

재배지역과 재배방법이 파프리카 과실의 수확 후 생리 및 품질에 미치는 영향

강호민* · 최인이 · 김일섭
강원대학교 원예학과

Effect of Cultural Regions or Methods on Postharvest Physiological Characteristics and Qualities of Paprika Fruits

Ho-Min Kang*, In-Lee Choi, and Il Seop Kim

Dept. of Horticulture, Kangwon Nat'l. Univ., Chuncheon 200-701, Korea

Abstract. This study was conducted to compare the postharvest physiological characteristics of 2 paprika cultivars; 'Special', 'Fiesta' grown in 2 regions: Chuncheon(plain region) and Hwacheon(semi-high land region), and by 2 cultural methods; soil and hydroponic(rock wool culture). Respiratory rate of paprika fruit was higher in soil culture, and ethylene production was higher in Chuncheon region of both cultivars. As the thickness of fruit flesh showed thicker in Hwacheon region and hydroponic culture, the firmness of fruit was in proportion to thickness. Vitamin C content was higher in red-cultivar, 'Special'. and in Chuncheon region. Soluble solids was higher in 'Special', but there was no different between cultural regions. The fruit of both cultivars was grown smaller in Chuncheon region, and the fruit shape of 'Fiesta' progressed faster in soil culture. The surface color of fruit was higher in Hwacheon, and although there was no significantly different between cultural method, both cultivars grown by hydroponics was shown vivid color. As above results, for the long term circulation and high quality of fruit, paprika may be cultivated by hydroponics in high-altitude region.

Key words : ethylene production rate, firmness, respiratory rate, soluble solide, vitamin C

서 론

농산물 수입개방화 시대에 수출은 우리나라 농업이 나아 가야할 길이다. 2000년 이후 수출되기 시작한 파프리카는 현재 우리나라에서 가장 많이 수출되는 원예작물로서 일본 수입 시장의 60~70%를 차지하고 있다(Kim과 Kang, 2007). 강원도 파프리카는 최근 재배면적과 수출액이 급격히 증가하여 2007년 1,000만 불을 초과하는 성과를 보였다. 강원도산 파프리카는 고온기에 재배되어 여름철 일본시장에 수출되는 한국산의 70%를 차지하고 있다. 강원도 작형은 주로 수확시기가 고온기로 수확 후 파프리카 과실의 품질 저하가 급격히 발생하여 현재 주수출국인 일본을 제외한 원거

리 수송 시 수입국 시장에서의 품질 저하가 우려된다. 기존 파프리카의 저장에 관련된 연구는 완숙과의 수확 후 생리(Jeong 등, 1999a), 저장온도와 습도의 영향(Jeong 등, 1999b), 착과촉진을 위한 에틸렌 처리(Lim 등, 2005), 그리고 품종별 저장성(Hwang 등, 2005)과 수확 후 생리양상(Kang과 Kim, 2007a) 등이 보고되었다. 농산물의 저장 및 유통성을 좌우하는 수확 후 생리양상 및 품질은 재배 전 환경에 의해 영향을 받는데, 재배시기는 같아도 지역에 따라 기후 환경의 차이나 재배방법에 따른 과실의 생리 및 품질에 차이가 발생한다(Park과 Fritz, 1990; Echeverria 등, 2004; Kang 등, 2002; Kang과 Park, 1999; Yang 등, 2007).

따라서 본 연구는 고온기에 품종의 숙기별 수확 후 생리 및 품질을 비교하여 파프리카의 원활한 유통 및

*Corresponding author: hominkang@kangwon.ac.kr
Received November 10, 2008; Accepted December 6, 2008

수출을 위한 수확 후 관리 분야의 기초 자료를 얻고자 수행하였다.

