

수분수 종류에 따른 키위프루트 ‘해금’과 ‘레드비타’의 과실 및 종자 특성의 차이

이목희^{1,4} · 김홍림² · 좌재호² · 곽용범³ · 김진국^{4,5*}

¹농촌진흥청 국립원예특작과학원 온난화대응농업연구소, ²농촌진흥청 국립원예특작과학원 남해출장소, ³국립한국농수산대학교 원예학부 과수전공, ⁴경상국립대학교 작물생산과학부, ⁵경상국립대학교 농업생명과학연구원

Differences in Fruit and Seed Characteristics of Kiwifruit ‘Haeguem’ and ‘Redvita’ Affected by Pollen Donors

Mockhee Lee^{1,4}, Hong Lim Kim², Jae-Ho Joa², Yong-Bum Kwack³, and Jin Gook Kim^{4,5*}

¹Research Institute of Climate Change and Agriculture, National Institute of Horticultural and Herbal Science, Rural Development Administration, Jeju 63240, Korea

²Namhae Branch, National Institute of Horticultural and Herbal Science, Rural Development Administration, Namhae 52430, Korea

³Major of Fruit Science, Department of Horticulture, Korea National University of Agriculture and Fisheries, Jeonju 54874, Korea

⁴Division of Crop Science Graduate School, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

⁵Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

*Corresponding author: jgkim119@gnu.ac.kr

Received: February 12, 2023

Revised: March 18, 2023

Accepted: March 30, 2023

 OPEN ACCESS



HORTICULTURAL SCIENCE and TECHNOLOGY
41(5):584-594, 2023

URL: <http://www.hst-j.org>

pISSN : 1226-8763

eISSN : 2465-8588

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Copyright©2023 Korean Society for Horticultural Science.

본 연구는 농촌진흥청 기관고유사업(세부과제번호: PJ01508101)의 지원에 의해 이루어진것임.

Abstract

This study sought to evaluate fruit and seed characteristics after pollination by four pollen donors, denoted here as ‘SKK2’, ‘Deliwoong’, ‘Pohwa’, and ‘Chieftain’, and to select the best pollen donors for producing commercial fruits from the domestic kiwifruit (*Actinidia chinensis*) cultivars ‘Haeguem’ and ‘Redvita’. The fruit setting rates of ‘Haeguem’ and ‘Redvita’, which were pollinated by four pollen donors, exceeded 90% for two years. In the ‘Haeguem’ and ‘Redvita’ cases, the weight of the fruits was heaviest with ‘Chieftain’ and lightest with ‘Pohwa’. Regarding the fruit characteristics of ‘Haeguem’, the dry matter content and soluble solids content were highest for ‘Pohwa’ in 2019, and the malic and quinic acid contents were highest for two years with ‘SKK2’, whereas the other traits were not significant. The total number of seeds was highest with ‘Chieftain’ and lowest with ‘SKK2’ for two years. In ‘Redvita’, the dry matter content was high with ‘SKK2’ and ‘Deliwoong’ in 2019 and the level of titratable acidity was lowest for two years with ‘SKK2’, whereas the soluble solids content, organic acid content, and flesh color did not show significant results. The total number of seeds and the number of mature seeds in ‘Redvita’ were highest with ‘SKK2’, but the number of immature seeds was highest with ‘Chieftain’.

Additional key words: *Actinidia deliciosa*, dry matter content, fruit weight, pollination, seed number

