

포도 '거봉'의 근역제한재배에서 근권환경 특성

Root zone environments in restricted rooting volume of Kyoho grapes

오성도 · 김용현*

전북대학교 농과대학 원예학과

* 전북대학교 농과대학 농업기계공학과

S.D. Oh · Y.H. Kim*

Dept. of Horticulture, College of Agriculture,

*Dept. of Agricultural Machinery Engineering, College of Agriculture,

Chonbuk National University, Chonju, 561-756, Korea

1. 서론

거봉, 피오네와 같은 대립계의 4배체 포도는 소비자의 기호에 따른 소비 증가로 재배면적이 전국적으로 증가하고 있다. 대부분의 시설재배 농가에서는 단순히 숙기촉진을 목표로 한 가운데 년 1회 생산을 위한 가운데재배가 이루어지고 있으므로 수확이 완료된 하우스는 거의 4~5개월 이상 시설이 방치 상태에 있게 된다. 그러므로 하우스의 이용률 제고와 단경기 출하에 의해서 수익을 높일 수 있는 년 2회 생산 방법에 대한 관심이 증대되고 있으나, 년 2회 생산을 위한 재배 체계 또는 이에 필요한 적정 환경조건의 기준조차 설정되어 있지 않는 실정이다.

시설내에서 년 2회 생산을 하려면 여름철에 수확이 완료된 포도의 연내 재생장을 도모하여 수확후 2차 생장을 촉진시킬수 있는 방법의 구명과 이에 따른 환경제어 기술의 확립이 요구된다. 이러한 이유 때문에 일본에서는 포도 2기작 재배를 위한 연구^{(2),(4),(5)}가 많이 수행되고 있다. 더구나 2기작 재배에서는 대립계 시설포도의 수세조절을 목표로 근역제한재배가 시도되고 있다. 효과적인 근역제한재배와 더불어 생육 단계별 적정 수준의 환경제어가 뒷받침되면 년 2회 수확뿐만 아니라 포도의 품질 향상 및 안정적 생산이 가능할 것으로 기대된다.

현재 시설포도 재배농가에서는 수체의 지상부 가온을 목표로 하우스내에 온풍기를 설치한 후 설정온도의 조절에 의해서 내부 기온을 관리하고 있다. 조기가온을 실시할 경우 하우스내의 지상부 기온은 적정 수준을 유지하여 수체의 생장이 활발하게 이루어지게끔 하나 신초생장기에서 하우스내의 지온, 즉 근권부의 토양온도는 지상부 기온보다 낮기 때문에 근부에서의 수분 및 양분의 흡수가 충분하게 이루어지지 않게 된다. 이 때문에 시설포도의 조기가온재배에서 지상부 및 지하부 환경요소의 불균형에 의한 생육부진 및 생리장해가 발생될 우려가 있는 바

지상부와 지하부 환경요소의 균형을 위한 효과적인 지중가온방법이 필요하다.

물이 토양에 흡착되는 힘은 기압 또는 일정면적에 가해지는 힘과 동일한 무게를 갖는 물기둥의 높이, 즉 수주로서 표시된다. 이 경우 수주의 높이로서 표시되는 토양수분의 흡인압 h cm ($h \times 98$ Pa 에 상당함)의 상용대수치가 pF값으로 정의된다. 건조한 토양일수록 토양의 pF값이 크기 때문에 토양이 물을 흡인하는 힘이 커지며, 반대로 식물은 그 물을 흡수하기가 어려워진다. 보통 뿌리에 의해서 이용가능한 pF값은 1.5~4.2의 범위이나, pF값이 3.0~3.3 정도에 이르면 토양수분의 부족 현상이 나타나 생장이 저해되므로 그 이전에 관수를 해 주어야 한다. pF값 1.5 이하이면 토양수분이 과다하게 되어 토양중의 가스 환경이 악화되고, 생육이 불량하게 이루어질 가능성이 있기 때문에 관수량에 주의하지 않으면 아니된다. 포도는 내건성 및 내습성이 강한 과수이나, 생육기간 중에 수분이 부족하면 줄기의 신장이 불량하며 수량의 감소와 더불어 당도가 저하될 수 있다. 한편 성숙기에 수분이 적정 수준으로 공급되면 생장이 촉진될 것이다. 즉 과립중이 증가와 함께 당도가 향상되어 고품질의 포도 생산이 가능해진다. 또한 관수를 통한 토양수분의 적정관리는 포도의 열과 방지에 기여하게 된다.

