ISSN 1226-8763
Kor. J. Hort. Sci. Technol. 32(1):18-25, 2014 http://dx.doi.org/10.7235/hort.2014.13048

Research Report

# 온주밀감의 과실 품질에 미치는 타이벡 멀칭 및 점적관수의 효과

한상헌[1*], 강 훈[1], 채치원[2]

[1]제주대학교 생명자원과학대학
[2]농촌진흥청 국립원예특작과학원 감귤시험장

# Effect of Tyvex Mulching and Trickle Irrigation on Fruit Quality in Satsuma Mandarin (*Citrus unshiu* Mark.)

Sang-Heon Han[1*], Hoon Kang[1], and Chi-Won Chae[2]

[1]*College of Applied Life Sciences, Jeju National University, Jeju 690-750, Korea*
[2]*Citrus Research Station, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Rural Development Administration, Seogwipo 699-803, Korea*

**Abstract:** This study was conducted to investigated effects of water relation of mulching and trickle irrigation on the external and internal fruit quality in Satsuma mandarin grafted on trifoliate orange rootstock in a orchard assigned to randomly three groups; whole period of Tyvex mulching (TM), Tyvex mulching with trickle irrigation once a week from October 22 to harvesting season (WM) and non-mulching treatment (NM). The average soil moisture content in the TM was lower than the WM during the time of trickle irrigation from Oct. 21 to Nov. 28. The leaf water potential was at the level of Ψmax of -1.5 to -2.5 MPa during whole period of Tyvex mulching treatment but gradually increased at the point of supplement of water. The water and osmotic potential in juice vesicle was decreased by drought but increased again in response to the supply of water in WM. The total soluble solids (TSS) in fruit juice was increased by drought stress, but diminished in response to supply of water after drought. The content of titratible acidity was increased by drought stress but gradually decreased due to supplement of water after drought, reached it at the level of 1%. It was suggested that the accumulation of the total soluble solids compensates the degree of active osmoregulation and the decrease in content of acidity accounts for the fast respiration and water uptake resulted of the water after drought.
**Additional key words:** acidity, dry weight of flesh, osmotic potential, respiration rate of fruit, total soluble solid, turgor pressure, water potential

## 서 언

최근 주변국과의 FTA 협정 등으로 다양한 고품질 수입 과실과 경쟁해야 하는 온주밀감은 품질 저하로 소비 둔화가 예상되고 있다. 경쟁력 제고를 위해 과즙 내 산함량이 낮고 당도가 높은 과실을 생산할 수 있는 적정 수분제어 및 관수 체계가 요구되고 있다.

제주도에서 출하되는 80% 이상의 온주밀감은 생과용이며 그 대부분은 노지에서 재배되고 있어서 강우에 쉽게 노출된다. 특히 7-8월에 집중된 강우와 낮은 일조 시수로 과즙 내 당도가 낮아진다(Baek et al., 1992). 한편, 강우차단을 위한 피복 자재 이용 토양 멀칭재배는 여러 작물에서 당도증진(Kasperbauer et al., 2001), 착색촉진(Choi et al., 2009) 등 그 효과가 이미 입증되면서 온주밀감 재배에도 적극적으로 활용하는 추세이다. 하지만 장기간의 멀칭으로 인해 심한 건조스트레스를 받은 나무의 과실은 당도가 크게 증가되나 산함량도 함께 증가되어 최종 당산비를 낮추는 단점이 보고(Hyun et al., 1993)된 바가 있다. 여러 피복 자재 중 다공질 필름(Tyvek Dupont, USA)은 폴리에틸렌 원료로 0.1-1.0 미크론 크기의 미세한 구멍이 있어 투습 특성이 있고 강우 등

***Corresponding author:** sangheon@jejunu.ac.kr
※ Received 2 April 2013; Revised 7 October 2013; Accepted 7 November 2013.
ⓒ 2014 Korean Society for Horticultural Science

은 차단하는 성질을 갖고 있으므로 효과적으로 토양을 건조시킬 수 있다고 알려져 있다. 그러나 장기간 다공질 멀칭은 식물을 위조수준(Iwagaki, 1997)까지 도달케 할 뿐만 아니라 과즙의 산함량을 증가시키는 영향이 크므로 산함량이 낮고 당도가 높은 과실을 생산을 위해서는 특정기간 동안의 피복계획 및 추가적인 관수시설로 감산 계획을 하고 있는 실정이나 아직도 미흡한 점이 많이 노출되고 있다.

특히, 온주밀감 과실의 최종 당산함량은 토양 및 수체의 수분함량에 의해 좌우되는데, 현재 고당도의 과실생산을 위한 과실발육 단계 내 최적의 멀칭시기와 건조 스트레스 중 감산을 위한 적정 수분공급량이 확립되어 있지 않았다. 따라서 본 연구에서는 고품질 온주밀감 생산을 위한 토양멀칭 및 과실성숙기의 점적관수에 따른 감귤 품질변화에 미치는 영향을 수체와 과실내의 수분 유입 정도에 대해 엽수분포텐셜과 과실조직의 수분상태변화로 조사해 보았다.