서 언

다래나무과(Actinidiaceae) 다래나무속(*Actinidia* spp.)에 속하는 덩굴성 낙엽과수인 키위프루트(*Actinidia deliciosa* [A. Chev.] C.F. Liang et A.R. Ferguson)는 암수딴그루로 과실 생산을 위해 수분(pollination)이 필수적인 작물이다(González et al., 1997; Lim, 2004; Seal et al., 2013a; Stasiak et al., 2019). 수분 시기, 수분 방법 등 수분의 질은 과실 크기와 종자수 등 품질에 직접적인 영향을 미친다(Chen et al., 2019; Oh et al., 2022). 특히, 여러 연구를 통해 수분 및 수정에 의해 형성된 종자수가 과실 크기와 정외 상관을 가지는 것으로 보고되었다(Hopping, 1976; Lawes et al., 1990; González et al., 1997; Lescourret et al., 1997; Seal et al., 2013b). 그러므로 성공적인 수분은 키위프루트 과실 생산에 있어 중요한 전제조건이다(Seal et al., 2013b; Chen et al., 2019). 일반적으로 꽃가루 매개 곤충을 이용해 수분하는 것이 어렵거나 총매수분을 보충해 확실한 작과를 도모하고 고품질 과실을 생산하기 위한 경우에 인공수분을 활용한다(Iwahori et al., 1988; Seal et al., 2013b; Seal et al., 2016; Jeong et al., 2018; Lee et al., 2019). 국내에서는 결실을 안정화하며 생산량을 늘리고 수분작업 노력을 절감하기 위해 액체 수분을 위한 현탁액의 조성, 가루 수분 시 적정 꽃가루 희석 비율, 최적 수분 시기 및 횟수, 유효수분기간, 최적의 꽃가루 채취 시기 등 여러가지 인공수분법이 연구되었다(Lim, 2004; Lim et al., 2014; Jeong et al., 2018; Oh et al., 2020; Oh et al., 2022).

그러나 인공수분의 최적 조건 이외에도 작과율, 과실 크기 및 품질에 영향을 주는 요인은 수분수(pollinator)의 종류인데, 다른 수분수를 사용하는 것은 종자와 과실 특성의 변화를 야기할 수 있기 때문이다(McNeilage et al., 1991; Seal et al., 2013a, 2013b; Seal et al., 2016; Seal et al., 2018; Chen et al., 2019). 특히, 다래나무속의 다양한 종과 2배체에서 8배체에 이르는 배수성으로 인해 암수 조합에 따라 다른 반응이 나타나기도 한다. Seal et al.(2013a, 2013b)은 암품종과 다른 배수체의 수분수를 사용한다면 작과량과 종자수가 줄어들며 배주와 배가 비정상적으로 성장한다고 언급했으며, 2배체인 ‘Hort16A’에는 4배체와 6배체 수분수가 과중 증진에 효과가 있다고 보고하였다. 위와 같이 종과 배수성을 고려할 때, 암수 조합에 따라 전혀 다른 반응이 나타나기 때문에 재배 품종의 상업적 과실 생산을 위한 적정 수분수 선발은 중요하다(Chen et al., 2019).

또한 일부 연구에서 수분수 종류에 따른 작과율의 차이를 보고하였다(Seal et al., 2013a, 2013b; Oh et al., 2021). Seal et al.(2016)은 2배체 ‘Hort22D’(*A. chinensis*)의 과중 증진에 4배체 ‘Bruce’(*A. chinensis*)가 효과적이라고 보고하였다. 6배체 ‘Garmrok’(*A. deliciosa*) 품종에 4배체 다래(*A. arguta*) 수분수를 사용하면 과중이 감소한다는 연구 결과도 있다(Lee et al., 2020b). 이외에도 건물함량, 가용성 고형물 함량, 과육색, 안토시아닌 함량, 종자수, 종자 무게, 종피 색과 같이 수분수 종류에 따라 과실과 종자 특성에 차이가 있다고 보고되었다(Seal et al., 2013a, 2013b; Seal et al., 2016; Seal et al., 2018; Jeong et al., 2018; Stasiak et al., 2019; Chen et al., 2019; Oh et al., 2021).

국내에서는 주요 재배 품종과 수분수 품종에 대해 연구되었다(Lee et al., 2020b; Oh et al., 2021). 그러나 재배 품종이 다양해지고 신품종이 개발되면서 각 품종에 적합한 수분수 품종 선발에 대한 요구가 증가하고 있다. ‘Haeguem’은 당도가 높고 과육의 노란색이 잘 발현되는 것이 장점으로 국내육성 품종 중 가장 많이 재배되고 있으나, 대과 생산에 영향을 줄 수 있는 수분수에 대한 연구가 부족하며, 과육 내 적색이 발현되며 비타민 C 함량이 높은 ‘Redvita’는 전분 및 가용성 당의 축적과 분해, 열매 숙기와 수확의 적기 등 재배 연구가 진행되었지만 수분수에 관한 연구는 부족한 실정이다. 따라서, 본 연구는 국내 주요 재배 품종인 ‘Haeguem’과 적육계 품종인 ‘Redvita’에 네가지 수분수 품종을 이용했을 때, 과실과 종자 특성에 미치는 영향을 확인하고 상업적으로 고품질 과실 생산에 유리한 수분수 품종을 선발하고자 수행되었다.

