

‘거봉’ 포도 2기작 재배 시 근권 가온 및 CO₂ 시용이 생장 및 과실 품질에 미치는 영향

오성도^{1*} · 김용현² · 최동근³

¹전북대학교 농과대학 생물자원과학부(전북대학교 농업과학기술연구소), ²전북대학교 농과대학 생물자원시스템공학부
(전북대학교 농업과학기술연구소), ³전북농업기술원

Growth and Berry Quality of ‘Kyoho’ Grapes in Double Cropping System as Affected by Root Zone Heating and CO₂ Enrichment in Plastic Greenhouse

Sung Do Oh^{1*}, Yong Hyeon Kim², and Dong Geun Choi³

¹Division of Biological Resources Science, Chonbuk National University, Jonju 561-756, Korea

²Division of Bioresource Systems Engineering, Chonbuk National University, Jonju 561-756, Korea

³Jeollabuk-do Agricultural Research & Extension Service, Iksan 570-704, Korea

*corresponding author

ABSTRACT ‘Kyoho’ grape (*Vitis labruscana* L.) has currently cropped twice a year in plastic greenhouses. However, there are problems with low fruit quality in the second cropping owing to low temperatures and short photoperiods. This experiment was conducted to investigate the effect of root zone heating and CO₂ enrichment in plastic greenhouse on the vine growth and fruit quality of ‘Kyoho’ grape in double cropping system. The internode length of shoots, leaf area and leaf dry weight at the treatment of soil heating near root zone was significantly different regardless of CO₂ enrichment. There were no significant differences in fruit bunch and berry weight, titratable acidity, coloration degree and berry shattering among the treatments, but the soluble solids significantly increased by root zone heating. Photosynthetic rate increased with increasing CO₂ concentration from 300 to 800 $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ in sunny day, whereas it didn’t increase in cloudy day regardless of CO₂ enrichment.

Additional key words: *Vitis labruscana* L., fruit quality, photosynthetic rate, root restriction, soil warming

서 언

포도 거봉(*Vitis labruscana* L. cv. ‘Kyoho’)의 생육 온도는 15 - 32°C로서 이 온도 범위에서는 주야 온도차가 있는 쪽이 신초도 굵고 절간도 짧으며 엽색도 진하다. 1기작 재배에서는 이와 같은 생육 조건을 나타내어 신초의 충실한 발육이 가능하다. 최근 일부 농가에 서 거봉의 연 2회 생산을 위한 2기작 재배를 시도하고 있다. 그런데 2기작 때의 생육초기는 하계의 고온기에 해당되어 주야의 온도차도 적고 생육이 빠르기 때문에 신초가 가늘고 절간은 길어지며 엽색이 연해지는 등 생육 불량이나 나타나기 쉽다. 한편, 2기작의 과실 비대 및 성숙기는 저온기에 해당하므로 온도 저하로 인하여 과립 비대가 불량하고 수량이 크게 떨어진다(Abu, 1994; Takei, 1994). 또한 2기작 재배 시에는 일조 시간이 짧아져서 신초가 빠르게 목화(등숙)

되고 양분 이동이 조기에 중단되기 때문에 과립 비대가 억제되고 성숙이 되지 않을 뿐만 아니라 품질이 불량해진다(Yamamoto, 1994). 더욱이 플라스틱 온실 내의 낮은 CO₂ 농도와 일조 시간의 부족에 따른 광합성 작용의 저하로 말미암아 과실 생장이 충분하게 이루어 지지 않아 품질이 저하되기도 한다. 그러므로 가온을 실시하여 주간과 야간의 기온을 각각 25 - 30°C, 17 - 18°C로 조절(Yamamoto, 1994)하거나, 보광 및 CO₂ 시용 처리에 의해서 부족한 광량 또는 CO₂ 농도를 확보하기 위한 물리적 환경조절이 요구된다.