재료 및 방법

재배지역 및 재배방법에 따른 파프리카 과실의 수확 후 생리 및 품질 조사를 위해 'Special'(ENZA ZADEN), 'Fiesta'(ENZA ZADEN) 두 품종을 강원도 화천군(준고랭지, 해발고도 400m)과 춘천시(평탄지)에서 5월초 정식하여 수경재배하였다. 같은 품종을 재료로 강원도 화천군에서 암면 배지를 이용한 수경재배와 토양재배를 하였다. 7월 30일에 완숙상태에서 수확한 과실의 호흡속도, 에틸렌 발생량과 과실의 형태, 경도, 당도, 비타민 C 함량 등을 조사하였다. 과실의 수확 후 6시간 후에 호흡속도와 에틸렌 발생량을 측정하기 위해 과실을 밀폐용기에 넣고 1시간 후 infrared sensor (checkmate, PMB, Demark)를 이용하여 이산화탄소 발생량으로 호흡속도를 측정하였다(Kang과 Kim, 2007b). 에틸렌 발생량은 gas chromatography (GC-2010, Shimadzu, Japan) (Park 등, 2000)로 측정하였다. 비타민 C 함량은 RQ flex reflectometer (Merck RQ flex 2, Darmstadt, Germany)를 이용하여 측정하였고(Arvanitoyannis 등, 2005), 당도는 hand refractometer(ATAGO NI, Japan)로 경도는 rheometer (compac-100, Sun scientific, Japan)로, 과피색은 colorimeter(CP-400, Minolta, Japan)로 측정하였다. 모든 실험은 4반복으로 진행하였으며 통계분석은 SAS(SAS Institute, 1985) program을 이용한 Duncan의 다중검정과, Microsoft Excel 2002 program을 사용하여 평균과의 차이를 나타낸 표준 편차로 표시하였다.

결과 및 고찰

재배 지역과 재배 방법을 달리하여 재배한 'Special'와 'Fiesta'파프리카의 호흡속도는 수확 6시간 후에 'Special'은 평균 31.8 CO₂ ml/kg/hr, 'Fiesta'는 34.4 CO₂ ml/kg/hr로 기존의 보고(Lim 등, 2005)와 유사한 수준이었다. 호흡속도는 재배 지역별로 차이를 보이지 않았으나 재배 방법별로는 토양 재배한 과실의 호흡속도가 두 품종 모두 높게 나타났다(Tables 1, 2).

수확 6시간 후 에틸렌 발생량은 0.31~0.57 μ l/kg/hr 수준으로 역시 기존의 보고와 같은 수준이었다(Cantwell, 1998; Hardenberg 등, 1990). 재배 지역의 기온이 높았던 춘천 재배 과실의 에틸렌 발생량이 두 품종 모두 높았으나, 재배 방법별로는 차이를 보이지 않았다(Tables 1, 2). 작물의 호흡속도나 에틸렌 발생량은 온도에 의해 좌우되며, 에틸렌 발생량의 경우 외부 스트레스가 클수록 증가하는데(Abeles 등, 1992), 대부분의 과실에서 온도에 의한 차이를 최소화하여 수확하면 호흡속도는 통계적 유의성 있는 차이를 보이지 않는다. 그러나 에틸렌 발생량의 경우 재배 환경이 상대적으로 열악하였던 춘천에서 재배된 과실이 높게 나타났다. 이는 온도와 같은 외부의 스트레스를 화천 재배 과실보다 더 많이 받았기 때문이라 추측된다. 재배 방법별로 에틸렌 발생량은 차이를 보이지 않았으나 호흡속도는 토양 재배 과실에서 높았는데(Table 2), 에틸렌 발생량의 차이가 없었던 것은 두 방법간 지상부 환경이 비슷하였기 때문이라 생각된다. 그러나 호흡속도가 토양에서 높게 나온 것은 계속적인 연구가 요구된다.

과실 과육 두께도 품종별 차이는 없었으나, 지역별로는 화천 재배 과실과 재배 방법별로는 수경 재배 과실이 두꺼웠다. 춘천 재배 과실에서 경도가 낮았던 것은 주간 온도가 높아 광합성 산물이 과실에 축적되지 못했기 때문이라 생각되며(Kays, 1991), 토양 재배의 경우는 양·수분 공급이 수경재배에 비해 원활하지 못했기 때문이라 생각된다. 과실의 경도는 과피의 두께와 정확히 비례하여 화천 재배 과실과 수경재배 과실이 높게 나타났다(Tables 1, 2). 당도는 재배 지역이나 재배 방법별로 차이에 일정한 경향이 없이 'Special'은 평균 7.1, 'Fiesta'는 평균 6.1°Brix 수준을 보였다.

