

유기질 멀칭이 배 ‘신고’ 나무의 과실 품질에 미치는 영향

오수옥¹ · 김월수¹ · 최현석^{2*} · 조정안¹

¹전남대학교 원예학과, ²국립농업과학원 유기농업과

Effects of Organic Mulches on the Quality of “Niitaka” Pear Trees and Fruit

XiuYu Wu¹, Wol-Soo Kim¹, Hyun-Sug Choi^{2*}, Jung-An Jo¹

¹Chonnam National University, Department of Horticulture, Gwangju 500-757, Korea

²Organic Agriculture Division, National Academy of Agricultural Science, Suwon 441-707, Korea

Abstract

We investigated the effects of organic mulches on the tree and fruit qualities of "Niitaka" (*Pyrus pyrifolia*) pear trees. Trees grown with rice straw mulch had significantly greater potassium (K), magnesium (Mg), and calcium (Ca) concentrations in leaves compared with control trees and those mulched using bark or polyethylene, but the concentrations were below the recommended levels for these nutrients in pear leaves. Bark mulch increased fruit firmness and soluble solid (SS) levels, compared with rice straw mulch. The fruit of trees grown with bark mulch had a higher ratio of SS to total acidity in fresh fruit, and the fruit was dark red in color. The K and Ca concentrations were highest in fruit grown on trees mulched with rice straw and bark, respectively, and competition between the levels of these cations was evident in fresh fruit. Bark and rice straw mulches increased overall fruit quality, and reduced fruit stone size, whereas a polyethylene mulch, devoid of organic material, resulted in a fruit stone size similar to that of the control.

Key words : organic mulch, pear, fruit quality, bark, rice straw, nutrient, stone cells

서 론

유기농법은 최근 10년간 매년 10%의 비율로 증가하였으며 일부 작물에서는 주요한 재배방법으로 간주되고 있다(1). 관행농법과 비교하여 유기농법은 토양 구조 형성을 촉진하고(2,3) 토양 생물을 다양하게 하며(4) 환경 부하를 감소시키고(5), 식품의 품질과 안전성을 향상시키는 것으로 알려져 있다(6).

친 환경 농산물과 관행 농산물의 특성은 영양성분의 차이로 비교할 수 있다. 과실이 함유하고 있는 미네랄, 비타민(B₁, B₂), 탄수화물, 단백질과 아미노산 그리고 유기산 함량은 재배 방법에 따라 큰 차이를 나타내지 않아서, 유기농법으로 재배된 과실의 품질과 맛은 관행 재배된 과실과 비교

하여 상품성이 있다고 할 수 있다(7). 최근 미국 워싱턴 주에서는, 관행 재배된 사과 과원은 토양 내 무기태 질소 공급 과다로 인해서 과실 경도 및 당도를 저하시켜서 과실 품질과 상품성을 떨어뜨릴 수 있는 반면에, 유기농 과원은 무기태 질소의 완만한 공급으로 과실 품질을 향상시켜서 고 수입 효과를 가져 올 수 있다고 연구한 바 있다(8).

유기농법은 화학비료나 제초제 대신 유기질 비료 및 멀칭으로 대체되는 방식이다. 유기질 멀칭은 토양 내 온도 조절, 미생물 활성화, 토양 물리성 개선, 그리고 토양 내 무기질 성분을 증가시켜서 과실나무 성장과 품질을 향상시킨다고 알려져 왔다(9). 유기질 멀칭에 의한 과실 품질 비교에 관한 연구는 주로 미국 서부(8,10)에서 이루어져 왔고, 여름철에 덥고 습한 지역인 국내에서는 이러한 연구가 미비한 실정이다. 유기질 멀칭은 멀칭 자체내의 구성성분에 따라서 토양 내 무기질 공급이 다르게 나타난다. 사과나무에 나무껍질 멀칭을 하면 나무뿌리가 멀칭한 곳으로 이동함으

*Corresponding author. E-mail : dhkdwk7524@daum.net,
Phone : 82-31-290-0548, Fax : 82-31-290-0507

로서 토양 심토로의 이동성이 어려워서 표토에 많은 함량이 분포된 칼슘의 흡수를 향상시켜서 과실의 저장성을 높였다고 하였다(11).