재료 및 방법

식물재료

본 연구는 국립원예특작과학원 남해출장소에서 재배중인 4배체 품종 5년생 ‘Haeguem’(*A. chinensis*)과 8년생 ‘Redvita’

(*A. chinensis*)를 사용하였고 2018년과 2019년에 수행하였다. 시험 포장은 하우스 골조에 밀폐식 파풍망(청색, 4mm)으로 덮여있으며 재식거리는 주간 4m, 열간 5m이며 수폭 1.8m의 T-bar 수형으로 관리하였다. 시험을 위해 약 4m 길이의 주지에 26-40개의 결과모지를 배치하였다. 시험에 사용된 수분수 품종은 4배체 'SKK2'(*A. chinensis*)와 6배체 Pohwa'(*A. deliciosa*), 'Deliwoong'(*A. deliciosa*), 'Chieftain'(*A. deliciosa*)으로 국립원예특작과학원 남해출장소 시험포장에서 꽃가루를 채취해 사용하였다.

꽃가루 준비 및 인공수분

인공수분을 위한 꽃가루는 시험 전년도인 2017년과 2018년 5월에 채취하였다. 개화 직전의 꽃봉오리를 채취해 핀셋을 이용해 꽃밥을 분리한 후 25°C에서 14시간 건조하였다. 꽃밥에서 분리된 꽃가루는 정선하여 -25°C에서 냉동보관 하였다. 'Deliwoong' 품종은 개화시가 5월 중순으로 실험 품종과 유사해 당해년도 채취한 꽃가루로 인공수분이 가능하지만 나머지 품종의 개화가 5월 하순으로 늦고 일반적으로 재배농가에서 전년도 채취한 꽃가루를 냉동보관 후 사용하기 때문에 동일하게 전년도 채취한 꽃가루를 실험에 사용하였다.

실험에 사용할 꽃가루 발아율 검정을 위해 0.7% agar, 10% sucrose 그리고 50ppm 붕산으로 조성된 배지에 꽃가루를 치상하였다. 저온배양기(VS-1203, Visoin Scientific, Daejeon, Korea) 내 25°C에 3시간 배양 후 광학 현미경(Axioslop 50, Zeiss, Jena, Germany)으로 검정하였다. 검정 결과 4가지 꽃가루 모두 2년간 80% 이상의 발아율을 나타내었다(자료 미제시).

인공수분 처리를 위해 5월 초, 시험수에서 20-24개의 결과모지를 선정하였고 결과지 당 2개의 꽃봉오리를 남기고 제거하였다. 꽃가루 혼입을 방지하기 위해 개화 전 꽃봉오리에 봉투를 씌워 밀봉하였다. 인공수분 처리는 전체 꽃봉오리에서 60%가 개화하는 시점인 만개기와 만개 후 2일차에 실시하였다. 'Haegum'은 2018년 5월 11일, 2019년 5월 11일에 만개하였으며 'Redvita'는 2018년 5월 14일, 2019년 5월 13일에 만개하였다. 꽃가루와 석송자(Lycopodium powder)를 1:5 비율로 혼합한 후 꽃가루 혼입을 방지하기 위해 각 꽃가루 품종별 전용 인공수분기(PS-100, Jeju Bio Tech Co., Jeju, Korea)를 사용하였다. 봉투의 하단을 절단하고 인공수분을 한 뒤, 봉투 하단을 2회 접고 스테이플러로 고정하여 꽃가루 혼입을 방지하였다. 시험수는 품종 당 3반복으로 처리하였다.