한편 일조시간 외에 겨울 동안의 토양온도 저하가 신초의 등숙은 물론 과실비대 생장을 억제시킨다. 토양온도는 뿌리생장(McMichael과 Burke, 1998), 신초생장(Hogue와 Neilson, 1986; Park과 Oh, 2000a), 과실특성(Park과 Oh, 2000b)은 물론 양분흡수(Toselli 등, 1999; Tagliavini 등, 1991), 식물생장 조절물질의 활성(Skene과

※ Received for publication 5 March 2001. Accepted for publication 2 July 2001. This research was supported by SGRP-PTDP (Problem Oriented Technology Development Project for Agriculture and Forestry, Project No. 194098-2) in 1994.

Kerridge, 1967), 과실생산(Gosselin과 Trudel, 1986)에 영향을 미치기 때문에 겨울 생산에 있어서 매우 중요한 환경요소에 해당한다.

본 연구는 포도 2기작 재배에 있어서 2차 결실기에 해당하는 11월부터 익년 1월까지 근권 가온과 온실 내 CO₂ 시용 처리가 과실 품질에 미치는 영향을 구명하고자 실시하였다.

재료 및 방법

본 연구는 전북 완주군 봉동읍 낙평리에서 1994년 12월부터 1996년 12월까지 2년간 실시하였다. 상면적이 340m²인 둥근 지붕형 2연동(1-2W형) 플라스틱 온실을 설치한 후 폴리에틸렌 필름을 사용하여 온실 내부를 2동으로 구분하였다. 즉, 한 동은 근권온도 상승 및 CO₂ 처리구로, 다른 동은 근권온도 상승구로 하였으며, 대조구로서 근권 가온과 CO₂ 시용 처리를 하지 않은 플라스틱 온실에서 2기작 재배를 실시하였다. 보온을 위하여 측면 및 꼭부는 2중 피복을 하였으며, 환기를 위하여 측면 및 지붕에 권취식 자동 개폐 장치를 설치하였다. 또한 야간 보온을 위하여 수평커튼 장치를 설치하였다.

부대시설로서 난방능력이 80,000kcal·h⁻¹인 농업용 온풍난방기(HI-80, 한일기계공업사), 지온상승장치(난방보일러), 점적관수시설, 하우스 내 기온 및 지중온도 측정시스템, 토양수분계를 설치하였고 이를 자동화하기 위하여 종합콘트롤 장치를 설치하였다.

근권제한 재배를 위해서 상면에 폭 50cm, 높이 30cm인 베드(bed)를 2열로 설치하고 2년생 거봉을 3월에 재식하였다. 다음으로 근권온도의 상승 처리를 위하여 베드 바닥에 비닐을 깔고 공기 유동 및 배수를 위하여 여러 곳에 구멍을 낸 후 온수 순환용 엑셀관(내경 15mm×외경 20mm×두께 2mm)을 매설하였다.

2년간에 걸친 2기작 거봉의 주요 생산 일정은 다음과 같다. 1년 차에는 3월에 발아시켜 9월 초에 1차 수확을 하였으며, 1차 수확 후 10월 초부터 발아시켜 익년 2월 초에 2차 수확을 하였다. 2년 차에는 3월 초에 발아시켜 7월 말에 1차로 수확하였고, 1차 수확 후 8월 말에 발아시켜 결실시킨 후 익년 1월 말에 수확하였다. 전정은 수확 1주 후에 실시하였고, 전정 3일 후 석회질소 10배액과 메리트청 300배액을 혼합하여 스펀지에 흡착시켜 눈에 발라 주는 것으로 휴면타파 처리를 실시하였다.

연내 2기작 결실을 위해서 신초의 등숙이 이루어져야 과실도 성숙하고 휴면아를 발아시킬 수 있기 때문에 기온이 높은 시기에는 토양수분을 약간 건조한 상태로 유지하여 신초의 등숙 상태를 촉진하였다. 생육반응을 조사하면서 수체의 등숙 현상을 관찰한 결과 9월 초가 되면서 목질부가 붉게 등숙되는 것이 확인되었다. 그러므로 양분이 눈(芽)에 축적되도록 적심 처리를 한 후 직경이 직경 0.8cm 이상인 신초는 신초 기부로부터 7-8마디를 남기고 전정을 실시하였고, 직경 0.8cm 이하인 약한 가지는 4-5마디를 남기고 전정한 후 즉시 적엽 처리하였다. 2기작 결실을 위한 전정을 1년차(1995년)에는 9월 20일에 실시하였고, 2년차(1996년)의 전정은 7

월 25일에 1년차와 동일하게 실시하였다.

