

Short Communication

Open Access

월동 피복재 종류에 따른 참다래 주간부 표면 온도변화

곽용범,¹ 김홍림,¹ 김성철,¹ 김목종,¹ 이용복^{2*}

¹농촌진흥청 국립원예특작과학원 남해출장소, ²국립경상대학교 생명과학연구원

The Influence of Insulation Wraps on the Temperature Change of Kiwifruit Trunk Surface During Winter

Yong-Bum Kwack,¹ Hong Lim Kim,¹ Seong-Cheol Kim,¹ Mok-Jong Kim¹ and Yong-Bok Lee^{2*} (¹Namhae Sub-Station, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Rural Development Administration, Namhae 668-812, Korea, ²Research Institute of Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea)

Received: 18 September 2014 / Revised: 10 November 2014 / Accepted: 12 November 2014

Copyright © 2014 The Korean Society of Environmental Agriculture

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract

BACKGROUND: Kiwifruit is a warm-temperate, deciduous fruit tree. It is sensitive to frost or freeze damage during winter. Therefore, the farmers cover kiwifruit trunk with rice straw to preclude freeze injury. This study was conducted to evaluate trunk wraps for protection of freeze injury of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) vines.

METHODS AND RESULTS: The experimental orchard was located in Sacheon (lat. 34°56' N, long. 128°03' E) of Gyeongsangnam-do, South Korea. The vines were 5-6-year-old 'Hayward'. Two wrap materials, rice straw and silver-cushioned mat (reflective foil-coated, plastic-foamed mat, Ganan Industry, Rep. of Korea) were evaluated for their heat-retaining ability. The trunks of kiwifruit vines were wrapped in late December, and the wraps were removed in mid-April the following year (2012/13 and 2013/14). Temperature inner wraps were recorded from January to March in 2013 and 2014 by WatchDog 2450 (Spectrum Technologies, Inc., USA). In 2013, the lowest ambient temperature of January and February was -10.2°C, -10.9°C,

respectively. The lowest temperature of inner-wrap of silver-cushioned mat was -6.3°C, -2.6°C in January and February, respectively. However, rice straw showed -9.8°C and -9.9°C in its lowest value of January and February. And also silver-cushioned mat appeared to be superior to rice straw in its ability of heat-retaining during night time.

CONCLUSION: Therefore, it is suggested that silver-cushioned mat will be more efficient as wrap material than rice straw in its ability to preclude freeze damage of kiwifruit trunk during winter.

Key words: Freeze injury, Heat-retaining, Kiwifruit, Trunk, Wrap material

서론

참다래(키위프루트)는 1970년대 후반 뉴질랜드에서 도입되어 전라남도(보성, 고흥)와 경상남도(사천, 고성)의 남부 해안지대와 제주도에서 주로 재배되고 있다(Kwack and Park, 2007; 농촌진흥청 농업기술길잡이, 2013). 국내 재배면적은 약 1,200 ha이며 연간 2만톤 가량이 생산되고 있다(농촌진흥청 농업기술길잡이, 2013). 비타민C가 풍부한 건강과일인 참다래 재배지역이 내륙으로 확대되지 않는 주된 이유는 월동에 동해를 받지 않는 한계온도가 일반적으로 영하 10-12

*교신저자(corresponding author): Yong-Bok Lee
Phone: +82-55-772-1967; Fax: +82-55-772-1969;
E-mail: yblee@gnu.ac.kr



Fig. 1. Freeze injury of kiwifruit trunk (A), and trunk wraps to protect freezing injury. B, commercially available silver cushioned wrap; C, conventional rice straw.

