

단감 '부유' 과실의 저장특성에 미치는 수확기 동상해 및 과수원 온도조건의 영향

Effect of Frost Injury in Harvest Season and Temperature Condition of Orchard on Storage Characteristics of Persimmon (*Diospyros kaki* 'Fuyu') Fruit

곽용범

Y. B. Kwack
국립한국농수산대학
과수학과¹
kwack@korea.kr

김승희

S. H. Kim
국립한국농수산대학
과수학과¹
vitis@korea.kr

안광환

K. H. Ahn
경남농업기술원
단감연구소²

이창훈

C. H. Lee
국립한국농수산대학
과수학과¹
theodds@korea.kr

강성구*

S. K. Kang
국립한국농수산대학
과수학과¹
talkung@korea.kr

Abstract

We analyzed the effect of planting site (elevation: high, middle, low) and temperature condition of orchard on the frost injury occurrence and storage characteristics of persimmon (*Diospyros kaki* cv. 'Fuyu') fruits under an early fall frost at two orchards, Changwon (A) and Changnyeong (B), Gyeongsangnam-do Korea. Also, the fruits picked at Nov. 5 and Nov. 20 were MA stored to investigate the quality and chilling injury of fruits.

On 2-way factor analysis, both planting elevation and orchard factor had not a significant effect on fruit characteristics (weight, firmness, soluble solid), while planting elevation factor did on the skin color (hunter 'a')($p<0.05$). A fruit skin coloration at orchard A was faster than that at orchard B.

At low elevation of orchard B, 2% fruits were frost injured at harvest season. On LDPE film MA storage with the fruits harvested at Nov. 5 and Nov. 20, the fruits at orchard A had higher fruit firmness than those of orchard B during storage. In addition, the 73% (orchard A) and 85%(orchard B) fruits harvested at Nov. 5 showed no chilling injury 80 days after storage. However, At harvest of Nov, 20 (after incidence of frost), only the 14% fruits of orchard B had no the chilling disorder 80 days after storage, even though 76% fruits at orchard A did.

Key words : Frost injury, MA storage, Chilling injury, Persimmon, Planting elevation

* 교신저자

¹ Department of Fruit Science, Korea National College of Agriculture and Fisheries, Jeonju 54874, Republic of Korea

² Gyeongsangnam-do agricultural research & extension services, 50871, Korea (Gimhae 50871, Korea)

I. 서론

급격한 기온 상승과 저하 등 기후변화는 과수의 개화기 및 수확기 등의 생육시기를 변화시키고 과실품질에 영향을 미친다(Heo and Lee, 2017; Lee et al., 2012; Shin et al., 2012). 최근에는 이상저온, 서리, 우박 등 극한기후로 인한 원예작물 동상해 피해가 많이 발생하고 있다(Kim et al., 2012). 그 피해에는 전정과 결실량(Park et al., 2003), 무기영양(Pellet and Carter, 1981), 대목(Howell and Perry, 1990) 등과 같은 재배적인 측면의 요인 뿐만 아니라 식재위치(Hocevar and Martsof, 1971; Kang et al., 2014), 재식양식과 토양관리(Krezdorn and Martsof, 1984; Martsof et al., 1986) 등 농장 입지와 조성방식과 관련된 요인들도 관여하고 있음이 보고되고 있다.

우리나라 주요 과종의 하나인 단감도 다른 과종에 비하여 내한성이 약한 것으로 알려져 있다(Kang et al., 2014; Moon and Lee, 1985). 그래서 대부분 단감 과원이 저온에 대하여 안전한 지역(Kim et al., 1988)에 위치하고 있지만 지구 온난화와 더불어 가을의 돌발적인 저온에 의하여 다양한 형태로 동상해 피해를 받고 있다(Choi et al., 2015; Hong and Hwang, 1980; Kang et al., 1998; Leng et al., 1993). 특히 만생종 단감 '부유' 과실은 가을의 돌발적인 저온에 의하여 다양한 형태로 동상해 피해를 받으며, 과원의 지형적 특성과 온도환경 특성 등에 의해 그 양상이 다양하게 나타나는 것으로 보고되고 있다(Choi et al., 2013b; Choi et al., 2015; Kang et al., 2014).

단감의 생육기 환경이 수확 후 과실특성에 많은 영향을 미치고 있다는 것은 잘 알려진 사실이다. 특히 농장의 온도 환경(Salvador et al., 2006)과 동상해(서리)의 유무에 의해 수확 후 특성도 다양한 형태의 변화가 예상된다. 현재 국내

에서 '부유' 감나무의 저온장해나 동상해 피해와 관련하여 감나무 수체 생장(Choi et al., 2013a, 2013b) 관련 연구 결과는 있지만, 단감 과실을 대상으로 동해 피해발생 시기나 동해피해 과실의 저장 중 변화에 관련한 연구 보고(Chung and Bae, 2014; Jo et al., 2015)는 많지 않다.

본 연구는 가을 동상해 발생과 과실생장에 미치는 식재위치의 표고와 농장의 온도환경의 영향을 분석하고 서리가 발생한 과수원의 과실 저장 특성을 알아보려고 실시하였다.

II. 재료 및 방법

본 연구는 경상남도 창원군과 창원시에 소재하는 수령 약 20년의 '부유'(*Diospyros kaki* 'Fuyu') 단감 과원에서 수행되었다. 창원시에 소재한 과원(과원 A)은 북향의 경사지 과원이지만 정면에 낙동강을 낀 개활지가 펼쳐진 장소에 위치하고 상대적으로 온난한 기후를 나타내고 있으며, 창원군 소재의 과원(과원 B)은 북향의 경사지 과원으로 정면이 낮은 산으로 막혀있는 곡간지에 있으며 상대적으로 냉량한 기후를 나타내고 있다.

과원의 식재위치(높이)에 따른 동상해 발생정도 차이를 조사하기 위하여 2013년 과원 A와 과원 B에서 고도 약 5m 간격으로 상부, 중부, 하부에 위치한 나무를 각 5주씩 선정하고 10월 25일과 11월 5일(서리 발생 전), 11월 20일(서리 발생 후)에 과실을 수확하여 과실특성(과중, 과실경도, 과실당도, 착색도)을 조사하였다. 10월 25일 수확한 과실은 유리당 함량도 조사하였다. 그리고 과형 특성변화를 파악하기 위하여 10월 25일과 11월 20일에 수확한 과실은 과실 종경과 횡경을 vernier calipers를 사용하여 조사하고 종경/횡경비를 과형지수로 표시하였다.