## 재료 및 방법

### 시험수와 처리내용

본 시험은 아라동 소재 감귤원에 북측 약 10도 경사지에 열간과 주간간격을 2.0 × 1.5m 재식거리로 밀식재배과원에서 1차 간벌로 2.0 × 3.0m로 식재된 35년생 '궁천조생' 을 이용해 2008년 8월 말에 다공질 필름으로 피복하였다. 다공질 필름을 피복하기 전에 엽과비가 25:1이 되도록 적과를 했으며 과원시비 관리로 10a당 년간 질소, 인산 및 칼리질 비료를 28, 40과 28kg의 표준 시비를 했다. 과원의 토양은 아라통에 속하는 화산회토 토양으로 자갈이 많아 멀칭하기 전에 자갈을 주어 내었다. 멀칭은 토양 속으로 빗물이 들어가지 않도록 시트 연결부분에 대나무를 깔고 철사 고리로 땅속에 고정을 시켰다. 시험 처리는 무피복(Non-mulching, NM), 다공질 필름 피복(Tyvec-mulching, TM) 및 다공질 피복 전 점적관수 시설을 설치한 점적관수(Watering plus mulching, WM)으로 나누어서 시험을 수행했다.

### 토양수분 함량 측정

점적관수 포장은 직경 13mm 점적 관수용 호수를 일반가정용 수도꼭지에 수돗물이 수압에 의해 누수가 되지 않도록 결속하고 수도꼭지를 약 100% 개방 상태인 300-500kPa의 수압을 유지시켜 분당 약 36L의 양이 되도록 하였다. 점적관수는 육안으로 잎의 위조가 회복될 정도로 10월 22일에 2시간 동안 약 4mm·10a$^{-1}$, 11월 8일에 8시간 동안 약 17mm·10a$^{-1}$, 24일에 12시간 동안 약 25mm·10a$^{-1}$, 27일과 28일에 각각 10시간 동안에 약 21mm·10a$^{-1}$을 행했다.

토양수분함량을 측정하기 위해 각시험구의 중간지대에 토양수분 함량센서(Soil moisture sensor, HA-M05, Decagon, USA)를 다공질 필름 피복하기 전에 수관둘레 약 25cm 토양 깊이에 둘레 토양으로 잘 반죽해 처리별로 한곳에 매설했다. 토양수분함량은 1시간 간격으로 9월 1일부터 11월 30일까지 측정을 기록했다.

### 잎의 수분포텐셜과 과실의 호흡속도 측정

NM 포장과 TM 포장에 대해서 과실 생육기(8월과 9월 말), 성숙기(10월 말)에 수확기인 11월 30일에는 WM 포장을 포함해 새벽 4-6(하루 중 습도가 높고 온도가 낮음)시 동안에 착과된 처리별로 3개의 과실에 대해 호흡률을 측정하기 위해 특별히 고안된 비닐봉지 chamber에 과실을 넣고 그 봉지를 고무밴드로 결속한 후에 표준 $CO_2$ 가스 1,000ppm를 흘러 보내면서 gas analyzer(CI-840, LI-COB, USA)의 수치가 안정되었을 때 값에 표준 $CO_2$ 가스농도인 1,000을 뺀 값을 다시 과실 중량으로 나누어서 과실 100g당 발생한 $CO_2$ 량을 mg 단위로 나타냈다. 엽수분포텐셜도 과실호흡 측정과 같은 시간대 내에 처리별로 9개의 잎을 채취해 pressure chamber(PMS, USA)에 장착시키고 엽병에서 수액이 올라올 때까지 질소가스로 압축시킨 값으로 측정했다.

### 사양의 수분상태 측정

과실의 사양에 대한 수분포텐셜은 과실의 호흡률 측정이 끝난 과실에 대해 과피를 분리한 후에 과육의 사양을 psychrometer sample chamber(C-52, Wescor, USA)에 장착시키고 2시간 이상 평형을 시키고 노점 microvolt meter(HR-33T, Wescor, USA)로 측정을 했으며 측정된 microvolt 값을 압력단위인 MPa로 나타내기 위해 각 psychrometer sample chamber의 Nacl 용액에 대한 MPa 값과 microvolt 값에 대한 상관관계식으로 추정을 했다. 수분포텐셜 측정이 끝난 사양에 대한 삼투포텐셜을 측정하기 위해 사양을 -20°C 냉동실에서 얼리고 해동시킨 후 다시 그 psychrometer sample chamber에 2시간 동안 평행시킨 후에 노점 microvolt meter로 측정하고 MPa 값을 추정했다. 팽압은 수분포텐셜에서 삼투포텐셜 값을 뺀 값으로 추정했다.

### 건물중 및 수분함량

과육에 대한 수분 및 건물함량을 조사하기 위해 과실호흡

측정과 동시간대 내에 처리별로 5개의 과실을 채취한 후에 과피를 분리하고 과육의 무게를 측정한 후에 60°C에서 5일간 열풍 건조한 후에 건물중을 조사하고 수분함량은 과육무게에서 건조된 과육무게를 빼고 계산된 값으로 나타냈다.

### 과실의 품질 분석 및 생육 조사

품질변화를 조사하기 위하여, 과실생육기인 8월 30일과 9월 30일, 성숙기인 10월 30일 및 수확기인 11월 30일에 총 4회에 걸쳐 처리별로 3그루에서 착과된 처리당 총 9과를 채취하여 디지털 굴절 당도계(Digital refractometer, PR-101, ATAGO, USA) 및 수산 0.1N NaOH 중화 적정법에 의해 측정했다. 과실의 생육조사는 미리 표시한 9과에 대해서 8월 1일부터 11월 30일까지 한 달 간격으로 조사했다.

### 통계분석

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.