착과율 및 과실 품질 조사

착과율은 인공수분 후 20일 째 조사하였다. 2018년 11월 5일과 2019년 11월 5일에 처리된 과실을 수확하였으며 수확 직후 과중을 전수 조사하였다. 수확된 과실은 저온저장고에 온도 1°C, 상대습도 90% 조건에 저장하였다. 건물물은 수확 직후 조사하였는데, 처리별로 가장 많은 과중이 분포하는 구간의 과실을 5과씩 3반복하여 선별하였고 5-10mm 절편으로 썰어 -80°C에 동결하고 초저온동결건조기(MCFD8518, ilShinBioBase, Dongducheon, Korea)로 건조시킨 후 절편의 무게를 측정하였다.

후숙 과실의 품질 조사를 위해 처리별로 10과씩 3반복하여 선정하였고 저장 1개월 후, 15°C에서 에틸렌 발생제(Fresh Ripe, Topfresh, Seoul, Korea)를 사용하여 후숙시킨 후 경도가 1.0kg·cm⁻² 이하일 때 조사하였다. 조사항목은 가용성 고형물 함량, 산 함량, 과육 색과 유기산 함량으로 유기산 함량은 2019년에 조사하였고 이외 항목은 2018년부터 2019년까지 2년간 조사하였다.

가용성 고형물 함량은 과실을 횡으로 3등분 한 후, 중앙 부분을 4등분 하여 과즙을 낸 후 굴절당도계(PR-32 α , ATAGO, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. 산 함량은 증류수 40mL에 과즙 10mL을 가한 용액을 자동적정기(TitroLine[®] 5000, SI Analytics, Mainz, Germany)를 이용하여 0.1N NaOH 용액으로 pH 8.2가 될 때까지 적정 한 후, 구연산 함량으로 환산하였다. 과육 색은 과피를 2mm 두께로 잘라낸 후, 색차계(CM-600d, Konica Minolta, Tokyo, Japan)를 이용해 외과피의 Hue angle을 조사하였다.

유기산 측정을 위해 후숙된 과일의 과육 2g을 HPLC grade water(Avantor, Radnor, PA, USA) 10mL에 마쇄한 후, 4°C, 7,000 × g에서 8분간 원심분리하여 상정액을 채취하였다. 0.45µm 멤브레인 필터(Syringe filter, Macherey-Nagel, Düren, Germany)에 여과된 상정액을 액체 크로마토그래피(YL9100, Young Lin Instrument Co., Anyang, Korea)로 분석하였다.

분석 조건은 Lee et al.(2020a)의 방법을 참고하였다. Column은 ZORBAX Eclipse XDB-C18 (4.6 × 150mm, 5µm particle size) column (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)을 사용하였다. 이동상은 HCl을 이용해 pH 2.8로 적정된 0.05 M KH₂PO₄를 사용하였으며, 시료 주입량은 10µL, 유속 1.0mL·min⁻¹ 조건에서 UV-Vis Detector를 이용하여 214nm에서 측정하였다. 표준물질은 citric acid, (-) quinic acid, 그리고 D-malic acid (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 사용하였다.

종자 특성 조사

종자수와 무게 조사를 위해 처리별로 10과씩 3반복하여 과일을 선별하고 과실 품질 조사와 동일한 조건에서 후숙시킨 후 채종하였다. 채종 후 세척하여 20°C에서 24시간 건조시켰다. 완숙 종자와 미숙 종자를 선별한 뒤 곡물계수기(MC1000H, Motex, Bucheon, Korea)를 이용하여 계수하였다. 총 종자 무게는 전자저울(EG420, Kern & Shon, Balingen, Germany)을 이용해 측정된 후 천립중으로 나타내었다.

통계처리

변수의 통계처리를 위해 SAS Enterprise Guide 4.3(SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)를 사용하였다.

결 과

수분수 종류에 따른 키위프루트 'Haeguem'의 과실과 종자 특성

네 가지 수분수 처리에 의한 키위프루트 'Haeguem'의 착과율은 Table 1과 같다. 모든 처리에서 97% 이상의 착과율을 나타내었고 처리 간 유의한 차이가 없었다.

