

## 지하공기 및 공기 교반기 이용이 ‘부지화’ 하우스재배에서 과실품질과 가온 비용절감에 미치는 영향

한상현\* · 김주성\*

### 국문 요약

이 연구는 ‘부지화’ 하우스재배에 있어 지하공기 및 공기교반기를 이용해 생산비절감과 과실품질에 미치는 영향을 조사했다. 지하공 및 공기교반기 이용하우스와 면세유 증유 가온 하우스에 대해 매일 하우스내의 기온과 이산화탄소 가스함량을 비교했다. 가온 시기인 3월에서 5월까지의 최저기온과 이산화탄소 가스함량은 지하공 및 공기교반기 이용하우스가 면세유 증유 가온 하우스보다 높았다. 과실수확기의 지하공 및 공기교반기 이용하우스의 과중은 면세유 증유가온 하우스보다 높았으나, 품질에는 차이가 없었다. 생산비용은 지하공 및 공기교반기 이용하우스가 면세유 증유가온 하우스보다 50%나 절감이 되었다. 이 실험의 결과로 ‘부지화’ 무가온 하우스 재배에 있어 이 기술의 사용을 권장할 한다.

\* 제주대학교 생명자원과학대학 친환경연구소

주제어: 공기교반기, 기온, 이산화탄소 가스함량, 과실품질, 중유가온 하우스, 지하공기 이용

## I. 서론

감귤산업은 제주도에서 농업생산량의 50%를 차지하기 때문에 2대 주요산업 중 하나이다. 탕자에 접목된 온주밀감은 주요 품종으로 노지와 하우스에서 재배되고 있으며 전체 감귤재배 면적에 93%를 차지하고 있다. 그 외의 품종으로는 ‘부지화’를 중심으로 한 대부분의 만감류가 비닐하우스에서 재배되고 있다. 대부분의 과실은 국내에서 소비가 되고 있으며 총 생산량의 1%가 캐나다와 러시아를 포함한 여러 나라에 수출이 되고 있는 형편이다(Citrus Marketing and Shipping Association in Korea, 2012).

주밀감은 제주의 기후 여건상 대부분 노지에서 재배가 되고 10월 중순에서 다음해 2월까지 출하를 하고 있으나 무 가온 하우스재배와 알루미늄과 또는 다른 재질의 봉지 씌우기로 4월까지 그리고 가온 하우스재배로 5월까지 출하기간 확장으로 년 중 출하가 가능하고 고온, 단수처리 및 성숙기간 연장 등으로 과즙의 증당과 감산의 결과로 과실품질이 향상되었다. 노지재배에서는 토양 중 습기를 증발시키나 빗물을 차단하는 특수재질의 방수막과 배수시설을 통해 과실성숙기에 토양을 건조시켜 과실의 당도를 향상시키고 있다(Moon, 2002).

감귤류는 저온에 민감한데 전세계의 감귤산지의 최저 평균기온이 7°C (Davies and Albrigo, 1994)인데 제주는 그 보다 낮은 최저 평균기온이 5°C (Meteorological Agency, 2006)로 기온이 낮은 곳에

지하공기 및 공기 교환기 이용이 '부지화' 하우스재배에서 과실품질과 기온 비용절감에 미치는 영향

속한다. 년 평균 기온도 15.3-16.2 °C (Meteorological Agency, 2006)로 전 세계의 감귤재배지역 중 비교적 차가운 곳에 위치하고 있다. 결국 저온에 민감한 만감류인 '부지화' [ 'Shiranuhi' (C.unshiu × C.sinensis) × C.reticulata)], '청견' ( 'Kiyomi', C.unshiu × C.sinensis), '진지향' [ 'Tsuokaori' (C.unshiu × C.sinensis) × C.unshiu] '춘견' [ 'Harumi' (C.unshiu × C.sinensis) × C.reticulata)] 등이 비닐하우스에서 재배가 되고 있다.

그 중에 '부지화'는 일본 농림수산성 과수시험장에서 1972년에 '청견'에 '나카노 폰칸 3호 (C.reticulata)를 교배해서 육성한 품종이다. 종자도 없고 타 감귤류에 비해 당도가 12.5-15.8° Brix로 높으며 박피가 용이하고 향이 좋다 (Matsumoto, 2001). 수세는 좋으며 과실비대도 양호하고 하우스에 재배했을 때 품질이 아주 좋다 (Kawase, 1999). 제주도내의 '부지화' 재배면적은 2012년 현재 전체 감귤재배면적의 6.4%인 1,326ha에서 생산량은 전체 감귤의 5.4%인 31,608톤을 생산하고 있다. 최근 한미 FTA협정으로 수입되는 오렌지 보다 품질은 좋으나 평균 kg당 단가가 수입오렌지의 약 1,199원보다 높은 4,342원으로 국내소비 감소에 따른 생산비 절감이 절실하게 필요로 하고 있다 (Citrus Marketing and Shipping Association in Korea, 2012).

