

4배체와 2배체 포도 품종간 교배를 통해서 생성된 3배체 후대개체에서 과실특성의 변이

허재윤^{1,2}, 박성민^{2*}

¹강원대학교 농업생명과학연구원, ²강원대학교 원예학과

Variation in Fruit Characteristics of 3x Progenies Obtained from a Cross between 4x and 2x Grape Cultivars

Jae-Yun Heo^{1,2} and Sung-Min Park^{2*}

¹Agriculture and Life Sciences Research Institute, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea
²Department of Horticulture, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

*Corresponding author: parksm@kangwon.ac.kr

Abstract

This study investigated the variation in fruit characteristics between different triploid progenies derived from a cross between tetraploid and diploid grape cultivars, with the aim of developing high quality, labor-saving triploid grapes. No differences were found in fruit quality traits such as soluble solids content and titratable acidity, whereas significant variation was noted in cluster weight induced by a one-time application of GA₃ (100 ppm) on the triploid progeny of different cross combinations. The cluster weight was higher in progeny obtained from 'Kyoho' × 'Sekirei' than for offspring derived from other cross combinations; deviation in the mean cluster weight was also small for 'Kyoho' × 'Sekirei' progeny. These results suggest that specific cross combinations, such as 'Kyoho' × 'Sekirei', can be used to efficiently breed new, labor-saving seedless grape cultivars.

Additional key words: fruit quality, gibberellin, pollen fertility, seedless grape



Korean J. Hortic. Sci. Technol. 34(5):761-770, 2016
<http://dx.doi.org/10.12972/kjhst.20160080>

pISSN : 1226-8763
eISSN : 2465-8588

Received: March 24, 2016

Revised: March 25, 2016

Accepted: May 24, 2016

Copyright©2016 Korean Society for Horticultural Science.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution NonCommercial License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서 언

국내에서 생산되고 있는 포도의 90% 이상은 '캠벨얼리(Campbell Early)', '거봉(Kyoho)', '머스캣베일리에이(Muscat Bailey A)'가 차지하고 있어, 특정 기간에 과도한 물량의 포도 공급을 야기하고 있으며 이는 국산 포도가격의 안정화에 악영향을 미치고 있다. 또한 국민 소득수준의 증대와 농산물 수입개방으로 인해서 다양화 된 소비자들의 욕구도 충족시키기 어려워 국내 포도 산업의 경쟁력을 지속적으로 약화시키는 요인이 될 것으로 예상되고 있다. 따라서 국내 포도산업의 지속성장 가능한 여건을 조성하기 위해서는 소비자들에게 다양한 포도 품종들이 보급 될 수 있도록 현재 재배 농가에서 선호하고 있는 포도 품종

들의 특성을 뛰어넘는 다양한 고품질의 포도 품종을 육성해야 한다.

최근 국내에서는 감귤, 바나나 등과 같이 씨 없는 과일의 소비 경향이 부각되고 있는 추세로서, 포도에서도 일부 소비자들의 경우 맛과 향미보다는 과실이 크고 무핵인 포도를 선호하는 경향을 보이고 있다. 특히, 무핵포도는 생식용으로서 소비자의 기호도를 충족시켜 주는 효과 외에 가공용으로서의 활용도 기대할 수 있기 때문에 경제적인 관점에서도 그 가치가 매우 크다. 최근 국내에서도 무핵포도의 중요성이 증대됨에 따라서 '거봉' 같은 유핵포도 품종을 이용하여 대립계의 무핵포도를 생산하는 기술이 보급되고 있지만, 이러한 기술의 경우 일반적으로 만개기와 만개후 10-15일에 걸쳐 두 번의 생장조절제 처리를 요구하기 때문에 과도한 생산비용을 야기하는 문제점이 있다. 따라서 무핵포도가 농가에서 확대 재배 될 수 있도록 하기 위해서는 생산비를 절감할 수 있으면서 고품질의 무핵포도를 생산할 수 있는 포도 품종의 보급이 요구되고 있다.

현재까지 무핵포도 품종의 육성은 주로 위단위결과성, 이수체와 삼배체의 특성을 이용하여 이루어져 왔다(Gray et al., 1990; Heo and Park, 2015; Park et al., 2015). 이들 중 3배체 포도의 육성은 생장조절제의 1회 처리만으로도 대립계의 무핵포도 유도뿐만 아니라 그들의 양친들에 비해서 생육과 과실 품질이 우수한 개체의 육성 가능성이 높기 때문에 매우 중요한 무핵포도 육성법으로 평가되고 있다(Wakana et al., 2008; Liang et al., 2011). 하지만, '하니씨들리스(Haney Seedless)'와 '섬머블랙(Summer Black)' 등의 사례에서 볼 수 있듯이 품종화 된 많은 3배체 포도들의 경우에도 상업적으로 가치가 있는 과실을 생산하기 위해서는 두 번의 생장조절제 처리가 요구되는 것으로 보고되고 있다(Yamane et al., 1993; Ozawa et al., 2000). 따라서 생장조절제 1회 처리만으로도 고품질의 대립계 과실 생산이 가능한 3배체 포도 품종을 육성하기 위해서는 다양한 교배 조합의 선정과 그 교배 조합으로부터 획득되는 후대 개체들의 특성을 평가할 필요성이 있다. 하지만, 우수한 3배체 포도를 육성하는 것은 낮은 종자 생성 비율과 과실 특성을 검정하기까지의 많은 시간 소요로 인해서 쉽지 않기 때문에 효율적인 접근이 필요하다(Heo et al., 2007). 사과와 자두의 사례에서 볼 수 있듯이 과실의 크기와 품질과 관련된 형질들은 양적형질로서 교배조합에 따라서 그 특성이 달리 나타날 수 있음에도 불구하고(Brown and Harvey, 1971; Milosevic and Milosevic, 2011), 포도에서는 3배체 포도를 육성하는데 있어서 활용할 수 있는 교배조합에 따른 과실 특성에 대한 정보가 매우 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 대립계 4배체 품종인 '거봉(Kyoho)'을 모본으로 하여 과실의 품질이 뛰어난 2배체 품종들을 교배하였을 시 생성되는 3배체 후대개체들에서의 교배조합별 과실 특성의 변이를 검정함으로써, 우수한 과실 특성을 가진 노동력 절감형 3배체 무핵포도의 효율적인 육성가능성에 대해서 검토하고자 하였다.