비타민 C 함량은 'Special'이 'Fiesta'보다 높게 나타났다. 적색 품종 159mg/100gFW, 황색 품종이 116mg/100gFW 수준이라는 기존 보고(Matsufuji 등, 2007)와 유사한 수치였다. 재배 지역별로는 춘천에서 재배한 과실의 비타민 C 함량이 화천 재배 과실보다 높았는데, 이는 춘천의 재배 환경이 최고 온도 등에서 화천보다 열악하여 스트레스로 인한 항산화 체계의 활성화(Kang 등, 2002)와 과실의 크기가 화천보다 작았던 희석 효과(Park, 1990)로 인한 것으로 생각된다. 재배기간중 춘천 지역의 시설 내 최고 온도는 40°C에

Table 1. Fruit characteristics between 2 paprika cultivars grown in Chuncheon and Whacheon regions.

Cultivars	Cultural Region	Respiration rate (CO ₂ ml/kg/hr)	Ethylene production rate (µg/kg/hr)	Flesh thickness (mm)	Firmness (kg)	Soluble solide (°Brix)	Vit. C (mg/100g FW)
Special	Chuncheon	24.5 c ^z	0.57 a	5.60 a	2.57 a	7.19 a	145 a
	Whacheon	27.9 bc	0.41 b	5.89 a	2.98 a	7.02 a	121 b
Fiesta	Chuncheon	32.9 a	0.47 ab	5.75 a	2.15 b	5.84 b	82 a
	Whacheon	30.9 a	0.34 bc	6.10 a	2.86 a	6.27 a	63 a

^zMean separation within columns and cultivars by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 2. Fruit characteristics between 2 paprika cultivars grown in different cultural methods; hydroponics and soil culture.

Cultivars	Cultural method	Respiration rate (CO ₂ ml/kg/hr)	Ethylene production rate (µg/kg/hr)	Flesh thickness (mm)	Firmness (kg)	Soluble solide (°Brix)	Vit. C (mg/100g FW)
Special	Hydroponic	28.7 b ^z	0.40 a	5.93 a	3.01 a	6.97 a	119 a
	Soil	46.0 a	0.36 ab	5.51 ab	2.79 ab	7.25 a	103 b
Fiesta	Hydroponic	31.3 b	0.33 b	6.10 a	2.86 a	6.29 a	65 ab
	Soil	42.3 a	0.31 b	5.43 b	2.15 b	5.83 ab	88 a

^z Mean separation within columns and cultivars by Duncan's multiple range test at 5% level.

육박하였는데, 토마토와 오이의 시설재배에서 40°C 수준의 고온처리시 비타민 C가 증가하였다는 Kang 등 (1999; 2002)의 보고와도 일치하였다. 또한 Park (1983)는 비타민 C와 당의 함량은 무의 크기가 클수록 적어지는 회색효과가 있다고 하였는데, 본 실험에서 고온 등 환경이 열악하여 춘천지역의 과실의 크기가 화천지역의 80% 수준이었다. 그러나 당도의 경우 화천과 춘천 지역별 차이가 없었는데, 춘천 재배 과실이 고온으로 광합성량이 감소하고, 호흡이 증가하여 당의 소비는 많았으나(Taiz와 Zeiger, 1998), 크기가 상대적으로 작아 회색효과가 나타나서 고온으로 인한 당의 소비 효과를 상쇄시켰던 것으로 추측된다.

과실의 크기와 과형은 두 품종 모두 춘천 재배 과실이 다소 작았으나 과형에 있어서는 차이를 보이지

않았다(Fig. 1). 이에 반해 재배 방법간에는 'Special' 품종에서 차이가 없었던 것에 반해, 'Fiesta' 품종은 토양 재배에서 과장이 매우 길어져 과형 지수가 1.3까지 증가하였다(Fig. 2). 이와 같이 품종별로 과형이 다르게 나타난 것은 품종의 특성인데, 일반적으로 황색 품종이 적색 품종보다 과실의 크기가 큰데, 재배 중 고온일 때 과장이 길어진다고 한다(Portree와 Luczynski, 2005). 이렇게 지나치게 길어진 과형은 수출에서 우수한 등급을 받기 어렵다.