근권온도 상승처리에는 베드마다 1대씩의 난방보일러, 즉 난방출력과 열효율이 21,000kcal·h⁻¹, 87%인 난방보일러(TURBO-21S, 귀뚜라미; KDB-170SA 경동)를 설치하였고, 지중 15cm 깊이에 온수 순환용 배관을 배치하였다. 지중 가온은 지온이 10℃ 이하로 떨어지는 11월 초부터 실시하되, 지중 15cm 깊이에서 근권부의 설정 온도가 25℃를 유지하도록 근권 난방을 실시하였다.

CO₂ 농도에 따른 생육 반응을 조사하기 위하여 CO₂ 발생기(하니 B300, 마포산업전자(주)제품)를 설치하고 오전 11-12시 사이에 온실 내 CO₂ 농도를 300-800μmol·mol⁻¹로 높여 가면서 휴대용 광합성측정계(Ci-500, CID, Inc.)를 사용하여 맑은 날과 흐린 날의 광합성 속도를 측정하였다. 광합성 속도의 측정이 이루어진 맑은 날과 흐린 날의 일사량은 각각 713W·m⁻², 237W·m⁻²이었다.

근권부에서 토양수분의 적정관리를 위하여 지중 15cm 깊이에서 측정된 토양수분의 흡입압이 pF 2.2 이상으로 상승하면 토양수분 조절계에 연결된 전자밸브가 작동하여 자동관수가 이루어지도록 하였다(Oh와 Kim, 1997). 관수방법으로 스프링클러에 의한 살수법을 사용하였다.

동절기의 단일조건을 개선하고자 온실 내에 식물생장용 3과장 형광등(FL20SPG/18, 금호전기)을 설치하여 일몰 전후에 보광에 의하여 온실 내의 광도는 약 50W·m⁻²를 유지하였다.

잎의 특성조사를 위하여 엽록소 함량과 엽면적을 측정하였다. 엽록소 함량은 methanol 추출법으로 결정하였고, 엽면적 측정에는 엽면적측정기(Direct scanning leaf area meter, Delta-T Devices, Ltd.)를 사용하였다. 신초는 처리당 3반복, 반복당 3주씩 조사하였고, 과실은 반복당 10과(처리당 30과)를 조사한 후 Windows용 SAS로 통계 처리하였다.

결과 및 고찰

신초의 절간신장, 엽면적, 엽건물중을 근권온도 상승구에서 근권 가온을 실시하지 않은 대조구와 비교할 때 고도의 유의성이 인정되었으나, 근권온도 상승구에서 CO₂ 시용 처리 유무에 따른 신초의 절간신장, 엽면적, 엽건물중구에는 유의차가 없었다(Table 1). 한편 엽록소 함량은 처리에 따른 유의차가 없는 것으로 나타났다. 포도 근권온도 상승은 뿌리생장을 촉진하고 뿌리 수액의 씨토키닌 활성을 높여 지상부 생장을 촉진하였다고 하였다(Skene와 Kerridge, 1967). 포도의 근권온도를 발아부터 8주간 상승시킨 결과 근권온도가 높아질수록 신초 신장, 뿌리 생장, 화기 발달이 양호하였고 온도에 따른 부위별 건물중은 조직에 따라 다르다고 하였으나(Woodham과 Alexander, 1966) 본 연구에서 잎건물중만을 측정하면 바 잎 건물중은 유의하게 많았다. 포도의 뿌리 생장이 30℃ 부근에서 양호하다는 보고(Muromtsev, 1984, Woodham과 Alexander, 1966)가 있고, 본 연구에서 근권 가온을 하였을 때 지중 5cm, 15cm, 25cm에서 지온의 평균치가 각각 23.4℃, 25.6℃, 28.9℃로

Table 1. Effect of soil temperature and CO₂ enrichment on vine growth during winter².