'Haeguem'의 과실 품질 조사결과를 Table 2에 나타내었다. 평균 과중과 80g 이상의 과실이 생산되는 비율은 2018년과 2019년 모두 'Chieftain' 처리에서 가장 높았다. 'SKK2' 처리는 2018년도에 가장 낮은 평균 과중을 보였으며 80g 미만의 과

Table 1. Fruit set of kiwifruit 'Haeguem' 20 days after artificial pollination with the pollen of four different pollen donors

Year	Pollen donor	No. of flowers pollinated	No. of fruit set	Fruit setting rate (%)
2018	SKK2 (4x)	86	84	97.8 ± 2.1
	Deliwoong (6x)	122	122	100.0 ± 0.0
	Pohwa (6x)	89	89	100.0 ± 0.0
	Chieftain (6x)	93	91	97.7 ± 2.4
Significance				ns
2019	SKK2 (4x)	159	159	100.0 ± 0.0
	Deliwoong (6x)	150	149	99.5 ± 0.9
	Pohwa (6x)	176	176	100.0 ± 0.0
	Chieftain (6x)	145	145	100.0 ± 0.0
Significance				ns

Values within a column with different letters are significantly different ($p < 0.05$) according to Duncan's multiple range test.

실 비율이 94.4%로 높았다. 그러나 2019년에는 'Pohwa'와 'Deliwoong' 처리보다 평균 과중이 높았으며 80g 이상 과실 비율도 41.6%로 다소 높게 나타나 연차 간 차이를 보였다. 'Pohwa'와 'Deliwoong' 처리는 'Chieftain' 처리보다 5-10g 가량 낮은 과중을 보였고 80g 이상 과실 비율도 2018년과 2019년 각각 7.0%, 27.5%와 23.1%, 20.0%로 낮았다. 건물물과 가용성 고형물 함량은 2018년에는 유의한 차이가 없었으나 2019년에는 'Pohwa' 처리에서 가장 높았다. 산 함량은 2018년에는 'SKK2' 처리에서 가장 높았고 2019년에는 'Pohwa' 처리에서 가장 높았다. 과육의 Hue angle은 2018년과 2019년간 모든 처리에서 100.0 미만으로 조사되었다. 2019년도에 조사된 3가지 유기산 함량은 Malic acid와 Quinic acid가 'SKK2' 처리에서 높게 나타났고 Citric acid는 처리 간 차이가 없었다.

수분수 종류에 따른 종자 수와 종자중 조사 결과(Table 3), 총 종자 수는 2018년과 2019년 모두 'Chieftain' 처리에서 가장 많았고 'SKK2' 처리에서 가장 적었다. 총실 종자 수는 2018년에는 'Pohwa'와 'SKK2' 처리에서 많았고 2019년에는

Table 2. Fruit characteristics of kiwifruit 'Haeguem' following pollination with the pollen of four different pollen donors. The fruits were harvested on November 5 of both years