℃라는 점(Hewett and Young, 1981; Testolin and Messina, 1987)과 무상기간이 약 220일 요구(Ferguson, 1990)되기 때문이다. 참다래 나무의 주간부 동해는 냉기가 정체되어 접촉하는 지면 가까이에서 주로 발생하며, 초봄 발아기에 수피가 갈라지고 터져 관다발 조직이 괴사하여 지상부가 죽는 현상이다(Fig. 1A). 따라서 제주도를 제외한 남부지역 주산지에서는 겨울철 주간부 동해를 예방하기 위해 지면에서 적어도 1m 높이까지 벚짚피복을 실시하고 있다. 하지만, 벚짚은 축산농가에서 사료로 대부분 이용하여 수급이 원활치 않으며, 동해예방을 위한 보온 효과가 크지 않은 것으로 알려져 있다. 또한 벚짚은 설치노력과 시간이 많이 필요하고 해충의 월동처로 이용될 수 있다는 점에서 대체 피복재가 필요하다.

본 연구는 참다래 나무의 주간부 월동 피복 자재로 관행적으로 이용되고 있는 벚짚을 대체하기 위해 농자재상에서 구하기 쉽고 저렴하며 곡선형 주간에도 적용 가능한 은박쿠션 보온재에 대한 실제 과수원에서의 주간부 표면 온도변화에 대해 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

시험장소 및 피복재 설치

시험장소는 경상남도 사천시(34°56' N, 128°03' E)의 농가에서 실시하였으며, 시험품종은 국내외 주 재배품종인 '헤이워드' 나무를 대상으로 실시하였다. 나무의 수령은 5-6년생, 주간부 직경은 50-60 mm였고, 재식거리는 주간 거리 6 m,

열간 거리 5 m였다.

주간부 피복 자재는 관행적으로 이용되고 있는 벚짚과 농자재상에서 쉽게 구입할 수 있는 은박쿠션(두께 4-5 mm, 폭 94 cm, 길이 30 m, 가나안산업)을 이용하였다. 벚짚의 피복 두께는 2-3 cm였고, 지면에서 1-1.2 m 높이까지 피복한 후 상, 중, 하 3곳을 묶었다(Fig. 1C). 은박쿠션은 지면에서 1-1.2 m 높이까지 주간을 2-3겹 두른 후 끈으로 묶어 가능한 피복재를 주간에 밀착시켰다(Fig. 1B). 실험은 냉기가 주로 정체될 수 있는 경사지 하단에 재식된 나무를 대상으로 완전 임의배치 처리되었으며, 구당 나무 수는 3주였다. 주간부 월동 피복재는 2012/13년과 2013/14년에 각각 낙엽후인 12월 하순에 설치되어 이듬해 4월 중순에 제거되었다.

피복재 내외부 온도조사

대기 온도와 피복재 내부의 온도 변화 기록은 WatchDog 2450 (Spectrum Technologies, Inc.)을 이용하여 2013, 2014년에 각각 1-3월까지 측정하였다. 피복재 내부의 온도 변화를 측정하기 위해 지면에서 20-30 cm 높이의 주간에 온도센서(Item No. 3667, Spectrum Technologies, Inc.)를 설치 후 각각의 피복자재를 씌웠고, 동일 높이에서 대기온도 측정을 위한 센서를 설치하였다. 각각의 센서는 30분 간격으로 측정되도록 설정하였다.

통계분석

조사된 데이터는 통계분석 패키지인 SAS Enterprise 4.3(SAS Institute, Inc., Cary, N.C., USA)을 이용하여 극

최저, 극최고 온도와 측정 시간별 온도에 대해 일원분산분석을 실시하였다. 피복재에 따른 극최저, 극최고 온도 비교는 Duncan' Multiple Range Test ($P = 0.05$)를 통해 실시했으며, 측정 시간에 따른 온도 변화는 각 측정 월의 30일간의 값에 대한 평균과 표준오차를 통해 비교하였다.

결과 및 고찰

피복재 내부 온도변화

한국에서 참다래 재배지역이 겨울이 비교적 따뜻한 남부 해안지대에 국한된 이유는 겨울철 내동성 한계온도가 영하 10-12°C 이기 때문이다 (Hewett and Young, 1981; Testolin and Messina, 1987). 제주도를 제외한 경상남도와 전라남도

주산 지역에서는 겨울철 동해예방을 위해 주로 벚짚을 이용해 주간을 지면으로부터 최소 1m 높이까지 피복하고 있다. 참다래는 덩굴성 낙엽과수로서 사과, 배와 같이 주간이 하늘을 향해 직립하여 자라는 교목이 아니라 주간이 반드시 곧지는 않다. 따라서 주간 피복을 위한 보온, 단열재는 쉽게 휘어 직선으로 곧지 않은 주간에도 적용이 쉬워야 한다.