Treatments	Node length (cm)	Leaf area (cm ²)	Chlorophyll content (mg/g)	Dry weight/leaf (g)
Soil heating+CO ₂ enrichment	12.5 ^z	98	1.68	8.2
Soil heating only	11.2	96	1.62	7.7
Not-heating, Not-CO ₂ enrichment	7.5	72	1.52	5.5
LSD 0.05	0.75	20	NS	0.92

^zMean of two years data

서 처리기간에 지온이 25℃ 주위에 있음이 보고(Oh와 Kim, 1997) 되었음을 고려할 때 지온이 포도의 뿌리생육에 양호하였던 것으로 판단되었다.

2차 수확시기에 해당하는 겨울철 과실 생산에 있어서 광강도 부족, 일조시간 부족, 온도 저하로 인한 낮은 광합성 속도로 포도의 생육이 일반적으로 부진하게 나타난다. 그러므로 광합성 속도를 증대시키고자 CO₂를 사용한 결과(Table 1)에서 수체 생장이 무처리구에 비해서 유의하게 좋아졌다. CO₂ 농도를 높여 줌에 따라 아보카도, 망고 등 열대성 과실에서 광합성 작용과 생장이 촉진되었으며(Schaffer 등, 1997; Whiley 등, 1999), 감귤류에서도 효과를 보았다(Koch 등, 1987). 작물에 따라 대기중의 CO₂ 농도 상승이 ribulose biphosphate carboxylase 농도를 감소시켜 동화산물의 양이 감소된다는 보고(Schaffer 등, 1999)가 있으나, 본 연구에서 시도된 포도의 겨울 재배에서는 CO₂ 공급으로 절간 신장이 촉진되었다.

근권온도 상승 및 CO₂ 처리가 과실품질에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 2와 같다. 1년차 생산과 2년차 생산 모두 정상적인 생산과실, 즉 1차 생산과실에 비하여 과방중, 과립중, 당 함량이 크게 떨어졌으며 특히 산 함량이 높아 과실품질은 1차 생산과실에

비하여 떨어졌다. 2기작 생산과실의 품질을 높이기 위한 처리에서 1, 2년차 모두 과방중과 과립중은 처리간의 통계적 유의차가 없었다. 품질을 결정하는 당 함량은 근권온도 상승 및 CO₂ 처리구가 유의하게 높았으나, 산 함량은 차이가 없었고, 과피색도 약간 좋은 경향이었으나 통계적 유의차는 없었으며, 화진 현상은 차이가 없었다. 결국 근권온도 상승은 수체 생육을 촉진한 데 비하여 과실 품질에 대한 영향은 크지 않았으며, 과방 크기나 과실 크기에도 큰 영향을 끼치지 못하였다.

Yamamoto(1993, 1994)와 Kurooka 등(1990)은 포도 거봉 2기작 재배 품질 향상을 위하여 CO₂를 사용하여 과실비대 발달에는 효과가 없었으나, 당 및 anthocyanin은 증진되었으며 유기산 함량도 감소됨을 보고하였는데 이러한 결과는 본 연구에서 얻어진 결과와 다른 것이다. 과실크기에 관여하는 요인 중에는 세포수가 가장 중요한데 세포수는 개화기에 거의 결정된다(Coombe, 1976; Harris 등, 1968). 또한 발아, 신초의 성장 초기, 화수의 발육 시기에 근권온도 상승은 질소흡수 및 질소의 지상부 이동량을 증대시키므로(Kubota와 Kakedai, 1992) 과실 비대가 양호하게 나타난다. 그런데 본 연구의 2기작 재배에서 2차 개화기가 고온기에 해당하여 근권온도 상승구와 무처리구의 재배환경이 유사하였으며, 근권온도가 11월 초부

Table 2. Effect of high root temperature and CO₂ enrichment on fruit quality in the second cropping cane during winter.