더구나 시설포도의 년 2회 생산을 위하여 근역제한재배를 실시할 경우 생육이 진행됨에 따라 점차 근권부의 뿌리 밀도가 높게 되고 토양수분의 부족 현상이 나타나기 쉬우며 이로 인하여 엽의 노화 또는 과립의 비대불량이 발생되기도 한다. 그러므로 시설포도의 2기작 재배에서는 토양수분을 적절하게 관리할 수 있는 방안이 요구된다.

본 연구는 포도 '거봉'의 년 2회 생산을 위한 근역제한재배에서 근권환경, 즉 근권부의 지온 및 토양수분의 변화 특성을 구명하고자 시도되었다.

2. 실험장치 및 방법

가. 실험용 하우스

거봉의 년 2회 생산을 위한 실험용 하우스는 2연동으로서 폭과 동고는 각각 6m, 3.5m 이고, 상면적은 372 m² 이다. 이중형 하우스의 피복재 및 보온재로서 두께 0.1mm의 폴리에틸렌 필름이 사용되었고, 부직포로 제작된 수평커튼이 하우스 내부에 설치되었다. 아울러 하우스 내부의 난방을 위하여 설치된 온풍난방기의 난방 능력은 80,000 kcal/hr이다.

나. 근역제한 재배용 베드 및 근권부 가온 시스템 설치

근역제한 재배를 위하여 하우스의 길이 방향을 따라 설치된 재배용 bed(폭 50cm x 높이 30 cm)에 1년생 묘목 37주가 재식되었다. 한편 시설포도의 근권부 가온 및 지온 조절을 위하여 21,000 kcal/hr의 난방능력을 갖춘 온수보일러 시설이 설치되었다. 온수파이프로써 엑셀관이 재배용 bed의 표면으로부터 30cm 깊이에 매설되었다.

다. 측정항목 및 측정방법

본 실험에서 측정된 항목은 지상부 환경요소의 경우 하우스 내부공기의 건습구 온도 및 일사량이며, 지하부에서는 지온 및 토양수분이 측정되었다. 하우스 내부공기의 건습구온도와 지온 측정에 사용된 센서는 백금촉은저항식(Pt 100 Ω)으로서, 건습구온도는 하우스 상면으로부터 2.0m의 높이에 설치되었다. 지온 측정용 센서는 재배용 bed의 표면으로부터 각각 5cm, 15cm 및 25cm의 깊이에 1개씩 설치되었다. 백금촉은저항 센서로부터의 저항 신호는 저항-전압변환기(resistance to voltage converter, R/V converter)를 거치면서 0~5V의 직류전압으로 변환된후 data acquisition card 내에서 A/D변환 과정을 거쳐 계측용 컴퓨터의 플로피디스크에 저장되었다. 토양수분의 흡인압을 연속으로 측정하고자 지온 측정이 이루어진 동일한 위치에 토양수분 장력계(tensiometer)가 각각 1개씩 설치되었다. 토양수분 장력계로부터의 출력 신호는 A/D변환과정을 거쳐 계측용 컴퓨터의 플로피디스크에 저장되었다.

근역제한 재배에 의한 거봉의 생장 특성으로서 신초의 간경, 길이, 절간장, 엽면적, 엽수 및 결과지의 과방수 등이 측정되었다. 또한, 거봉 과실의 품질 평가를 위하여 과방중, 과립중, 당도, 산도, 착색도, 화진현상 등이 측정되었다.

라. 토양수분의 조절

근권부에서 토양수분의 적정관리를 위하여 지중 15 cm 깊이에서 측정된 토양수분의 흡인압이 pF 2.2 이상으로 상승하면, data acquisition card 의 digital output port로부터 신호가 출력된다. 이 신호에 의해서 급수용 펌프에 연결된 무접점계전기(solid state relay)가 ON 상태로 되어 관수가 이루어진다. 토양수분의 흡인압이 설정치 pF 1.5 이하로 내려가면, 펌프에 연결된 무접점계전기의 접점이 OFF 상태로 되어 펌프의 작동은 중단된다.