과실경도는 Texture analyzer(TA-XT, Stable microsystem Co. UK)를 사용하였으며 두 지점의

과실 적도면의 과피를 제거한 후 기기에 장착된 직경 5mm의 탐침을 이용하여 3 mm/sec 속도로 과실 표면으로부터 과육 내부 10mm까지 진입했을 때 얻어지는 평균 최대값을 N으로 나타내었다.

과실 표면의 색도값은 휴대용 분광측색계(CM-508i, Konica Minolta Sensing Inc., Osaka, Japan)를 이용해 Hunter L, a, b 값을 측정하였다. 과실당도는 과실의 표면에서 약 2cm 깊이까지 착즙한 샘플을 굴절당도계(PAL-1, Atago Co., Tokyo, Japan)로 측정 후 그 값을 °Brix로 표기하였다.

유리당 함량 분석은 Carbohydrate column (4.6×250mm Cartridge, Waters, Ireland)을 장착한 HPLC (Waters 2690 Separations Module., Waters, MA, USA)를 사용하였으며, 전처리된 샘플

플 1mL를 취하여 0.45µm membrane filter로 필터 후 40°C로 설정한 column에 10µL씩 주입하여 분석하였다. 이동상은 acetonitrile과 water (80:20, v/v)로 유량은 1.5mL/min 였으며, 검출은 Refractive Index(RI) detector를 이용하였다. 정성 및 정량은 과당(fructose), 포도당(glucose), 설탕(sucrose) 표준품을 이용하였다

시험수 주변에 디지털 온도기록계(Thermo Recorder TR-71Ui., T&D CORP., Nagano, Japan)를 설치, 실시간 온도변화를 조사하여 단감 과원의 최저기온이 나타난 시점을 확인하고, 온도에 따른 동상해 피해 정도를 조사하였다. 수확기에 과원 A에서는 2회(11월 12일, 13일), 과원 B에서는 4회(12일, 13일, 14일, 19일) 서리가 관찰되었으며(Fig. 1), 과원의 상부와 하부의 지상 1m 높이에서 관측된 최저온도는 Table 1과 같았다.

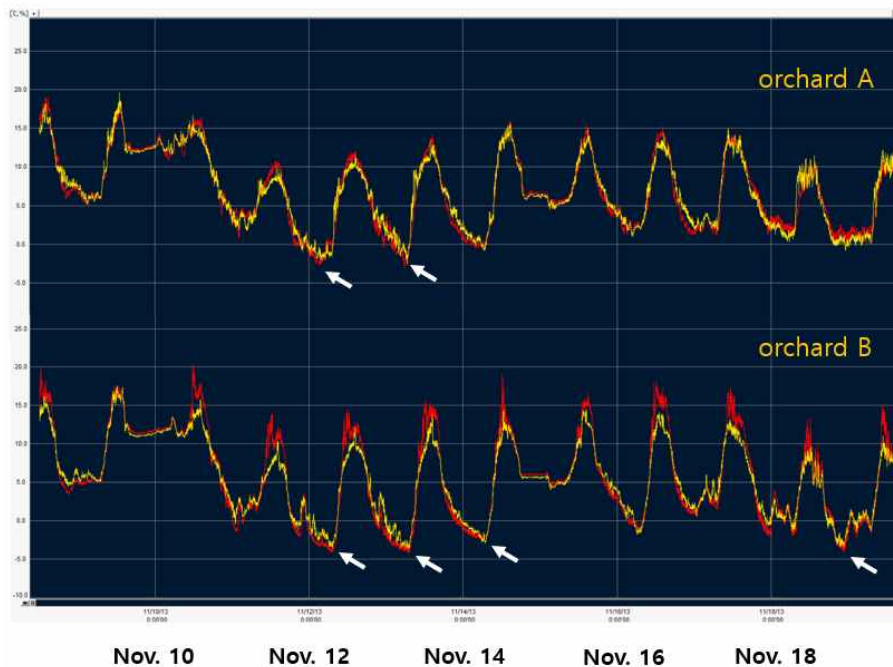


Fig. 1. Temperature change for sweet persimmon orchards at Changwon(orchard A) and Changnyeong(orchard B) Korea in November, 2013. Arrows denote frost occurrence; Yellow line and red line denote the temperatures measured at 1m above the ground of upper part and lower part of the orchards, respectively

단감 '부유' 과실의 저장특성에 미치는 수확기 동상해 및 과수원 온도조건의 영향
 광용범, 김승희, 안광환, 이창훈, 강성구

Table 1. Lowest temperature of 1m above the ground of upper part (high elevation) and lower part (low elevation) of persimmon orchards at Changwon (orchard A) and Changnyeong (orchard B)

orchard	high elevation	low elevation
A	-2.9℃	-3.1℃
B	-3.7℃	-4.3℃

동상해와 관련된 수확후 과실 저장특성변화를 조사하기 위하여 동상해 피해가 발생하기 전·후에 수확한 과실 중 외적 동상해 피해가 없는 과실 (220±10g)을 선별하여 과실특성을 조사한 후, 3일 동안 예건을 하여 30µm 두께의 LDPE (51 × 12.5cm) 포장지에 1개씩 포장한 후 0℃ 저온저장고에 저장하였다. 저장 후 약 30일 단위로 저장 중 과실의 무게, 색도, 경도, 당도, 저장장해 발생의 변화를 조사하였다.

동상해 전·후에 수확된 과실에서 수집된 자료는 SAS system(SAS Institute Inc. USA)을 사용하여 분산분석을 통한 2 요인 분석을 하였다.