과피의 색은 적색 품종인 'Special'의 경우 녹색에서 적색을 나타내는 a* 값이 높았으며 황색 품종인 'Fiesta'는 청색에서 황색을 표시하는 b* 값이 높았는데, 재배 지역별로 화천 재배 과실의 a* 와 b* 값이

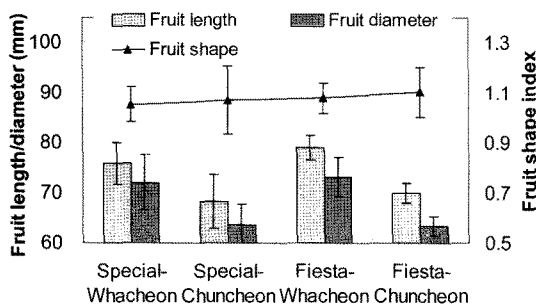


Fig. 1. Fruit length, diameter, and shape of paprika fruit grown in different region; Hwacheon and Chuncheon. Vertical bars represent ±SD(n=5).

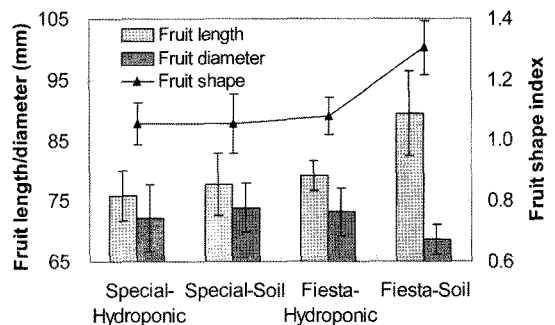


Fig. 2. Fruit length, diameter, and shape of paprika grown in different cultural methods; hydroponic and soil. Vertical bars represent ±SD(n=5).

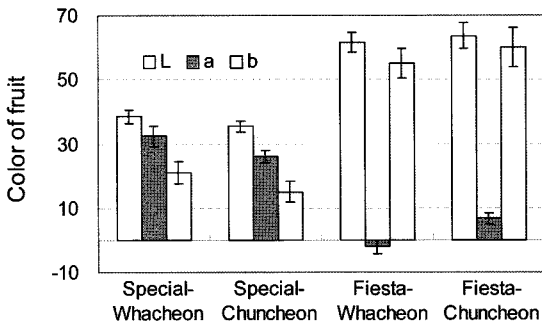


Fig. 3. Chroma value of paprika fruit grown in different region; Hwacheon and Chuncheon. Vertical bars represent \pm SD(n=5).

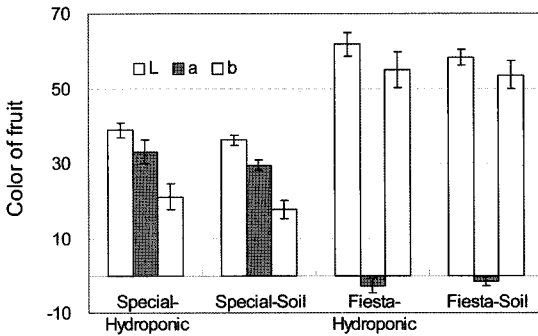


Fig. 4. Chroma value of paprika fruit grown in different cultural methods; hydroponic and soil. Vertical bars represent \pm SD(n=5).