제주도내의 지역지대별 지하 공기층이 분포하는 구간은 용암동굴, 화산 쇄설층과 열린 절리(open joint) 및 파쇄대 구간으로 표고 25m 이하 해안, 산방산 부근을 제외한 제주 약 85%지역이 이용 가능하다. 직경 30cm 지하공을 지하 50m내외로 시추하여 지하 공기층을 확보하고 흡입 팬을 이용하여 원예작물 하우스 시설로 송풍시켜 냉난방 및 이산화탄소 (CO<sub>2</sub>)가스시비에 활용 하고 있다 (Kim et al., 2007; Sung, 2008; Hyun et al., 2007). 일본에서 Ikeda et al.

(2007)은 가온 하우스 온주밀감 재배에서 공기주머니를 활용하여 열 공기 가동시간을 15%삭감했다고 보고 보고한 바 있다.

그래서 본 논문에서는 ‘부지화’ 하우스재배에 있어 지하공기 및 공기 교반기 이용효과를 알아보고자 중유 가온 하우스와 지하공기 및 공기 교반기 이용 하우스에 있어 생산비와 일중 기온 및 이산화탄소가스 함량변화에 따른 과실품질을 비교해 보았다.

## II. 재료 및 방법

본 실험은 제주시 서쪽에 위치한 해발 200m 금악 중산간지대의 ‘스윙글 시트루멜로’에 접목된 8년생의 성목이 4×4m로 식재 된 ‘부지화’ 농가에서 수행했다. 지하공기 이용하우스는 지하공 착정 심도는 32m에,  $\phi$  300mm 회전 코어식 시추 했으며 토사층 시추공 보호자재는 타공된  $\phi$ 300mm PE일반관을 8m 깊이로 매립하고, 토사층까지는 몰탈로 채움 그라우팅 처리하였다. 상부 보호공 및 기초 콘크리트는 230cm × 230cm × 25cm로 마감 처리하였다. 송풍용 터보팬의 모터용량은 5.5kw를 기준으로 설치하고, 송풍기의 토출구는 400mm 주름관으로 시공하며 단열재 두께 20mm로 단열처리 하였다. 터보팬은 50분 가동 후 10분 정지하도록 하였고 지하공기의 송풍 풍량은 분당 80m<sup>3</sup> 이상이 되도록 하였다.

하우스 천정 및 측면 외부에 직경 0.1mm 폴리에틸렌 필름을 피복하고, 측면의 내부에는 0.05mm 폴리에틸렌 필름으로 2중으로 하고 1층은 부지포를 넣어 3중으로 피복하였으며 하우스 지붕의 일중 복사열을 이용하기 위해 2,400m<sup>2</sup>면적에 공기 교반기(Air mixer, SGA-04CWP, K-WON, Koera)를 12대 설치해 30° C이상이 되면 작

지하공기 및 공기 교반기 이용이 '부지화' 하우스재배에서 과신품질과 가온 비용절감에 미치는 영향

동이 되도록 제어했다.

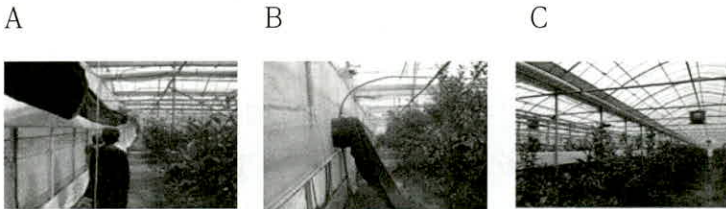
2월부터 전정 및 관수를 시작하여 3월초부터 야간온도를 10° C 부터 출발하여 3월 중순부터 6월 중순까지 야온이 15° C 유지되도록 가온을 했다. 6월부터 11월까지는 하우스 측면과 장마 이후에 천창 개방으로 자연상태를 유지했고 11월 이후부터 가온 전까지 야간에 5° C 전후로 유지가 되도록 보조 가온을 행했다. 2,400m<sup>2</sup>면적의 가온 하우스는 하우스 천정 및 측면 외부에 직경 0.1mm 폴리에틸렌 필름을 피복하고, 내부에는 0.05mm 폴리에틸렌 필름으로 2중 피복하고 250,000kcal의 중유 온풍기(Tagoang, Korea)로 가온을 했으며 지하공기 이용하우스는 10° C 이하에서는 지하공기만 이용했고 그 이상에서는 중유 온풍기가 가동되도록 온도제어기를 설정을 했다.

