

Petroleum Spray Oil 살포가 감귤 잎의 광합성관련 특성에 미치는 영향

강시용* · 김판기¹⁾ · 박진희²⁾ · 류기중

¹⁾제주대학교 아열대원예산업연구센터, ²⁾서울대학교 농업과학공동기기센터, ³⁾삼성에버랜드(주) 환경개발사업부
(2001년 7월 11일 접수, 2001년 9월 3일 수리)

Effects of Petroleum Spray Oil on Photosynthesis Characteristics in Citrus Leaves

Si-Yong Kang*, Pan-Gi Kim¹⁾, Jin-Hee Park²⁾ and Key-Zung Riu (*Subtropical Horticulture Research Center, Cheju National University, Ara-dong, Jeju 690-756, Korea*, ¹⁾NICEM, Seoul National University, Suweon 441-744, Korea, ²⁾Environmental Division, Samsung Everland Ltd., Seoul 138-160, Korea)

Abstracts : Recently, petroleum spray oil(PSO) has been used to control key pests in integrated pest management (IPM) of citrus and other orchards in Australia and USA. In order to clarify the influences of a newly developed PSO (D-C Tron Plus[®]) on citrus leaves, 0.33% or 1.0% of PSO were sprayed to potted 4-year-old citrus trees under some kinds of condition, and then the changes of photosynthesis, transpiration, stomatal conductance and chlorophyll fluorescence(Fv/Fm) were determined. When sprayed with 1.0% PSO, the photosynthetic rate, transpiration and stomatal conductance of citrus leaves were decreased by 20%, and then recovered in 20 days after treatment (DAT), while there were little influences by the spray of 0.33% PSO. The value of Fv/Fm decreased more under the 34/24°C temperature condition than that of under the 30/20°C and 28/16°C condition. The high temperature (50°C for 10 hours)-treated trees sprayed with PSO 1.0% or PSO 1.0% plus dithianon 1/2000 dilution showed not only the increase of rate in dropped leaf but also the reduced photosynthesis and Fv/Fm compared with 30/20°C temperature-treated ones. From the results of this study, the spray of 1.0% PSO can inhibit the physiological activities in citrus leaf, particularly under high temperature condition after spray or the mixing-spray with a fungicide (dithianon WP, 75%).

Key words : chlorophyll fluorescence(Fv/Fm), citrus, D-C-Tron Plus[®], photosynthesis, petroleum spray oil(PSO), phytotoxicity.

서론

최근 호주 및 미국의 오렌지류나 사과 등 과수재배에서는 천적과 함께 석유 유래의 petroleum spray oils (PSOs) 등과 같은 환경친화적인 농약을 이용한 병해충종합관리(IPM) 체계가 적극적으로 도입되고 있다. 석유제제가 병해충방제에 이용된 것은 19세기 말부터이나 20세기 중반에 즉효적인 유기합성농약이 널리 보급됨에 따라 그 이용은 감소하였다^{1,2)}. 그런데 1980년대 들어 유기합성농약의 남오용에 따른 병해충의 약제저항성 증대, 생태계파괴 및 식품안전성 등의 측면에서 문제점이 대두되고, PSO의 해충에 대한 기피작용 등이 새롭게 밝혀짐에 따라 그의 가치가 새롭게 인식되게 되었다. 이러한 PSO는 천적, 인축 및 환경에 대한 잔류독성이 낮으며 해충에 대해서는 호흡곤란에 의한 살충효과 및 기피작용에 의한 방제효과로 약제저항성을 유발시키지 않는다는 장

점이 있으나 식물독성 유발의 위험성 때문에 이용의 확대가 제한되었다. 그러나 그동안의 석유화학 기술의 발달로 식물독성을 경감시킨 새로운 PSO류가 개발되어 작물 IPM에 이용되고 있다^{3,4)}. 또한 PSO는 제초제, 살충제 및 고엽제 등의 보조제(유화제)로서도 이용성이 유망하다⁷⁾.

1970년대부터 호주나 미국에서 상품화된 경엽살포용 PSO는 평균탄소수 당량이 C19(Total Citrole[®]), C21 (Sunspray Ultrafine[®], Caltex Lovis[®], Orchex 692[®]) 및 C23(Ampol D-C-Tron NR[®], Orchex 796[®]) 등과 같은 협역 기름(narrow-range oils)이 개발되어 왔다.