Table 1. 은 1-3월까지 주간부 피복 자재 내부의 최저, 최고 기온을 나타낸 것이다. 2013년 1월 주간부 하단(지면으로부터 20-40 cm 높이)의 대기 최저기온은 -10.2°C였으며, 벚짚 피복 내부의 최저기온은 -9.8°C로 외부기온과 비슷하여 보온효과가 미미하였다. 반면 은박쿠션 내부의 최저기온은 -6.3°C로 보온효과가 벚짚보다 높은 것으로 나타났다. 2014년은 1월 대기 최저기온이 -7.6°C였으며, 2013년과 마찬가지로 은

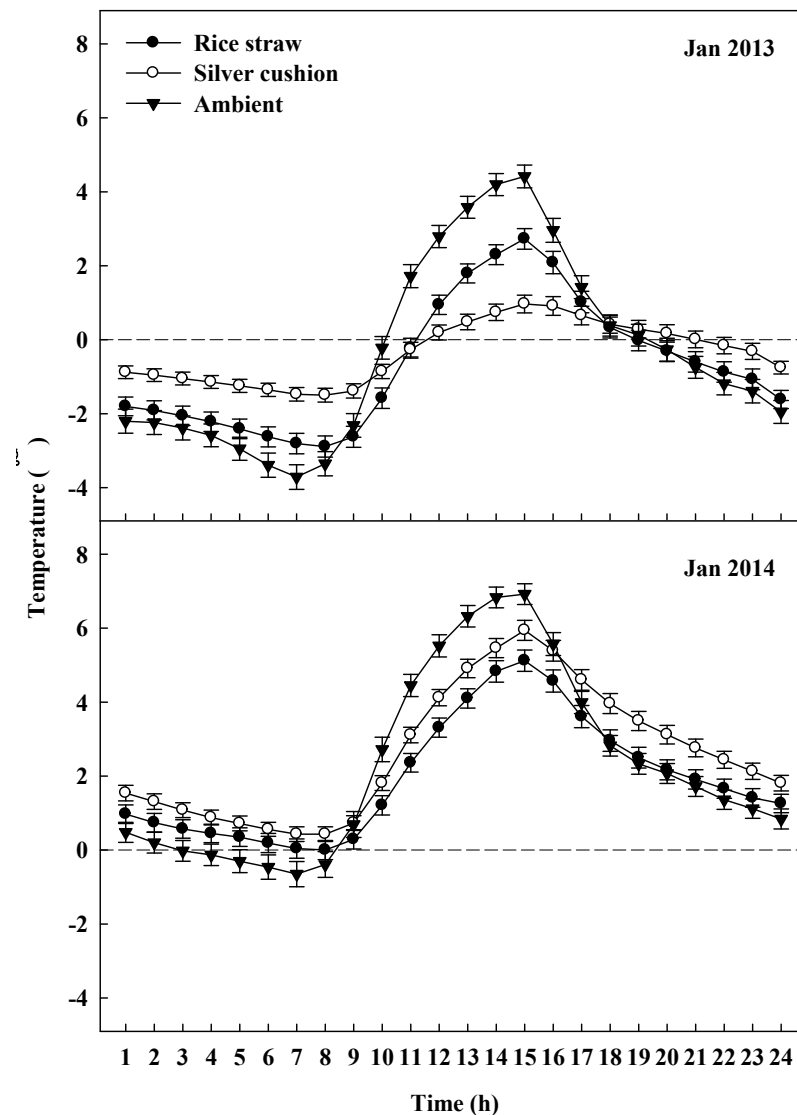


Fig. 2. Mean temperature patterns inside wraps of kiwifruit trunk depending on recording time in a day on January 2013 and 2014. Silver cushion is reflective foil-coated, plastic-foamed mat (4-5 mm in thickness, 94 cm in diameter, and 30 m a roll, Ganan Industry, Rep. of Korea). See Fig. 1B. Vertical bars indicate standard error of the means of three replications.