Year	Pollen donor	Fruit Weight (g)	Proportion >80g (%)	Dry matter content (%)	Soluble solids content (°Brix)	Titrateable Acidity (%)	Flesh Chromaticity (h°)	Citric acid (g/100g)	Malic acid (g/100g)	Quinic acid (g/100g)
2018	SKK2 (4x)	63.3 ± 9.5 c	5.6	16.3 ± 0.6	12.8 ± 0.4	1.06 ± 0.13 a	98.3 ± 1.1 b			
	Deliwoong (6x)	70.6 ± 10.4 b	23.1	16.1 ± 0.5	12.7 ± 0.7	1.00 ± 0.14 b	99.5 ± 1.8 a			
	Pohwa (6x)	67.9 ± 7.6 b	7.0	16.6 ± 0.7	12.7 ± 0.7	0.99 ± 0.14 b	99.3 ± 1.9 a			
	Chieftain (6x)	80.1 ± 11.5 a	42.4	16.5 ± 0.5	12.7 ± 0.7	0.86 ± 0.09 c	99.5 ± 1.5 a			
Significance		*		ns	ns	*	*			
2019	SKK2 (4x)	76.2 ± 15.6 a	41.6	16.2 ± 0.6 b	12.5 ± 0.5 c	0.97 ± 0.13 c	96.2 ± 1.7 a	0.39 ± 0.05	0.25 ± 0.02 a	0.55 ± 0.04 a
	Deliwoong (6x)	71.4 ± 11.4 b	20.0	16.5 ± 1.1 b	13.0 ± 1.0 b	1.05 ± 0.11 b	96.3 ± 2.1 a	0.38 ± 0.02	0.20 ± 0.01 b	0.47 ± 0.01 b
	Pohwa (6x)	72.0 ± 12.3 b	27.5	17.5 ± 1.1 a	13.5 ± 0.9 a	1.24 ± 0.15 a	94.6 ± 1.3 b	0.38 ± 0.04	0.21 ± 0.01 b	0.48 ± 0.06 b
	Chieftain (6x)	77.0 ± 11.7 a	44.5	16.7 ± 0.7 b	13.1 ± 0.7 b	1.20 ± 0.16 a	95.9 ± 1.8 a	0.37 ± 0.05	0.21 ± 0.02 b	0.47 ± 0.05 b
Significance		*		*	*	*	*	ns	*	*

Values within a column with different letters are significantly different ($p < 0.05$) according to Duncan's multiple range test ($n = 30$).

Table 3. Seed characteristics of kiwifruit 'Haeguem' following pollination with the pollen of four different pollen donors. The fruits were harvested on November 5 of both years

Year	Pollen donor	Mature seed number	Immature seed number	Total seed number	1000-seeds weight ^z (g)
2018	SKK2 (4x)	796 ± 77 a	7 ± 4 b	803 ± 78 c	1.31 ± 0.05 a
	Deliwoong (6x)	722 ± 141 b	141 ± 115 a	863 ± 94 b	1.07 ± 0.21 b
	Pohwa (6x)	810 ± 100 a	47 ± 105 b	858 ± 95 b	1.28 ± 0.17 a
	Chieftain (6x)	736 ± 164 b	183 ± 144 a	919 ± 131 a	1.09 ± 0.20 b
Significance		*	*	*	*
2019	SKK2 (4x)	819 ± 83 a	27 ± 54 b	846 ± 116 b	1.21 ± 0.11 a
	Deliwoong (6x)	779 ± 117 b	72 ± 81 a	851 ± 73 b	0.92 ± 0.19 b
	Pohwa (6x)	819 ± 74 a	27 ± 10 b	846 ± 77 b	1.16 ± 0.11 a
	Chieftain (6x)	820 ± 73 a	75 ± 45 a	895 ± 72 a	0.90 ± 0.14 b
Significance		*	*	*	*

Values within a column with different letters are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test ($n = 30$).

^z1000-seed weights were investigated considering the total number of seeds in a fruit.

'Chieftain', 'SKK2' 그리고 'Pohwa'에서 많았다. 미숙 종자 수는 2년간 'Chieftain' 처리에서 가장 많았고 'SKK2' 처리에서 가장 적었다. 천립중은 2년 모두 'SKK2' 처리에서 가장 높았다.

수분수 종류에 따른 키위프루트 'Redvita'의 과실과 종자 특성

네 가지 수분수를 이용해 'Redvita'를 인공수분한 결과, 2018년과 2019년 모든 처리에서 착과율은 90% 이상으로 높게 나타났으며 처리 간 유의한 차이가 없었다(Table 4).

과실 품질 조사 결과(Table 5), 2018년과 2019년 모두 'Chieftain' 처리에서 평균 과중이 각각 82.1g, 80.1g으로 가장 높았고 80g 이상의 과실 비율이 각각 59.3%, 50.6%로 가장 높았다. 'SKK2'와 'Pohwa' 처리에서 80g 미만 과실 비율은 2018년과 2019년에 각각 75.0%, 81.4%와 78.3%, 59.5%로 낮았다. 'Deliwoong' 처리의 경우, 2018년에는 평균 과중이 80.7g으로 높았고 80g 이상 과실 생산 비율이 53.6%로 조사되었으나 2019년에는 평균 과중이 75.0g으로 다소 낮았고 80g 이상 과실 생산