4월 개화 후 5월 중순부터 6월 중순까지 엽과비가 150-200:1 비율이 되도록 3차례 걸쳐 적과를 실시 했으며 7월에는 당도향상과 과실비대에 따른 결과지가 부러지는 것을 방지하기 위해 열매 매달기를 했다. 과실생육과 품질은 성숙기인 10월부터 수확기인 12월까지 조사를 했다. 과실의 생육은 3그루의 나무에 대해 나무 한 그루당 상단, 중단 및 하단에 착과 된 3개 과실에 라벨을 하고 과실 중경과 횡경을 디지털 버니어캘리퍼스 (Mitutoyo, Japan)으로 측정했다.

과신품질은 생육조사를 하면서 생육 조사한 나무에서 품질분석용 과실을 따로 3그루의 나무에 대해 나무 한 그루당 상단, 중단 및 하단에 착과 된 3씩 9개의 과실을 채취해 박피하고 착즙을 해 당도는 디지털 굴절당도계 (refractometer, PR-101 ATAGO, America)로 산 함량은 수산 0.05 N NaOH 중화 적정했으며 적정 산함량은 다시 구연산 함량으로 산출하여 나타냈다.

하우스내의 미기상 기온은 기온센서(UE-H100, USEEM, Korea)와

이산화탄소가스 함량측정 센서(UE-4161, USEEM, Korea)로 가온을 시작한 3월에서 5월까지와 과실성숙기인 9월과 10월 그리고 수확기인 12월에 한 시간 간격으로 측정된 것을 그림으로 나타냈다. 통계 분석은 통계분석용 프로그램인 SAS package(statistical analysis system, version 9.1, SAS Institute Inc., USA)를 이용하여 ANOVA(analysis of variance) 분석을 실시하였으며 각 처리간의 유의성은 Duncan의 다중 검정법으로 5% 유의수준에서 실시했다.



[그림 1] Equipments in the using underground air and air mixer greenhouse of the 'Shiranushi' mandarin hybrid.

- A; Three fold thermal sheets in greenhouse walls,
- B; Aerial line for underground air circulation,
- C; Aerial mixer to distribute from sunlight during the daytime.

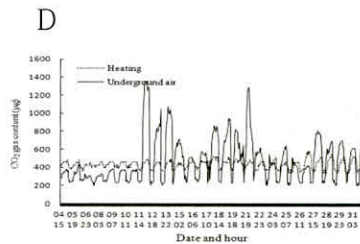
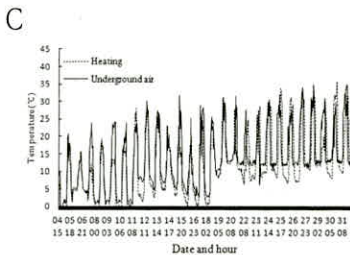
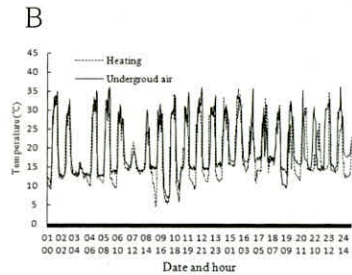
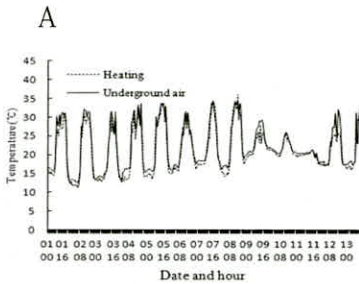
### III. 결과 및 고찰

가온기인 3월에서 5월까지 중유열풍기와 지하공기이용 하우스내의 일중기온과 이산화탄소가스 함량변화를 그림 2에 나타내었다.

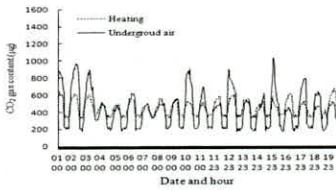
지하공기 및 공기 교반기 이용이 '부지화' 하우스재배에서 과실품질과 가온 비용절감에 미치는 영향

보조 가온 개시를 12일에 가온 개시를 19일에 시작한 양 하우스에 있어 3월의 최고기온은 20-30 °C로 비슷했지만 최저기온은 달랐다. 중유 가온 하우스가 지하공기 이용하우스보다 약 3 °C 낮았다. 4월에 접어들어서도 양 하우스의 최고기온이 35 °C로 비슷했으나 최저기온은 지하공기 이용하우스는 15 °C를 유지 했으나 중유 하우스는 그 기온보다 낮은 경향을 보였다.