다소 높게 나타났다(Fig. 3). 일반적으로 사과나 화훼류와 같이 착색이 중요한 원예작물의 경우 고도 높아 일교차가 큰 지역일수록 색이 선명하고 고유한 색이 나타난다고 하는데, 사과도 고도가 높아질수록 안토시아닌 함량이 증가한다고 한다(Seo, 2003), 화천이 춘천이 비해 최고 기온은 낮았으며, 고도도 400m로 75m였던 춘천에 비해 높았다. 재배 방법에 따른 과피색의 경우 수경재배 과실이 명도 L* 값과 고유색인 a*, b*에서 다소 높은 경향을 보였으나 통계적 유의성은 없었다(Fig. 4). 원예작물의 착색에 대한 토양 재배와 수경 재배에 의한 차이는 보고된 바는 없었으나 수경재배의 경우 양분의 공급이 식물의 흡수량에 비해하여 진행되어 착색이 원활하였던 것으로 생각된다. 실제로 토양재배의 경우 일부 양분 부족 시 착색이 불량해 진다고 한다(Kays, 1991).

강원도 여름 작형에서 적색과 황색 품종으로 많이 재배되는 두 품종의 과실 특성은 호흡량과 에틸렌 발

생량에 있어 큰 차이를 보이지 않았으며, 과피 두께와 경도 역시 차이에 유의성이 없었다. 이에 반해 당도와 비타민 C 함량의 경우 공히 적색인 'Special'이 높게 나타났다. 재배 지역별로는 평지였던 춘천 재배 과실이 고도 400m 이상의 준고랭지인 화천에서 재배된 과실에 비해 높은 에틸렌 발생률과 얇은 과피와 낮은 경도를 나타냈고, 비타민 C에서는 다소 높은 경향을 보였다. 재배 지역별 과실의 과형지수에서는 큰 차이를 보이지 않았으나 과피색의 경우 준고랭지인 화천 재배 과실이 보다 선명한 색을 나타내었다. 재배 방법별로는 토양 재배한 과실이 높은 호흡속도와 얇은 과피와 낮은 경도를 보였으며, 과피색에서는 차이를 보이지 않았으나, 과형지수의 경우 'Fiesta'과실에서 토양재배 시 크게 증가하였다.

재배지역과 재배방법별 과실의 수확 후 생리 양상과 품질을 비교한 결과, 고도가 높은 지역과 수경 재배한 과실이 낮은 에틸렌 발생률과 호흡 속도를 보였으며, 특히 수출용 파프리카의 등급과 수송성에 영향을 주는 과형과 과피 두께, 경도에서 우수한 결과를 보여 고위도 지역에서 수경 재배하는 것이 고온기 파프리카 생산에 유리하리라 생각된다.

적 요

'Special'과 'Fiesta' 두 품종의 파프리카를 평탄지인 춘천과 준 고랭지인 화천에서 재배한 재배 처리와 앞면 수경재배와 토양재배를 한 재배방법 처리에 따른 수확후 생리 양상과 품질을 비교하였다. 호흡속도는 두 품종 모두 토양 재배에서 높았으나 재배지역별로 차이가 없었다. 에틸렌 발생량은 두 품종 모두 춘천 지역에서 높았으나 재배방법로는 차이가 없었다. 과육 두께는 품종별 차이는 없었으나, 화천 지역과 수경재배방법에서 두꺼웠으며 이에 비례하여 경도도 차이를 보였다. 비타민 C는 적색 품종인 'Special'이 높았으며, 재배 지역별로는 춘천이 높았으나 방법별로는 일정한 경향이 없었다. 당도 역시 'Special'이 높았으나 재배지역이나 재배방법별 일정한 경향이 없었다. 과실의 크기는 춘천지역에서 작았으며, 과형은 'Fiesta'가 토양재배에서 과장이 크게 증가하였다. 과피 색은 화천지역에서 높게 나타났으며 재배 방법별 차이에는 통계적 유의성이 없었다. 이상의 결과로 고온기에 고품질 파프리카

생산과 장기 유통을 위해서는 고위도지역에서 수경재배하는 것이 유리하리라 생각된다.

주제어 : 경도, 당도, 비타민 C, 에틸렌 발생량, 호흡 속도

사 사

본 연구는 농촌진흥청 특화작목컨설팅사업의 현장에 로연구개발과제에 의해 수행되었음.