재료 및 방법

식물재료

본 실험은 2005년부터 2006년까지 2년간 경기도 화성시에 위치한 포도농장에서 23계통의 3배체 포도와 대조군으로서 2개의 포도품종을 이용하여 수행하였다. 본 실험에 이용된 3배체 포도들은 4배체와 2배체간 5개의 교배조합을 통해서 획득된 계통들로서 육성경위는 Table 1에 나타낸 것과 같다. 3배체 포도의 특성 검정을 위한 대조군으로는 국내에서 관행적으로 재배되고 있는 '거봉(Kyoho)'과 '머스캣베일리에이(Muscat Bailey A)'를 활용하였다. 본 실험에 이용된 포도들은 4년생 실생개체들로 수평 코든형 수형으로 4m x 3m 간격으로 정식 된 것을 활용하였다. 각 포도의 동계전정은 모두 단초전정으로 하였고, 생육기간 동안 신초는 무전정 방식으로 하수형으로 유인하는 방식을 이용하였다. 3배체 계통들의 과실 발육은 개화 7일 전에 어깨송이를 제거하고 개화 3일 전에 송이 선단부분을 1cm 정도를 잘라낸 후 화방이 만개하였을 때 GA_3 100mg·L⁻¹을 1회 처리함으로써 유도하였다. 또한 하우스내의 관수는 점적호스를 설치하여 생육초기에는 15일 간격, 생육중기에는 10일 간격, 생육후기에는 7일 간격으로 1회에 30-50mm 정도로 하였다. 겨울철 월동을 위해서는 볏짚을 이용하여 수체를 피복하였고, 재배기간 동안의 신초정리 및 병해충관리 등은 일반적인 포도재배에 적합한 포도과원 표준관리지침에 준하여 실시하였다.

Table 1. Plant materials used for this study and their pollen germination percentages.

Cultivar/line	Cross combination (♀ × ♂)	% of pollen germination
Kyoho	Centennial × Ishiharawase	30.8
Muscat Bailey A	Muscat Hamburg × Bailey	36.1
KA20012	Kyoho × Muscat of Alexandria	0.00
KA20014	Kyoho × Muscat of Alexandria	0.00
KA20015	Kyoho × Muscat of Alexandria	0.00
KA20019	Kyoho × Muscat of Alexandria	1.10
KB0105	Kyoho × Muscat Bailey A	0.00
KB0115	Kyoho × Muscat Bailey A	0.60
KB0120	Kyoho × Muscat Bailey A	0.00
KB0122	Kyoho × Muscat Bailey A	0.90
KB0129	Kyoho × Muscat Bailey A	0.00
KN200110	Kyoho × Neo Muscat	0.00
KN20013	Kyoho × Neo Muscat	0.00
KN20014	Kyoho × Neo Muscat	0.00
KN20018	Kyoho × Neo Muscat	1.30
KS20011	Kyoho ×x Sekirei	0.00
KS20013	Kyoho × Sekirei	0.00
KS20014	Kyoho × Sekirei	0.00
KS20015	Kyoho × Sekirei	0.00
KTS011	Kyoho × Thompson seedless	0.60
KTS0110	Kyoho × Thompson seedless	0.00
KTS0111	Kyoho × Thompson seedless	0.20
KTS012	Kyoho × Thompson seedless	0.00
KTS013	Kyoho × Thompson seedless	0.00
KTS014	Kyoho × Thompson seedless	0.00

3배체 포도계통에서 화분의 임성 검정

본 연구에서는 각 3배체 계통들에 대한 무핵과 획득 가능성을 검토하기 위하여 화분임성에 대한 검정도 추가적으로 수행하였다. 각 계통의 화분 임성은 여러 개의 화방으로부터 개화 직전의 꽃봉오리를 채취하여 검정하였다. 채취된 꽃봉오리들은 인공조명 아래에서 인공적으로 개약 시켰으며, 이후 agar 0.8g·L⁻¹, sucrose 20g·L⁻¹, boric acid 10mg·L⁻¹가 함유된 인공배지를 이용하여 25°C 암조건에서 6시간 배양한 후 광학현미경(E400, Nikon, Japan)을 이용하여 조사하였다. 각 포도의 화분 임성은 1,000개의 화분 중에서 발아 한 화분을 나누어 표현하였으며 각 포도 당 3반복으로 조사하였다.

3배체 포도계통에서 과실의 특성 검정

각 포도 계통이 가진 과실 특성은 계통별로 과피 고유의 색이 발현되고 과분이 잘 발생된 시기에 수확된 과방에서의 과실을 이용하여 검정하였다. 포도에서 성장조절제에 대한 반응성은 수세에 따라서 차이가 나타날 수 있기 때문에, 각 계통별로 수세가 적당하게 강한 나무에서 선정된 과실이 실험에 이용될 수 있도록 주의하였다. 수확한 과실은 과방과 과립의 무게, 착립수, 과실의 적정 산도와 가용성 고형물 함량, 유리당과 유기산 함량을 조사하는데 이용되었다. 과방중와 착립 수는 10과방에서 측정된 평균값으로, 과립의 무게는 10개의 과방에서 측정된 무게에 착립 수를 나눈 값으로 나타내었다. 과실의 적정산도는 시료의 과육부를 마쇄하여 얻은 착즙액 5mL을 취한 후 5배로 희석하여, 이 희석액을 0.1N NaOH로 pH 8.2까지 적정하여 소비된 양을 주석산(tartaric acid)으로 환산하여 나타내었다. 가용성 고형물 함량은 적정산도를 측정하기 위해서 착즙한 시료를 활용하

여 휴대용 디지털 굴절 당도계(PR-101, Atago Co., USA)로 측정하였다. 적정산도와 가용성 고형물 함량은 각 포도 당 5반복으로 측정하였다. 각 포도 과실의 유리당과 유기산함량은 20g의 과육에서 착즙한 액을 이용하여 High-Performance Liquid Chromatography(1100, Agilent, USA)에서 분석하였다. 유리당은 Refractive Index Detector(RID-10A, Shimadzu, Japan)와 Sugar-pak column(6.5 × 300mm, Alltech Inc., USA)을, 유기산은 Variable Wavelength Detector와 Zorbax SB-Aq column(4.6 × 250mm, Agilent, USA)을 활용하여 분석하였으며, 각 계통 당 3반복으로 측정을 수행하였다. 과실의 특성과 관련된 모든 형질들은 재배 환경의 차이에 의해서 나타날 수 있는 변이를 고려하여 2년간 측정된 결과치를 활용하였다.