일반적으로 PSO의 살충효과는 구성 기름분자의 분자량의 증가에 따라 증대되나 식물독성 또한 증가한다. PSO는 유제로써 보통 물에 0.5~3% 희석액으로 살포하며, 대상 해충에 피막을 형성하기 위해서 0.35~5%의 친화성 유화제 성분을 포함하여 만들어진 다. 그 유화제는 일반적으로 빨리 파괴되기 때문에 많은 양의 살포가 권장되는데, 成木の 감귤원에 PSO 1%를 6,000 L/ha 살포하

*연락처자
Tel: +82-64-754-2317 Fax: +82-64-725-0989
E-mail: kangsyong@hanimail.com

면 잎표면에 50~500 mg/cm²의 기름피막을 형성하며 다량의 물성분은 경엽에서 흘러 떨어지게 된다³⁾. PSO에 의한 식물독성의 발생은 처리된 기름이 자외선에 의해 산화가 일어나 잎조직의 파괴, 고사를 일으키는 것에 의한다. PSO에 의한 식물독성의 발생은 뚜렷한 식물종간 차이가 있으며⁶⁾ 일반적으로 고온(35℃ 이상), 건조, 영양결핍 등의 조건에서 잘 발생한다³⁾.

최근에 호주에서 약효가 뛰어나면서도 식물독성의 위험성을 크게 경감시킨 새로운 광역 C24 PSO(Ampol D-C-Tron Plus[®])가 경엽처리용으로 개발되어 오렌지, 목화 등의 IPM 체계에서 유용하게 이용되고 있다^{3,9)}.

PSO는 응애 및 진딧물 등에 대한 약효는 뛰어났으나, 일부 약제와의 혼용시 약해로 보이는 증상이 나타나는 경우도 있다^{9,10)}. 안정적인 PSO 사용기준 설정 및 피해방지를 위해서는 PSO의 약효에 관한 검토뿐만 아니라 PSO살포에 따른 식물독성 발생 및 유발조건에 관하여 구명할 필요가 있다. 본 연구는 PSO를 제주지역의 감귤 IPM 프로그램에 도입하고자 수행되었으며, 특히 PSO 살포가 감귤 나무에 미치는 영향을 밝혀 안정적인 PSO 사용기준 설정을 위한 기초자료로 활용하고자 PSO 살포후의 감귤 잎의 생리적 변화를 중심으로 검토하였다.

재료 및 방법

식물 및 PSO

본 시험에 사용한 감귤은 은주밀감 (품종명: 궁천조생, 4년생)으로 2000년 3월에 토양을 채운 50 L포트에 정식하여 야외에서 생육시켰다.

PSO는 호주 칼텍사에서 개발되어 LG-Caltex 정유(주)에서 생산한 제품인 D-C-Tron Plus[®]로 주성분은 평균 탄소수가 C24인 paraffinic oil 98%이며, 나머지는 유화제, 소포제 및 자외선 등에 의한 식물독성 경감제 (0.06% sunscreen safener, Tinuvin 171[®]) 등이 첨가되어 있다. PSO의 살충효과 및 식물독성은 구성 기름분자의 분자량의 증가에 따라 증대되는데 본 시험에 공시한 D-C-Tron Plus[®]는 기존의 탄소수가 적은 PSO보다 약효는 증대시키면서 식물독성은 경감된 제제로 알려져 있다^{3,9)}.

PSO 처리

PSO 농도처리

2000년 8월 21일에 야외의 포트에서 생육시킨 감귤 식물체에 핸드 스프레이를 이용하여 0.33% 및 1.0% PSO 희석액을 1주당 200 mL 살포하였다. PSO는 수돗물에 희석하였으며 무처리구(대조구)는 수돗물만 200 mL 살포하였다.

주야간 온도조건별 PSO 처리

온도 조건별 PSO 처리시의 감귤 잎의 생리적 영향에 관하여

밝히고자 포트 생육의 감귤나무를 제주대학교 감귤·화훼과학연구소의 환경제어실(phytotron)내에서 PSO 처리 5일전에 반입시켜 생육시켰다. 환경제어실의 온도는 낮/밤 온도가 34/24℃, 30/20℃ 및 28/16℃의 세 처리구를 설정하였는데, 낮과 밤 온도 처리시간대의 사이에 각각 3시간씩의 변온시간대를 두어, 낮 온도는 09:00~17:00 시간대에, 밤 온도는 20:00~06:00 시간대에 각각의 설정온도가 유지되도록 하였다. 또한 환경제어실의 습도는 65~85%로 유지시키고 자연 일장조건이 주어졌다. PSO 처리는 2000년 9월 22일에 핸드 스프레이를 이용하여 0.33% 및 1.0% PSO 희석액을 1주당 200 mL 살포하였다. PSO는 수돗물에 희석하여 처리하였으며 무처리구(대조구)는 수돗물만 200 mL 살포하였다.