## 결과 및 고찰

### 과실비대의 변화

멀칭 처리에 의한 건조는 과실 비대를 억제하였는데(Table 1), 과실 종경 및 횡경은 최초 멀칭 처리 단계에서는 무 피복한 NM구와의 과실 비대 차이를 볼 수가 없었으나 이후 토양 건조가 진행됨에 따라 타이벡 멀칭구인 TM구와 WM구는 더딘 과실 생장을 보이는 반면에 NM구는 정상적인 비대를 보여 그 폭은 다소 벌어졌으나 통계적인 유의성은 없었다. 멀칭처리 후 한 달이 지난 9월 30일까지 과실 비대는 계속 되었고 이후에는 모든 처리구에서 완만해졌다. 건조 후 관수한 WM구 내 첫 관수 후 8일이 지난 시점인 10월 30일 이후 과실 비대 속도는 서서히 빨라지면서 최종 조사일인 11월 30일에는 과실의 종경 및 횡경 크기는 무피복한 NM구와 비슷해져 목적하는 외부 품질 수준에 도달하였다. 토양 건조처리에 의한 온주밀감 발육 단계별 과실 비대는 수체 내 수분 스트레스 강도 증가로 억제(Chae et al., 2007; Huang et al., 2000; Hyun et al., 1993; Mukai et al., 1996)되나, 건조 처리 후 수분 공급 시 회복현상에 따른 비대 촉진이 이루어진다는 보고(Maotani and Machida, 1980)와 본 연구는 다른 결과를 얻었다. 엽수분포텐셜이 -1.0 이하의 값을 보이면 수체가 수분스트레스를 받고 있는 것으로 판단되는데 본 실험의 NM구에서도 자갈이 많은 토양으로 9월 중에 -0.84MPa과 10월 중에 -1.98MPa로 아주 낮은 값을 나타냈다. 그 결과 NM구 과실도 약간의 수분스트레스를 받은 것으로 판단되며 처리간에 과실비대에는 차이가 없었던 것으로 생각이 되었다.

### 과즙 내 당도, 산 함량 및 당산도 변화

토양을 건조하게 관리된 TM구와 WM구는 8월 30일에 당도는 8.86과 9.02°Brix, NM구는 8.96°Brix로 처리간에 당도의 차이는 통계적으로 유의하지 않았다. 한달 후인 9월에 토양의 건조로 수체 내 수분포텐셜과 팽압이 낮아진 것과는 상반되게 MM구와 WT구의 당도는 약 10.5°Brix 이상으로 평균 4°Brix 이상 증가된 반면, NM구는 처음 조사 시점과 별반 차이가 없었다. 이후 60일이 지난 10월 30일 당도 측정 결과, TM구가 평균 11°Brix로 가장 높았고 그 다음으로 WM구 10.58°Brix이며 가장 당도가 낮은 곳은 평균 10.21°Brix인 NM구였다. 처리 후 90일 지난 최종 조사일인 11월 30일 NM구는 평균 9.98°Brix로 10월보다 낮은 당도를 보였

**Table 1.** Effect of non-mulching (NM), Tyvec-mulching (TM) and watering plus mulching (WM) treatments on fruit growth during the fruit enlargement season of Satsuma mandarin 'Miyagawa'.

| Treatments | Fruit length (mm) | | | | Fruit diameter (mm) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Aug. 30 | Sep. 30 | Oct. 30 | Nov. 30 | Aug. 30 | Sep. 30 | Oct. 30 | Nov. 30 |
| NM | 46.00 | 65.47 | 67.84 | 67.39 | 43.86 | 55.51 | 56.64 | 55.99 |
| TM | 45.44 | 64.79 | 68.98 | 69.21 | 42.95 | 54.71 | 55.85 | 55.76 |
| WM | 44.98 | 63.21 | 66.37 | 67.17 | 43.51 | 53.47 | 54.61 | 55.78 |
| Significance[z] | n.s | n.s | n.s | n.s | n.s | n.s | n.s | n.s |

[z]Analysis of variance (ANOVA); n.s, no significance.

으나 TM구는 평균 11.5°Brix, WM구는 평균 10.7°Brix로 증당 효과가 확실하였다. 감귤의 당함량 증감은 수체 수분 함량에 따라 좌우되는데, Chae et al.(2007)이 화분에 재식된 '흥진조생'을 대상으로 세포질 증가기의 건조처리로 과즙의 당도증가 효과를 확인 후 성숙기에 다습하게 되면 그 효과가 없어진다고 한 바가 있고, 통상적으로 감귤속인 일부 만다린류 및 오렌지류에서는 수체 내 원활한 수분 공급이 차단되어 수분스트레스 충격이 가해지면 과실 내 가용성 고형물 축적이 증가가 일어난다. 그레이프후르트에서는 자연적으로 수분 부족에 시달리는 수관 남쪽 부위의 과실 내 가용성 고형물 함량이 높다는 점(Syvertsen and Albrigo, 1980)과 인위적으로 건조 스트레스를 부여 받은 온주밀감 과실의 당도가 높다는 점(Chae et al., 2007; Hyun et al., 1993; Maotani and Machita, 1980; Moon, 1992) 등이 보고와 본 연구 결과와 일치했다. 그리고 네블 오렌지(Kaufman, 1970)와 온주밀감(Kadoya, 1973; Yakushiji et al., 1996, 1998)에서 사양으로 탄수화물의 집적은 낮은 수분포텐셜 간에 대응한 삼투조절 작용으로 포도당과 과당 등의 단당류가 적극적 삼투조절에 관여하며, 이때에 당 축적은 광합성 산물이 사양으로 전류가 증가하여 이루어지는 것이라고 하였다.