III. 결과 및 고찰

수확기 전·후(10월 25일, 11월 20일)에 조사된 두 과원의 과실의 성장 특성 중 과중, 경도, 과실 종경, 과실횡경, 과형지수, 과실당도를 포함한 대

부분의 조사항목에서 표고요인과 농장요인의 유의미한 효과는 관찰되지 않았다. 분석된 항목 중 유일하게 착색도(hunter 'a') 항목에서만 10월 25일과 11월 20일에 수확한 과실 모두에서 표고요인 효과가 있었으며, 11월 20일 수확 과실에서는 표고요인과 과원 요인의 상호작용도 관찰되었다(Table 2, 3). 과실의 성장, 특히 과실종경과 과실횡경에 과원 요인이 작용하였다고 보고하였으나(Kang *et. al.*, 2014) 과형지수는 본 실험(Table 5)과 동일하게 과원 요인이 작용하지 않았다고 하였다. 오히려 동일 과원의 수관 내 착과 위치(방향)가 더 큰 영향을 주었다고 하여 국지적인 환경 차이(채광)가 과실의 발육에 영향을 더 많이 줄 수도 있다고 하였다. 이는 과실의 성장에는 과원의 토양환경이나 기후환경은 물론 연차변이를 포함한 다양한 환경요인이 복합적으로 작용(Macrea, 1987)하고 있어서 개방된 환경의 과원에서 과실생장에 미치는 단일요인의 효과를 특정하기에는 많은 어려움이 있다는 것을 시사한다.

Table 2. 2-way factor analysis of planting elevation and orchards of different climate condition for fruit characteristics of persimmon 'Fuyu' fruit harvested in Oct. 25, 2013

	fruit weight	fruit firmness	soluble solid content	fruit shape (L/W)	hunter 'a'
Elevation (E)	ns	ns	ns	ns	ns
Orchard (O)	ns	ns	ns	ns	*
E x O	ns	ns	ns	ns	ns

ns: non significant, *: $p < 0.05$

Table 3. 2-way factor analysis of planting elevation and orchards of different climate condition for fruit characteristics of persimmon 'Fuyu' fruit harvested in Nov. 20, 2013

	fruit weight	fruit firmness	soluble solid content	fruit shape (L/W)	hunter 'a'
Elevation (E)	ns	ns	ns	ns	ns
Orchard (O)	ns	ns	ns	ns	*
E x O	ns	ns	ns	ns	*

ns: non significant, *: $p < 0.05$

한편 11월 5일에 수확한 과실의 과중(Table 4) 이 B 과수원에서, 과실경도(Table 5)는 A 과원에서 높은 경향이 있었으나 유의미한 차이는 없었다. 과실당도(Table 6)도 약 16~17 °Brix 정도로 과원 간과 표고 간에 유의미한 차이가 관찰되지 않았다. 이것은 지역적 차이에 의해 발생하는 생

육환경의 변이(Kim *et. al.*, 1988; Moon and Lee, 1985)가 본 연구에서 조사된 곡간지에 위치한 과원과 개활지에 위치한 과원의 환경조건의 차이가 초래하는 환경변이 효과를 초월하고 있음을 시사하고 있다.

Table 4. Fruit weight (g) of persimmon (*Diospyros kaki* 'Fuyu') as influenced by the planting site (elevation) of orchards at Changwon (A) and Changnyeong (B)

orchard		harvest		
		Oct. 25	Nov. 5	Nov. 20
A	high	187.3±11.2	212.7±1.5	234.7±11.3
	middle	213.3±12.5	211.2±1.1	220.3±12.1
	low	197.0±13.1	213.9±2.3	246.0±12.5
	mean	199.2±13.0	212.6±10.1	233.7±11.5
B	high	178.0±14.2	214.9±12.5	234.7±16.5
	middle	197.2±15.3	211.5±15.1	220.3±15.6
	low	206.1±11.5	225.1±11.1	246.0±17.1
	mean	193.7±14.1	214.9±14.3	228.3±11.2

Table 5. Fruit firmness (N) of persimmon (*Diospyros kaki* 'Fuyu') as influenced by the planting site (elevation) of orchards at Changwon (A) and Changnyeong (B)

orchard		harvest		
		Oct. 25	Nov. 5	Nov. 20
A	high	22.1±1.2	20.1±1.0	18.3±1.2
	middle	23.5±1.0	20.0±1.4	19.9±1.3
	low	24.9±1.3	22.5±1.5	18.0±1.1
	mean	23.5±1.3	20.8±1.3	18.7±1.2
B	high	23.3±0.5	18.7±2.5	17.7±2.1
	middle	22.8±0.6	19.7±1.8	20.2±1.5
	low	24.1±0.5	20.7±1.5	15.6±1.9
	mean	23.4±0.6	18.7±1.9	17.8±1.8

단감 '부유' 과실의 저장특성에 미치는 수확기 동상해 및 과수원 온도조건의 영향
 광용범, 김승희, 안광환, 이창훈, 강성구

Table 6. Fruit soluble solid (oBrix) of persimmon (*Diospyros kaki* 'Fuyu') as influenced by the planting site (elevation) of orchards at Changwon (A) and Changnyeong (B)

orchard		harvest		
		Oct. 25	Nov. 5	Nov. 20
A	high	15.8±0.1	16.1±0.2	16.3±0.6
	middle	15.7±0.1	16.5±0.3	17.6±0.4
	low	15.6±0.2	16.5±0.1	17.0±0.7
	mean	15.7±0.1	16.4±0.2	17.0±0.5
B	high	15.6±0.3	15.7±0.5	17.2±0.5
	middle	16.0±0.4	16.1±0.6	17.9±0.4
	low	15.2±0.4	17.6±0.6	17.7±0.5
	mean	15.6±0.3	15.7±0.6	17.5±0.5

Table 7. Fruit shape of persimmon (*Diospyros kaki* 'Fuyu') as influenced by the planting site (elevation) of orchards at Changwon (A) and Changnyeong (B)

orchard		length (mm)		width (mm)		L/W	
		Oct. 25	Nov. 20	Oct. 25	Nov. 20	Oct. 25	Nov. 20
A	high	58.3±0.8	59.1±1.0	80.1±1.5	83.8±1.0	0.73±0.02	0.71±0.05
	middle	57.0±1.0	58.4±1.1	80.6±1.4	82.7±1.1	0.71±0.05	0.71±0.03
	low	58.6±0.8	57.1±0.9	83.0±1.5	84.9±1.1	0.71±0.02	0.67±0.01
	mean	58.0±1.0	58.2±1.0	81.2±1.4	83.8±1.1	0.72±0.03	0.70±0.03
B	high	59.4±2.0	56.0±1.5	86.8±2.9	84.9±2.1	0.68±0.02	0.66±0.01
	middle	55.6±1.8	57.8±1.6	83.2±2.8	85.3±2.2	0.67±0.03	0.68±0.05
	low	56.4±1.9	59.2±1.4	81.1±2.8	88.9±2.0	0.70±0.01	0.67±0.02
	mean	57.1±1.9	57.7±1.5	83.7±2.8	86.4±2.1	0.68±0.02	0.67±0.03