3. 결과 및 고찰

가. 하우스내 기온 및 상대습도의 변화

그림 1은 거봉의 성숙기인 '96. 1. 15~1. 20에서 실험용 하우스내의 기온 및 상대습도 변화를 나타낸 것이다. 하우스내의 상면으로부터 2 m 높이에서 측정된 기온은 외기온과 일사량에 따라 차이가 있기는 하나, 주간의 최고기온은 25.1~32.7 $^{\circ}$ C를 나타내어 시설포도의 생육적온에 해당되었다. 한편, 야간기온의 최저치는 약 18 $^{\circ}$ C 정도로서 난방에 의해서 실내기온이 일정 수준을 유지하는 것으로 나타났다. 이전 연구 결과(山本, 1993)과 武井(1994)에 의하면 포도 지상부의 적정 생육온도는 주간의 경우 25~30 $^{\circ}$ C, 야간에는 16~18 $^{\circ}$ C가 가장 이상적이거나 가온재배에서는 실내기온의 범위가 14~32 $^{\circ}$ C로서 그 폭이 다소 넓게 나타남을 감안할 때 실험용 하우스내의 기온은 포도의 적정 생육 온도에 해당됨을 알 수 있다. 주간에 상대습도의 최저치는 50~55%로서 다소 낮게 나타났으나, 야간에 상

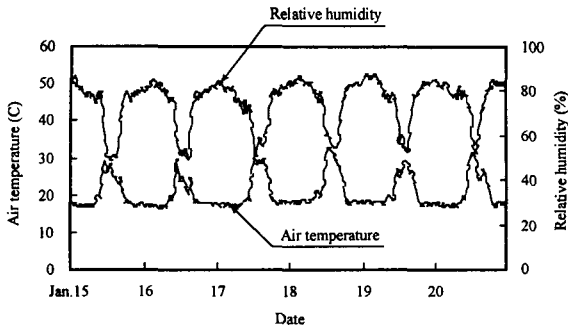


Fig. 1. Variation of air temperature and relative humidity in plastic greenhouse.

정상적으로 이루어지지 않고 품질이 불량해질 우려가 있다.

지중 5cm, 15cm 및 25cm의 깊이에서 측정된 지온 변화가 그림 2에 실려 있다. 온수보일러의 작동과 더불어 지중 25cm에서의 지온은 급격하게 상승되었으며, 지중 5cm와 15cm에서의 지온 상승은 25cm에 비해서 지온다소 지연되는 것으로 나타났다. 지중온도의 최고치는 모든 측정 위치에서 26~30°C 를 나타내어 근권부의 목표 온도인 25°C보다 다소 높게 나타났다. 지중가온을 중단시킬 경우 15cm 및 25cm 깊이에서의 지온은 조금씩 하강하는 가운데 17~18°C 정도를 유지하는 것으로 나타났다. 한편, 5cm 깊이에서의 지온은 주간에는 온실내로 투과

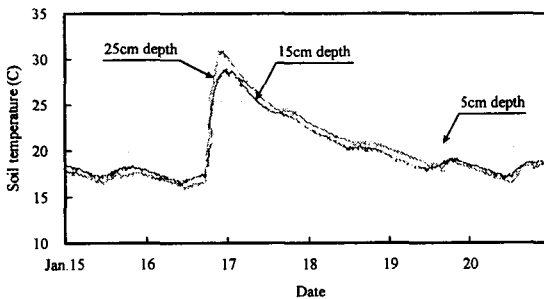


Fig. 2. Variation of soil temperatures at a depth of 5, 15, and 25cm from soil surface in greenhouse.

적절한 것으로 판단된다.

다. 토양수분 흡인압의 변화

관수가 이루어지기 전후에서 측정된 토양수분의 흡인압이 그림 3에 실려 있다. 관수 개시전에 5cm, 15cm 및 25cm의 깊이에서 토양수분의 흡인압이 각각 pF 2.7, pF 2.2 및 pF 1.6 정도를 유지하였으나, 관수 직후에 토양수분의 흡인압은

대습도의 최고치는 84~87%로서 과습하지 않은 것으로 나타났다.

나. 근권부의 지온 변화

포도생육에 있어서 동계에 결실수의 생리적인 문제는 지중온도 하강으로 말미암아 결실가지가 목질화되고 양분이 원활하게 이동하지 않는다는 것이다. 이로 인하여 과실 비대가

된 일사량과 야간의 경우 온풍난방기로부터 공급된 열량의 영향을 받는 가운데 18~21°C로서 온도 변화의 폭이 15cm와 25cm에서의 지온에 비해서 다소 크게 나타났다. 거봉 근권부의 대부분이 지중 15~25cm 깊이에 위치함을 고려할 때 근권부의 지온을 조절하기 위해서 매설되는 지온센서의 깊이는 15cm가

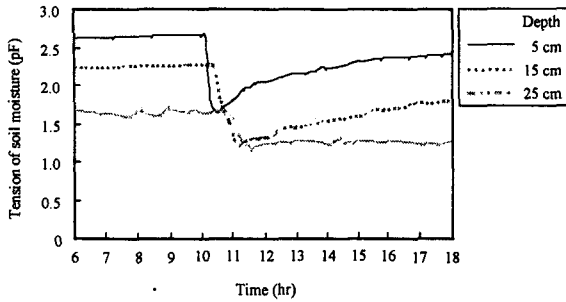


Fig. 3. Variation of the tension of soil moisture after irrigation at a depth of 5, 15 and 25cm from soil surface in greenhouse.