배 과실의 품질을 저하시키는 배 석세포는 외부적인 수분 스트레스에 의해서 발생된다고 알려져 왔고(12), 멀칭은 토양 수분함량을 보존시켜서 과육 내 수분 스트레스를 줄임과 동시에 석세포 함량을 경감시키는 것으로 보고하였다(13). 본 연구에서는 유기질 멀칭에 의해 재배된 ‘신고’ 배나무의 기본적인 엽과 과실의 무기성분 특성, 그리고 과실 품질에 미치는 영향에 대하여 살펴보았다.

재료 및 방법

실험재료 및 처리내용

본 실험은 전남 나주시 봉향면에 소재한 전남대학교 부속농장의 11년생 ‘신고’ 배 과원에서 2006년에 수행하였다. 유기질멀칭 재료로는 참나무껍질(Bark), 볏짚(Rice straw), 폴리에틸렌(Polyethylene)을 이용하였다. 참나무껍질은 1년간 부숙시킨 재료를 이용하였다. 과원 토양 멀칭처리 시기는 지온이 충분히 올라가고 안정적인 작과가 이루어진 후인 만개 후 20일에 수행하였다. 멀칭 처리 방법은 수간을 중심으로 사방 1 m에 멀칭 하였으며 참나무껍질과 볏짚은 10 cm의 두께로 멀칭 하였다. 대조구는 자연 초생 재배를 실시하였다. 모든 처리는 난괴법으로 1주 당 1반복으로 10주 배치하였다.

분석방법

엽은 무기성분의 이동이 적은 7월 중 하순에 시험포장에서 당년에 자란 도장성 가지를 3등분하여 중앙부분의 엽을 처리 당 100매 정도 채취하여 물기가 마르지 않게 실험실로 옮긴 후 비 이온성 세제를 이용하여 각각의 엽을 세척하고 수분을 제거하였다. 세척 된 엽을 80°C의 온풍 건조기에서 2일간 건조시킨 후 마쇄하여 습식분해법에 의해서 식물체를 분해하였다. 분해된 시료를 정용한 후 인산(P)은 470 nm에서 UV spectrometer (Shimadzu UV-1601, Japan)로 칼륨(K), 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg), 그리고 붕소(B)는 ICP (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer, Pye-unicam PU 9000, England)로 측정하였다.

수확된 과실은 색차계(Minolta CR-300, Japan)를 이용하여 Hunter value L, a, b값을 측정하였다. L은 과실의 밝기를 a와 b값은 각각 과실의 적색과 황색의 정도를 표시하였다. 과실 무게는 전자저울(AR-2130, USA)을 이용하여 측정하였고 가용성 고형물 함량은 과실에서 착즙한 과즙으로 굴절당도계(Refractrometer, Atago, Japan)를 이용하여 과실의 가용성 고형물 함량을 측정하였다. 과실 경도는 과실 중간 부위 면에서 과피를 제거한 후 과실경도계(TA-XT2,

Texture technologies Corp., USA)로 측정하였다. 과실 산도는 과즙 5 mL에 증류수 10 mL를 가하여 페놀프탈레인 지시약 2~3 방울을 첨가하여 0.1 N NaOH로 연 분홍색이 될 때까지 적정하여 그 값을 malic acid로 환산하였다.

각 처리별 과실은 적도 부위의 과육을 취하여 동결건조하였으며 동결건조 시료는 분쇄기로 잘게 분쇄하였다. 과육 분해는 엽 무기성분 분석시 사용한 습식 분해법으로 분해하였고 ICP로 과실 내 무기성분을 분석하였다.