PSO 처리후 일시적 고온처리

PSO 처리후 일시적인 고온에 노출되었을 경우 식물체의 영향을 알아보기 위하여 환경제어실에서 주야간 30/20℃ 온도조건으로 생육시키던 포트채배 감귤에 10월 11일 1.0% PSO 살포, 1.0% PSO+ditch 수화제 2000배액 혼용살포 및 무처리를 설정하였다. 그리고 온실내에서 고온(50±5℃)처리를 10시간 실시한 후 다시 30/20℃에서 생육시킨 고온처리구와 고온처리를 하지 않고 30/20℃에서 생육시킨 무처리구를 설정하고, PSO 처리후 3, 7, 15일 후에 광합성, 기공전도도 및 증산속도 등을 측정하였다. 또한 처리전 및 처리 15일후의 각 나무당 생엽수를 조사하여 낙엽율을 구하였다.

측정방법

광도와 leaf chamber에 공급되는 공기의 CO₂농도를 일정하게 제어할 수 있는 휴대용 광합성측정장치(Li-6400, Li Cor, USA)를 사용하여 감귤 잎의 광합성속도(photosynthetic rate), 증산속도(transpiration rate) 및 기공전도도(stomatal conductance)를 측정하였다.

측정시의 광원은 적색광과 청색광이 혼합된 LED로 광도는 1,000 μmol/m²/s이며, chamber에 공급되는 공기의 CO₂농도는 400 μmol CO₂/mol air, 온도는 25℃이다. 광합성의 측정은 경화 및 녹화가 끝난 성숙엽 중에서 엽령(leaf age)이 유사한 3-4개의 잎을 대상으로 하였으며 1처리(3주)당 10매씩을 측정하였다. 측정 시간은 수목의 대사활동이 활발하게 이루어지는 11:00~14:00에 수행하였다. 그리고 광합성을 측정할 잎은 휴대용 chlorophyll meter (SPAD 502, Minolta, Japan)로 엽색을 측정하였다.

엽록소형광(chlorophyll fluorescence)은 휴대용 fluorometer (OS5-FL, Opti-Sciences, USA)를 사용하여 측정하였다. 측정 잎은 광합성을 측정할 잎과 동일한 잎이며, 측정 전에 암처리용 클립으로 약 40분간 암적용시켰다. 측정된 변수중 Fv는 용기최고점(Fm)에서 용기시작점(Fo)을 뺀 값이며 Fv/Fm은 PSI에서 에너지 준위의 상대적인 값이다.

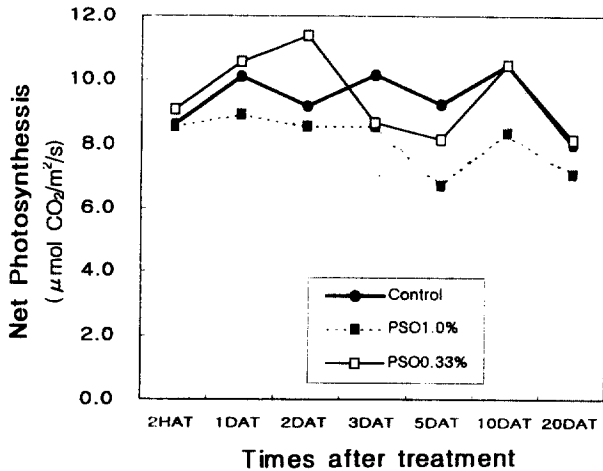


Fig. 1. The time-course changes of net photosynthesis in the citrus leaves as affected by the spray of PSO concentration 0.33% and 1.0%.

† HAT: hours after treatment, DAT: days after treatment.

결과 및 고찰

PSO 처리에 따른 감귤 잎의 생리적 영향

본 연구에서 PSO를 0.33% 및 1.0% 처리 할 경우 감귤 잎의 표피안으로 수분이 흡수된 것 같은 유침상이 일부 잎에 발생하였으나, 처리후 20~30일후에는 무시해도 좋을 정도로 사라졌는데 PSO 살포에 따른 이러한 잎의 유침상은 호주에서도 약해면에서 크게 문제시하지 않는다고 한다⁹⁾. 그리고 잎의 고사, 피저 및 말림 등의 외관적인 약해 증상은 나타나지 않았다.