Table 8. Fruit skin color (hunter L) of persimmon (*Diospyros kaki* 'Fuyu') as influenced by the planting site (elevation) of orchards at Changwon (A) and Changnyeong (B)

orchard		harvest		
		Oct. 25	Nov. 5	Nov. 20
A	high	53.7±1.0	53.5±0.3	53.5±0.2
	middle	52.1±1.1	54.3±0.2	52.9±0.5
	low	54.2±0.9	53.6±0.5	52.8±0.3
	mean	53.3±1.0	53.8±0.4	53.1±0.4
B	high	51.8±0.7	54.9±2.5	51.1±1.9
	middle	53.1±0.8	54.9±2.6	54.8±1.8
	low	52.0±0.6	54.9±2.7	53.6±1.7
	mean	52.3±0.6	54.9±2.5	53.2±1.8

세 시기에 수확한 과실의 과중, 과실경도, 과실 당도, 착색도(Table 9) 변화는 두 과원의 상부, 중부, 하부에 재식된 나무 모두 11월 초를 기점으로 수확기에 도달했다는 것을 보여주고 있다. 표고 요인 효과가 인정된 과실착색(hunter a)은

A 과원의 과실은 12.8에서 32.4로 착색이 진행되었으며, B 과원의 과실은 11.8에서 31.0으로 착색되어 고온지의 과원인 A 과원에서 착색이 약간 빠른 것으로 판단된다(Table 9). 고온환경에서 성숙과정이 더 빨리 진행되는 것은 10월 25일에 조

사된 과실의 유리당(과당, 포도당, 자당) 중 과당과 포도당 함량이 고온지 과원인 A 과원의 과실에서 약간 높은 결과(Table 11)에서도 알 수 있었다. 그러나 L값과 b값에는 유의미한 차이가 없었다(Table 8, 10).

Table 9. Fruit skin color (hunter a) of persimmon (*Diospyros kaki* 'Fuyu') as influenced by the planting site (elevation) of orchards at Changwon (A) and Changnyeong (B)

orchard		harvest		
		Oct. 25	Nov. 5	Nov. 20
A	high	10.5±2.1	19.6±1.6	31.1±0.9
	middle	13.7±2.0	21.4±1.5	33.6±1.0
	low	14.3±2.0	24.6±1.1	32.4±0.8
	mean	12.8±2.0	21.9±1.4	32.4±0.8
B	high	13.1±1.1	19.6±1.5	30.9±0.6
	middle	11.0±1.0	17.6±1.2	30.6±0.6
	low	11.4±1.2	18.6±1.4	31.6±0.3
	mean	11.8±1.1	19.6±1.3	31.0±0.4

Table 10. Fruit skin color (hunter b) of persimmon (*Diospyros kaki* 'Fuyu') as influenced by the planting site (elevation) of orchards at Changwon (A) and Changnyeong (B)

orchard		harvest		
		Oct. 25	Nov. 5	Nov. 20
A	high	24.7±1.5	28.6±0.7	28.3±0.3
	middle	25.4±1.5	28.6±0.5	28.7±0.5
	low	27.6±1.6	27.6±0.6	28.5±0.9
	mean	25.9±1.5	28.3±0.5	28.5±0.6
B	high	25.1±0.6	28.4±2.8	27.7±0.9
	middle	25.2±0.7	26.3±2.3	29.0±1.1
	low	24.3±0.4	27.0±2.7	28.3±0.5
	mean	24.9±0.5	28.4±2.7	28.3±0.9

Table 11. Free sugar contents of persimmon (*Diospyros kaki* 'Fuyu') fruits as influenced by the planting site (elevation) of orchards at Changwon (A) and Changnyeong (B) (Oct. 25, 2013)

orchard		free sugar (g·100g ⁻¹ fw)		
		Oct. 25	fructose	glucose
A	high	1.60±0.17	1.90±0.15	11.10±0.10
	middle	1.60±0.15	1.90±0.18	11.10±0.11
	low	1.90±0.15	2.20±0.17	11.10±0.08
	mean	1.70±0.16	2.00±0.17	11.10±0.10
B	high	1.60±0.21	2.10±0.37	10.20±0.80
	middle	1.50±0.18	1.80±0.36	11.80±0.42
	low	1.20±0.22	1.50±0.35	11.20±0.68
	mean	1.60±0.19	2.00±0.37	10.30±0.70

과실은 상품성을 유지하기 위하여 충분히 성숙이 되어 고유의 특징을 갖춘 후에 수확을 해야 한다. 그러나 최근 기후변화에 따른 빈번한 기상 이변으로 과실 수확기에 동해 등 저온피해가 증가하고 있어서(Choi *et al.*, 2013; Kang *et al.*, 2014) 서리가 일찍 내리는 해에는 성숙 중인 만생종 '부유'를 빨리 수확해야 한다(Choi, *et al.*, 2013b). 일반적으로 단감은 -2.1°C 이하가 되면 과실에 저온피해가 일어나며 서리해나 동해 피해를 입은 단감은 저장 중 쉽게 연화 등의 품질저하(Jo *et al.*, 2015; Lim *et al.*, 2005)가 일어나기 때문에 수확 시 저온피해를 받지 않도록 수확시기를 잘 판단해야 한다. 그러나 수확기에 돌발적인 이상저온이 발생하면 많은 피해를 입을 수밖에 없다(Heo and Lee, 2017).

2013년 창원(과원 A)과 창녕(과원 B)에서 수확기에 각각 2회(12일, 14일)와 4회(12일, 13일, 14일, 19일) 서리가 관측되었으며(Fig. 1), B 과원 하부에서만 약 5% 정도의 과실에 과피흑변이나 수침상 등의 피해(data not shown)가 발생했다. 동일한 과원에서 2012년에는 11월 2일에 서리가 관측되었으며 B 과원에서는 과원 상부(5%)와 하부(15%)에서 과실에 수침상 피해가 발생하였으나 A 과원에서는 피해가 없었다(Kang *et al.*, 2014). 2012년에 비해 수확전 서리 발생 횟수도 많고 최저온도도 낮았음에도 과실피해가 더 적었던 사실은 단순히 발생시기나 최저온도, 서리발생 횟수만으로 서리피해 정도가 결정되지 않는다는 것을 의미한다.