통계처리

교배 조합별 과실의 특성을 비교 하기 위한 유의성 검정은 SPSS 프로그램(Ver. 21, IBM, USA)에서 제공되는 분산분석(ANOVA) 및 다중범위검정(Duncan's multiple range test)을 사용하여 5% 수준에서 유의성을 검증하였다. 또한 각 형질들 간의 상관계수는 pearson 상관계수 분석을 통하여 추정하였고, 각 형질들 사이에서의 조사년차에 따른 변이는 paired t-test를 통하여 검증하였다.

결과 및 고찰

3배체 포도계통에서 화분의 임성 검정

3배체 계통들과 대조구로 사용된 품종의 화분 임성은 Table 1에 나타난 것과 같다. 본 실험을 위해서 이용된 4배체 품종인 '거봉(Kyoho)'과 2배체 품종인 '머스캣베일리에이(Muscat Bailey A)'에서의 화분 임성은 각각 30.8%와 36.1%로 비교적 높은 임성을 가지고 있는 것으로 조사되었다. 반면 본 실험에 이용된 대부분의 3배체 계통에서의 화분발아율 0%였으며, 화분 발아율이 가장 높은 계통의 경우에도 1.3%에 불과한 것으로 나타났다. '거봉(Kyoho)'과 '머스캣오브알렉산드리아(Muscat of Alexandria)'의 교배로부터 얻어진 계통에서의 평균 화분임성은 0.27%이었지만 하나의 계통에서만 1.1%의 발아율을 보인 것 외에 나머지 3계통에서는 1,000개의 화분립 중 발아하는 화분이 없는 것으로 조사되었다. '거봉(Kyoho)'과 '네오머스캣(Neo Muscat)'과의 교배로부터 얻어진 4계통에서도 유사한 양상을 보여 세 개의 계통에서는 화분립의 발아가 전혀 없었던 반면, 하나의 계통에서 1.3%의 발아율을 보여 교배조합에서의 평균 화분 임성이 다소 높아지게 되는 것으로 조사되었다. '거봉(Kyoho)'과 '머스캣베일리에이(Muscat Bailey A)'의 교배로부터 얻어진 5계통에서의 평균 화분 임성도 상기의 교배조합들과 유사하게 0.3%로 나타났지만, 두 개의 계통에서만 화분 임성이 있는 것으로 나타났을 뿐 나머지 계통에서는 화분 임성이 없는 것으로 나타났다. '거봉(Kyoho)'과 '톰슨시들리스(Thompson Seedless)'의 교배로부터 얻어진 5계통에서의 평균 임성은 0.13%로 다른 교배조합에 비해서 상대적으로 낮았으며, '거봉(Kyoho)'과 '적령(Sekirei)'과의 교배로부터 얻어진 3배체 후대계통들에서는 화분 임성이 있는 계통이 나타나지 않는 것으로 조사되었다. 화분의 임성을 검정한 결과 대부분의 3배체 후대계통들의 경우에는 화분 임성이 전혀 없는 경우가 많았으며, 화분의 발아가 이루어진다 하더라도 매우 낮은 비율로 나타나는 것으로 관찰되었다. 또한, 화분 임성이 과도하게 높게 나타나는 교배 조합도 없는 것으로 나타났다. 따라서 본 실험에 이용된 교배 조합에서 생성된 3배체 후대 계통들의 경우 완전 무핵 포도의 생산 가능성이 큰 것으로 판단되었다.

3배체 포도계통의 과실 특성 검정

GA₃가 처리되지 않은 포도에서 관찰된 2년간 교배조합별 평균 과방중과 과립중은 83.24-94.48g과 2.11-2.45g의 범위에 분포하여, 크기의 측면에서는 교배조합에 상관없이 상품성이 높은 과실을 생산하지 못하는 것으로 나타났다(Table 2). 이러한 결과는 3배체 포도들의 경우 수정이 일어나지 않게 되더라도 위단위결과성에 의해서 착립되는 특성이 있지만, 생장조절제의 처

리 없이 상품성이 높은 과실을 생산하기 어렵다는 기존의 보고와 동일한 것이었다. 본 실험에 이용된 모든 3배체 계통들은 한번의 GA₃의 처리만으로도 과실비대가 이루어졌으며 완전 무핵과를 생산하는 것으로 나타났다(data unpublished). 다섯 개의 교배 조합에서 만들어진 3배체 계통에서 2년간 평균 착과 수는 64.73–88.54개, 평균 과방중은 342.45–491.72g, 평균 과립중은 4.88–7.09g 사이에 분포하는 것으로 나타났다(Table 2). 착과수의 경우 조사 시기에 상관없이 비교적 일정하게 유지 되었지만, 과립과 과방의 무게는 2005년에 비해 2006년에 유의하게 증가하였으며 이는 5년생 나무에서 안정적인 과실비대가 진행되었기 때문으로 생각되었다. GA₃가 처리 된 이후 과실은 무처리구에 비해서 큰 폭으로 비대하였지만, 비대 정도는 교배조합에서 따라서 달랐다. 전체교배 조합 중 ‘거봉(Kyoho)’과 ‘적령(Sekirei)’의 교배로부터 생성된 3배체 계통들에서의 평균 과방중과 과립중은 490g과 7g에 육박하여 다른 교배 조합들에 비해서 유의적으로 컸다. 또한, 계통간의 편차도 크지 않아 GA₃의 1회 처리만으로도 대립계 과실을 생산 할 수 있는 포도들이 많이 형성 된 것으로 나타났다. ‘거봉(Kyoho)’과 ‘툼슨시들리스(Thompson Seedless)’의 교배 조합에서 파생된 후대 계통들도 GA₃에 대한 반응성이 우수하여 과중은 비교적 컸지만, 착립이 많아져 소립과를 생산하게 되는 것으로 관찰되었다. 반면, ‘머스캣베일리에이(Muscat Bailey A)’와 ‘머스캣오브알렉산드리아(Muscat of Alexandria)’의 교배로 생성된 계통들은 GA₃의 1회 처리로는 과방중과 과립중의 측면에 있어 상품성이 높은 과실을 생산하기 어려운 것으로 나타났다. 포도에서 GA₃처리 시 과육이 발달하게 되는 주요한 원인은 IAA의 합성과 아미라제 활성 증진에 있으며, 이들을 조절하는 품종별 고유 능력에 따라서 과실의 비대 효과가 달리 나타날 수 있다고 보고된 바가 있다(Ben-Tal, 1990; Kim and Chung, 2000; Ma, 2007). 이러한 보고들은 본 연구에 이용된 일부의 교배조합으로부터 파생된 계통들이 GA₃ 처리 시 과실 비대에 있어서 유리한 내생호르몬 또는 효소의 반응성을 가지는 유전적 특성을 보유할 수 있다는 것을 시사하는 것으로 사료되었다. 본 연구의 결과를 볼 때 과실의 크기 측면에서 상품성이 높은 3배체 계통의 육성 효율은 거봉을 모본으로 사용하였을 경우 적령을 부분으로 사용하게 되면 높아질 수 있을 것으로 판단되었다. 하지만, 이러한 교배 조합에서 과실 비대가 용이한 계통이 많이 형성되는 보다 자세한 이유를 밝혀내기 위해서는 차후 과실 과육과 관련된 호르몬 또는 효소 등에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