박쿠션의 최저기온은 -2.2°C 로 벚짚(-6.0°C)에 비해 보온효과가 뛰어났다. 1월 최고기온도 은박쿠션이 2013, 2014년에 각각 10.5°C , 11.8°C 로 벚짚피복 내부의 11.8°C , 13.6°C 보다 낮게 나타나 한 겨울 단열효과가 뛰어난 것으로 나타났다.

참다래 나무는 일반적으로 2월 하순에 휴면에서 깨어나기 시작하여 뿌리의 수분수송 근압이 증가한다. 따라서 한겨울인 1월보다 오히려 탈순화 이후인 2-3월이 동해의 위험이 높아 (Kang and Oh, 2004) 주간 피복재의 보온 효과가 필요하다. 2013년 2월의 대기 최저기온은 -10.9°C 였고, 벚짚피복 내부의 최저기온은 -9.9°C 로 보온효과가 미미했다. 반면 은박쿠션 내부의 최저기온은 -2.6°C 로 보온효과가 뛰어났다. 2014년 2월도 은박쿠션 내부의 최저기온은 -1.8°C 로 대기 온도에

비해 5.1°C 높게 유지되었다. 3월도 은박쿠션이 벚짚에 비해 보온 효과가 높았다. 하지만, 2-3월 최고기온은 겨울이 따뜻했던 2014년의 경우 벚짚 피복이 은박쿠션 피복에 비해 낮아 단열성이 약간 높은 것으로 나타났다(Table 1).

측정 시각에 따른 기온변화

하루 중 측정 시각에 따른 참다래 나무의 주간부 피복재 내부 평균 기온 변화를 1월부터 3월까지 조사하였다. 한 겨울 평균 기온이 가장 낮았던 1월의 피복재 내부 평균 기온은 오전 7-8시에 가장 낮았고 오후 3시에 가장 높게 나타났다. 2013년 1월중 은박쿠션 내부의 평균 기온은 오전 7-8시에 -