PSO 처리후 광합성 속도는 0.33% PSO 처리시에는 무처리에 비교하여 별 영향이 없었으나, 1% PSO 처리시에는 약 20%정도 저하되는 것으로 나타났다(Fig. 1). PSO 처리에 대한 광합성관련 특성 측정값의 비율을 본 결과, 무처리에 대한 SPAD 값은 0.33% PSO 및 1.0% PSO 살포 모두 별 차이가 없었다(Fig. 2A,B).

그런데 광합성 속도, 기공전도도, 증산율 등은 1.0% PSO시에 처리 10일후까지 저하되다가 처리후 20일에 회복되는 경향을 나타냈다(Fig. 2A). 그러나 0.33% PSO는 일정한 경향을 나타내지 않았다. PSO와 유사한 석유 제제인 기계유유제 살포가 감귤 잎의 광합성에 미치는 영향을 검토한 森永¹²⁾의 연구 결과를 보면, 기계유유제 0.25%, 0.5% 살포시는 살포후 3일째의 저해정도가 가장 심하고(30~50%) 살포후 5일째에는 80%까지 회복하는데, 10%와 같은 고농도의 경우에는 파종후 40일후에도 70%밖에 회복하지 못하였다. 그리고 광합성 저해정도에는 품종간 차이가 존재한다고 하였다.

본 연구의 결과 1.0% PSO 살포시에는 광합성 뿐만아니라 증산율 및 기공전도도 등의 저해가 일어나는데, 살포후 0.33% PSO 살포시의 저해정도는 확실하지 않았다.

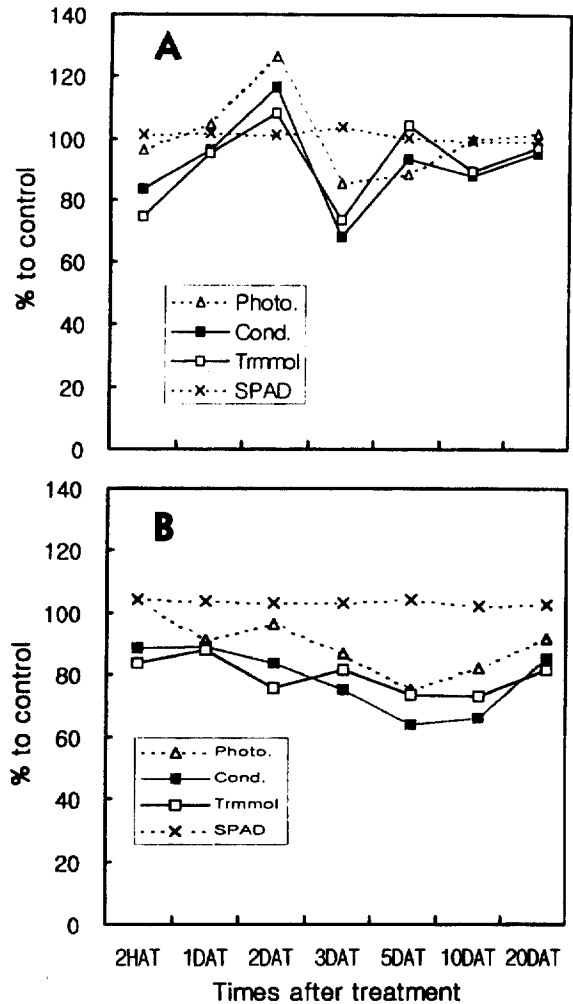


Fig. 2. The time-course changes on photosynthesis(Photo.), stomatal conductance (Cond.), transpiration rate (Trmmol) and SPAD in the sprayed citrus with the concentration of 0.33%(A) and 1.0% (B). Each values were calculated compared to the unsprayed control.

† HAT: hours after treatment, DAT: days after treatment.

온도조건별 PSO 처리영향

주야간 온도조건별로 PSO로 처리한 결과 34/24℃구에서는 PSO처리구가 무처리에 비교하여 광합성속도, 기공전도도 및 증산속도가 처리전보다 저하하는 경향을 나타냈다(Table 1). 그러나 30/20℃ 및 28/16℃ 처리구에서는 PSO 처리에 따른 일정한 경향을 나타내지는 않았다. PSO 처리후의 엽록소형광(Fv/Fm) 값은 28/16℃구에서는 별 변동이 없었으나, 30/20℃ 및 34/24℃구에서는 처리 7일후에 감소하였는데, 특히 34/24℃구에서 크게 감소하였고 PSO 1% 처리시가 무처리구 및 0.33% PSO 처리에 비교하여 크게 저하하였다(Fig. 3). PSO의한 식물독성의 발생은 일반적으로 35℃이상의 고온조건에서 잘 발생한다고 하는데³⁾, 본 실험의 결과도 PSO 처리에 따른 생리적인 기능의 저하가 고온조건일 수록 크게 나타나는 것으로 생각된다.