도로서 토양수분 흡인압의 설정치를 나타낸 15cm 깊이에서는 관수 직후 흡인압이 pF 1.4 정도로 낮게 나타났으나, 이 후 흡인압이 완만하게 증가하여 pF 1.8 정도를 유지하였다. 한편, 25cm 깊이에서는 흡인압은 관수 개시전에 pF 1.7 정도이며, 관수가 이루어진 후에는 pF 1.3~1.4로서 낮게 나타났다. 상기의 결과로부터 토양수분의 흡인압을 제어하기 위한 기준치로서 15 cm의 깊이에서 토양수분의 흡인압을 사용하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

그림 4는 15cm 깊이에서 토양수분 흡인압의 목표치를 pF 2.2로 설정하였을 때 15cm와 25cm 깊이에서의 흡인압 변화를 나타낸 것이다. 관수 개시와 함께 15cm 깊이에서의 흡인압은 pF 1.5 정도까지 하강하였으나, 이 후에는 흡인압이 상승하면서 pF 2.0~2.2를 유지하는 과정이 반복적으로 나타났다. 한편, 25cm 깊이에서의 흡인압은 관수개시전에 pF 1.7~1.8을 유지하였으나, 관수 개시후에는 pF 1.

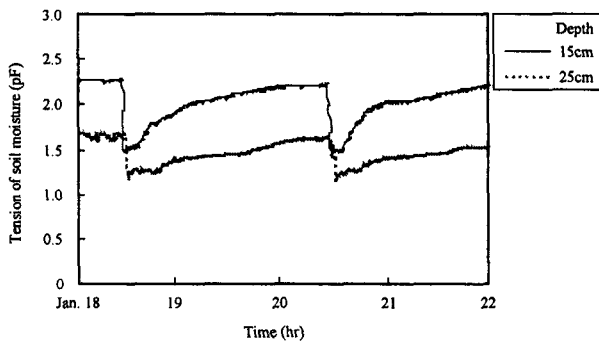


Fig. 4. Variation of the tension of soil moisture at a depth of 15 and 25cm from soil surface in greenhouse.

급격하게 감소하였다.

5cm 깊이에서는 관수의 개시와 더불어 흡인압이 순간적으로 저하되어 pF 1.6 정도의 최저치에 도달하였으나, 관수 중단 후 토양수분의 침투 또는 증발산의 증가에 의해서 흡인압이 단시간내에 관수 개시전의 근접한 수준에 도달하였다. pF 2.2 정

2~1.3 으로서 다소 낮게 나타났다. 이러한 결과는 근역제한 재배가 이루어질 때 근권부의 하층부가 과습 상태에 도달할 수 있음을 의미하는 것이다. 그러므로 근권부 하층의 과습을 방지하려면 적정 관수량의 설정 뿐만 아니라 사질성 토양의 이용과 같

은 적절한 배수 대책이 필요하게 된다. 실제로 일부 수체의 결실기에서 열과 및 착색불량 현상이 나타났는데 이러한 결과는 근권부가 다소 과습한 상태를 유지하였기 때문인 것으로 추측된다.

라. 거봉의 신초 성장 및 과실 특성

표 1은 근역제한 재배에 의한 1년차 2기작 결실수의 신초생장과 정등⁽¹⁾에 의한 이전의 연구 결과를 비교한 것이다. 본 연구에서 시도된 근역제한 재배에서 거봉의 신초가 다소 도장되었는 데, 실제로 신초의 절간장이 이전 연구 결과에 비해서 높게 나타났다. 이러한 결과는 근역제한 재배에서 근권부의 배수가 충분하게 이루어지지 않았기 때문이다.

Table 1. Comparison of growth indices of Kyoho grape grown between in restricted rooting volume and earlier study.