과육에서의 석세포 함량을 측정하기 위해서 과실 적도 부근의 생체 시료 10g을 취하여 95% CH₃OH 35 mL에 담아 균질기를 이용하여 균질화 한 후 Whatman No. 1 여과지를 이용하여 감압 여과하여 당 성분을 제거하였다. 그 잔사는 다시 1 N HCl 25 mL에 넣고 30분간 교반기를 이용하여 진탕 후 다시 감압 여과하여 전분을 제거하였다. 나머지 잔사는 1 N NaOH 25 mL를 넣고 30분간 교반 후 여과하여 단백질을 제거하고 그 잔사를 40°C의 항온기에서 건조시킨 후 석세포 함량을 측정하였다(14).

결과 및 고찰

엽내 무기성분

토양 내 화학성을 증가시켰던(data not shown) 유기질 멀칭 투입구인 볏짚(Rice straw)에서 엽 내 무기성분은 유의적으로 높았으며 참나무껍질(Bark)과 폴리에틸렌(Polyethylene)은 대조구(Control)와 별다른 차이가 나타나지 않았다(Table 1). 엽 내 인산함량은 위의 세 가지 무기성분 함량이 높았던 볏짚에서 가장 낮은 농도(0.29%)를 나타내었다. 하지만, 배나무 엽 영양진단 분석에 의하면, 인산함량은 적절한 기준 농도(0.13~0.33%)에 분포된 것으로 판단된다(15). 인산 이외의 모든 처리구에서 엽중 적정농도 칼륨(1.3~1.8%), 마그네슘(0.3~0.5%), 칼슘(1.3~2.0%)에 도달하지 못해서 무기성분 결핍증상을 보였다(15). 특히 과실의 생리장해 및 품질과 관련된 엽중 칼슘결핍은 재배기간 동안 엽내 무기성분 증진을 위한 칼슘의 엽면살포 등이 요구된다.

Table 1. Foliar nutrient concentrations as affected by different organic mulches of ‘Niitaka’ pear trees

Treatment	K	P	Mg	Ca
	(% , dw)			
Control	0.43b ¹⁾	0.37a	0.16b	0.75b
Bark	0.46b	0.34a	0.16b	0.65b
Rice straw	0.54a	0.29b	0.19a	1.13a
Polyethylene	0.44b	0.32a	0.15b	0.74b

¹⁾Means separation within columns by Duncan’s multiple ranged test at p = 0.05. n = 5.

과신품질

멸칭 처리에 따른 과실 품질을 비교하기 위해서 수확기에 각 처리 별 50개의 과실을 수확하여 분석한 것을 Table 2에 제시하였다. 과실의 생체중은 각 멸칭 처리구와 대조구에서 차이가 나타나지 않았고, 모두 610~620 g의 중형과를 생산하였다. 과실 경도는 참나무껍질(12.7 N) 처리구에서 가장 높았고 벚짚(10.6 N)과 폴리에틸렌(11.1 N)에서는 대조구(11.5 N)와 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 따라서 본 실험에서 엽내 칼슘함량은 과실 경도에 별다른 영향을 끼치지 못한 것으로 판단된다. 과실의 고형물 함량은 모든 멸칭 처리구에서 대조구보다 유의적으로 높았고, 폴리에틸렌 처리구가 멸칭처리구 중에서 가장 낮은 당 함량을 보였다. 가장 낮은 유기산 함량이 나타난 참나무껍질 처리구의 과실은 가장 높은 당산비를 나타내서, 단맛이 강하고 신맛이 덜한 과실을 생산한 것으로 판단된다. 과피색 Hunter value a값은 참나무껍질 멸칭에서 가장 높게(13.1) 나타났으며 b값은 대조구에서 가장 높아서(43.2), 참나무껍질의 과실은 좀 더 붉은 색의 ‘신고’ 배를 대조구 과실은 진한 황색의 배를 착색시킨 것으로 생각된다. 이는 2년간 유기질 비료 시용에 의해 관행재배 된 과실에 비해서 적색이지만 연한 노란색의 배 과실을 생산했다는 이전 보고와 일치한다(13). 적색과 황색은 각각 안토시아닌과 카로티노이드 계열의 색소로 알려졌는데, 유기재배 된 과실과 색소 화합물에 관여하는 페놀화합물 함량이 어떠한 연관성이 있는지에 대한 세분화된 연구가 요구된다.