Cultivation type	Treatment	Bunch weight (g)	Berry weight (g)	Soluble solids (°Bx)	Titratable acidity (%)	Coloration degree ^y	Berry shattering ^x
First year (1995)							
Second cropping	Soil heating +CO ₂ enrichment	172	8.5	16.5	1.6	4.5	1.5
	Soil heating only	168	7.6	16.0	1.5	4.0	1.5
	Not-heating, not-CO ₂ enrichment	158	7.2	14.5	1.7	4.0	1.5
	LSD 0.05	NS ^z	NS	1.1	NS	NS	NS
First cropping		240	12.1	18.6	0.6	4.5	1.5
Second year (1996)							
Second cropping	Soil heating +CO ₂ enrichment	165	8.6	17.5	1.6	4.5	1.5
	Soil heating only	162	7.5	16.5	1.6	4.2	1.2
	Not-heating, not-CO ₂ enrichment	153	7.5	14.5	1.7	3.8	1.5
	LSD 0.05	NS ^z	NS	0.68	NS	NS	NS
First cropping		212	10.8	19.7	0.53	4.0	1.5

^zStatistical analysis was performed among treatments for the second cropping in the first and second year, respectively.^yColoration degree = worst, 1; best, 5.^xBerry shattering = severe, 1; none, 5.

터 시작되었기 때문에 생육 후기 근권온도 상승은 과실비대에 크게 영향을 끼치지 못한 것으로 추측되었다.

Thompson Seedless 품종에서 눈의 발아부터 과실 성숙까지의 기간에 축적되는 총 바이오매스(biomass)의 44-69%가 과실로 수용됨(Harris 등, 1968)을 고려할 때 광합성 작용의 부족으로 충분한 양의 바이오매스가 과실로 공급되지 못한 것이 아닌가 추측된다. 또한 과립 내에서 변색기 후에 당이 대량으로 축적되는데(Harris 등, 1968) 2기작 재배의 과실 변색기 이후는 겨울철에 해당하는 바 재배환경이 열악하여 당으로의 전환이 어려우리라 생각된다. 더욱이 포도는 탄수화물이 수체로부터 계속 공급되어야 성숙하는 과실이다(Hawker, 1969). 비록 약간의 유기산이 당으로 전환되지만 대부분의 당은 수체로부터 공급되는 바, 수체 생육을 돕는 지온 상승, CO₂ 공급 및 보광에 의하여 당은 약간 증가하였으나 과실비대 및 산의 분해까지는 영향을 미치지 못한 것으로 추측되었다. 이러한 결과는 포도 2기작 재배에 해당하는 것은 아니나, 포도 축적재배(Moon 등, 1995)와 단감(*Diospyros kaki*) 축적재배(Fumuro와 Utsunomiya, 1999)에서 토양온도 상승은 신초의 성장과 성숙을 촉진하고 당 함량을 증가시키나, 착과 및 과실 크기는 보통 재배에 비하여 크게 감소한다는 보고와 일치하는 것이다.

근권가온, CO₂ 공급, 보광 등 광합성의 증진을 위한 처리를 하였음에도 산 함량 감소 등에 있어서 괄목할 만한 효과를 얻지 못하였는데 그 원인을 알아보기 위하여 이들 처리가 광합성 속도에 미치는 영향을 조사하였다.

Fig. 1에서 보는 바와 같이 CO₂ 공급에 의한 광합성 속도의 증가는 유의하게 증가하여 800 $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ 까지는 현저히 증가하였으나 그 이상의 농도에서는 증가하지 않았다. 한편 흐린 날에는 CO₂ 농도에 관계없이 광합성 속도가 낮게 나타났다. Kurooka 등(1990)은 맑은 날의 CO₂ 농도가 828 $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ 에 이르렀을 때 거봉이 CO₂ 포화점에 도달한다고 보고하였는데, 본 연구에서도 동일한 결과가 나타났다. 한편, 겨울 동안의 흐린 날에는 온실 내의 CO₂ 농도를 증가시켜도 광합성 속도가 크게 증가하지 않은 바, 이것은 온실내의 광량과 기온이 낮기 때문이다.