인 용 문 헌

- Abeles, F.B., P.W. Morgan, and M.S. Saltveit. 1992. Ethylene in plant biology. Academic Press, Inc. pp. 211-213.
- Cantwell, M. 1998. Bell peppers. Fresh Produce Facts website at <http://postharvest.ucdavis.edu>.
- Echeverria, G., T. Fuentes, J Graell, I. Lara, and M.L. Lopez. 2004. Arama volatile compounds of 'Fuji' apples in relation to harvest date and storage technology a comparison of two seasons. *Postharvest Bio. and Tech.* 32:29-44.
- Lim, C.S., J.M. Kim, B.S. Kim, J.L. Cho, S.M. Kang, H.J. Hwang, and C.G. An. 2005. Ethephon and temperature treatment improve the coloration of irregularly colored paprika(*capsicum annum cv.*). *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 23(suppl. 1): 70.
- Hardenberg, R.E., A.E. Watada, and C.Y. Wang. 1990. The commercial storage of fruits, vegetables and florist and nursery stocks. USDA handbook No. 66.
- Hwang, H.J., C.G. An, J.S. Sim, B.M. Chong, C.W. Rho, G.W. Song, C.S. Lim, J.M. Lim, and J.L. Cho. 2005. Comparison of storage life of several sweet pepper varieties. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 23(suppl. 1): 68 (in Korean).
- Jeong, C.S., W.H. Kang, and K.C. Yoo. 1999a. The effects of storage temperature and duration of the maturation stage sweet pepper on the production of CO₂ and C₂H₄ and the quality. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 17(suppl. 1): 649.
- Jeong, C.S., I.S. Kim, and Y.S. Lee. 1999b. The effects of storage temperature and humidity on the long-term storage of red pepper and red-sweet pepper. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 17(suppl. 1): 649 (in Korean).
- Kang, H.M and I.S. Kim, 2007a. Comparison of post-harvest physiological characteristics and quality of paprika fruit classified by cultivars or maturity. *J. Agr. Sci.* 18: 61-66. *Inst. Agr. Sci., Kangwon Nat'l. Univ* (in Korean).
- Kang, H.M. and I.S. Kim. 2007b. Effect of vitamin C treatments on the storability of baby vegetables during MA storage. *J. Bio. Env. Con.* 16:415-419 (in Korean).
- Kang, H.M. and K.W. Park. 1999. Chilling stress alleviation effect of pre-harvest heat treatment during cultivation of mature green tomato at low temperature storage. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40:647-651.
- Kang, H.M., K.W. Park., and M.E. Saltveit. 2002. Elevated growing temperatures during the day improve the postharvest chilling tolerance of greenhouse-grown cucumber (*Cucumis sativus*) fruit. *Postharvest Biology and Technology* 24:49-57.
- Kays, J.S. 1991. *Postharvest physiology of perishable plant products.* AVI Publishing, New York.
- Kim, I.S. and H.M. Kang, 2007. Comparison of productivity of paprika grown in different style of greenhouses and planting dates. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 25(suppl. 1): 72 (in Korean).
- Matsufuji, H., K. Ishikawa. O. Nunomura, M. Chino, and M. Takeda. 2007. Anti-oxidant content of different coloured sweet peppers, white, green, yellow, orange and red (*Capsicum annum L.*). *International Journal of Food Science & Technology* 42: 1482-1488.
- Portree, J. and A. Luczynski. 2005. *Growing greenhouse peppers in british columbia.* TerrnLink Horticulture Inc. Abbotsford. Canada.
- Park, K.W. 1983. Effect of fertilization, irrigation and harvesting period on the quality of vegetable crops. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 24:325-337 (in Korean).
- SAS. 1985. *SAS/STAT User's Guide,* SAS Institute, Inc., Cary, North Carolina.
- Seo, H.H. 2003. Correlation between climatic elements and fruit qualities of 'Fuji' and 'Tsugaru' apple in Korea. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 21(suppl. 1): 122.
- Yang, E.M., K.W. Park, and H.M. Kang. 2007. Comparison of storability of fresh parsley grown in different seasons in MA storage. *Journal of Bio-Environmental Control* 16:67-71 (in Korean).
- Taiz, L. and E. Zeiger. 1998. *Plant Physiology.* Sinauer Associates, Inc, Sunderland, USA.