토양건조로 산함량은 다소 증가하였는데 최초 조사시점인 8월 30일에 과즙 내 적정 산도는 NM구는 평균 3.5% 수준이고, TM구와 WM구는 평균 4% 이상의 수준이였다. 이후 급격하게 낮아져 2차 조사일인 9월 30일에는 NM구에서 평균 1.5% 수준으로 조사되었고, TM구와 WM구에서는 NM구에 비해 두 배 이상 높게 나타났다. 이후에 60일이 지난 10월 30일에는 TM구에서 가장 높은 산함량을 보였고 WM구가 평균 1.63% 수준으로 NM과 큰 함량 차이를 보이지 않았다. 최종 조사일인 11월 30일에는 변함없이 TM구가 평균 1.4% 수준으로 가장 높았고 1.01% 수준을 보인 WM구가 평균 1.12% 수준인 NM에 비해 낮은 산함량으로 다소 역전되는 현상이 보여 감산 효과를 확인할 수가 있었다. 과실의 유기산은 성숙기에 도달할수록 함량이 감소된다는 것이 광범위하게 조사가 되었는데 본 시험에서도 같은 경향이었다. 같은 온주밀감 품종에서 토양수분이 건조상태로 유지된 비닐 피복구가 무처리에 비해 산함량이 다소 높은 경향이 있다고 보고했다(Hyun et al., 1993). Lee(2011)는 다공질 필름 멀칭으로 건조 스트레스를 받은 과실의 산함량이 높아서 수확 후 열처리를 통해 감산하는 시도를 하기도 하였지만 장기간의 열처리는 감귤의 호흡생리와 품질에 부정적인 영향을 미치기 때문에 수확 전에 나무에서 감산이 수확 후보다는 감귤의 신선도, 감모율, 외관 등 다른 품질요인에 영향을 덜 줄 것이라고 생각된다.

당산비 변화(Table 2)를 보면 조사초기 시점인 8월 30일에는 처리간에 유의성이 인정되지 않았으나 최종 조사시점에 가까울수록 처리간에 차이가 있었다. 시험 처리 60일 이후인 10월 30일에는 TM구 5.6보다 NM구가 6.85와 WM구 7.05로 TM구보다 높은 수준이였으며, 90일 이후인 11월 30일의 최종 조사 시점에서 WM구가 10.34로 NM구 8.8보다 높아지는 결과를 보였다.

### 토양수분 함량 변화

토양수분함량의 변화를 Fig. 1에 나타냈다. 본 실험에서는 강우량이 조사가 안되 실험포장에서 반경 약 2km에 위치한 제주기상대 제주시 지점관측소의 웹사이트 자료의 2008년도 일 강우량을 참고로 했다(www.kma.go.kr/weather/observation/past.c). 감귤 나무에 수분 스트레스를 유도하기 위해 토양을 지속적으로 건조하게 관리 중 9월에 기록된 113.8mm의 강우로 인해 나무 주간의 미세한 틈 사이로 일시 수분이 유입 되었다. 강우에 따른 토양수분함량을 보면, 9월 20일의 49.5mm 강우로 토양수분함량이 NM구 29.5%, TM 24.4% 그리고 WM구에서 18.1% 나타냈으며 9월 30일의 22.5mm의 강우로 NM구 48.5%, TM 22.7% 그리고 WM구에서 31.2%로 대체적으로 무처리인 NM구가 다른 처리보다 토양수분

**Table 2.** Effect of non-mulching (NM), Tyvec-mulching (TM) and watering plus mulching (WM) treatments on fruit quality during the fruit enlargement season on of Satsuma mandarin 'Miyagawa'.

| Treatments | TSS (°Brix) | | | | Acidity (%) | | | | TSS-acidity ratio | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Aug. 30 | Sep. 30 | Oct. 30 | Nov. 30 | Aug. 30 | Sep. 30 | Oct. 30 | Nov. 30 | Aug. 30 | Sep. 30 | Oct. 30 | Nov. 30 |
| NM | 8.96 a | 9.15 b[z] | 10.21 c | 9.95 c | 3.98 a | 1.54 b | 1.49 b | 1.12 b | 2.25 a | 5.94 a | 6.85 b | 8.88 b |
| TM | 8.86 a | 10.75 a | 11.15 a | 11.10 a | 4.00 a | 3.10 a | 1.99 a | 1.37 a | 2.21 a | 3.46 b | 5.60 c | 8.10 c |
| WM | 9.02 a | 10.65 a | 10.58 b | 10.45 b | 4.04 a | 3.20 a | 1.50 b | 1.01 b | 2.23 a | 3.32 b | 7.05 a | 10.34 a |

[z]Each value is the mean obtained from nine replicates and columns with the same letter are not significantly difference by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$ (n = 9).

함량이 많았다.

10월에는 맑은 날이 연속이 되면서 오히려 무피복한 NM 구의 토양수분함량이 타이벡 피복 처리한 TM구 및 WM구의 20% 수준보다 낮은 10%-15%의 건조상태에 가까워지기도 했다. 하지만 5일에 9mm의 강수로 약 23%와 22일에 16mm의 강우를 기록하면서 토양수분함량이 47.5% 정도까지 상승했다. 그리고 건조 후 수분을 공급한 WM구에서는 점적관수 시점부터 수분 함량이 46.6%을 나타냈다.