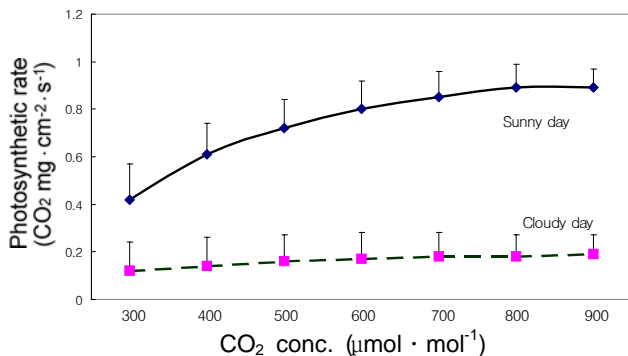


Fig. 1. Changes of photosynthetic rate of leaves in relation to CO₂ concentration on double cropping vines in greenhouse. Each point represents an average value of the replicate of the plants. Mean separation within column by DMRT at 5% level.

Kurooka 등(1990)은 변색기 1주일 전, 즉 과실발달 초기에 장일 조건 하에서 CO₂ 공급이 과실 발달 및 품질에 크게 영향을 끼쳤다고 하였다. 그런데, 본 연구에서 2기작을 위한 과실 성숙기가 단일 조건에 해당하여 광합성 작용시간이 상대적으로 짧았으며, 플라스틱온실의 이중 피복에 의한 투과 광량의 감소 또는 흐린 날로 인한 광도 저하로 CO₂ 공급에 의한 광합성 작용의 증가 효과를 얻지 못하였다. 이로 말미암아 과실 품질이 크게 개선되지 않았던 것으로 판단된다.

한편 단일조건을 극복하고자 일몰 후 인공조명에 의한 보광을 실시한 결과 수체 생장이 양호하게 이루어진 바 장일효과는 있었던 것으로 추측된다. 장일 조건이 포도의 수체 생육 및 과방 착생에 효과적이었다는 보고(Sugiura 등, 1975)가 있으나 과실품질에 미친 영향은 보고된 바가 없다. 과실의 품질을 향상시키려면 광합성 속도가 증가하여야 한다. 맑은 날, 흐린 날 및 보광 하에서 거봉의 광합성 속도를 비교한 결과 Fig. 2와 같이 보광 하에서 광합성 속도가 가장 낮게 나타났다. 포도의 광합성 속도가 16시 이후에는 50% 이상 감소하고 18시 이후에는 90% 정도로 감소한다고 하였는데(Downton 등, 1987), 본 연구에서 시도된 보광에 의해서 광합성 작용이 지속되기를 기대하였으나, 광량의 부족으로 충분한 효과를 거둘 수 없었다. 따라서 포도의 2기작 재배에서 문제로 등장하는 단일조건 또는 흐린 날의 광량 부족을 극복하려면 인공조명을 사용한 적정 보광이 고려되어야 한다. 과실의 품질 향상을 위해서 고압 나트륨(High-pressure sodium) 램프, 메탈할라이드(metal halide) 램프를 이용한 보광이 효과적이라는 보고(Kuboda 등, 1993)가 있는데, 이것은 앞으로 연구되어야 할 과제인 것으로 생각된다.

광합성은 온도에 대하여 대단히 민감하여 잎이 저온에 노출되면 가스 교환(Whiley 등, 1999), 광합성 속도(Berry와 Björkman, 1980)가 크게 저하된다. 한편, CO₂ 시용은 온도 상승(Ro 등, 2001)과 광량(Tremblay와 Gosselin, 1998)이 충분해야 시용 효과를 거둘 수 있다. 그러므로 거봉의 2기작 재배에서 CO₂ 시용 효과를 극