한편 수침상 피해나 과피흑변 등 서리피해 증상이 현저한 과실은 수확·선별 과정에서 제거하고 바로 판매하거나 저장 후 출하하기도 한다. 그러나 외적인 피해는 없어도 서리를 맞은 과실은 내적으로 다양한 변화가 있을 수 있으며 저장·유통 과정에서 문제를 야기하고 경제적 손실도 발생시킬 수 있다(Hong *et al.*, 1996).

본 연구에서 A 과원과 B 과원에서 11월 5일

과 11월 20일에 수확한 과실 중 서리해를 입지 않은 건전한 과실을 각각 저밀도 폴리에틸렌 필름을 이용한 MA저장을 실시한 후 과중, 경도, 당도 변화와 갈변, 흑변, 연화, 부패 등의 저장장애와 발생률 변화를 30일 간격으로 조사한 결과, 과중(Fig. 2)은 두 수확시기 모두 차이가 없었다. 과실경도(Fig. 3)는 A 과수원에서 11월 5일과 20일에 수확한 과실이 각각 약 21N과 18N에서 약 14N과 약 13N으로 감소하여 연화가 진행되었다. 그러나 약 18N이었던 B 과수원의 과실은 저장기간 중 경도 변화에 일정한 경향이 없었다. 이것은 저온피해를 입은 단감 과실이 저온피해기간이 길수록 경도가 낮고 저온저장 중 빨리 연화가 진행되었다는 보고(Chung and Bae, 2014)와 차이가 있으나 오히려 B 과원의 과실 중 외형은 서리피해가 없는 정상과이지만 내부적으로 피해를 입은 과실이 시험구에 혼입되었다는 판단을 가능하게 한다. 따라서 서리가 발생한 과원의 단감 과실을 유통·판매 하기 위해서는 상기와 같은 과실을 비파괴적으로 파악하여 혼입을 방지할 수 있는 기술이 필요하다(Yoo, *et al.*, 2015).

저장 과실의 착색도 중 적색도 변화는 11월 5일이 11월 20일에 수확한 과실에 비해 낮았으나 저장이 진행됨에 따라 차이가 없어졌다(Fig. 5). hunter 'b'값은 수확기간, 농장간, 저장이 진행되는 과정에서 유의미한 차이가 없었다(Fig. 6). hunter 'L'값(Fig. 4)은 A 과수원의 과실은 저장기간 중 감소하여, 저장 중 과피색이 어두워진다는 결과를 확인할 수 있었다(Jo *et al.*, 2015; Salvador *et al.*, 2006). 수확시기 간 적색도에 차이가 있다는 것은 두 과원 모두 최소한 11월 5일 이후가 적정 수확기임을 의미한다. 수확기에 도달한 과실은 저장 중 적색도에 약간의 감소 경향이 있으나 큰 차이는 없었다. 이와 같은 사실은 수확시기가 다른 단감과 과실의 저장실험에서 적색도가 일정 수준 이상 도달한 과실은 저장 중 적색도 변화가 적었다는 보고(Jo *et al.*, 2015)에서도

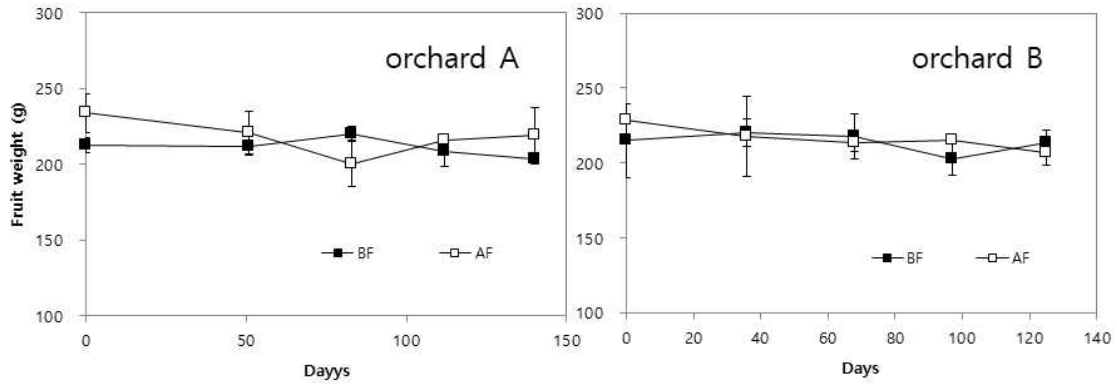


Fig. 2. Changes of post-storage characteristics (fruit weight) in persimmon (*Diospyros kaki* 'Fuyu') fruits which were harvested in Nov. 5 (BF) and Nov. 20 (AF) and MA-stored (single fruit per 30 μ m PE film bag) at 0°C. Vertical bars represent standard deviation

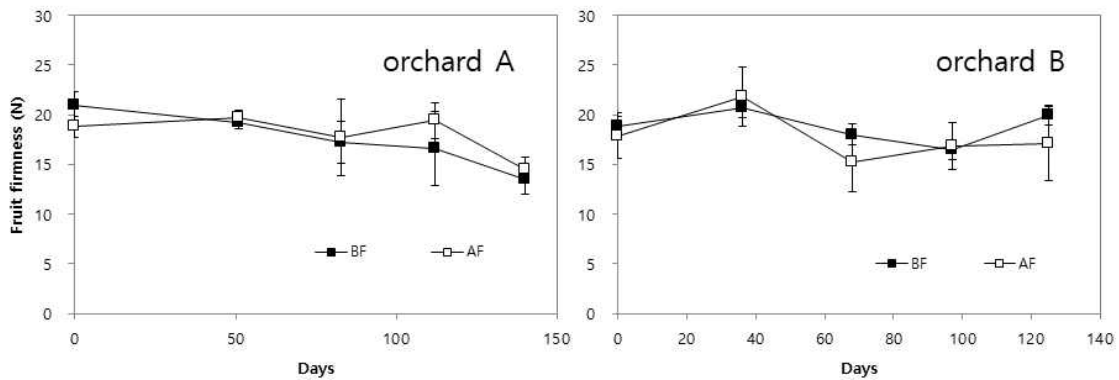


Fig. 3. Changes of post-storage characteristics (fruit firmness) in persimmon (*Diospyros kaki* 'Fuyu') fruits which were harvested in Nov. 5 (BF) and Nov. 20 (AF) and MA-stored (single fruit per 30 μ m PE film bag) at 0°C. Vertical bars represent standard deviation

확인된다. 과실당도는 B 과원에서 11월 5일에 수확한 과실이 11월 20일에 수확한 과실보다 약간 높았으나 저장 중 그 차이가 없어졌다(Fig. 7). 과원 간 과실당도 차이는 없었다.