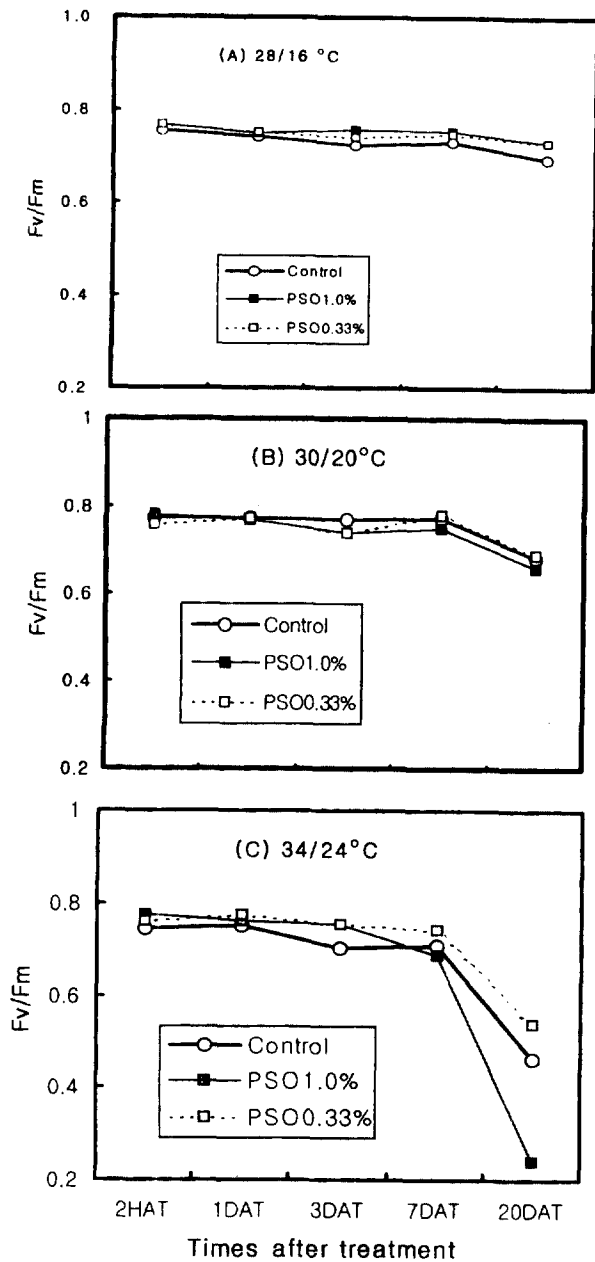


Fig. 3. Effects on chlorophyll fluorescence as affected by the spraying of petroleum spray oil under different air temperature condition. The Fv/Fm was measured at 2 hrs, 1 day, 3 day, 7 day and 20 day after treatment.

PSO 살포후 고온처리에 따른 생리적 변화

前報⁹⁾에서 PSO와 일부 살균제와의 혼용 시험 결과 디치수화제와의 혼용 처리시에 낙엽율이 증가하는 경향이 관찰되었다. 그래서 1.0% PSO 처리후 일시적인 고온(50°C, 10시간)처리를 하였을 경우와 PSO와 디치 수화제와의 혼용구를 설정하여 감귤잎의 생리적인 영향에 관하여 검토하였다. PSO 무처리에 비교하여 1.0% PSO+디치수화제 혼용구나 1.0% PSO 처리구에서 유의적으로 낙엽율이 증가하였는데, 특히 디치수화제 혼용구에서 현저하였다 (Table 2). 그리고 30/20°C 상시처리구에서의 낙엽율은 1.0%