Table 2. Cluster weight, number of fruits and fruit weights in non-GA₃ or GA₃-treated berries of triploid hybrid grapes derived from five cross combinations.

Cross combination ^z	Range	Mean ^y	Cross combination	Range	Mean
Cluster weight (g)			Cluster weight (g) - GA ₃ treatment		
K × MA	88.96 – 98.48	91.61 ab	K × MA	333.34 – 456.12	397.41 bc
K × MBA	81.38 – 103.01	94.03 a	K × MBA	276.45 – 458.28	342.45 c
K × NM	79.99 – 121.17	93.46 ab	K × NM	296.28 – 466.03	372.48 c
K × S	93.38 – 95.64	94.48 a	K × S	461.30 – 524.08	491.72 a
K × TS	74.63 – 94.91	83.24 b	K × TS	392.76 – 456.31	429.70 b
No. of fruits			No. of fruits - GA ₃ treatment		
K × MA	39.99 – 44.23	41.07 a	K × MA	67.15 – 73.76	71.38 b
K × MBA	35.55 – 42.16	38.42 ab	K × MBA	58.39 – 72.95	64.73 b
K × NM	33.73 – 41.67	36.98 b	K × NM	53.41 – 83.13	66.51 b
K × S	39.40 – 43.33	41.53 a	K × S	65.17 – 74.13	69.81 b
K × TS	35.86 – 42.92	39.56 ab	K × TS	83.05 – 93.85	88.54 a
Fruit weight (g)			Fruit weight (g) - GA ₃ treatment		
K × MA	2.07 – 2.46	2.24 ab	K × MA	4.97 – 6.33	5.57 b
K × MBA	2.29 – 2.76	2.45 a	K × MBA	4.55 – 6.30	5.27 bc
K × NM	2.13 – 2.92	2.52 a	K × NM	4.95 – 6.71	5.60 b
K × S	2.16 – 2.37	2.28 ab	K × S	6.23 – 8.06	7.09 a
K × TS	1.97 – 2.22	2.11 b	K × TS	4.24 – 5.35	4.88 c

^zK, Kyoho; MA, Muscat of Alexandria; MBA, Muscat Bailey A; NM, Neo Muscat; S, Sekirei; TS, Thompson Seedless.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$).

3배체 계통들에서 조사된 교배조합별 가용성 고형물 함량은 19.45–20.32° Bx, 적정 산도는 0.53–0.57, 당산비는 34.38–38.77의 범위에서 나타났다(Table 3). 3배체 계통들에서 가용성 고형물 함량은 수령에 따른 유의적인 차이는 없었지만(Table 4), 전반적으로 5년생 계통들에서 측정된 가용성 고형물 함량은 다소 저하된 반면 적정 산도는 평균적으로 상승한 것으로 나타났다. 소비자들이 과일을 구매하는데 있어서 가장 중요하게 고려하는 것은 식미로써, 이는 주로 가용성 고형물 함량과 적정 산도의 함량에 의해서 결정되고 있다(Lászlo and Saayman, 1990; Muñoz-Robredo et al., 2011). 전통적으로 높은 가용성 고형물 함량은 체리, 키위프루트 및 복숭아 등에 있어서 소비자의 구매 욕구를 증진 시키는데 도움이 되는 것으로 알려져 있다(Robertson et al., 1988; Gorini and Lasorella, 1990; Sonogo et al., 2002; Crisosto et al., 2003). 본 실험에 이용된 3배체 계통들에서의 가용성 고형물 함량은 교배조합에 상관없이 국내에서 관행적으로 재배되고 있는 주요 포도 품종들에 비해서 높게 형성되는 것으로 나타났다(Table 5). 하지만, 포도에서의 종합식미는 단맛을 지배하는 가용성 고형물 함량이 산함량에 따라서 영향을 받기 때문에(Colaric, 2005), 포도에서 소비자 선호도를 예측하기 위해서는 당산비도 추가적으로 고려할 필요성이 있다

Table 3. Fruit quality characteristics in GA₃-treated berries of triploid hybrid grapes derived from five cross combinations.