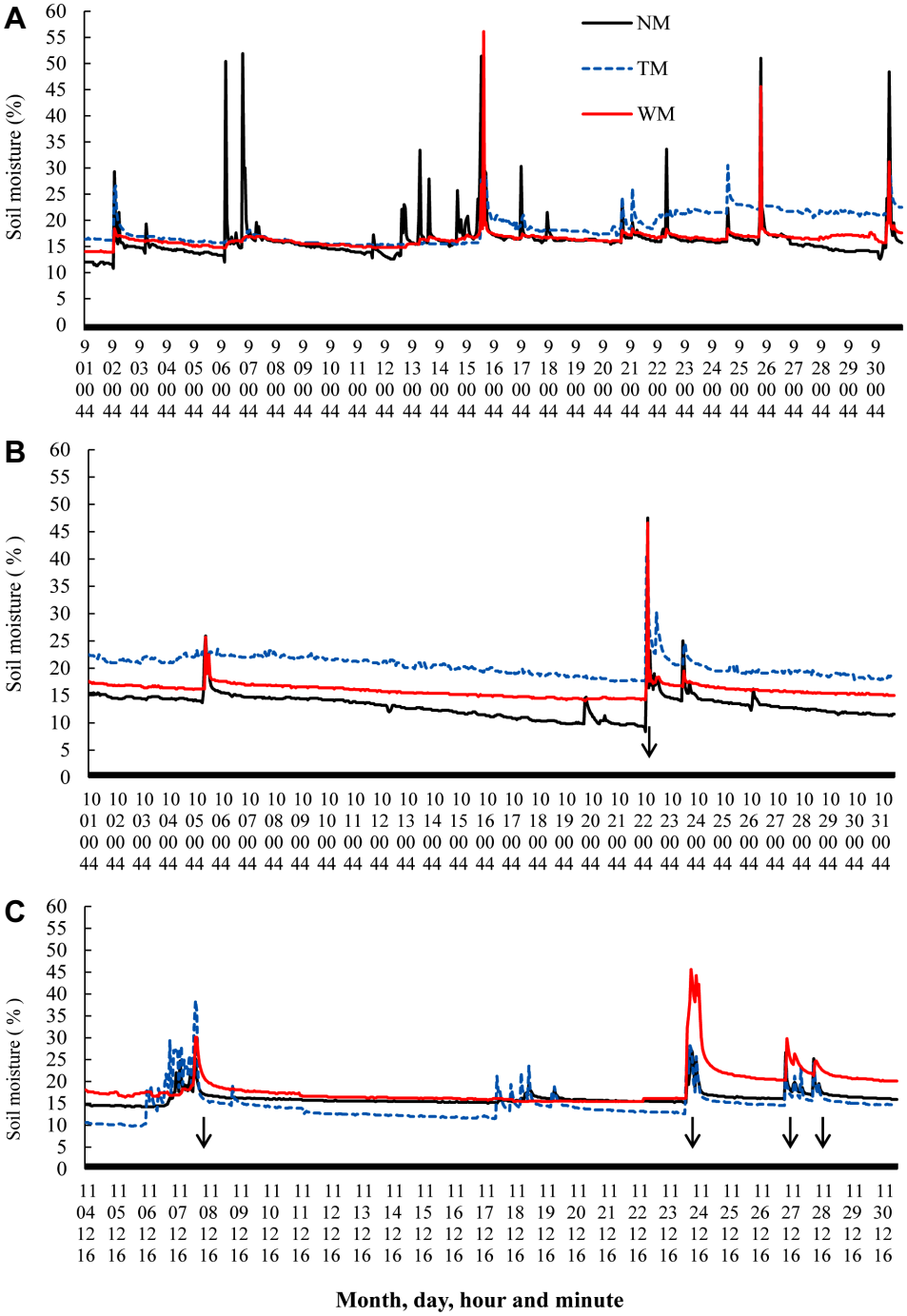


**Fig. 1.** Change of daily soil moisture in nonmulching (NM), Tyvecmulching (TM) and watering plus mulching (WM) treatments in September (A), October (B), and November (C) during the fruit enlargement season of Satsuma mandarin 'Miyagawa'. ↓, point day of trickle irrigation in the watering plus mulching.

**Table 3.** Effect of non-mulching (NM), Tyvec-mulching (TM) and watering plus mulching (WM) treatments on water state of the fruit tissues during the fruit enlargement season of Satsuma mandarin 'Miyagawa'.

| Treatments | Water potential (MPa) | | | | Osmotic potential (MPa) | | | | Turgor pressure (MPa) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Aug. 30 | Sep. 30 | Oct. 30 | Nov. 30 | Aug. 30 | Sep. 30 | Oct. 30 | Nov. 30 | Aug. 30 | Sep. 30 | Oct. 30 | Nov. 30 |
| NM | -0.31 a | -0.65 b[z] | -0.91 b | -0.72 b | -0.42 a | -0.78 a | -0.96 a | -0.81 b | 0.10 a | 0.10 a | 0.06 a | 0.07 a |
| TM | -0.36 a | -0.96 a | -1.32 a | -1.16 c | -0.45 a | -1.02 b | -1.36 c | -1.23 c | 0.09 a | 0.08 a | 0.05 a | 0.06 a |
| WM | -0.36 a | -0.95 a | -0.90 b | -0.44 a | -0.48 a | -1.04 b | -1.02 b | -0.50 a | 0.09 a | 0.08 a | 0.03 b | 0.05 a |

[z]Each value is the mean obtained from nine replicates and columns with the same letter are not significantly difference by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$ (n = 9).