Table 4. Fruit set of kiwifruit 'Redvita' 20 days after artificial pollination with the pollen of four different pollen donors

Year	Pollen donor	No. of flower pollinated	No. of fruit set	Fruit setting rate (%)
2018	SKK2 (4x)	167	164	98.3 ± 2.9
	Deliwoong (6x)	233	213	93.1 ± 6.4
	Pohwa (6x)	188	184	97.9 ± 2.3
	Chieftain (6x)	186	173	93.1 ± 2.0
Significance				ns
2019	SKK2 (4x)	177	177	100.0 ± 0.0
	Deliwoong (6x)	224	221	98.2 ± 2.2
	Pohwa (6x)	149	147	95.2 ± 8.2
	Chieftain (6x)	252	250	99.2 ± 0.7
Significance				ns

Values within a column with different letters are significantly different ($p < 0.05$) according to Duncan's multiple range test.

Table 5. Fruit characteristics of kiwifruit 'Redvita' following pollination with the pollen of four different pollen donors. The fruits were harvested on November 5 of both years

Year	Pollen donor	Fruit Weight (g)	Proportion >80g (%)	Dry matter content (%)	Soluble solids content (°Brix)	Titrateable acidity (%)	Flesh Chromaticity (h°)	Citric acid (g/100g)	Malic acid (g/100g)	Quinic acid (g/100g)
2018	SKK2 (4x)	73.6 ± 8.3 b	25.0	15.9 ± 0.8	11.2 ± 0.7 b	1.67 ± 0.15 b	97.3 ± 1.2			
	Deliwoong (6x)	80.7 ± 8.3 a	53.6	15.7 ± 0.9	11.3 ± 0.7 b	1.81 ± 0.11 a	97.7 ± 1.3			
	Pohwa (6x)	71.6 ± 9.5 c	21.7	15.8 ± 0.6	11.6 ± 0.6 a	1.84 ± 0.12 a	97.0 ± 1.0			
	Chieftain (6x)	82.1 ± 8.4 a	59.3	15.3 ± 0.4	11.4 ± 0.5 ab	1.80 ± 0.11 a	97.4 ± 1.5			
Significance		*	ns	ns	*	*	ns			
2019	SKK2 (4x)	71.6 ± 8.3 c	18.6	15.6 ± 0.9 a	11.6 ± 0.5	1.69 ± 0.11 c	95.4 ± 1.7	0.62 ± 0.10	0.23 ± 0.04	0.46 ± 0.06
	Deliwoong (6x)	75.0 ± 9.7 b	30.3	15.6 ± 1.1 a	11.7 ± 0.7	1.76 ± 0.12 b	96.2 ± 2.0	0.60 ± 0.03	0.21 ± 0.01	0.43 ± 0.02
	Pohwa (6x)	76.6 ± 9.6 b	40.5	14.2 ± 1.2 b	11.4 ± 0.7	1.71 ± 0.08 bc	96.0 ± 2.5	0.64 ± 0.05	0.24 ± 0.04	0.50 ± 0.07
	Chieftain (6x)	80.1 ± 11.7 a	50.6	14.6 ± 0.7 b	11.5 ± 0.8	1.88 ± 0.20 a	96.0 ± 2.0	0.68 ± 0.08	0.24 ± 0.03	0.49 ± 0.04
Significance		*	*	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns

Values within a column with different letters are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test ($n = 30$).