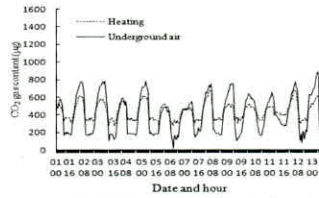
5월에도 역시 최고기온이 30 °C로 양 하우스가 비슷했고 최저기온도 15 °C을 유지했다. 하우스내의 이산화탄소가스 함량변화를 보면, 4월까지의 지하공기 이용하우스 내에서는 400-1,400 $\mu$ g으로 변화했으나 중유 가온 하우스는 400-600 $\mu$ g 으로 지하공기 이용하우스보다 낮은 함량을 보였다. 5월에는 200-800g으로 중유 가온하우스 300-600 $\mu$ g 보다 조금 높은 함량을 보였다.



E



F



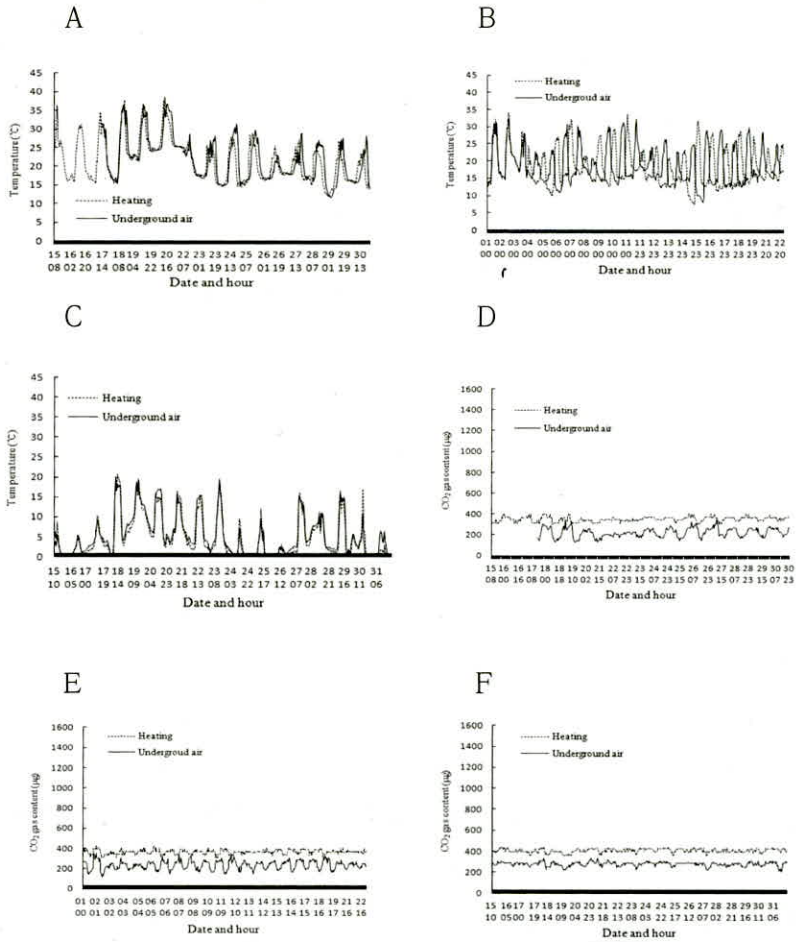
[그림 2] Intra-annual variation of daily air temperature (A; March, B; April and C; May) and carbon dioxide content (D; March, E; April and F; May) in heated greenhouse by heavy oil and using underground air greenhouse of the 'Shiranuhi' mandarin hybrid during heating season (March-May).

자연기온상태인 9월, 10월 및 12월의 중유열풍기와 지하공기이용 하우스내의 기온 및 이산화탄소 가스함량변화를 그림 3에 나타내었다. 9월의 양 하우스에 대한 최고기온은 30-35 °C 를 기록했으며 최저기온은 15 °C를 유지했다. 10월에도 양하우스에서 최고기온이 25-35 °C 이였고 최저기온은 15 °C를 유지했지만 어떤 날은 중유 가온 하우스가 지하공기 이용하우스보다 1-2 °C가 낮은 날도 있었다.

12월에는 양 하우스의 최고기온이 10-20 °C, 최저기온은 5 °C 이 하였고 몇 일은 영하를 기록했다. 하우스내의 이산화탄소가스 함량변화를 보면, 중유 가온하우스는 300-400µg으로 지하공기 이용하우스 100-300µg 보다 높은 함량을 보였다.