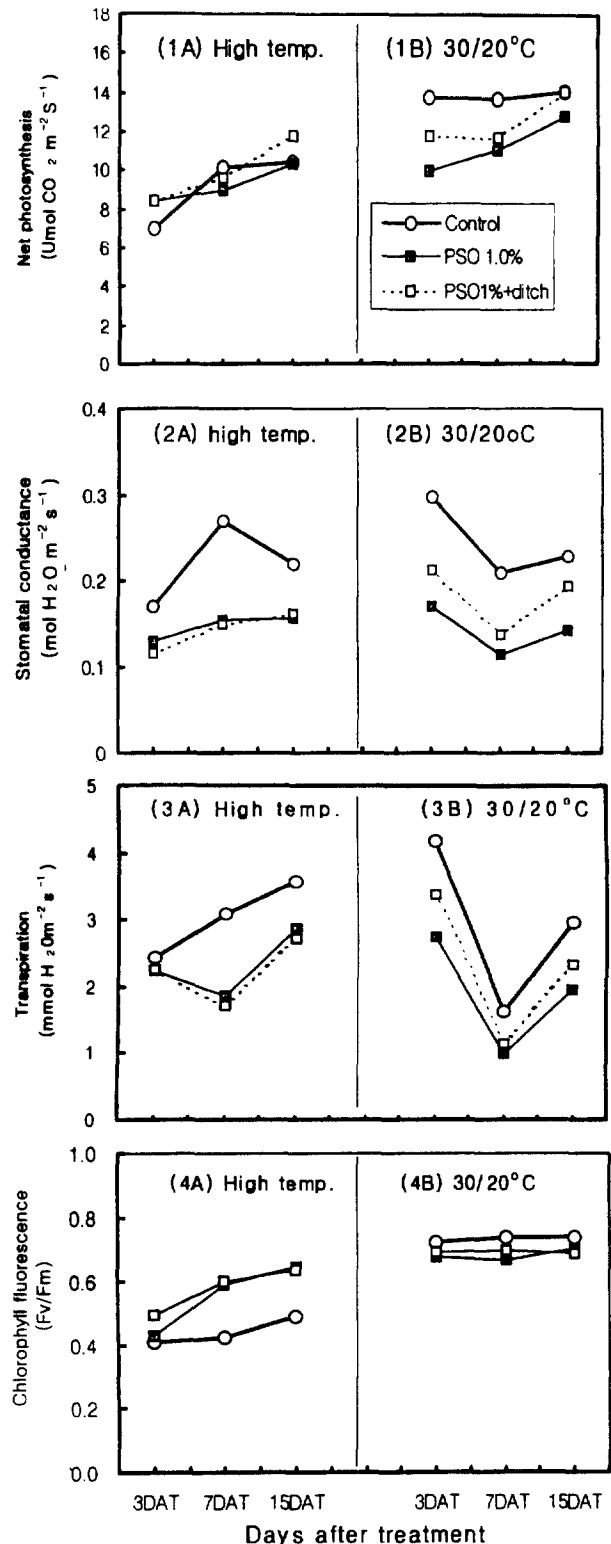


Fig. 4. Changes in photosynthetic characteristics as the application of PSO to citrus leaves grown under 30/20°C (day/night) with or without 50°C pretreatment for 10 hours.

PSO+디치 혼용구가 무처리보다 유의적으로 증가하였다.

Table 1. Effects of the spraying of petroleum spray oil on photosynthetic rate, stomatal conductance and transpiration rate under different air temperature condition

| Temperature treatment (day/night) | Net photosynthesis ($\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$) | | | Stomatal conductance ($\text{mol H}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{s}$) | | | Transpiration ($\text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{s}$) | | |
|-----------------------------------|---|----------|----------|---|-----------|-----------|---|---------|---------|
| | 0DAT | 3DAT | 7DAT | 0DAT | 3DAT | 7DAT | 0DAT | 3DAT | 7DAT |
| 34/24°C | | | | | | | | | |
| Control | 94±0.8 | 10.2±1.2 | 10.3±1.4 | 0.25±0.05 | 0.25±0.09 | 0.27±0.06 | 4.4±0.5 | 7.0±3.1 | 4.7±0.7 |
| PSO 1.0% | 12.0±1.5 | 9.9±1.3 | 10.7±1.6 | 0.27±0.07 | 0.17±0.04 | 0.19±0.09 | 4.5±0.8 | 3.0±0.5 | 3.4±1.0 |
| PSO 0.33% | 11.8±1.2 | 9.7±1.6 | 12.3±1.5 | 0.22±0.04 | 0.14±0.04 | 0.15±0.06 | 3.6±0.4 | 2.5±0.6 | 3.0±0.8 |
| 30/20°C | | | | | | | | | |
| Control | 12.3±1.1 | 12.0±0.8 | 14.6±1.4 | 0.30±0.04 | 0.21±0.03 | 0.29±0.05 | 3.5±0.3 | 2.1±0.2 | 4.5±1.1 |
| PSO 1.0% | 10.6±1.5 | 9.9±1.2 | 13.1±1.1 | 0.21±0.05 | 0.16±0.03 | 0.28±0.04 | 2.9±0.4 | 1.6±0.2 | 4.4±0.3 |
| PSO 0.33% | 10.0±1.4 | 9.5±1.5 | 13.5±1.7 | 0.18±0.05 | 0.14±0.03 | 0.20±0.07 | 2.6±0.4 | 1.5±0.2 | 2.4±0.5 |
| 28/16°C | | | | | | | | | |
| Control | 10.0±0.5 | 10.0±1.2 | 12.6±1.2 | 0.22±0.06 | 0.18±0.06 | 0.24±0.05 | 2.3±0.4 | 1.4±0.3 | 2.6±0.4 |
| PSO 1.0% | 8.2±0.9 | 8.9±0.6 | 12.8±1.4 | 0.17±0.06 | 0.15±0.05 | 0.25±0.04 | 1.9±0.5 | 1.3±0.3 | 2.7±0.4 |
| PSO 0.33% | 7.6±1.9 | 8.9±1.9 | 13.6±0.9 | 0.16±0.06 | 0.16±0.06 | 0.23±0.04 | 2.0±0.7 | 1.2±0.7 | 2.2±0.2 |