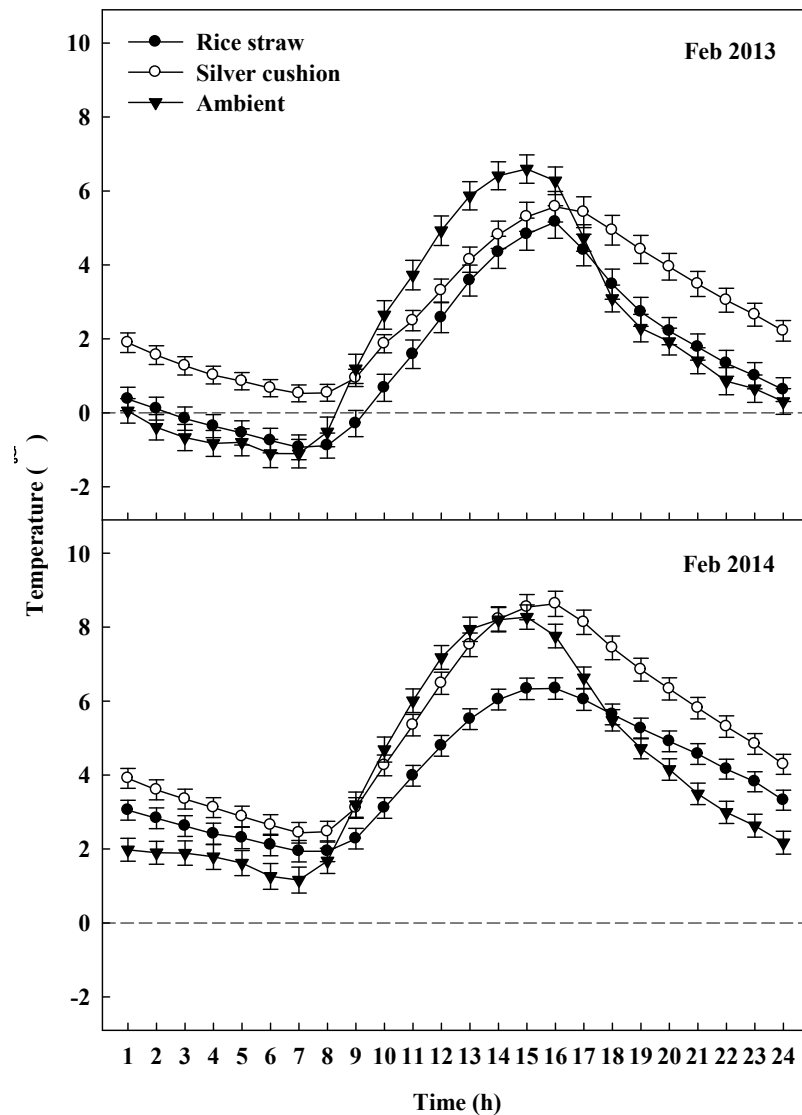
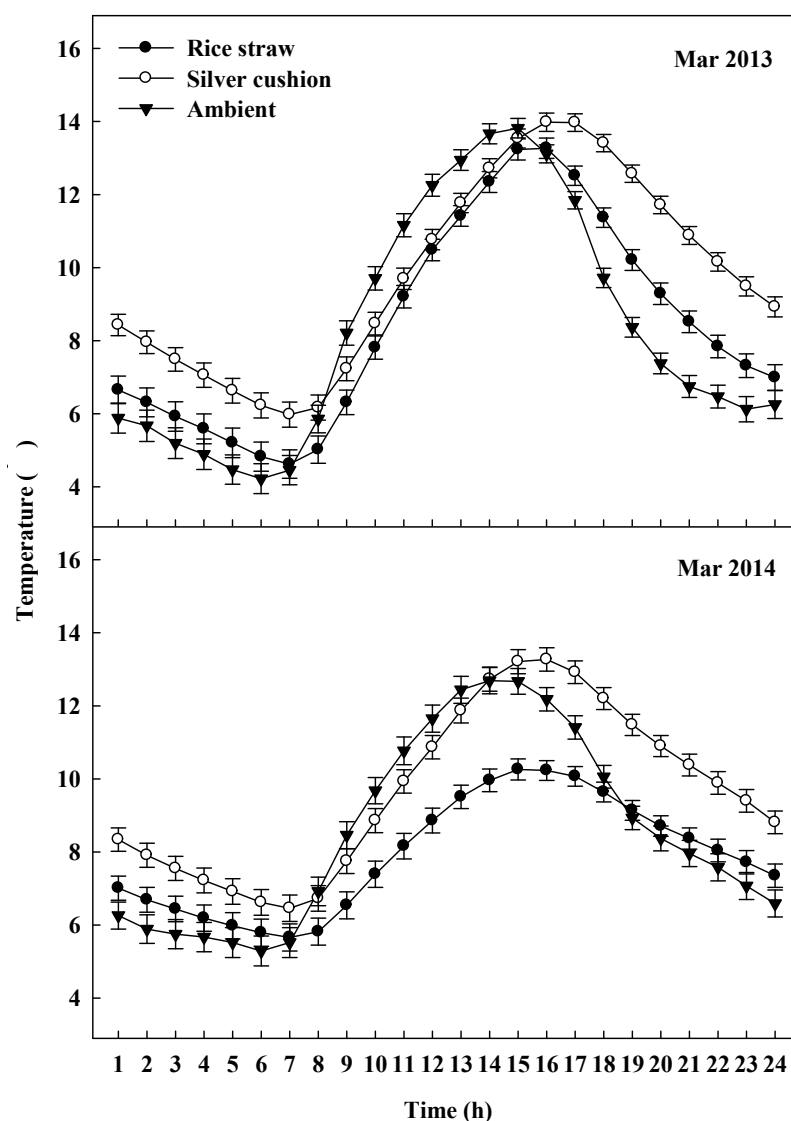


Fig. 3. Mean temperature patterns inside wraps of kiwifruit trunk depending on recording time in a day on February 2013 and 2014. Silver cushion is reflective foil-coated, plastic-foamed mat (4-5 mm in thickness, 94 cm in diameter, and 30 m a roll, Ganan Industry, Rep. of Korea). See Fig. 1B. Vertical bars indicate standard error of the means of three replications.