지하공기 및 공기 교반기 이용이 '부지화' 하우스재배에서 과실품질과 기온 비용절감에 미치는 영향



[그림 3] Intra-annual variation of daily air temperature (A; September, B; October and C; December) and carbon dioxide content (D; September, E; October and F; December) in heated greenhouse by heavy oil and using underground greenhouse of the 'Shiranuhi' mandarin hybrid during natural temperature condition (September-December).

과실의 횡경, 종경과 과형지수 그리고 과실의 당도 및 산함량의 변화를 표 1과 2에 나타냈다. 과실의 횡경은 양하우스에서 10월이 가장 낮았으나 그 후 11월 12월에는 그 크기의 차이가 없었다. 지하공기 이용하우스가 중유가온 하우스보다 높은 경향을 보였으나 통계적인 유의성은 없었다. 또한 종경은 횡경보다 높은 값을 보였고 하우스에 따른 차이는 횡경과 비슷했으며 지하공기 이용하우스가 중유가온 하우스보다 높은 경향을 보였으나 또한 통계적인 유의성은 없었다. 과형지수는 1보다 높은 값으로 과실모양이 종형을 나타냈다.

과실의 무게는 10월부터 12월까지 지하공기 이용하우스가 중유가온 하우스보다 무겁고 12월의 수확기에는 지하공기 이용하우스가 464.25g으로 중유가온 하우스 360.87g보다 무거웠다. 과실의 당도는 10월 이후에 증가를 보였다. 수확기인 12월에 중유가온하우스가 12° Brix로 지하공기 이용하우스 11.77° Brix 보다 높았으나 통계적인 유의성은 없었다.

산함량은 10월에 중유가온 하우스가 2.4%, 지하공기 이용하우스 2.3% 였으나 수확기인 12월에 들어서 약 1%로 떨어졌으나 양하우스 간에 차이는 없었다. 과실의 당산비는 수확기인 12월에 중유가온 하우스가 12.48로 지하공기 이용하우스 12.03보다 높았으나 통계적 유의성은 없었다.

지하공기 및 공기 교반기 이용이 '부지화 하우스재배에서 과실품질과 가온 비용절감에 미치는 영향

<표 1> Effect of heating and underground air on fruit growth in greenhouse of 'Shiranuhi' mandarin hybrid.

Date of observation	Fruit diameter (mm)		Fruit length (mm)		Fruit shape		Fruit weight (g)	
	Heat.	Under.	Heat.	Under.	Heat.	Under.	Heat.	Under.
Oct. 30	81.92bx	86.31b	95.17b	93.97b	1.08a	1.16a	272.71d	297.38d
Nov. 30	94.80a	97.55a	101.41a	108.03a	1.05a	1.14a	346.31b	447.54a
Dec. 30	99.06a	99.13a	102.88a	108.41a	1.02a	1.10a	364.86b	462.06a

x) Columns with the same letter are not significantly difference by Duncan's multiple range test at  $p < 0.05$  ( $n=9$ ).

<표 2> Effect of heating and underground air on fruit quality in greenhouse of 'Shiranuhi' mandarin hybrid.

Date of observation	TSS (° Brix)		Acidity (%)		TSS-acidity ratio	
	Heat.	Under.	Heat.	Under.	Heat.	Under.
Oct. 30	9.32cx	8.61c	2.40a	2.30a	4.06c	3.98c
Nov. 30	10.96b	10.66b	1.19b	1.23b	9.19b	8.64b
Dec. 30	12.00a	11.77a	0.96c	1.05c	12.48a	12.23a

x) Columns with the same letter are not significantly difference by Duncan's multiple range test at  $p < 0.05$  ( $n=9$ ).

2,400㎡면적의 중유 가온 하우스와 지하공기 이용하우스에 있어 2010년 3월에서부터 6월까지 4개월간 가온비용을 표3에 나타냈다. 지하공기 이용하우스가 중유 가온하우스보다 면세유 종류비용이 약 50%나 절감이 되었다.

<표 3> Compare of costs between a heavy oil-heated greenhouse and using underground air greenhouse houses in March 10-Jun 30.

Total (1,000 Won)		Electric bills (1,000 Won)	Bills of the free-heavy oil during heating period				
Oil heating	Using underground		Amount of consumption (L)		Unit price (Won · L-1)	The price (1,000 Won)	
			Oil heating	Using underground		Oil heating	Using underground
6,920	3,520	120	8,000	4,000	850	6,800	3,400

Nii 등(1970) 은 온도가 조생온주밀감의 비대 및 품질에 미치는 영향을 15, 20, 25, 30°C 구로 나누어 조사한 결과 횡경비대 및 중량생장은 20°C, 25°C에서 가장 좋고 종경비대는 고온구일수록 향상되었으며 Ustumoija 등(1982)은 과실의 온도를 15, 23, 30°C로 제어하여 과실의 비대생장과 성숙에 미치는 영향을 조사한 결과 과중, 과피중 모두 23°C에서 가장 높았고 30°C에서 낮았다고 하였다.