두 과원에서 11월 5일에 수확한 과실은 약 80일 저장 후에도 건전과율이 과수원 A에서 약 73%, 과원 B에서 약 85%로 높게 유지되었으나, 11월 20일(서리발생 후) 수확한 과실은 과원 A의

과실은 약 80일 저장 후에도 76%의 높은 건전과율을 유지하였으나 과원 A의 과실은 약 14%로 건전과가 상당히 적었다(Table 12). 이것은 외적 피해가 없는 과실도 외부에서 육안으로 관찰이 되지 않더라도 내부에서는 과육의 연화(Chung and Bae, 2014; Jo *et al.*, 2015)나 부패(Lee and Yang, 1997), 과피흑변과 과육갈변(Ahn *et al.*, 2004) 등 다양한 피해를 야기할 수 있는 생

단감 '부유' 과실의 저장특성에 미치는 수확기 동상해 및 과수원 온도조건의 영향
 곽용범, 김승희, 안광환, 이창훈, 강성구

리화학적 변화가 일어날 수 있다는 것을 시사한다.

따라서 서리를 포함한 저온 피해가 다발하는 지역이나 이상기후의 영향으로 저온 피해가 발생하기 시작한 단감 과수원 경영자는 이상저온에 대한 재배적인 대책과 함께 동상해가 발생한 과

수원에서 수확한 과실의 선별과정에서 내적 변화가 발생한 과실을 구별할 수 있는 방법과 저장 중 저온장해를 경감시키는 방법(Besada *et al.*, 2008; Salvador *et al.*, 2006)을 모색하거나, 가능한 한 저장을 하지 않고 판매하거나 가공 등의 대책을 준비해야 할 것으로 판단된다.

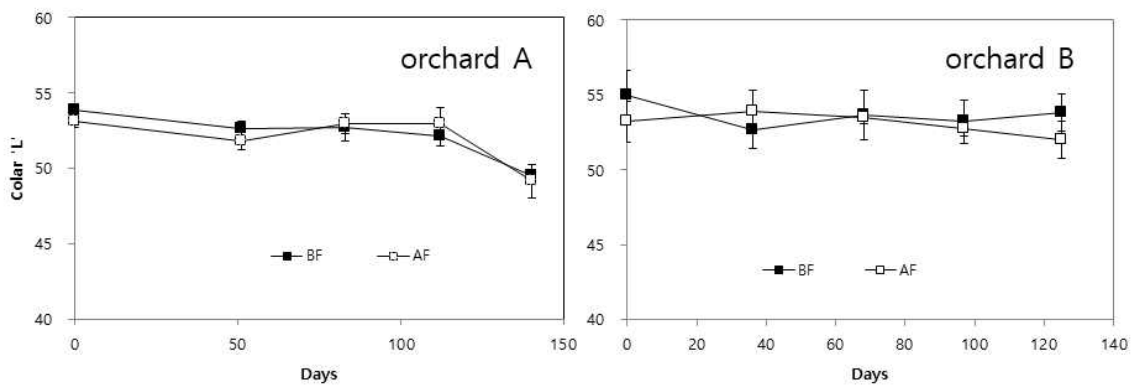


Fig. 4. Changes of post-storage characteristics (hunter'L') in persimmon (*Diospyros kaki* 'Fuyu') fruits which were harvested in Nov. 5 (BF) and Nov. 20 (AF) and MA-stored (single fruit per 30 μ m PE film bag) at 0°C. Vertical bars represent standard deviation

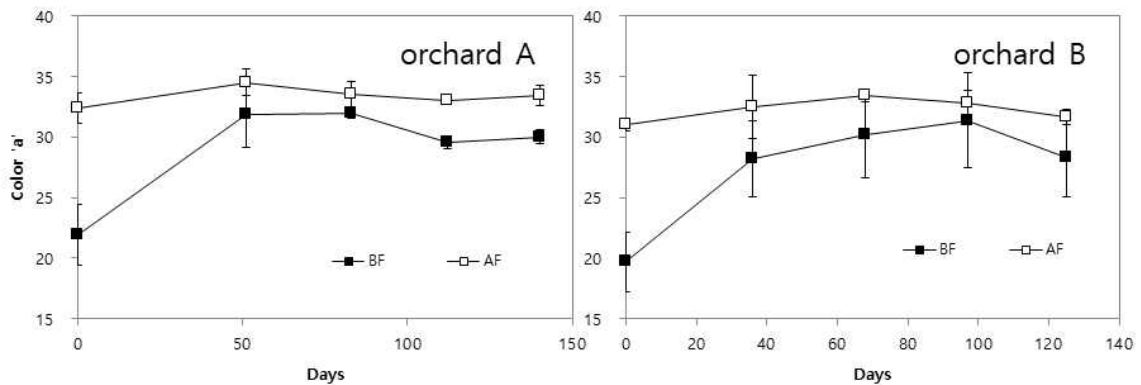


Fig. 5. Changes of post-storage characteristics (hunter'a') in persimmon (*Diospyros kaki* 'Fuyu') fruits which were harvested in Nov. 5 (BF) and Nov. 20 (AF) and MA-stored (single fruit per 30 μ m PE film bag) at 0°C. Vertical bars represent standard deviation