Growth indices	Restricted rooting volume	Earlier study
Trunk diameter (cm)	2.5 ± 0.5	1.14
Shoot length (cm)	180 ± 30	215.0
Internode (cm)	15 ± 3	10.0
Leaf area (cm ²)	123 ± 33	
No. of leaves	23.5	22.3
No. of cluster in fruiting shoot	1.0	

표 2는 근역제한 재배에 의한 2기작 거봉의 품질과 일반포장에서 수확된 1기작 과실의 품질을 비교한 것이다. 근권부의 지온과 토양수분을 조절하였음에도 불구하고 전체적으로 근역제한 재배에 의한 1년차 2기작의 품질이 일반포장에서 수확된 것에 비해서 낮게 나타났다. 이것은 거봉의 공시 묘목이 1년생으로서 유목일 뿐만 아니라 2기작 재배가 이루어지는 시기의 온실내 광량부족으로 인하여 과립내에 당의 축적이 효과적으로 이루어지지 않았기 때문이다. 따라서 2기작의 품질을 향상시키려면 지온과 토양수분과 같은 근권부의 환경조절 뿐만 아니라 적절한 보광이 필요할 것으로 판단되었다.

Table 2. Comparison of fruit characteristics of Kyoho grape grown between in restricted rooting volume and in non-restricted rooting volume.

Fruit characteristics	Restricted rooting volume	Non-restricted rooting volume
Harvest date	'96. 3. 12	'96. 9. 20
Wt. of cluster (g)	139	262
Wt. of berry (g)	7.5 ± 1.13	12.8
Soluble solid (Brix)	16.9 ± 0.94	19.7
Acidity (%)	1.45	0.53
Coloration ^z	3.5	4.0
Berry shattering ^y	1.5	1.0
No. of seed	1.5	1.5

^zColoration : 1(worst), 2(worse), 3(good), 4(better), 5(best)

^yBerry shattering : 1(least), 2(less), 3(little), 4(more), 5(most)

4. 요약 및 결론

거봉과 같은 대립계 4배체 포도의 근역제한 재배에서 품질향상과 수량을 증대시키려면 포도수체 지상부의 지온과 상대습도 뿐만 아니라 근권부의 지온과 토양수분을 적정하게 관리하는 것이 중요하다. 본 연구에서 나타난 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 가. 가온 시기에 주간의 최고 기온과 야간기온의 평균치는 각각 25.1~32.7℃, 18℃ 이고; 상대습도는 주간의 최저치와 야간의 최고치가 각각 50~55, 84~87% 로 나타났다.
- 나. 지중 가온이 이루어질 때와 이루어지지 않을 때의 지온은 각각 28~30℃, 18℃로서 지온의 적정 범위에 해당되어 본 실험에서 적용된 온수보일러에 의한 지중 가온이 효과적인 것으로 나타났다.
- 다. 15cm 깊이에서 토양수분 흡인압의 목표치를 pF 2.2로 설정하였을 때 관수 개시와 함께 15cm깊이에서의 흡인압은 pF 1.5 정도까지 하강하였으나, 이후에는 흡인압이 상승하면서 pF 2.0~2.2를 유지하는 과정이 반복적으로 나타났다.
- 라. 거봉의 근역제한 재배에서 신초의 도장을 방지하려면 근권부의 효과적인 배수 대책이 요구된다.
- 마. 근역제한 재배에서 1년차 2기작의 품질을 향상시키려면 근권부의 지온과 토양수분의 조절 뿐만 아니라 적절한 보광이 필요하다.

참고문헌

- (1) 정상복, 손동수, 윤천중, 김용석, 박홍섭, 정순주. 1990. 시설과수 재배의 작형 및 기술개발 시험. 농촌진흥청 원예시험장 시험연구보고서 356-373.
- (2) 阿部和夫. 1994. 巨峰の2期作栽培の現状と課題. 94 果樹施設化シンポジウム. 日本農園藝資材研究會 78-84.
- (3) 長谷川 繁樹. 1994. 根域制限による高品質ブドウの早期成園化. 農耕と園藝 1994(10):162-164.
- (4) 山本孝司. 1993. ブドウ‘巨峰’の二期作栽培. 施設と園藝 81(6):58-63.
- (5) 久保田尚浩, 片山友孝, 前田 明. 1993. ブドウ‘ピオネ’における二期作の事例. 農業および園藝 68(5):610-611.
- (6) 今井俊治・藤原多見夫・田中茂穂・岡本五郎. 1991. 根域制限栽培のブドウ‘巨峰’の樹體生長と果實發育に及ぼす土壤水分の影響. 生物環境調節 29(3):133-140.
- (7) 岡本五郎ほか3名. 1989. ブドウ‘巨峰’の密植根域制限栽培における水分管理について(第一報) 樹體生長結實果實發育に及ぼす影響. 園學雜58別2:142-143.
- (8) Miller, R.W. and R.L. Donahue. 1990. Soils. Prentice-Hall.