11월에는 6일 정도(6일, 3mm; 7일, 19mm; 8일, 7.5mm; 18일, 4mm; 27일, 9mm; 28일, 4.5mm)의 강우로 인해 NM구의 토양수분함량은 25-38%를 나타냈다.

10월 22일의 점적 관수는 그 관수 시간이 짧고 16mm 강우로 인해 최고 토양수분 함량이 WM에서 40.4%로 다른 처리 NM구와 TM의 47.5%, 46.6%보다 낮은 값을 보였다. 그럼에도 불구하고 9월 중 과실품질과 비교했을 때 다른 처리해 비해 당도 및 산함량의 감소를 가져왔다. TM과 WM구는 9월 중 토양수분스트레스가 10월에 들어서 다른 양상으로 WM이 TM보다 그 스트레스가 가중되었다가 10월 22일 강우로 인해 Table 5에서 과육의 수분함량이 가장 높은 값을 나타낸 것은 수체의 수분이 급속하게 과실속으로 유입이 되었고 그 결과로 당도 및 산함량의 감소를 가져온 것으로 사료가 되었다. 11월에는 몇 차례의 강우로 전 처리에서 토양수분함량 증가가 있었으나, TM구에서 과실 중 수분유입량이 가장 적었다. 10월 중 토양 수분함량이 제일 높아 토양과 수체 사이에 수분포텐셜 차가 많이 나지 않아서 과실 중 수분유입량이 적은 것으로 판단되었다. 그 이외의 처리인 WM구에서는 하순경 뚜렷한 점적 관수의 효과에 의해 토양수분함량과 함께 과실 중 수분유입량 유지로 10월 중보다 과실의 당도 및 산함량이 낮게 나타난 것으로 유추되었다.

### 엽 및 사양의 수분포텐셜의 변화

수체의 엽수분포텐셜($\Psi_{max}$)의 변화는(Table 4) 8월 30일에 타이벡 피복 처리 당일 TM구와 WM구에서 NM구보다 다소 낮은 경향이 확인되었으며 이후 30일이 지난 시점에서 건조된 TM구와 WM구의 엽수분포텐셜($\Psi_{max}$)은 -1.2MPa로 무 피복한 NM구에 비해 더욱 낮았다. 이후 60일이 지난 시점에서 전기간 타이벡 피복한 TM구에서 급격히 낮아져 -2.5MPa까지 다다른 반면 WM구에서는 -2.2MPa 정도였고 무 피복한 NM구는 -2.0MPa 수준이었다. 이후 90일이 지난 최종 조사 시점에서 건조 후 관수 처리한 WM구는 수분공급으로 인해 다시 -1.6MPa까지 도달하였고 TM구 또한 다소 상승하는 경향을 보여 NM구와 비슷하게 되었다. 사양의 수분포텐셜(Table 3)의 처리간 차이가 최초 조사일에는 없었으나 이후 30일이 지난 시점인 9월 30일의 TM구와 WM구의 수분포텐셜은 -0.96MPa 정도로 NM구에 비해 낮았다. 처리 60일 후 10월 30일 TM구의 수분포텐셜은 평균 -1.34MPa로 NM구의 -0.93MPa보다 더욱 낮았고 특히, WM구의 수분포텐셜은 다소 증가하여 NM구 수준에 도달했다. 최종 조사일인 11월 30일 수분포텐셜 측정결과 전처리에서 다소 상승하는 경향을 보여 TM -1.25MPa, NM -0.73MPa, WM구는 -0.46MPa까지 상승했다. 사양의 삼투포텐셜 역시 최초 조사일에는 처리간 차이가 없었으나 이후 30일이 지난 시점에는 WM구와 MT구는 -1.04MPa로 NM -0.78MPa에 다소 낮아졌고 이후 10월 30일 조사 시점에는 TM구는 뚜렷하게 낮아져 -1.38MPa로 가장 낮았고, NM구는 -0.98MPa 느린 하강을 보였고, 특히, WM구는 차츰 상승하여 NM구 수준에 도달했다. 최종 조사시점인 11월 30일에는 TM구는 -1.23MPa로, NM구도 -0.80MPa 정도로 다소 높아졌다. WM구는 뚜렷한 상승으로 한달 전에 비해 두 배 이상 높은 수준인 -0.51MPa에 도달하였다. 팽압은 최초 조사 시점 이후 30일에도 처리

**Table 4.** Effect of non-mulching (NM), Tyvec-mulching (TM) and watering plus mulching (WM) treatments on leaf water potential during the fruit enlargement season of Satsuma mandarin 'Miyagawa'.

| Treatments | Water potential (MPa) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Aug. 30 | Sep. 30 | Oct. 30 | Nov. 30 |
| NM | -0.27 a[z] | -0.84 a | -1.98 a | -2.15 b |
| TM | -0.44 b | -1.09 b | -2.27 c | -2.10 b |
| WM | -0.48 b | -1.10 b | -2.10 b | -1.67 a |

[z]Each value is the mean obtained from nine replicates and columns with the same letter are not significantly difference by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$ (n = 9).