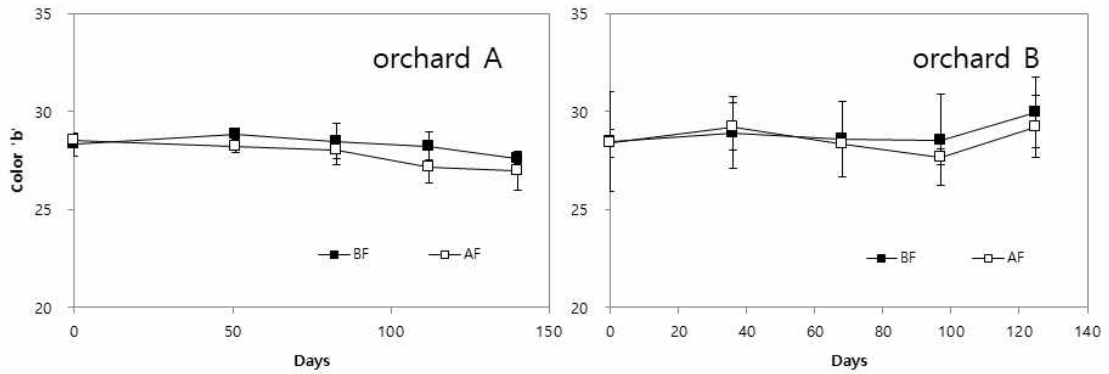


Fig. 6. Changes of post-storage characteristics (hunter 'b') in persimmon (*Diospyros kaki* 'Fuyu') fruits which were harvested in Nov. 5 (BF) and Nov. 20 (AF) and MA-stored (single fruit per 30µm PE film bag) at 0°C. Vertical bars represent standard deviation

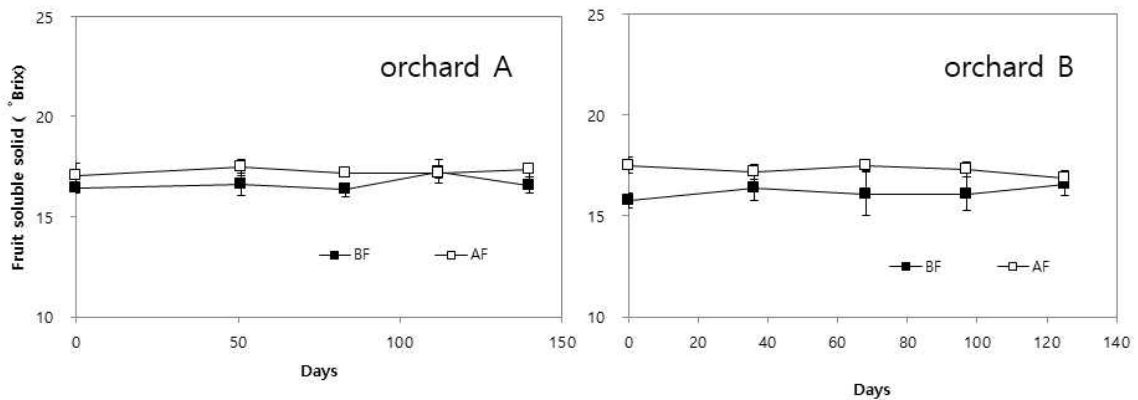


Fig. 7. Changes of post-storage characteristics (soluble solid content) in persimmon 'Fuyu' fruits which were harvested in Nov. 5 (BF) and Nov. 20 (AF) and MA-stored (single fruit per 30µm PE film bag) at 0°C. Vertical bars represent standard deviation

Table 12. Occurrence of Post-storage disorder of persimmon (*Diospyros kaki* 'Fuyu') fruit as influenced by frost injury and climate condition of orchard.

orchard	Starting date of storage	Non-physiological disorder (%)	Non-fungal disease (%)
A	Nov. 5	77.7(80)	61.5(110)
	Nov. 20	60.6(95)	26.3(125)
B	Nov. 5	85.0(80)	85.0(110)
	Nov. 20	43.4(95)	17.2(125)

() : days after MA storage

IV. 적요

단감 '부유'의 가을 동상해 발생과 과실생장에 미치는 식재위치의 표고와 농장의 온도환경의 영향과, 서리가 발생한 과수원의 과실 저장 특성을 알아보고자 경남 창원(과원 A)과 창녕(과원 B)의 경사지 과원에서 표고별(상, 중, 하)로 과실특성을 조사하고 서리가 발생한 후 수확한 과실을 MA저장 후 저장특성(품질, 저온장해)을 조사하였다.

수확기 전후(10월25일, 11월5일, 11월20일)에 조사된 두 과원의 과실의 성장 특성(과중, 당도, 경도)은 표고와 농장 요인의 유의미한 영향을 받지 않았다. 과실 착색은 표고 요인의 영향을 받았으며, 과실의 착색(hunter 'a')은 B 과원보다 A 과원에서 더 빨리 진행되었다.

수확기에 발생한 저온으로 인하여 과원 B의 하부에서만 약 2%의 과실에서 동상해 피해가 관찰되었다. 두 과원(A, B)에서 11월 5일과 11월 20일에 수확한 과실을 저밀도 폴리에틸렌 필름을 사용하여 MA저장 한 결과, 저온지 과원(B)보다 고온지 과원(A)의 과실 경도가 높게 유지되었다. 그리고 11월 5일에 수확한 과실은 약 80일 저장 후에도 건전과율이 과원 A에서 약 73%, 과원 B에서 약 85%로 높게 유지되었으나, 11월 20일(서리 발생 후) 수확한 과실은 A 과원의 과실은 약 80일 저장 후에도 76%의 높은 건전과율을 유지하였으나 B 과원의 과실 건전과율은 약 14%에 불과했다.

V. 참고문헌

1. Ahn, G. H., W. D. Song, S. J. Choi, and D. S. Lee. 2004. The Association of Post-Storage Physiological Disorder Incidence with Respiration and Ethylene Production in

- 'Fuyu' Persimmon Fruits. Kor. J. Food Sci. Technol. 36: 283-287.
2. Besada, C., L. Arnal, and A. Salvador. 2008 Improving storability of persimmon cv. Rojo Brillante by combined use of preharvest and postharvest treatments. Postharvest Bio. and Technol. 50: 169-175.
3. Choi, S. T., G. H. Ahn, E. S. Kim, S. M. Kang, and S. K. Kang. 2015. Not harvesting 'Fuyu' persimmons after frost damage in autumn has no negative effects on tree storage reserves and growth in the subsequent season. Sci. Hort. 190:94-97.
4. Choi, S. T., D. S. Park, G. H. Ahn, S. C. Kim, T. M. Choi, and C. W. Rho. 2013a, Responses of tree growth and fruit production of persimmon after lowering height by heavy pruning to fertilization rates. Kor. J. Soil Sci. & Fertilizer. 46: 136-141.
5. Choi, S. T., D. S. Park, J. Y. Son, Y. O. Park, K. P. Hong, and K. S. Cho. 2013b. Climate-related changes in fruit growth of 'Fuyu' persimmon during the harvest season. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 31: 32-37.
6. Chung, D. S. and J. E. Bae, 2014. The quality change and storage life of 'Fuyu' persimmon chill-injured in tree. J. Kor. Soc. Packaging Sci. & Technol. 20: 59-63.
7. Heo I. H. and S. H. Lee. 2017. Impact of Climate on Yield of Sweet Persimmon in Gyeongsangnam-Province, South Korea. J. Climate Research. 12: 133-147.