Table 2. Fruit characteristics as affected by different organic mulches of ‘Niitaka’ pear trees

Treatment	FW (g)	Firmness (N)	SSC (%)	Acidity (%)	SSC/ Acidity	Hunter value		
						L	a	b
Control	619a ¹⁾	11.5b	11.4c	1.13b	10.0b	63.3a	12.6ab	43.2a
Bark	620a	12.7a	13.3a	1.03b	12.8a	62.1a	13.1a	39.5b
Rice straw	615a	10.6b	13.0a	1.30a	10.0b	62.3a	12.1b	39.1b
Polyethylene	611a	11.1b	12.1b	1.27a	9.6b	63.9a	12.0b	39.8b

¹⁾Means separation within columns by Duncan’s multiple ranged test at p = 0.05. n = 5.

과실 내 무기성분

과실의 저장성과 관련된 과육 내 칼슘과 붕소 그리고 칼슘의 흡수를 저해하는 마그네슘과 칼륨 및 인산을 분석하였다(16,17)(Table 3). 과육 중 인산과 마그네슘 함량은 처리 간에 유의성이 나타나지 않았다. 칼슘과 붕소는 어린 사과 과실에서 각각 0.16~0.36% 그리고 18~95 ppm(16) 으로 보고되었는데, ‘신고’ 배에서도 비슷한 수치를 나타내었다. 하지만 칼륨과 마그네슘은 기존에 보고된 수치보다 훨씬 더 높게 나타나 과실 내 칼슘의 흡수 감소가 우려되었다(16,17). 벚짚은 과육 중 칼륨과 붕소 함량이 높았으나 가장

낮은 칼슘 함량이 나타났다. 참나무껍질 처리구는 엽내 칼슘함량이 가장 낮았더라도(0.65%) 과육 중 칼슘함량을 0.35%로 다른 처리구에 비해 유의적으로 증가시켰다. 이는 나무껍질 처리가 사과나무의 뿌리를 지표 근처로 이동시켜서 표토에 집중 되어 있는 칼슘의 흡수를 증진시킴으로써 과실의 칼슘함량 증가와 품질을 개선시켰다는 이전의 보고와 일치한다(11). 그러나 칼슘함량을 증가시켰던 참나무껍질 멸칭은 과실 내 가장 낮은 칼륨 함량(1.47%)을 나타냈다. 칼륨과 칼슘 함량이 참나무껍질과 벚짚 처리구에서 반대의 농도 분포를 나타낸 것은, 두 무기성분 모두 양이온으로서 과육 내 세포에서 길항 작용에 의해 흡수나 축적이 된 것으로 판단된다(16,17). 과실 내 칼슘함량을 증가시켰던 참나무껍질 멸칭 처리구는 과실 경도도 증가시켜서(Table 2), 과실 칼슘함량과 과실경도의 상관성이 있음을 보여주었다(17). 과실중 칼슘이 낮은 경향을 나타냈던 벚짚과 폴리에틸렌은 다른 처리구에 비해서 과실이 비교적 연화된 상태를 보였다.

Table 3. Fruit nutrient concentrations as affected by different organic mulches of ‘Niitaka’ pear trees

Treatment	P	K	Ca	Mg	B
	(% , dw)				(ppm, dw)
Control	0.12a ¹⁾	1.76c	0.29ab	0.97a	39.4b
Bark	0.11a	1.47d	0.35a	0.95a	38.5b
Rice straw	0.11a	2.67a	0.21b	0.84a	50.9a
Polyethylene	0.12a	2.18b	0.21b	0.80a	34.0c

¹⁾Means separation within columns by Duncan’s multiple ranged test at p = 0.05. n = 5.