Table 1. Minimum and maximum temperature inside wraps of kiwifruit trunk during winter and early spring (January to March)

Year	Wrap type	Temperature inside wrap (°C) ^z					
		Jan		Feb		Mar	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max
2013	Ambient	-10.2 c ^y	12.6 a	-10.9 b	15.3 a	-3.8 c	19.9 a
	Rice straw	-9.8 b	11.8 a	-9.9 b	15.3 a	-2.5 b	20.1 a
	Silver cushion ^x	-6.3 a	10.5 b	-2.6 a	15.1 a	-1.0 a	18.5 a
2014	Ambient	-7.6 b	14.2 a	-6.9 c	18.2 a	-3.2 c	21.8 a
	Rice straw	-6.0 b	13.6 a	-4.0 b	14.9 b	-1.4 b	16.5 b
	Silver cushion	-2.2 a	11.8 a	-1.8 a	19.1 a	-0.3 a	20.9 a

^zMean temperature of three recording spots of an experimental orchard^yMean separation within column by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$ ^xReflective foil-coated, plastic-foamed mat (4.5 mm in thickness, 94 cm in diameter, and 30 m a roll, Ganan Industry, Rep. of Korea).**Fig. 4. Mean temperature patterns inside wraps of kiwifruit trunk depending on recording time in a day on March 2013 and 2014. Silver cushion is reflective foil-coated, plastic-foamed mat (4.5 mm in thickness, 94 cm in diameter, and 30 m a roll, Ganan Industry, Rep. of Korea). See Fig. 1B. Vertical bars indicate standard error of the means of three replications.**

1.5℃로 가장 낮았고, 오후 3시에 1.0℃로 가장 높았다. 반면 벗짚의 경우 오전 8시에 -2.9℃, 오후 3시에 2.7℃를 나타내 은박쿠션의 보온효과가 더 우수했다. 은박쿠션의 경우 최저기온을 높게 유지해 줌과 동시에 급격한 온도변화를 방지하는 효과를 나타내 한 겨울 동해 예방 효과가 벗짚에 비해 우수할 것으로 판단되었다. 2014년 1월은 겨울이 비교적 따뜻하여 대기의 평균 최저기온이 오전 7시에 -0.7℃로 2013년 -3.7℃보다 3℃ 높았다. 겨울이 따뜻했던 2014년 1월은 벗짚과 은박쿠션 피복간에 차이가 크지는 않았지만, 최저기온은 역시 은박쿠션이 더 높게 유지되었고 해가 진 후 온도의 하강도 더 완만하여 보온효과가 우수하였다(Fig. 2). 2월의 경우 피복재 내부의 평균 최저기온은 대기 온도가 -1.1℃(오전 6-7시)를 나타낸 2013년에는 은박쿠션과 벗짚이 각각 0.5℃(오전 7-8시), -0.9℃(오전 7-8시)를 나타냈다. 2014년에도 은박쿠션이 2.4℃(오전 7시)로 가장 높은 평균 최저기온을 나타냈다. 무엇보다 1월과 마찬가지로 해가진 후 온도가 떨어질 때 완만하면서 높은 온도를 유지하여 보온효과가 뛰어났다(Fig. 3). 3월의 경우도 은박쿠션 내부의 최저기온이 가장 높았으며, 야간에 온도가 하강할 때도 벗짚이나 대기 온도보다 높게 유지되어 보온효과가 벗짚에 비해 뛰어났다(Fig. 4).