Moon(2006)은 ‘부지화’에 2월부터 과실생육 초기인 6월까지 밤 온도 15°C, 낮 온도 25°C로 설정한 15-25°C구, 밤 온도 18°C, 낮 온도 28°C로 설정한 18-28°C구와 낮 온도는 20°C로 설정하고 밤에 가온 하지 않은 대조구 등 3처리를 두어 과실의 횡경에 따른 생산비율을 조사했는데 대조구에서 과실 크기 80-90mm가 54%로 가장 많고, 다음 70-80mm가 24%, 90mm이상이 21% 정도였다. 15-25°C구에서는 대과비율이 증가하였는데 90mm 이상이 48%로 가장 많고, 80-90mm 44%, 70-80mm 8% 순이었다. 18-28°C구에서는 80%가 90mm이상의 과실이었지만 70mm이하는 1% 정도를 나타내었다. 그 결과 온도가 높을수록 과실의 비대 및 과형지수가 높았다고 보고한 바가 있다.

지하공기 및 공기 교환기 이용이 '부지화 하우스재배에서 과실품질과 가온 비용절감에 미치는 영향

과중은 대조구, 15-25°C 구 및 18-28°C 구 각각 255.1, 271.6 및 409.6g으로 온도가 높을수록 과중은 증가하는 것으로 나타났다고 하였다. 또한 온도처리에 따른 가용성고형물 함량은 수확기에 대조구, 15-25°C 구 및 18-28°C 구 각각 13.9, 13.6 및 12.0° Brix로 온도가 높을수록 감소되는 경향을 보였지만 15-25°C 구에서는 대조구와 유의한 차이는 보이지 않았고 18-28°C 구에서는 대조구에 비해 가용성고형물 함량이 현저하게 감소되는 것으로 나타났다. 적정산 함량은 수확기에 대조구, 15-25°C 구 및 18-28°C 구 각각 1.4, 1.3 및 1.2%로 온도가 높을수록 감소되는 경향을 보였다고 하였다.

본 실험에서도 하우스 가운데기인 3월 중순부터 5월까지의 하우스 내의 기온변화에서 밤의 최저기온이 지하공기 이용하우스가 중유 가온 하우스보다 높은 약 15 oC를 나타냈으며 그 결과 과실희경과 과형지수에서 지하공기 이용하우스가 중유 가온 하우스보다 높은 경향을 보였다. 그리고 과실의 무게도 통계적으로 유의성이 있을 정도로 무거웠다. 하지만 과실품질은 양 하우스간에 유의적인 차이가 없었으나 과실수확기의 가용성고형물 함량은 최저기온이 낮았던 중유가온 하우스가 지하공기 이용하우스 보다 높은 함량을 나타내는 경향이 있었다. 지하공기 이용하우스가 하우스 천정 및 측면 외부에 직경 0.1mm 폴리에틸렌 필름을 피복하고, 내부에는 0.05mm 폴리에틸렌 필름으로 2중과 1중으로 부지포로 피복하였으며 또한 하우스 내부가 30°C 이상이 되면, 작동하게 제어된 공기교환기의 작동으로 주간에 복사열로 더워진 천창의 공기가 순환되어 그 영향으로 야온 상승으로 까지 이어진 결과라고 추측이 되었다.

Huh(2012)은 발전소 폐열원 열펌프 시스템의 시설원에 적용에서 온실 5,265㎡(조생온주 감귤 3,050㎡,애플망고 2,215㎡)에서 2010년 10월 15일부터 2011년 2월 28일까지 5개월 동안 온 배수열 이용 난

방시스템의 전력사용량은 226,641kwh 이었고, 이에 따른 전력요금은 9,975,124원이었다. 반면, 같은 량의 에너지를 온풍난방기 사용으로 공급하였을 경우 면세경유사용량은 76,013L인 것으로 조사되었고 난방에너지 비용 절감율은 87%(면세경유 대비) 이었다.

본 실험의 경우에도 2,400㎡면적의 중유 가온 하우스와 지하공기 이용하우스에 있어 2010년 3월에서부터 6월까지 4개월간 가온 비용을 조사했다. 지하공기 이용하우스가 중유 가온 하우스보다 면세유 종류비용이 약 50%나 절감이 되었다. 발전소 폐열원이용 보다 난방에너지 비용 절감율이 37%가 낮았는데 발전소는 쉽게 건설하지 못하는 것으로 고려하면 에너지 절감비율은 높은 비율이라고 생각이 된다.