Cross combination ^z	Range	Mean ^y	Cross combination	Range	Mean
SSC (°Bx)			Total sugar content (g·L ⁻¹)		
K × MA	18.44 – 20.67	19.59 a	K × MA	183.94 – 223.97	202.64 a
K × MBA	18.30 – 20.12	19.45 a	K × MBA	177.86 – 205.64	194.18 a
K × NM	18.69 – 20.32	19.72 a	K × NM	183.63 – 204.12	197.72 a
K × S	18.84 – 20.38	19.78 a	K × S	175.06 – 215.75	200.29 a
K × TS	18.32 – 22.63	20.32 a	K × TS	176.15 – 233.77	207.84 a
TA (%)			Tartaric acid (g·L ⁻¹)		
K × MA	0.50 – 0.60	0.56 a	K × MA	3.47 – 4.49	4.08 a
K × MBA	0.49 – 0.61	0.57 a	K × MBA	4.01 – 4.69	4.28 a
K × NM	0.49 – 0.57	0.53 a	K × NM	3.65 – 4.76	4.38 a
K × S	0.52 – 0.60	0.56 a	K × S	3.36 – 4.87	3.92 a
K × TS	0.50 – 0.57	0.53 a	K × TS	3.03 – 4.91	3.96 a
SSC/TA (ratio)			Malic acid (g·L ⁻¹)		
K × MA	30.85 – 39.04	35.10 ab	K × MA	2.87 – 3.12	2.98 ab
K × MBA	29.91 – 40.65	34.38 b	K × MBA	3.13 – 3.76	3.48 a
K × NM	35.60 – 39.89	37.73 ab	K × NM	3.03 – 3.79	3.44 a
K × S	33.20 – 37.35	35.22 ab	K × S	2.49 – 3.38	3.09 ab
K × TS	32.13 – 42.86	38.77 a	K × TS	1.71 – 3.84	2.93 b
Glucose content (g·L ⁻¹)			Total organic acid (g·L ⁻¹)		
K × MA	90.72 – 107.95	97.11 a	K × MA	6.34 – 7.62	7.06 a
K × MBA	87.91 – 98.94	94.11 a	K × MBA	7.20 – 8.46	7.75 a
K × NM	89.06 – 97.31	94.78 a	K × NM	6.89 – 8.19	7.81 a
K × S	85.90 – 101.92	96.68 a	K × S	5.86 – 8.16	7.00 a
K × TS	83.590 – 109.40	98.84 a	K × TS	4.75 – 8.75	6.89 a
Fructose content (g·L ⁻¹)			β ratio ^x		
K × MA	93.23 – 107.45	105.53 a	K × MA	1.21 – 1.53	1.37 a
K × MBA	89.95 – 108.02	100.08 a	K × MBA	1.15 – 1.30	1.23 a
K × NM	94.57 – 107.55	102.93 a	K × NM	1.12 – 1.55	1.29 a
K × S	89.15 – 113.82	103.62 a	K × S	1.07 – 1.48	1.27 a
K × TS	92.55 – 113.12	109.01 a	K × TS	1.14 – 1.79	1.39 a

^zK, Kyoho; MA, Muscat of Alexandria; MBA, Muscat Bailey A; NM, Neo Muscat; S, Sekirei; TS, Thompson Seedless.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$).

^xβ ratio was estimated as malic acid/tartaric acid.

(Crisosto and Crisosto, 2002). 본 실험에서 조사된 3배체 계통들에서의 당산비도 가용성 고형물 함량과 마찬가지로 관행적으로 재배되고 있는 포도들에 비해서 높게 나타나 시장에서 높은 경쟁력을 확보할 수 잠재력을 지니고 있는 것으로 판단되었다. 평균 가용성 고형물 함량과 당산비를 교배조합별로 살펴볼 때 ‘거봉(Kyoho)’과 ‘톰슨시들리스(Thompson Seedless)’ 교배 조합이 가장 높은 값을 보였지만, 다른 교배 조합들과 비교 시 교배조합별로 유의미한 차이가 나타나지는 않았다. 하지만, 가용성 고형물 함량과 관련하여 흥미로운 결과는 3배체 후대계통의 경우 다른 배수성을 가진 교배 부분과 모본에 비해서 높은 가용성 고형물 함량을 가진 후대 계통들의 획득 가능성이 높아 보인다는 점이었다. 비록 본 실험에서는 ‘거봉(Kyoho)’과 ‘머스캣베일리에이(Muscat Bailey A)’의 교배조합을 통해서만 직접적으로 모본과 부분과의 가용성 고형물 함량의 비교가 가능하여 초우성 현상이 나타나는 것을 확인 할 수 있었지만, 여타 교배조합에서 생성된 후대개체들도 본 실험의 공통 모본인 ‘거봉’에 비해서 높은 가용성 고형물 함량을 가지게 된 것으로 나타나 이러한 유추를 가능하게 하였다.

3배체 계통의 성숙과에서 유리당과 유기산 조성을 검정한 결과는 Table 3에 나타난 것과 같다. 본 실험 결과 자당(sucrose)은 검출되지 않았으며 포도당(glucose)과 과당(fructose)의 함량은 계통에 따라서 다소간의 차이가 있어 0.91~0.94 비율로서 주요당을 형성하고 있는 나타났다. Shiraishi(2000)는 축적되는 당의 종류에 따라서 환원당 축적형과 비환원당 축적형으로 구분할 수 있고 과당과 포도당이 주요 당으로 존재할 때 환원당 축적형 품종이라고 정의한 바 있다. 즉 본 실험에서 이용된 교배조합에서 나오게 되는 계통들은 모두 환원당 축적형임을 확인 할 수 있었다. 유리당 함량의 경우 수령의 차이에 따른 차이가 관찰되지 않았는데(Table 4), 이러한 결과는 유럽종 포도 품종과 유럽종과 미국종간 교배를 통해서 육성된 98개의 포도 품종에서 유리당을 검정한 결과 대부분의 품종에서 자당이 측정되지 않았으며 온도와 습도 같은 환경적 요인에 큰 영향을 받지 않았다는 연구결과와 유사한 것이었다(Liu et al., 2006). 상관관계 분석결과 총 유리당 함량뿐만 아니라 과당과 포도당의 함량은 가용성 고형물 함량과 매우 높은 수준의 상관관계를 보이는 것으로 나타났는데(Table 5), 이에 따라서 교배 조합별 차이가 없었던 가용성 고형물 함량의 사례와 마찬가지로 유리당 함량에서도 교배조합별 차이가 관찰되지 않는 것으로 조사되었다. 하지만, 가용성 고형물 함량과 마찬가지로 모든 3배체 후대개체들에서 모본인 ‘거봉(Kyoho)’에 비해서 높은 총 유리당 함량을 보이는 것으로 나

Table 4. Paired samples t-test for comparing fruit characteristics of grapes harvested between 2005 and 2006.