참다래 나무의 내동성은 나무의 수령, 생육시기 등에 따라 다르다(Dozier *et al.*, 1992). 동해 예방을 위해 보온, 단열재는 낮 동안의 열을 피복재 내부에 잘 간직했다가 야간에 천천히 방출하여 최저기온을 나무가 동해를 받지 않도록 높게 유지하는 것이 좋다(Pyke *et al.*, 1988). 이런 점에서 은박쿠션은 한 겨울과 해빙기에 최저기온을 대기 온도보다 훨씬 높게 유지함으로써 보온효과가 벗짚에 비해 높았는데, 이는 은박쿠션이 벗짚에 비해 상대적으로 낮 동안의 열을 피복재 내부에 잘 간직했다가 야간에 천천히 방출했기 때문인 것으로 추정되었다. 또한 은박쿠션은 벗짚에 비해 설치 노력이 적고, 주간의 길이나 모양에 상관없이 적용이 가능하다는 점에서 벗짚을 대체할 수 있을 것으로 판단된다.

요 약

난온대성 낙엽과수인 참다래는 겨울철 동해에 민감하여 주산지에서도 월동기에 주간을 피복하고 있다. 본 연구는 참다래 재배에서 월동기 주간부 동해 예방을 위해 사용되고 있는 피복재의 온도특성에 대해 알아보고자 하였다. 실험은 경남 사천의 5-6년생 '헤이워드' 과수원에서 이루어 졌다. 사용된 피복재는 벗짚과 은박쿠션 2종류였으며, 낙엽후인 12월 하순에 설치하여 이듬해 4월 중순에 제거하였다. 피복재 내부의 온도 측정은 WatchDog 2450 (Spectrum Technologies,

Inc.)을 이용하여 2013-2014년 1-3월에 측정 비교하였다. 1월과 2월 최저기온이 각각 -10.2℃, -10.9℃로 추웠던 2013년에 은박쿠션 내부의 최저기온은 1, 2월에 각각 -6.3℃, -2.6℃로 보온효과가 뛰어났다. 반면, 벗짚 내부의 1, 2월 최저기온은 각각 -9.8℃, -9.9℃로 대기 온도와 큰 차이가 없어 보온효과가 미미했다. 측정 시각에 따른 평균기온의 변화에서도 은박쿠션이 벗짚에 비해 낮 동안의 열을 피복재 내부에 잘 간직하여 야간 온도를 상대적으로 높게 유지했다. 따라서 참다래 나무의 월동 피복 자재로써 은박쿠션이 벗짚에 비해 보다 효과적일 것으로 판단되었다.

Acknowledgment

This study was funded by a research program (PJ01016702) of Rural Development Administration (RDA), Korea.

References

- Dozier, W.A., Caylor, Jr., A.W., Himelrick, D.G., Latham, A.J., McGuire, J.A., Pitts, J.A., Powell, A.A., 1992. Cold protection of kiwifruit plants with trunk wraps and microspringkler irrigation, *HortScience* 27, 977-979.
- Ferguson, A.R., 1990. Kiwifruit management, in: Galletta, G.J., Himelrick, D.G. (Eds), *Small fruit crop management*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA, pp. 472-503.
- Hewett, E.W., Young, K., 1981. Critical freeze damage temperatures of flower buds of kiwifruit (*Actinidia chinensis* Planch.), *N.Z. J. Agr. Res.* 24, 73-75.
- Kang, S.M., Oh, S.D. 2004. Freezing Injury, in: Oh, S.D., Kang, S.M. (Eds), *Fruit tree physiology in relation to temperature*, Gilmogeum, Seoul, Rep. of Korea, pp. 28-92.
- Kwack, Y.B., Park, Y.S., 2007. Kiwifruit, in: Lee, J.M., Choi, G.W., Janick, J. (Eds), *Horticulture in Korea*, Kor. Soc. Hort. Sci. Press, Suwon, Korea, pp. 244-249
- Pyke, N.B., Ansell, K.A., Ruth, J.E., 1988. Field evaluation of insulation wraps for frost protection of kiwifruit trunks, *N.Z. J. Expt. Agric.* 16, 129-135.
- Testolin, R., Messina, R., 1987. Winter cold tolerance of kiwifruit. A survey after winter frost injury in northern Italy, *N.Z. J. Expt. Agric.* 15, 501-504.