Hiroyuki 등(2001)은 ‘부지화’ 하우스에 2월 중순부터 6월 말까지 오전 4시부터 7시까지 매일 중유버너로 이산화탄소 가스를 1,250 $\mu$ l · liter<sup>-1</sup> 시비한 후에 수세회복의 효과 등을 보고 한 바가 있다. 즉, 무처리보다 잎이 두터워 지고 발육지의 생장이 촉진되었다. 또한 처리된 수체의 착과량이 증대했고 과실무게도 무거웠다고 하였다. 포도와 일본 배에서도 이산화탄소 시비로 수세회복에 따른 포도송이 비대와 과실비대효과가 보고되었다 (Kurooka et al., 1990; Inomata et al., 1993).

Downton et al.(1987)은 감귤과 같은 상록과수에서 나무수세 회복에 효과적이라고 하였다. 이산화탄소가 시비된 하우스에서 온주밀감의 잎의 증량증가에 따른 동화작용 촉진효과도 보고되었다 (Morinaga 와 Ikeda, 1991).

가온기간 중 이산화탄소 가스 함량이 증가한 지하공기 이용하우스에서도 Hiroyuki et al.(2001)의 보고와 같이 착과량 증가, 수세회복효과에 의한 잎의 두께와 발육지 생장촉진 등의 효과는 없었으나

지하공기 및 공기 교반기 이용이 '부지화 하우스재배에서 과실품질과 기온 비용절감에 미치는 영향

과실무게는 증대했다. 이러한 차이는 약 4개월 동안에 1,250  $\mu\text{l} \cdot \text{liter}^{-1}$  의 이산화탄소 가스시비와 일시적인 400-1,400 $\mu\text{g}$  시비효과를 미묘해 그 효과가 일부분인 과실과중에만 나타났다고 생각되었다. 그리고 무가온 상태에서는 그 함량이 역전 되 중유가온 하우스가 300-400 $\mu\text{g}$ 으로 지하공기 이용하우스 100-300 $\mu\text{g}$  보다 많았다.

지하공기 이용하우스의 경우는 측창 부분에 3중 피복에 의한 밀폐도가 중유가온 하우스보다 높은 결과에 의한 것으로 추측이 되었다. Hiroyuki 등(2001)은 또한 이산화탄소 가스가 시비된 수체의 과실품질과 관련된 과육비율, 착색정도, 당도 및 산함량은 무처리와 유의적인 차가 없었다고 했다. 본 실험에서도 과실의 당도, 산함량을 조사했는데 중유가온 하우스와 지하공기 이용 하우스간에 차이가 없었다.

최근에 한·미 FTA 발효로 3월초부터 5월말까지 5만톤 이상의 오렌지가 수입이 되어 이시기에 무가온 하우스재배의 '부지화' 출하기간이 겹치면서 수입오렌지와 경쟁해야 하는 형편에 있다. 본 실험에서 지하공기 및 공기교반기를 이용한 하우스의 수확기인 12월 말에도 불구하고 과실품질이 중유가온 하우스와 비슷했으며 또한 가온 비용도 50%나 절감이 되었다. 3월 이후에 출하되는 '부지화' 무가온하우스 재배에 지하공기 및 공기교반기를 이용한 기술을 적용하면, 출하기간을 2월 이전으로 앞당길 수도 있고 가온비도 절감된다는 점이 시사되었다.

참고문헌

- Citrus marketing and shipping association in Korea. 2012. Jeju citrus shipment joint association. (in Korean)
- Davies, F. S. and L. G. Albrigo. 1994. Citrus. p. 204-205. CAB International Wallingford. (In Korean with English)
- Downton, W. J. S., W. J. R. Grant and B. R. Loverys. 1987. Carbon dioxide enrichment increase yield of Valencia orange. Australian Journal of Plant Physiology 14(3):493-501.(In Korean with English)
- Hirayuki, F., S. Ono, T. Takahara and T. Ogata. 2001. Effect of carbon dioxide enrichment on tree vigor of citrus cv. Shiranuhi under greenhouse culture. Japanese Society for Horticultural Science 60(4): 593-595. (In Korean with English)
- Huh, T. H. 2012. On the application of the heat pump System to facility horticulture, using hot waste water from power plant. Doctoral dissertation thesis, Jeju National University (In Korean)
- Hyun, B. C., G. S. Park, I. S. So and H. N. Hyun. 2007. Nature carbon dioxide fertilizing research in paprika hydroponics that use Jeju volcanic island basalt underground air. Korean Journal Horticultural Science & Technology 27(Supplement):61.(In Korean)
- Ikeda, S. and T. Shindo. 2007. Energy reduction in greenhouse culture of Satsuma mandarin by air film bags. Outline Bulletin Saga Fruit tree Experiment Station (In Korean with Japanese)
- Inomata, Y., H. Yaegaki, H. Honjo, T. Takatsuji and K. Suzuki. 1996. Effect of duration and period of application of carbon dioxide enrichment on dry matter production in 'Kousui' Japanese pear trees cultivated in growth chambers. Bulletin Fruit Tree Research Station 29(1):41-50. (In Korean with Japanese) Jeju meteorological agency. 2006. Weather outline table.
- Kim, J. H., M. S. Sung, I. S. So and H. N. Hyun. 2007. Study on the distribution of basalt underground air in Jeju volcanic island. Korean Journal Horticultural Science & Technology 27(Supplement):



