한 광

합성특성은 20℃ 72시간 침수처리구가 22.0 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 로 가장 높았으며, 30℃ 24시간 처리구가 18.4 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 로 가장 낮았다. 기공전도도는 30℃ 12시간과 24시간 침수처리구에서 각각 1.32와 1.37 $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 로 높았다. 근활력은 적온구의 경우 침수시간이 길수록 근활력이 많이 떨어졌고, 고온구의 경우에는 적온구와는 달리 침수 시간이 짧을수록 많이 떨어졌다.

배추의 정상주 비율은 20℃ 무침수 처리구가 63.8% 이었고, 20℃ 48시간과 72시간 침수처리구가 각각 35% 와 38% 이었으며 30℃의 모든 처리구에서 16~30% 정도로 고온이고 침수시간이 길었던 처리구일수록 정상주 비율이 현저하게 낮았다. 수량을 조사한 결과에서도 20℃ 처리구가 30℃의 고온처리구보다 통계적으로 높았으며, 20℃ 0 hr(무침수) 처리구가 4,463 kg/10a로 가장 높았고, 30℃ 무침수 처리구가 1,082 kg/10a로 가장 낮았다. 따라서 이 시기에 배추를 재배할 경우, 고온이 되지 않도록 재배작형을 조절하고, 침수가 되었다면 수확시기를 늦추지 말고 가급적 일찍 수확하는 것이 좋을 것으로 사료되었다.

감사의 글

본 성과물은 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ10136)의 지원에 의해 이루어진 것임.

REFERENCES

- Ahmed, S., Nawata, E., Hosokawa, M., Domae, Y., Sakuratani, T., 2002, Alterations in photosynthesis and some antioxidant enzymatic activities of mung-bean subjected to waterlogging, *Plant Sci.*, 163, 117-123.
- Braford, K. J., Yang, S. F., 1981, Physiological responses of plants to waterlogging, *HortScience*, 16, 25-30.
- Chilelers, N. F., White, D. G., 1942, Influence of submersion of the roots on transpiration, apparent photosynthesis and respirations of young apple tree, *Plant Physiol.*, 17, 603-618.
- Eum, H. L., Bae, S. J., Kim, B. S., Yoon, J. R., Kim, J. K., Hong, S. J., 2013, Post harvest quality changes of Kimchi cabbage 'Choongwang' cultivar as influenced by postharvest treatments, *Kor. J. Hort. Sci. Technol.*, 31, 429-436.
- Guh, J. O., Kuk, Y. I., 1996a, Effects of depth and duration of flooding on growth and yield at different growth stage in pepper (*Capsicum annuum* L.), *Kor. J. Environ. Agri.*, 15, 325-334.
- Guh, J. O., Kuk, Y. I., 1996b, Effects of depth and duration of water-logging on growth and yield at transplanting and flowering stage in pepper, *Kor. J. Environ. Agri.*, 15, 425-433.
- Hayat, S., Masood, A., Yusuf, M., Fariduddin, Q., Ahmad, A., 2009, Growth of indian mustard (*Brassica juncea* L.) in response to salicylic acid under high-temperature stress, *Brazilian Soc. Plant Physiol.*, 21, 187-195.
- Heo, I. H., Kim, S., Lee, K., Kwon, W. T., Lee, S., 2008, Impacts of climate change on agriculture in Naju, *J. Climate Res.*, 3, 17-30.
- Hwang, S. W., Lee, J. Y., Hong, S. C., Park, Y. H., Yun, S. G., Park, M. H., 2003, High temperature stress of summer Chinese cabbage in alpine region, *Kor. J. Soil Sci. Fert.*, 36, 417-422.
- International Panel on Climate Change(IPCC), 2007, Fourth Assessment Report.
- Kang, S. B., Jang, H. I., Lee, I. B., Park, J. M., Moon, D. K., 2007, Changes in photosynthesis and chlorophyll fluorescence of 'Campbell Early' and 'Kyoho' grapevine under long-term waterlogging condition, *Kor. J. Hort. Sci. Technol.*, 25, 400-407.
- Korean Statistical Information Service (KOSIS), 2011, Cultivation area of Kimchi cabbage by region, www.kosis.kr.
- Lee, J. S., Paek, K. Y., Shin, Y. A., Park, S. H., Jeong, S. T., Hwang, J. H., 2004, Effect of soil waterlogging at three developmental stages on growth, fruit yield and physiological responses of oriental melon (*Cucumis melon* L. var. makuwa Makino), *Kor. J. Hort. Sci. Technol.*, 22, 1-6.
- Lee, S. G., Moon, J. H., Jang, Y. A., Lee, W. M., Cho, I. H., Kim, S. Y., Ko, K. D., 2009, Photosynthetic characteristics and cellular tissue of Chinese cabbage are affected by temperature and CO₂ concentration, *J. Bio-Environ. Cont.*, 18, 148-152.
- Lee, S. G., Choi, C. S., Lee, J. G., Jang, Y. A., Lee, H. J., Chae, W. B., Do, K. R., 2014, Influence of

- shading and irrigation on the growth and development of leaves tissue in hot pepper, Kor. J. Hort. Sci. and Technol., 32, 448-453.
- Oh, S., Moon, K. H., Son, I. C., Song, E. Y., Moon, Y. E., Koh, S. C., 2014, Growth, photosynthesis and chlorophyll fluorescence of Chinese cabbage in response to high temperature, Kor. J. Hort. Sci. Technol., 32, 318-329.
- Ou, L. J., Dai, X. Z., Zhang, Z. Q., Zou, X. X., 2011, Responses of pepper to waterlogging stress, Photosynthetica, 49, 339-345.
- Sammis, T. W., Kratky, B. A., Wu, I. P., 1988, Effects of limited irrigation on lettuce and Chinese cabbage yields, Irrig. Sci., 9, 187-198.
- Statistics Korea (KOSTAT), 2015, Crop production statistics (<http://www.kosis.kr>).
- Suh, H. D., 1990, Studies on the submergence injury in radish (*Raphanus sativus* L.) and Chinese cabbage (*Brassica campestris* ssp. *pekinensis*), Ph. D. Dissertation, Seoul National University, Seoul, Korea.
- Suh, H. D., Park, S. K., Hwang, J. M., 1987, Effect of waterlogging on the growth and yield of garlic, Res. Rept. RDA, 29, 38-50.