Table 2. Changes of dropped leaf rate in the PSO-sprayed citrus followed by high temperature treatment

| Treatment | Percent of dropped leaf (%) |
|--|-----------------------------|
| High temperature treatment (50°C→30/20°C) | |
| Control | 3.0 |
| PSO 1.0% | 7.1 * |
| PSO 1%+dithianon | 33.5 ** |
| Control (30/20°C) | |
| Control | 2.5 |
| PSO 1.0% | 3.4 |
| PSO 1%+dithianon | 9.5* |

*,** mean significant difference to control at 5% and 1% level by the LSD.

광합성속도는 일시적인 고온처리구가 30/20°C 상시처리구보다 처리후 3, 7, 15일에 걸쳐서 낮았다. 그리고 고온조건하에서는 모든 처리에서 광합성속도, 기공전도도, 증산율 및 Fv/Fm 값은 처리후 시일이 경과함에 따라 증가하는 경향을 나타냈는데, 이 경우 특히 기공전도도 및 증산율은 PSO 무처리보다 1% PSO 또는 1% PSO+디치수화제 혼용처리구에서 낮은 경향을 나타냈다(Fig. 4). 이것은 감귤잎이 일시적인 고온처리에 따라 생리적인 저해를 받다가 서서히 회복되게 되는데, 1.0% PSO나 디치수화제 혼용시에는 그 저해정도가 크거나 회복정도가 느리기 때문으로 보여진

다. 그리고 고온처리구의 Fv/Fm도 1.0% PSO 및 디치와의 혼용 처리구에서 무처리구에서 높게 나타났다. 한편 30/20°C 온도 처리구에서도 1.0% PSO나 디치 수화제 혼용처리구는 무처리에 비교하여 생리적 형질의 저해 정도가 큰 것으로 나타났다. 이 경우 처리후 7일째의 기공전도도 및 증산율의 값이 다른 날에 비교하여 크게 낮았는데, 처리후 7일째의 날씨가 흐려 상대습도가 높았기 때문으로 보여진다.

저자들은 곁웅에 방제를 위한 하계시 PSO 적정 살포농도는 0.33~0.5% 정도라고 제안하여 하였는데⁹⁾, 본 연구의 결과 그 정도의 살포농도로 1회처리에는 감귤잎의 광합성관련 특성에 별 영향이 없는 것으로 나타났다. 그리고 제주지역의 노지 감귤재배에서 50°C 이상의 기온조건이 발생할 가능성은 없으나, 하우스 감귤재배의 경우는 햇볕이 강한 한낮의 경우 50°C 가까이까지 기온이 상승하는 경우가 있기 때문에 고온기의 하우스 재배시나 디치와 혼용 살포하는 것은 피해야 할 것으로 보인다. 앞으로는 감귤 잎뿐만아니라 과실 품질이나 장기적인 PSO 적용시의 수체에 대한 영향에 관해서도 검토의 필요성이 있을 것으로 보여진다.

요 약

PSO (petroleum spray oil) 살포가 감귤잎에 미치는 광합성 관련 생리적 영향을 밝히고자 4 년생 은주밀감(공천조생)에 PSO를 살포한 후 광합성, 증산량, 기공전도도 및 엽록소형광 등의 변화에 관하여 검토하였다. 시험은 ①PSO 0.33% 및 1.0% 농도별 처리, ②다른 주야간 온도처리(34/24°C, 30/20°C 및 28/16°C)하에서