143. (In Korean)

- Kurooka, H., S. Fukunaga, E. Yuda, S. Nakagawa and S. Horiuchi. 1990. Effect of carbon dioxide enrichment on vine growth and berry quality of 'Kyoho' grapes Japanese Society for Horticultural Science 5 9(3): 463-470. (In Korean with Japanese)
- Kawase, K. 1999. Learning cultivation of 'Shiranuhi'. Rural Culture Association, Tokyo, Japan. Matsumoto, R. 2001. 'Shiranui' a late-maturing citrus cultivar. Bulletin National Institute Fruittree Science 35(1):115-120. (InKoreanwithJapanese)
- Moon, D. K. 2002. Stable production and fruit quality improvement in Satsuma mandarin with fruit over-wintered on tree. Special Report, The Ministry of Agriculture and Forestry. (In Korean)
- Moon, Y. I. 2006. Effect of temperature and rootstocks on fruit quality and activity of sugar-related enzymes 'Shirahuhi' [(Citrusunshiu × C.sinensis) × C.reticulata]. Doctoral dissertation thesis, Jeju National University (In Korean)
- Morinaga, K. and F. Ikeda. 1991. Effects of CO<sub>2</sub> enrichment on photosynthesis, respiration and matter production in Satsuma mandarin trees. Japanese Society for Horticultural Science 60 (Supplement): 22-23. (In Korean with Japanese)
- Nii, N., K. Harada and K. Kadowaki. 1970. Effects of temperature on the fruit growth and quality of Satsuma mandarin. Japanese Society for Horticultural Science 39(1):19-27. (In Korean with Japanese)
- Sung, M. S. 2008. Study on the characteristics and utilization of underground air in Jeju Island. dissertation thesis, Jeju National University (In Korean)
- Utsunomiya, N., H. Yamada, I. Kataoka and T. Tomana. 1982. The effect of fruit temperature on the maturation of Satsuma mandarin (CitrusunshiuMarc.)fruits.). Japanese Society for Horticultural Science 51(1):135-141. (In Korean with Japanese)

Abstract

Effects of Using Underground Air and Air Mixer on  
Fruit Quality and Heating Cost Reduction in  
Greenhouse of 'Shiranuhi' [(Citrus unshiu × C.  
sinensis) × C. reticulata] Mandarin Hybrid

Han, Sang-Heon · Kim, Ju-Sung\*

This study investigated the effect of using underground air and air mixers on production cost reduction and quality of the 'Shiruhui' mandarin hybrid in a greenhouse culture. Daily changes of air temperature and CO<sub>2</sub> gas content were compared between a free-heavy oil heated greenhouse and an underground air and air mixer house. The air temperature in the underground air and air mixer house was higher than the oil-heated greenhouse heating season, from March to May. The fruit weight of underground air and air mixer greenhouse was higher than the oil-heated greenhouse, but there was no difference in fruit quality at harvest season. The production cost of the underground was 50% heating cost of the free-heavy oil heating greenhouse. Based on the results of this experiment, we recommend using this technique in the non-heating house cultivation of the 'Shiranuhi' mandarin hybrid.

**Keywords:** air mixer, air temperature, CO<sub>2</sub> gas content, fruit quality, heavyoil-heated house, using underground air house

---

\* College of Applied Life Sciences, Jeju National University

지하공기 및 공기 교반기 이용이 '부지화' 하우스재배에서 과실품질과 가온 비용절감에 미치는 영향

교신 : 한상헌 63243 제주특별자치도 제주시 제주대학로 102  
제주대학교 생명자원과학대학 친환경연구소  
(E-Mail: sangheon@jejunu.ac.kr)

논문투고일 : 2015. 7. 15

수정완료일 : 2015. 8. 3

게재확정일 : 2015. 8. 10