Variable	Mean of difference for 2 years	Standard deviation	Standard error	t-value	Significance ^z
Cluster weight (non-GA ₃ treated)	- 4.00	7.08	1.48	- 2.71	*
No. of fruits (non-GA ₃ treated)	- 0.41	3.05	0.63	- 0.64	NS
Fruit weight (non-GA ₃ treated)	- 0.07	0.11	0.02	- 3.18	**
Cluster weight	- 16.43	22.21	4.63	- 3.55	**
No. of fruits	0.39	7.31	1.53	0.25	NS
Fruit weight	- 0.28	0.48	0.10	- 2.80	*
Soluble solids content	0.02	0.62	0.13	0.16	NS
Titrateable acidity	- 0.01	0.05	0.01	- 1.38	NS
SSC/TA	1.11	3.33	0.70	1.60	NS
Glucose content	2.18	6.78	1.41	1.54	NS
Fructose content	2.50	6.39	1.33	1.87	NS
Total sugar content	4.67	10.62	2.21	2.11	NS
Tartaric acid	- 0.05	0.17	0.04	- 1.46	NS
Malic acid	0.00	0.35	0.07	0.02	NS
Total organic acid	- 0.05	0.42	0.09	- 0.60	NS
β ratio ^y	0.00	0.17	0.04	0.10	NS

^z*denotes significant difference at $p=0.05$, ** denotes significant difference at $p=0.01$, and NS denotes no significant difference.

^y β ratio was estimated as malic acid/tartaric acid.

Table 5. Pearson correlations among fruit quality traits of grapes used in this study.

Variable	CWN	NFN	FWN	CW	NF	FW	SSC	TA	SSC/TA	GC	FC	TSC	TTA	MA	TOA	BR
CWN	1															
NFN	<u>0.500²</u>	1														
FWN	<u>0.737</u>	-0.211	1													
CW	0.462	-0.349	0.122	1												
NF	0.139	0.110	-0.271	<u>0.527</u>	1											
FW	<u>0.577</u>	0.335	0.325	<u>0.614</u>	-0.337	1										
SSC	-0.078	0.000	-0.265	0.019	0.261	-0.171	1									
TA	0.014	0.167	0.170	-0.044	-0.218	0.156	-0.309	1								
SSC/TA	-0.045	-0.140	-0.273	0.046	0.298	-0.210	<u>0.612</u>	<u>-0.932</u>	1							
GC	-0.119	0.100	-0.228	-0.065	0.200	-0.211	<u>0.851</u>	-0.201	<u>0.479</u>	1						
FC	-0.064	0.120	-0.302	0.023	0.243	-0.159	<u>0.853</u>	-0.299	<u>0.550</u>	<u>0.850</u>	1					
TSC	-0.091	0.116	-0.282	-0.016	0.233	-0.189	<u>0.886</u>	-0.266	<u>0.539</u>	<u>0.951</u>	<u>0.971</u>	1				
TTA	0.074	-0.030	-0.208	-0.070	-0.054	-0.059	<u>-0.393</u>	0.199	-0.303	-0.361	<u>-0.405</u>	<u>-0.401</u>	1			
MA	0.194	-0.070	0.336	-0.122	-0.280	0.092	<u>-0.397</u>	0.340	<u>-0.432</u>	<u>-0.389</u>	<u>-0.437</u>	<u>-0.432</u>	<u>0.659</u>	1		
TOA	0.150	-0.053	0.343	-0.107	-0.190	0.023	<u>-0.434</u>	0.302	<u>-0.408</u>	<u>-0.412</u>	<u>-0.463</u>	<u>-0.458</u>	<u>0.900</u>	<u>0.921</u>	1	
βR	-0.237	-0.026	-0.354	0.048	0.315	-0.218	0.249	-0.197	0.277	0.246	0.259	0.263	-0.031	<u>-0.744</u>	<u>-0.448</u>	1

²Underlined values are different from 0 with a significance level alpha = 0.05. CWN, cluster weight in non-GA₃ treated fruit; NFN, no. of fruits in non-GA₃-treated fruit; FWN, fruit weight in non-GA₃-treated fruit; CW, cluster weight; NF, no. of fruits; FW, fruit weight; SSC, soluble solids content; TA, titratable acid; SSC/TA, ratio of total soluble solids to titratable acid; GC, glucose content; FC, fructose content; TSC, total sugar content; TTA, tartaric acid; MA, malic acid; TOC, total organic acid; βR, β ratio (malic/tartaric acid).

Table 6. Fruit characteristics of grape cultivars 'Kyoho' and 'Muscat Bailey A'. Values are means (± standard errors) recorded over two consecutive years.

Cultivar	Cluster weight (g)	No. of fruits	Berry weight (g)	Soluble solids content (°Bx)	Titratable acid (%)	SST/TA ratio	Glucose (g·L ⁻¹)	Fructose (g·L ⁻¹)	Total sugar content	Tartaric acid (g·L ⁻¹)	Malic acid (g·L ⁻¹)	Total organic acid (g·L ⁻¹)	² β ratio ²
Kyoho	457.48±3.66	54.85±2.58	8.34±0.49	15.90±0.45	0.60±0.02	26.50±1.19	86.24±2.81	89.36±3.13	175.60±5.64	4.24±0.26	3.33±0.15	7.57±0.37	1.27±0.06
Muscat Bailey A	335.51±2.79	87.15±3.14	3.85±0.17	16.70±0.23	0.65±0.02	25.69±1.40	91.90±1.95	92.17±2.62	184.07±4.07	4.56±0.29	3.73±0.13	8.29±0.44	1.22±0.07

²β ratio was estimated as malic acid/tartaric acid.