의 PSO 처리, 그리고 ③ PSO 처리후 일시적인 고온(50℃, 10시간) 처리 등 3개로 나누어서 실시하였다. 그 결과, PSO를 처리하면 감귤 잎에 유침상이 발생하는데 처리후 30~40일후에는 무시해도 좋을 정도로 사라졌다. 0.33% PSO 처리시에는 광합성, 증산량 및 엽색도 등에 별 영향이 없으며, 1% 처리시에는 기공전도도, 증산율, 광합성속도 등이 저해되다가 살포 20일 후에는 회복되는 경향을 나타냈다. 온도 처리별 PSO 처리의 영향은 고온구(34/24℃)에 1.0% PSO를 처리했을 경우, 처리 7일 이후에 엽록소형광(Fv/Fm) 값이 저하하였다. 또한 PSO 처리후 인위적으로 고온(50℃, 10시간)처리를 하였을 경우, 1.0% PSO와 디치를 혼용처리한 나무의 낙엽이 현저하게 증가하였으며, 남은 잎에서도 생리적 형질의 저해가 인정되었다. 이러한 결과 0.33% PSO 처리에서는 감귤 잎의 광합성 관련 특성에 별 영향이 없으나, 1.0% PSO 이상의 살포의 경우 한동안 일부 생리적 기능의 저해를 보였으며, 고온조건이거나 디치와 같은 약제와 혼용할 경우에는 생리적 기능저해가 더욱 심해지는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구의 수행을 위해 연구비를 지원해 준 한국과학재단 지정 제주대학교 아열대원예산업연구센터(SHRC)에 감사드린다.

참고 문헌

1. Agnello, A. M. (1999) Petroleum spray oils: chemistry, history, refining and formulation. In *Spray Oils Beyond 2000: Sustainable pest and diseases management*. Beattie, G. A. C. and Watson, D. M. (eds). Sydney, Australia. p.10.
2. Riehl, L. A. (1969) Advances relevant to narrow-range spray oils for citrus pest control, *Proc. 1st Int. Citrus Symp.* 2, 897-907.
3. Beattie, G. A. C. (2000) A brief history of petroleum-derived spray oils and their chemistry with special reference to their use on citrus. In *Extending PSO-based IPM for Horticulture, Final Rep. Suppl. of HRDC HG/96/011*. p.4-21.
4. Beattie, G. A. C., Kallianpur, A. S., Liu, Z. M., Watson, D. M., Singh, P., Nicetei, O., Zheng, Z. H., Spooner-Hart, R. and Herron, G. A. (2000) Extending PSO-based IPM for Horticulture, *Final Rep. of HRDC HG/96/011*. p.1-20.
5. Beattie, G. A. C., Liu, Z. M., Watson, D. M., Clift, A. D. and Jiang, L. (1995) Evaluation of petroleum spray oils and polysaccharides for control of *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae), *J. Aust. Ent. Soc.* 34, 349-353.
6. Zwick, R. W. and Westigard, P. H. (1978) Prebloom petroleum spray oil applications for delaying pear psylla (Hemiptera: Psyllidae) oviposition, *Can. Ent.* 110, 225-236.
7. Nalewaja, J. D. (1999) Use of oils with herbicides. In *Spray Oils Beyond 2000: Sustainable pest and diseases management*. Beattie, G. A. C. and Watson, D. M. (eds). Sydney, Australia. p.25.
8. Zheng, J. H., Nicetic, O., Beattie, G. A. C. and Watson, D. M. (2000) Phytotoxicity of an nC24 horticulture mineral oil to selected ornamentals. In Beattie et al. eds., *Suppl. to Final Rep. HRDC HG/96/011*. "Extending PSO-based IPM for Horticulture", Univ. of Western Sydney. p.152-179.
9. 김동환·김광식·현재욱·강시용·송정흡·류기중. (2000) 제주지역에서 곽옹애에 대한 Petroleum spray oil의 방제효과 및 식물독성. *농약과학회지* 4(4), 87-92.
10. Kim, D. W., Kang, S. Y., Kim, K. S., Hyun, J. U., Song, J. H. and Riu, K. Z. (2001) Efficacy of a petroleum spray oil for the control of citrus pests, spirea aphid (*Aphis citricola*) and two scales (*Icerya purchasi* and *Planococcus cryptus*) in Jeju island, *Korean J. of Pest. Sci.* 5(1), in press.
11. Rae, D. J., Beattie, G. A. C., Watson, D. M., Liu, Z. M. and Jiang, L. (1996) Effects of petroleum spray oils without and with copper fungicides on the control of citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae). *Aust. J. Ent.* 35, 247-251.
12. 森永邦久 (1993) 칸킥트의 光合成의 向上と 果實生産に 關する 研究. *四國農業試驗場報告*, 57, 172-174.