간 차이가 인정되지 않았으나(Table 3) 3차 조사시점인 10월 30일에 WM구는 60일 전보다 네 배 이상 감소된 약 0.02MPa였고 TM구는 두 배 정도 낮아진 0.04MP로 수준이었다. 최종 조사일인 11월 30일에는 TM구와 WM구에서는 NM구에 비해 낮은 수준에 위치해 있는 경향을 보였다. 건조 스트레스를 받은 사양의 수분 및 삼투포텐셜은 약 -0.5MPa 정도 낮게 나타났다. 네블 오렌지(Kaufman, 1970)와 온주밀감(Kadoya, 1973; Yakushiji et al., 1996, 1998)에서 사양으로 탄수화물의 집적은 낮은 수분포텐셜간 대응인 삼투조절 작용으로 포도당과 과당 등 단당류가 적극적 삼투조절에 기인되며, 이때 당 축적은 광합성 산물이 사양으로 전류가 증가하여 이루어지는 것이라고 하였다.

본 실험에서도 사양 내 높은 당함량에 대한 낮은 수분포텐셜값을 나타낸 것으로 생각되며, 팽압은 0.05-0.01MPa로 낮은 값을 유지하는 것은 삼투조절 작동의 결과로 사료되었다.

### 과실의 호흡속도의 변화

온주밀감 과실의 호흡속도(Table 5)는 최초 처리 시점인 8월 30일 WM구 및 MT구와 NM구 간 과실 호흡속도 차이는 적었으나 30일이 지난 시점에는 NM구는 다소 느린 15 $mg \cdot 100g^{-1} \cdot s^{-1}$ 정도였으나 건조된 WM구와 TM구의 호흡속도는 $18mg \cdot 100g^{-1} \cdot s^{-1}$ 정도로 보다 빠른 수준이었다. 이후 60일이 지난 10월 30일 무피복한 NM의 호흡속도는 $2.2mg \cdot 100g^{-1} \cdot s^{-1}$로 느렸고 다음으로 건조된 TM구가 $3.5mg \cdot 100g^{-1} \cdot s^{-1}$로 NM보다 빨랐으며 건조 후 점적 관수한 WM구가 가장 빠른 호흡속도를 보였다. 최종 조사 시점인 11월 30일에는 평균 2.5 $mg \cdot 100g^{-1} \cdot s^{-1}$로 처리간에 유의적인 차이가 없었다. Lee(2011)에 의하면 건조스트레스는 감귤의 호흡량을 증가시키는 원인이라 하였고 또한 감귤의 주요 유기산인 구연산은 호흡시에 사용되는 기질로 이용되어 열처리에 의해서 감산 효과가 발생된다. 감귤의 성숙 단계별 고유 호흡량은 미숙과 감귤의 경우 수확 후 호흡이 급격한 상승 현상을 보이지만 성숙이 진행될수록 그 피크는 점점 낮아지며 완숙과가 되면 수확 후 호흡 급등 현상이 없이 서서히 감소하는 경향을 보인다고 하였다(Aharoni, 1968). 그러므로 건조 후 관수는 농축효과 상실과 수체 회복에 의한 호흡 급등으로 호흡 기질로의 구연산의 소비로 감소 효과가 발생되었다고 생각된다.

### 과육의 건물중 및 수분함량의 변화

과실 100g당 과육의 건물중 변화는 Table 5와 같이 최초 조사일 후 한 달이 지난 시점인 9월 30일에는 처리 간 차이는 인정되지 않았으나 이후 60일이 지난 시점인 10월 30일에는 모든 처리구에서 상승하여 처리간에 뚜렷한 유의차가 인정되었다. 즉, NM구의 10.10g보다 TM구에서 10.25g으로 높았고 WM구에서는 9.62g으로 가장 낮았다. 최종 조사일인 11월 30일에는 모든 처리구의 건물중은 10월보다 낮아졌으며 TM구는 다른 처리보다 높은 경향을 보였다. 수분함량은 최초 처리일로부터 30일이 경과되어도 처리간 차이가 인정되지 않았으나 이후 60일 지난 10월 30일에는 TM구가 가장 낮았으며 WM구가 가장 높았다. 이후 최종 조사일인 11월에는 10월보다 그 함량이 감소하는 경향이었으나 WM구에서는 10월의 함량을 유지했지만 NM과 TM구는 NM구의 함량으로 감소했다.

감귤 과즙의 당 조성은 자당, 포도당, 과당이 2:1:1의 비율로 이루어지며 성숙기에 당 농도가 꾸준히 증가되는데 현저하게 자당이 증가한다. 온주 밀감에서는 건조 스트레스를 받으면 과실 1개당 총당 함량이 유의하게 많아진다고 Kadoya는 보고한 적이 있다(Kadoya, 1973). 본 실험에서 건조처리구에서 건물 중량이 높았던 점은 세포질 내 물질대사의 강도 증가로 광합성 함량이 전류가 많아져 최종 조성물이 증가되었기 때문이라고 생각되었다.

**Table 5.** Effect of non-mulching (NM), Tyvec-mulching (TM) and watering plus mulching (WM) treatments on the fruit respiration rate, dry weight and water content of fresh during the fruit enlargement season of Satsuma mandarin 'Miyagawa'.

| Treatments | Respiration rate $CO_2$ (mg FW·100 $g^{-1} \cdot s^{-1}$) | | | | Dry weight (g) | | | Water content (g) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Aug. 30 | Sep. 30 | Oct. 30 | Nov. 30 | Sep. 30 | Oct. 30 | Nov. 30 | Sep. 30 | Oct. 30 | Nov. 30 |
| NM | 17.20 a | 15.15 b | 2.20 c[z] | 2.50 a | 8.75 a | 9.97 b | 9.47 a | 74.65 a | 70.28 b | 68.74 b |
| TM | 17.45 a | 17.36 a | 3.50 b | 2.53 a | 8.50 a | 10.28 a | 9.58 a | 74.81 a | 69.57 c | 68.53 b |
| WM | 17.38 a | 17.24 a | 5.20 a | 2.52 a | 8.49 a | 9.53 c | 9.48 a | 74.38 a | 71.17 a | 70.44 a |

[z]Each value is the mean obtained from nine replicates and columns with the same letter are not significantly difference by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$ (n = 9).