타났다. Liang et al.(2011)는 4배체 '거봉(Kyoho)'과 2배체 '머스캣함부르크(Muscat Hamburg)'와의 교배로부터 생성된 2배체, 3배체, 4배체 후대 계통들을 이용하여 유리당 함량의 유전력을 검정한 결과, 후대개체들에서의 유리당 함량은 배수성에 상관 없이 모본과 부분보다 높았으며 배수성이 높아질수록 그 함량이 더욱 증대 되었다고 보고한 바 있다. 이러한 연구결과는 유리당 함량은 초우성적 유전적 양상을 띠며 유리당 함량과 관련 된 각 유전자들은 배수성화와 함께 상가적으로 작용하여 누적효과를 보이게 되는 것으로 판단되었다. 높은 유리당 함량을 가진 과실이 높은 가용성 고형물 함량을 가질 가능성이 크다는 것을 고려하여 볼 때, 3배체 후대 개체들의 경우 교배 조합에 상관없이 당도와 관련된 형질에 있어서 상승효과를 얻음으로써 모본이나 부분에 비해서 높은 수준의 과실 품질을 보이게 될 가능성이 큰 것으로 판단되었다. 이외에도 본 교배조합에서 생성된 포도들의 대부분은 과당을 주요당으로 가지고 있는 것을 확인할 수 있었다. 포도에서 감미로운 맛을 내는 대표적인 당은 과당으로서 성숙기에 포도당보다 과당 함량이 높은 계통의 식미가 우수하기 때문에(Lavee and Nir, 1969), 과당 함량이 높은 품종은 수확기를 앞당길 수 있는 장점이 있다. 따라서 본 교배조합들을 통해서 생성된 3배체 후대 계통들은 재배적으로 출하시기를 조절

하는데 있어 일정부분 유리한 점이 있을 것으로 생각되었다.

유기산 함량은 유리당 함량과 달리 환경적 요인에 크게 영향을 받기 때문에 함량의 차이가 조사 연차에 따라서 크게 달라질 수 있다고 보고된 바 있지만(Liu et al., 2006), 본 실험에서는 그 차이가 유의적으로 나타나지 않았다(Table 4). 이러한 원인은 외부환경에 영향을 크게 받지 않는 비가림 재배 환경에서 재배가 이루어졌기 때문으로 판단되었다. Soyer et al.(2003)은 성숙기에 포도의 유기산 조성은 주석산(Tartaric acid)의 비율이 가장 높고 사과산(Malic acid)은 상대적으로 적으며 구연산(Citric acid)도 미량 존재한다고 하였다. 본 실험에서는 모든 계통에서 구연산이 측정되지 않았는데, 이는 유기산을 검출하는 방법 또는 계통의 특성에 의해서 발생한 것으로 사료되었다. 총 유기산 함량은 ‘거봉(Kyoho)’과 ‘네오머스캣(Neo Muscat)’ 교배조합에서 $7.81\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 로 가장 높게 나타났지만, ANOVA 결과에서는 다른 교배조합과 비교 시 통계적인 유의성을 가지지 못하는 것으로 나타났다. 주석산과 사과산의 경우에도 교배조합별로 평균의 차이는 나타났지만, 통계적인 유의성은 없는 것으로 나타났다. Kliewer et al.(1967)은 포도에서 사과산과 주석산의 비율을 기준으로 β ratio 라는 것을 착안하여 비율에 따라서 4개의 그룹으로 나누어 표현한 바 있으며, 이는 유기산 함량을 통해 개별 품종의 유전적 특성을 분류하는 데 있어 중요한 지표로 활용되고 있다(Kanellis and Roubelakis-Angelakis, 1993; Shiraishi, 1995). 본 실험에 이용된 포도 교배 조합에서 파생된 후대개체의 β ratio는 1.23–1.39 범위에 속하여 분류상 모두 2그룹[moderately-high malate(1.21 to 1.75)]에 속하는 것으로 확인되었으며 교배조합 간 최대격차 값도 0.16에 불과하였다. Amerine et al.(1979)은 포도속 식물에서 β ratio는 0.75–6.1에 분포하였으며, Kliewer et al.(1967)도 *Vitis vinifera*에 한정하여 보더라도 0.6–3.4에 분포하여 유기산의 조성에 있어서 변이의 정도가 매우 크다고 보고한 바 있다. 통계적인 분석과 기존 문헌의 결과들을 고려하였을 때 본 연구에 이용된 교배조합들에서 생성된 후대개체들 사이에서 나타난 유기산의 변이 정도는 미약한 것으로 판단되었다. 전반적으로 과실의 크기와 달리 과실의 품질과 밀접한 연관성이 있는 형질들의 경우 본 교배조합 사이에서는 변이가 발생되지 않는 것으로 판단되었다.

본 연구결과 ‘거봉(Kyoho)’과 ‘적령(Sekirei)’의 교배 조합에서 생성된 3배체 계통들의 경우, GA_3 1회 처리만으로도 다른 교배조합들에서 생성된 3배체 후대 계통들에 비해서 과중이 유의적으로 큰 과방을 형성할 뿐만 아니라 적당한 착과수를 가진 대립계 과실을 안정적으로 생성하게 되는 것으로 확인되었다. 또한, 이들 계통들에서 조사된 과실의 품질은 다른 교배조합들에서 생성된 후대계통들과 비교 시 차이가 없었다. 상기의 결과를 종합하여 볼 때, ‘거봉(Kyoho)’과 ‘적령(Sekirei)’ 간의 교배조합은 고품질을 가진 노동력 절감형 대립계 무핵포도를 육성하는데 있어서 효율적으로 이용될 수 있을 것으로 기대되었다. 이외에도 본 실험 결과 일부 후대계통의 경우 교배조합에 상관없이 매우 우수한 과실특성과 GA_3 반응성을 가지고 있는 것으로 검정되었다. 따라서 이러한 계통들의 품종화는 차후 국내 포도 품종에 있어서 구성의 다변화와 무핵포도 재배면적을 확대하는데 기여할 수 있을 것이다.

초 록

본 연구는 고품질을 가진 노동절감형 3배체 포도의 효율적인 육성 가능성을 검토하기 위해서, 4배체와 2배체의 교배를 통해서 얻어진 3배체 포도계통들에서 과실 특성의 변이를 교배조합별로 검정하였다. 비록 가용성 고형물 함량과 적정산도와 같은 과실의 품질과 관련된 형질들은 교배조합들 사이에서 유의미한 차이가 관찰되지 않았지만, GA_3 1회 처리에 따른 과실의 비대 정도는 교배조합에 따른 변이가 크게 나타났다. 특히, ‘거봉’과 ‘적령’의 교배 조합에서 생성된 3배체 후대계통에서의 평균 과방중은 491g 으로써 다른 교배조합에서 생성된 후대계통들에 비해서 유의적으로 컸으며, 동일한 교배조합 내의 계통간에서의 차이도 크지 않았다. 이러한 연구결과는 ‘거봉’과 ‘적령’ 같은 특정한 교배 조합이 고품질을 가진 노동력 절감형 대립계 무핵포도를 육성하는데 있어서 효율적으로 이용될 수 있음을 시사하고 있다.