8. Hocevar, A. and J. D. Martsolf. 1971. Temperature distribution under radiation frost conditions in a central Pennsylvania valley. *Agr. Meteorol.* 8: 371-383.
9. Hong, J. H., G. M. Lee., and S. H. Hur. 1996. Production of vinegar using deteriorated deastringent persimmons during low temperature storage. *J. Kor. Soc. Food Nutr.* 25: 123-128.
10. Hong, S. K. and J. Hwang. 1980. Difference in freezing resistance between common and sweet persimmon. *J. Kor. Forestry Soc.* 48: 25-28.
11. Howell, G. S. and R. L. Perry. 1990. Influence of cherry rootstock on the cold hardiness of twigs of the sweet cherry scion cultivar. *Sci. Hort.* 43: 103-108.
12. Jo, Y. H., S. T. Choi, S. C. Kim, E. G. Kim, Y. H. Hwang, E. S. Kim, and G. H. Ahn. 2015. Effect of Freeze Injury by Weather on Quality of 'Fuyu' Sweet Persimmon at Harvest and Subsequent Storage. *Korean J. Packang Sci. & Tech.* 21: 73-78.
13. Kang S. K., H. Motosugi, K. Yonemori, and A. Sugiura. 1998. Freezing injury to persimmons (*Diospyros kaki* Thunb.) and four other *Diospyros* species during deacclimation in the spring a related to bud development. *Sci. Hort.* 77: 33-43.
14. Kang, S. K., K. H. Ahn, S. T. Choi, K. R. Do, and K. S. Cho. 2014. Effect of planting site and direction of fruiting on fruit frost damage in persimmon(*Diospyros kaki* 'Fuyu') fruits from environment-friendly orchard. *Kor. J. Organic Agri.* 22: 789-799.
15. Kim, S. O., D. J. Kim, J. H. Kim, and J. I. Yun. 2012. Freeze risk assessment for three major peach growing areas under the future climate projected by RCP8.5 emission scenario, *Kor. J. Agr. and Forest Meteorol.* 14: 124-131.
16. Kim. Y. S., S. B. Joung, D. J. Son, K. K. Lee, J. S. Park, and U. J. Lee. 1988. Studies on the establishment of the safty-cultivating region of Non-astringent persimmon. *Res. Rep. RDA(H).* 30: 56-76.
17. Krezdorn, A. H. and J. D. martsolf. 1984. Review of the effects of cultural practices on freeze hazard. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 97: 21-24.
18. Lee, E. J. and Y. J. Yang. 1997. Postharvest physiology and storage disorders affected by temperature and PE film thickness in 'Fuyu' persimmon fruit. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 38: 516-519.
19. Lee, S. H., Y. S. Kwon, I. J. Kim, T. J. Kim, H. H. Kim, and D. I. Kim. 2012. Correlation analysis between meteorological condition and 'Fuji' apple fruit characteristics in Chungbuk, Korea. *Kor. J. Intl. Agri.* 24: 51-59.
20. Leng, P., H. Itamura, and H. Yamamura. 1993. Freezing tolerance of several *Diospyros* species and kaki cultivars as related to anthocyanin formation. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 61: 795-804.
21. Lim, B. S., D. S. Chung, H. K. Yun, Y. S. Hwang, Y. and J. P. Chun. 2005. Symptoms of freezing injury and mechanical injury -induced fruit rot in 'Naitaka' pear fruit (*Pyrus 22. pyrifolia* Nakai) during low temperarure storage. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 23: 282-286.

23. Macrae, E.A. 1987. Development of chilling injury in New Zealand grown 'Fuyu' persimmon during storage. *New Zealand J. Exp. Agri.* 15: 333-344.
24. Martsof, J. D., W. J. Wiltbank, H. E. Hannah, R. T. Fernandez, R. A. Bucklin, and A. Datta. 1986. Freeze protection potential of windbreaks. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 99: 13-19.
25. Moon, J. Y. and J. M. Lee. 1985. Studies on the occurrence of cold injury in several fruit trees and factors affecting cold hardiness 1. Occurrence of Cold Injury as Influenced by Fruit Species, Cultivars, Tree Age, and Location and Site of Orchards. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 26: 318-326.
26. Park, D. S., S. M. Kang, S. T. Choi, C. A. Lim, and W. D. Song. 2003. Effect of Secondary-Shoot Prunings on Fruit Growth and Following Year's Fruit Set of 'Fuyu' Persimmon. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 44: 678-682.
27. Pellet, H. M. and J. V. Carter. 1981. Effect of nutritional factors on cold hardiness of plants. *Hort. Rev.* 3: 144-171.
28. Salvador, A., L. Arnal, J. M. Carot, C. Carvalho, and J. M. Jabaloyes. 2006. Influence of different factors on firmness and color evolution during the storage of persimmon cv. 'Rojo Brillante'. *J. Food Sci.* 71: 169-175.
29. Salvador, A., L. Arnal, A. Monterde, and J. Cuquerella. 2004. Reduction of chilling injury symptoms in persimmon fruit cv. 'Rojo Brillante' by 1-MCP. *Postharvest Bio. and Technol.* 33: 285-291.
30. Shin, H. T., J. W. Sung, and M. H. Yi. 2012. A study on the plant for changes of flowering time in Gyeongsangnam-do arboretum. *J. Climate Research.* 7: 241-254.
31. Yoo, S. Y., S. H. Park, M. J. Lee, J. Y. Park, H. G. Kang, S. K. Kang, and T. W. Kim. 2015. Application of Chlorophyll a Fluorescence Imaging Analysis for Selection of Rapid Frozen Sweet Persimmon Fruits. *Kor. J. Environ. Agric.* 34: 210-216.

논문접수일 : 2021년 5월 10일
논문수정일 : 2021년 6월 2일
게재확정일 : 2021년 6월 12일