## 초 록

본 연구는 탱자에 접목한 온주밀감을 대상으로 멀칭 및 점적 관수 처리 시 과실의 내외부 형질에 미치는 수분 관계를 알아보고자 전기간 타이벡 멀칭구(WM), 멀칭 후 10월 22일부터 수확기까지 점적관수(MT) 그리고 무멀칭구(NM) 3그룹으로 나누어 시험하였다. 점적관수 기간 중 TM 내 토양수분함량은 평균적으로 WM 내의 수분함량보다 낮았다. 엽 수분포텐셜(Ψmax)은 멀칭 처리구에서 -1.5MPa에서 -2.5MPa까지 수준을 유지한 반면 관수로 인해 점진적으로 증가하였다. 사양 내 수분 및 삼투포텐셜은 건조에 의해 감소하였으나 멀칭 후 관수의 결과로 다시 증가했다. 과즙 내 가용성 고형물 함량은 건조에 의해 증가되었으나 건조 후 수분 공급에 의해 그 효과는 사라졌다. 적정 산함량은 건조에 의해 증가 하였으나 건조 후 관수에 의해 계속적으로 감소하여 1% 수준에 다다랐다. 총 가용성 고형물의 축적은 적극적 삼투조절에 따른 보상이며 감소된 산함량은 건조 후 관수에 의한 빠른 호흡과 수분 흡수의 결과임을 알 수 있었다.


**추가 주요어 :** 산도, 과육 건물중, 삼투포텐셜, 과실호흡률, 당도, 팽압, 수분포텐셜

## 인용문헌


Aharoni, Y. 1968. Respiration of oranges and grapefruits harvested at different stages of development. Plant Physiol. 43:99-102.

Baek, J.H., H.R. Han, H.N. Hyun, D.K. Moon, and H.C. Lim. 1992. Effects of polyethylene film mulch on soil moisture and fruit quality of satsuma mandarin - 2. Effects of P. E. film mulch and root pruning on Brix, Brix/acid ratio and fruit width. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 10:112-113.

Chae, C.W., K.J. Song, and D.K. Moon. 2007. Effect of the season of drought stress on the free sugar concentration and sugar-related enzyme activity in fruit juice of early-maturing satsuma mandarin. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 25:241-247.

Choi, D.G., B.S. Seo, and I.N. Kang. 2009. Changes of soil, growth, and fruit quality by soil surface management under tree in sod culture of apple orchard. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 27:174-180.

Huang, X.M., H.M. Huang, and F.F. Gao. 2000. The growth potential generated in citrus fruit under water stress and its relevant mechanisms. Sci. Hort. 83:227-240.

Hyun, H.N., H.C. Lim, H.R. Han, and D.K. Moon. 1993. Effects of polyethylene film mulching and root pruning on soil water and fruit quality of sastsuma mandarin (*Citrus unshiu*). J. Kor. Soc. Hort. Sci. 34:368-377.

Iwagaki, I. 1997. Citrus production in Japan: New trends in technology. http://www.agnet.org/library.php?func=view&style=type&id=20110802100427.

Kadoya, K., K. Kameda, S. Chikaizumi, and K. Matsumoto. 1973. Studies on the hydro-physiological rhythms of citrus trees I. Cyclic fluctuations of leaf thickness and stem diameter of *Natsudaidai* seedlings. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 44:260-264.

Kasperbauer, M.J., J. H. Loughrin, and S.Y. Wang. 2001. Light reflected from red mulch to ripening strawberries affect aroma, sugar and organic acid concentrations. Photochem. Photobiol. 74:103-107.

Kaufman, M.R. 1970. Water potential components in growing citrus fruits. Plant Physiol. 46:145-149.

Lee, J.H. 2011. Study on reduction of acidity of Satsuma mandarin by heat treatment. MsD. Diss., Jeju Natl. Univ., Jeju, Korea.

Maotani, T. and Y. Machida. 1980. Leaf water potential as an indicator irrigation timing for satsuma mandarin trees in summer. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 49:41-48.

Moon, D.Y. 1982. Studies on the leaf water potential of Satsuma mandarin tree. MS. D. Diss., Jeju Natl. Univ., Jeju, Korea.

Mukai, H., T. Takagi, Y. Teshima, and T. Suzuki. 1996. Sugar contents in parts of fruit of satsuma mandarin tree under water stress in autumn. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 65:478-485.

Syvertsen, J.P. and L.G. Albrigo. 1980. Some effect of grapefruit tree canopy position on microclimate, water relations, fruit yield, and juice quality. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105:454-459.

Yakushiji, H., K. Morinaga, and H. Nonami, 1998. Sugar accumulation and partitioning in satsuma mandarin trees tissues and fruit in response o drought stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 123:719-726.

Yakushiji, H., H. Nonami, T. Fukuyama, S. Ono, N. Takagi, and Y. Hashimoto. 1996. Sugar accumulation enhanced by osmoregulation in satsuma mandarin fruit. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 121:466-472.