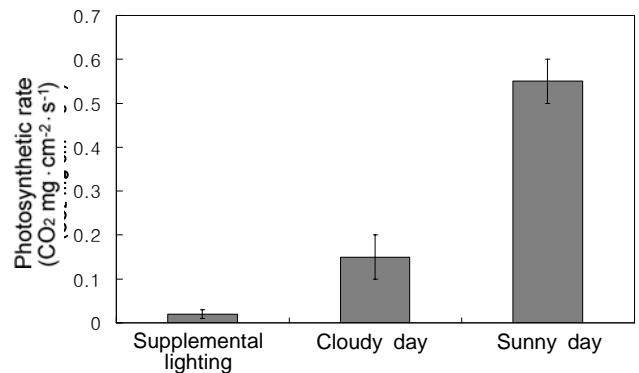


Fig. 2. Comparison of photosynthetic rate of leaves under supplemental lighting with fluorescence lamps for plant growth ($50 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$), cloudy day ($237 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ in plastic greenhouse) and sunny day ($713 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ in plastic greenhouse) in winter. Each point represents an average value of the replicates of the plants. Mean separation within column by DMRT at 5% level.

대화하려면 온실 내에서 광량을 증가시키고 적정 기온을 유지하기 위한 환경조절 방법이 모색되어야 하며, 특히 흐린 날에 광합성을 증진시킬 수 있는 보광 방법이 검토되어야 할 것으로 판단되었다.

초 록

포도 거봉(*Vitis labruscana* L 'Kyoho')은 연 2회 생산할 수 있는 2기작 재배가 가능하다. 그러나 2기작 재배에서 2차 생산을 위한 과실의 성숙기가 단일조건과 저온기에 해당하므로 고품질의 과실 생산에 제약이 되고 있다. 거봉 수체의 생장을 촉진하고 과실의 품질을 향상시키기 위하여 근권제한 재배용 베드에 온수파이프를 설치한 후 지중 가운데 의한 근권온도 상승 및 플라스틱 온실 내 CO₂ 시용에 따른 생장과 과실의 품질 특성을 조사하였다. 신초 절간장, 엽면적 및 엽 건물중은 CO₂ 시용에 관계없이 근권온도 상승 구에서 양호하였다. 과방중, 과립중, 산함량, 착색도 및 화진은 처리 간 차이가 없었으나, 당 함량은 근권온도 상승 처리구와 근권온도 상승+CO₂ 공급구에서 유의하게 높았다. CO₂ 농도가 300 μ mol·mol⁻¹에서 800 μ mol·mol⁻¹로 증가함에 따라 광합성 속도가 계속 증가하였으나, 800 μ mol·mol⁻¹ 이상의 농도에서 광합성 속도의 변화는 크지 않았다. 흐린 날에는 CO₂ 시용에도 불구하고 온실 내의 낮은 광량과 저온으로 인하여 광합성 속도가 증가하지 않았다.

추가 주요어 : 과실 품질, 광합성 속도, 근권 제한, 근권온도 상승

인용문헌

Abu, W. 1994. Problem and present condition of double cropping culture in 'Kyoho' grape. '94 Symp. Fruit Tree Facilitation. Japan. Agri. & Hort. Materials Research Meeting:78-84.

Berry, J. and O. Björkman. 1980. Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 31:491-543.

Coombe, B.G. 1976. The development of fleshy fruits. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 27:507-528.

Downton, W.J.S., W.J.R. Grant, and B.R. Loveys. 1987. Diurnal changes in the photosynthesis of field-grown grapevines. *New Phytol.* 105:71-80.

Fumuro, F. and N. Utsunomiya. 1999. Shoot growth and fruit development as affected by warming the soil in forcing culture of 'Tonewase' persimmon under restricted root volume. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 68:1146-1148.

Gosselin, A. and M.J. Trudel. 1986. Root-zone temperature effects on pepper. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118:188-198.

Harris, J.M., P.E. Kriedmann, and J.V. Possingham. 1968. Anatomical aspects of grape berry development. *Vitis* 7:106-119.

Hawker, J.S. 1969. Changes in the activities of enzymes concerned

with sugar metabolism during the development of grape berries. *Phytochem.* 8:9-17.

Hogue, E.J. and G.H. Neilson. 1986. Effect of root temperature and varying cation ratios on growth and leaf cation concentration of apple seedlings grown in nutrient solution. *Can. J. Plant Sci.* 66:637-645.

Koch, K.E., L.H. Allen, Jr., P. Jones, and W.T. Avigne. 1987. Growth of citrus rootstock (*Carrizo citrange*) seedlings during and after long-term CO₂ enrichment. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112:77-82.