석세포

과육 내 씹힘 성을 저해하는 석세포는 모든 처리구에서 2.0~2.5%의 분포를 보여서(Fig. 1), 기존에 ‘신고’ 배에서 조사된 석세포 함량과 비슷한 분포를 나타내었다(13). 석세

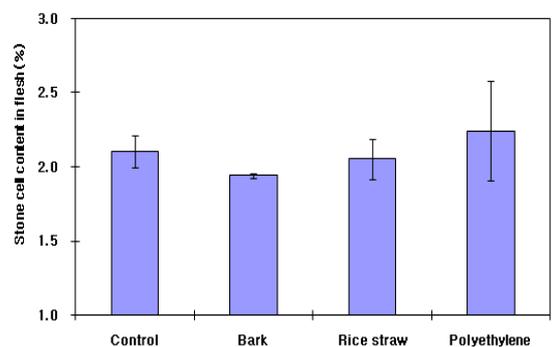


Fig. 1. Stone cell contents in the flesh (B) as affected by different organic mulches of ‘Niitaka’ pear trees.

Vertical bars represent mean. ± SD.

포 함량은 참나무껍질과 벚꽃의 유기질 멀칭 처리구에서 대조구와 폴리에틸렌에 비교해서 다소 낮은 경향이 나타났다. 이러한 결과는 Lee 등(13)이 유기질 비료 처리가 화학비료 보다 배 과실내 석세포 함량을 유의적으로 감소시켰다는 결과와 비슷한 맥락이라고 생각된다. 과실 중 칼슘함량 증가에 의해 과실의 peroxidase 활성 감소로 석세포 함량을 줄였다는 보고가 있는데(18,19), 본 실험에서도 과실의 칼슘 함량이 높았던 참나무껍질 처리구(Table 3) 석세포 함량을 유의적으로 감소시킨 것으로 판단된다. 하지만 과실 중 칼슘함량이 대조구보다 낮았던 벚꽃 처리구에서도 석세포 함량이 대조구보다 다소 감소한 것으로 나타나서, 석세포와 peroxidase 활성과 관련된 심도 있는 연구가 필요하다고 할 수 있다.

요 약

본 연구는 유기질 멀칭에 의해 배 ‘신고’ 과실 품질에 미치는 영향을 알아보기 위해서 수행되었다. 벚꽃 멀칭은 엽중 칼륨, 마그네슘, 칼슘 함량을 높였지만 모두 적정농도 이하의 수준을 나타냈다. 과실의 경도는 참나무껍질에 의해 증가하였고 당도는 참나무껍질과 벚꽃에 의해 증가하였다. 참나무 껍질은 가장 높은 당산비를 보였고 진한 붉은 계열의 과피색을 착색시켰다. 과실의 칼륨은 벚꽃에서 칼슘은 참나무껍질에서 가장 높았으나, 두 무기성분간의 과실 내 흡수에 있어서 길항작용이 있었던 것으로 판단된다. 일반적으로, 과실 품질을 향상시켰던 유기질 멀칭 자재인 참나무껍질과 벚꽃은 석세포 함량을 감소시켰고 유기질이 투입되지 않는 폴리에틸렌은 대조구와 비슷한 석세포 함량을 보였다. 따라서 과원 내 유기질이 투입된 멀칭 시용은 과실 품질을 부분적으로 향상시켰고 과실의 씹힘성을 저해하는 석세포를 감소시켜서 과실의 품질 개선에 기여한 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 전남대학교 배 특성화 센터의 연구비 지원으로 수행된 결과의 일부로 이루어진 것입니다. 또한 국립농업과학원 유기농업과의 지원에도 감사드립니다.