추가주요어: 과실품질, 지벨렐린, 화분임성, 무핵포도

Literature Cited

- Amerine MA, Berg HW, Cruess WV (1979) The composition of grapes. *In* The Technology of Wine Making, Ed 4, The AVI Publishing Company, CT, USA, pp 77-139
- Ben-Tal Y (1990) Effect of gibberellin treatments on ripening and berry drop from Thompson Seedless grapes. *Am J Enol Viticul* 41:142-146
- Brown AG, Harvey DM (1971) Nature and inheritance of sweetness and acidity in cultivated apple. *Euphytica* 20:68-80
- Crisosto CH, Crisosto GM (2002) Understanding American and Chinese consumer acceptance of 'Redglobe' table grapes. *Postharvest Biol Technol* 24:155-162
- Crisosto CH, Crisosto GM, Metheney P (2003) Consumer acceptance of 'Brooks' and 'Bing' cherries is mainly dependent on fruit SSC and visual color. *Postharvest Biol Technol* 28:159-167
- Gorini F, Lasorella M (1990) Sensory and objective evaluation of kiwifruit. *Acta Hort* 282:309-314
- Gray DJ, Mortensen JA, Benton CM, Durham RE, Moore GA (1990) Ovule culture to obtain progeny from hybrid seedless bunch grapes. *J Am Soc Hortic Sci* 115:1019-1024
- Heo JY, Park KS, Yun HK, Park SM (2007) Degree of abortion and germination percentage in seeds derived from interploidy crosses between diploid and tetraploid grape cultivars. *Hortic Environ Biotechnol* 48:115-121
- Heo JY, Park SM (2015) Breeding of a new triploid seedless table grape cultivar 'Paradise'. *J Am Pomol Soc* 69:170-172
- Hrazdina G, Parsons GF, Mattick LR (1984) Physiological and biochemical events during development and maturation of grape berries. *Am J Enol Viticul* 35:220-227
- Kanellis AK, Roubelakis-Angelakis KA (1993) Grape. *In* GB Seymour, JE Taylor, GA Tucker, eds, *Biochemistry of fruit ripening*, Chapman & Hall, London, UK, pp 189-220. doi:10.1007/978-94-011-1584-1_6
- Kim WS, Chung SJ (2000) Effect of GA₃, ethephon, girdling and wiring treatment on the berry enlargement and maturity of 'Himrod' Grape. *J Kor Soc Hort Sci* 41:75-77
- Kliewer WM, Howarth L, Omori M (1967) Concentrations of tartaric acid and malic acids and their salts in *Vitis vinifera* grapes. *Am J Enol Viticul* 18:42-54
- Lasaszloo JC, Saayman D (1990) Optimum harvesting stage for Sultanina as table grape. *Decid Fruit Grow* 40:101-105
- Lavee S, Nir G (1986) Grape. *In* SP Monselise, ed, *Handbook of fruit set and development*, CRC Press, FL, USA, pp 167-183
- Liang ZC, Sang M, Ma AH, Zhao SJ, Zhong GY, Li SH (2011) Inheritance of sugar and acid contents in the ripe berries of a tetraploid diploid grape cross population. *Euphytica* 182:251-259. doi:10.1007/s10681-011-0487-x
- Liu HF, Wu BH, Fan PG, Li SH, Li LS (2006) Sugar and acid concentration in 98 grape cultivars analysed by principal component analysis. *J Soc Food Agric* 86:1526-1536. doi:10.1002/jsfa.2541
- Ma HY (2007) Changes of endogenous hormones in grapevine during its development. MSc thesis, Northwest Science & Technology University of Agriculture and Forestry, Yangling, China
- Milosevic T, Milosevic N (2011) Quantitative analysis of the main biological and fruit quality traits of F1 plum genotypes (*Prunus domestica* L.). *Acta Sci Pol Hortorum Cultus* 10:95-107
- Munoz-Robredo P, Robledo P, Manriquez D, Molina R (2011) Characterization of sugars and organic acids in commercial varieties of table grapes. *Chil J Agric Res* 71:452-458. doi:10.4067/S0718-58392011000300017
- Ozawa T, Amamiya T, Sato T, Furuya J, Furuya K, Miyake M, Saito Y, Hirabayashi T, Motizuki F, et al (2000) 'Summer Black': a new seedless grape. *Bull. Yamanashi Fruit Tree Exp Sta* 10:1-9
- Park YS, Heo JY, Um NY, Bang SB, Park SM (2015) Growth and fruit characteristics of hypo-, hyper-tetraploid grapes. *Korean J Breed Sci* 47:192-198. doi:10.9787/KJBS.2015.47.3.192
- Robertson JA, Meredith FI, Scorza R (1988) Characteristics of fruit from high- and low-quality peach cultivars. *HortScience* 23:1032-1034
- Shiraishi M (1995) Proposed descriptors for organic acids to evaluate grape germplasm. *Euphytica* 81:13-20. doi:10.1007/BF00022454
- Shiraishi M (2000) Comparison in changes in sugars, organic acids and amino acids during berry ripening of sucrose- and hexose-accumulating grape cultivars. *J Jpn Soc Hortic Sci* 69:141-148. doi:10.2503/jjshs.69.141
- Sonego L, Lurie S, Zuthi Y, Kaplonov T, Ben-Arie R, Kosto I (2002) Factors affecting taste scores of early season seedless table grape cv. Mystery and Prime. *J Agric Food Chem* 50:544-548. doi:10.1021/jf0107151
- Soyer Y, Koca N, Karadeniz F (2003) Organic acid profile of Turkish white grapes and grape juices. *J Food Comp Anal* 16:629-636. doi:10.1016/S0889-1575(03)00065-6
- Wakana A, Fukudome I, Hanada N, Hiramatsu M, Sakai K, Kajiwara K (2008) 'Bea-Kei', a new triploid seedless grape cultivar derived from a 'Muscat Bailey A' × 'Kyoho' cross. *J Fac Agric Kyushu Univ.* 53:423-427
- Yamane H, Kurihara A, Nagata K, Yamada M, Kishi M, Yoshinaga S, Matsumoto R, Kanato T, Ozawa T, et al (1993) New grape cultivar 'Haney Seedless'. *Bull Fruit Tree Res Sta* 25:45-56