Kubota, N., T. Kadayama, and A. Maeda. 1993. Example of double cropping in 'Pione' grape-Effect of artificial light on shoot and fruit growth. *Agri. & Hort.* 68:74-78.

Kubota, N. and Y. Kakedai. 1992. Effects of root temperature and time of application of ¹⁵N on its absorption and translocation in 'Muscat of Alexandria' vines grown under forced conditions. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 61:257-264.

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. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 59:463-470.

McMichael, B.L. and J.J. Burke. 1998. Soil temperature and root growth. *HortScience* 33:947-951.

Moon, D.Y., M.S. Kim, H.C. Ko, and D.K. Moon. 1995. Effect of soil temperature under forced condition on growth and production of 'Pione' grape. *Hort. Abstracts of Kor. Soc. Hort. Sci.* 13:218-219.

Muromtsev, I.A. 1984. Active parts of root system of fruit plants. Amerind Publishing Co., New Delhi.

Oh, S.D. and Y.H. Kim. 1997. Root zone environments in two cropping system within a year for 'Kyoho' grapes. *J. Bio. Fac. Env.* 6(4):235-241.

Park, J.M. and S.D. Oh. 2000a. Effect of root zone temperature on growth of shoot and root, and physiological responses of apple trees (*Malus domestica* Borkh.). *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 41:177-181.

Park, J.M. and S.D. Oh. 2000b. Effect of root zone temperature on the mineral contents of leaves and roots, and fruit qualities of 'Fuji' apple trees (*Malus domestica* Borkh.). *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 41:387-391.

Ro H.M., P.G. Kim, I.B. Lee, M.S. Yiem, and S.Y. Woo. 2001. Photosynthetic characteristics and growth responses of dwarf apple (*Malus domestica* Borkh. cv. Fuji) saplings after 3 years of exposure to elevated atmospheric carbon dioxide concentration and temperature. *Trees* 15:195-203.

Schaffer, B., A.W. Whiley, and C. Searle. 1999. Atmospheric CO₂ enrichment, root restriction, photosynthesis, and dry-matter partitioning in subtropical and tropical fruit crops. *HortScience*

34:1033-1037.

- Skene, K.G.M. and G.H. Kerridge. 1967. Effect of root temperature on cytokinin activity in root exudate of *Vitis vinifera* L. *Plant Physiol.* 42:1131-1139.
- Sugiura, A., N. Utsunomia, and A. Kobayashi. 1975. Effects of day-length and temperature on growth and bunch differentiation of grapevines. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 43:387-392.
- Tagliavini, M., E.J. Hogue, and G.H. Neilson. 1991. Influence of phosphorus nutrition and root zone temperature on growth and mineral uptake of peach seedlings. *J. Plant Nutrition* 14:1267-1276.
- Takei, K. 1994. Double cropping system of non-dormant grapes under heating system. *Agri. & Hort.* 69:587-592.
- Toselli, M., J.A. Flore, B. Marangoni, and A. Masia. 1999. Effects of root-zone temperature on nitrogen accumulation by non-bearing apple trees. *J. Hort. Sci. & Biotech.* 74:118-124.
- Tremblay, N. and A. Gosselin. 1998. Effect of carbon dioxide enrichment and light. *HortTechnology* 8:524-528.
- Whiley, A.W., C. Searle, B. Schaffer, and B.N. Wolstenholme. 1999. Cool orchard temperatures or growing trees in containers can inhibit leaf gas exchange of avocado and mango. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 124:46-51.
- Woodham, R.C. and D. McE. Alexander. 1966. The effect of root temperature on development of small fruiting sultana vines. *Vitis* 5:345-350.
- Yamamoto, K. 1993. Double cropping system of 'Kyoho' grape. *Facilities & Horticulture* 81:58-63.
- Yamamoto, K. 1994. Techniques of CO₂ application and artificial light intensity in grape culture-on emphasis on 'Kyoho' and 'Delaware'. *Agri. & Hort.* 69:487-492.