참고문헌

1. Lotter, D.W. (2003) Organic agriculture. *J. Sustainable Agric.*, 21, 59-128
2. Pulleman, M., Jongmans, A., Marinissen, J. and Bouma,

- J. (2003) Effects of organic versus conventional arable farming on soil structure and organic matter dynamics in a marine loam in the Netherlands. In: *soil use and management*, Blackwell Publishing, U.S.A., p.157-165
3. Reganold, J.P., Elliott, L.F. and Unger, Y.L. (1987) Long-term effects of organic and conventional farming on soil erosion. *Nature*, 330, 370-372
4. Doles, J.L., Zimmerman, R.J. and Moore, J.C. (2001) Soil microarthropod community structure and dynamics in organic and conventionally managed apple orchards in Western Colorado, USA. *Appl. Soil Ecol.*, 14, 83-96
5. Horrigan, L., Lawrence, R.S. and Walker, P. (2002) How sustainable agriculture can address the environmental and human health harms of industrial agriculture. *Environ. Health Perspect.*, 110, 445-446
6. Giles, J. (2004) Organic FAQs. *Nature*, 428, 796-798
7. DeEll, J.R. and Prange, P.K. (1992) Postharvest quality and sensory attributes of organically and conventionally grown apples. *Hort. Sci.*, 27, 1096-1099
8. Andrews, P.K., Fellman, J.K., Glover, J.D. and Reganold, J.P. (2001) Soil and plant mineral nutrition and fruit quality under organic, conventional, and integrated apple production systems in Washington State, USA. *Acta Hort.*, 564, 291-298
9. Chalker-Scott, L. (2007) Impact of mulches on landscape plants and the environment - A Review. *J. Environ. Hort.*, 25, 239-249
10. Swezey, S.L., Werner, M.R., Buchanan, M. and Allison, J. (1998) Comparison of conventional and organic apple production systems during three years of conversion to organic management in coastal California. *Am. J. Alternative Agric.*, 13, 162-180
11. Lang, A., Behboudian, M.H., Kidd, J. and Brown, H. (2001) Mulch enhances apple fruit storage quality. *Acta Hort.*, 557, 433-439
12. Choi, J.H., Suh, H.S., Choi, J.J., Park, H.S., Kim, W.S. and Lee, S.H. (2003) Anatomical observation on stone cell formation in fruit flesh of Asian pear 'Niitaka'. *J. Korean. Soc. Hort. Sci.*, 44, 885-888
13. Lee, X., Kim, W.S. and Choi, H.S. (2009) Effect of different organic fertilizers on the fruit quality in a pear orchard. *Korean. J. Food Preserv.*, 16, 305-310
14. Lee, J.E. and Kim, W.S. (2001) Morphological characters of stone cells on the effect on fruit quality of pears. *J. Korean. Soc. Hort. Sci.*, 42, 449-452
15. Stiles, W.C. and Reid, W.S. (1991) Orchard nutrition management. Cornell cooperative extension, Ithaca,

- USA, p.1-23
16. Sen, F., Karacali, I., Irget, M.E., Elmaci, O.L. and Tepecik, M. (2010) A new strategy to enrich calcium nutrition of fruit: synergistic effects of postharvest foliar calcium and boron sprays. *J. Plant Nutr.*, 33, 175-184
 17. Faust, M. (1989) Nutrition of fruit trees. In: *Physiology of temperate zone fruit trees*, John Wiley & Sons, Inc., USA, p.53-132
 18. Gaspar, T., Penel, C., Castillo, F.J. and Greppin, H. (1985) A two step control of basic and acidic peroxidases and its significance for growth and development. *Physiol. Plant*, 64, 418-423
 19. Lee, S.H., Choi, J.H., Kim, W.S., Park, Y.S. and Gemma, H. (2007) Effects of calcium chloride on peroxidase activity and stone cell development in pear fruit (*Pyrus pyrifolia*) 'Niitaka'. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.*, 76, 191-196

(접수 2010년 2월 10일, 수정 2010년 6월 29일, 채택 2010년 7월 2일)