Table 6. Seed characteristics of kiwifruit 'Redvita' following pollination with the pollen of four different pollen donors. The fruits were harvested on November 5 of both years

Year	Pollen donor	Mature seed number	Immature seed number	Total seed number	1000-seeds weight ^z (g)
2018	SKK2 (4x)	672 ± 77 a	15 ± 8 c	686 ± 81 a	1.50 ± 0.09 a
	Deliwoong (6x)	488 ± 152 b	142 ± 125 b	630 ± 130 b	1.31 ± 0.29 c
	Pohwa (6x)	503 ± 113 b	136 ± 93 b	638 ± 67 b	1.41 ± 0.25 b
	Chieftain (6x)	374 ± 146 c	263 ± 157 a	637 ± 64 b	1.11 ± 0.30 d
Significance		*	*	*	*
2019	SKK2 (4x)	701 ± 84 a	26 ± 8 c	726 ± 87 a	1.37 ± 0.11 a
	Deliwoong (6x)	617 ± 93 b	66 ± 47 b	683 ± 88 b	1.10 ± 0.17 b
	Pohwa (6x)	512 ± 125 c	93 ± 80 ab	606 ± 99 c	1.13 ± 0.23 b
	Chieftain (6x)	555 ± 137 c	112 ± 104 a	667 ± 90 b	0.97 ± 0.21 c
Significance		*	*	*	*

Values within a column with different letters are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test ($n = 30$).

^z 1000-seed weights were investigated considering the total number of seeds in a fruit.

비율이 30.3%로 나타나 연차 간 차이를 보였다.

건물물은 2018년에는 유의한 차이가 없었으나 2019년에는 'SKK2'와 'Deliwoong' 처리에서 높았다. 가용성 고형물 함량은 2018년과 2019년 모두 모든 처리에서 큰 차이를 나타내지 않았다. 산 함량의 경우, 모든 처리에서 1.5% 이상의 높은 수준으로 조사되었고 2018년과 2019년 모두 'SKK2' 처리에서 가장 낮았다. 과육의 Hue angle 은 2018년에는 모두 98.0 미만, 2019년에는 모두 97.0 미만으로 황색이 잘 발현됨을 알 수 있었다. 세 가지 유기산 함량은 차이가 인정되지 않았다(Table 5).

종자 수와 종자중의 조사 결과(Table 6), 총 종자 수와 성숙된 종자 수는 2018년과 2019년 모두 'SKK2' 처리에서 가장 많았다. 반면, 미숙 종자 수는 2018년, 2019년 모두 'Chieftain' 처리에서 가장 많았다. 천립중은 'SKK2' 처리에서 가장 무거웠고 'Chieftain' 처리에서 가장 가벼웠다.

고찰

키위프루트 재배에서 인공수분의 목적은 안정적인 결실이다. 본 연구의 암품종과 수분수 조합에 따른 착과율은 모두 93% 이상으로 유의차가 없었다(Tables 1 and 4). 인공수분 처리는 만개 당일과 만개 후 2일차에 수행하여 암술의 수정능력이 유지되는 개화 3일 이전에 수분을 완료했다(González et al., 1997). 따라서, 착과율에 수분 시기의 영향은 없었던 것으로 판단된다. Seal et al.(2013a)은 키위프루트의 중간 수분에서 낮은 착과율이 드물지 않으며 특정한 부모 조합의 영향으로 불화합성이 나타날 수 있다고 보고하였다. Chen et al.(2019)의 연구에서는 수분수의 종과 배수성에 따라 암품종의 착과율 변이가 크며 뚜렷한 경향이 없다고 보고되었다. 반면, 국내에서 육성된 4배체 품종 'Halla Gold'와 'Sweet Gold'는 6배체 품종인 'Pohwa'와 'Chieftain' 꽃가루로 수분할 때 92% 이상의 높은 착과율을 보였다(Oh et al., 2021). 위 연구들을 참고했을 때, 국내 키위프루트 재배에 사용되는 수분수는 주로 6배체지만 4배체 및 2배체 품종과도 화합성이 높은 것으로 판단된다. 그러므로 수분수를 육성할 때, 꽃가루 채취량과 발아율 외에도 주요 재배품종에 대한 화합성을 필수적으로 평가해야 할 것으로 여겨진다.

키위프루트 과실의 등급은 주로 크기에 의해 결정된다. 뉴질랜드 재배자들에게 작은 키위프루트 과실은 수출에 적합하지 않기 때문에 키위프루트 재배에서 대과를 생산하는 것은 상업적으로 중요한 전략이다(Seal et al., 2013a; Qiu et al., 2020). 그러므로 대과 생산을 위해 인공수분, 적외, 적과, 관수 조절, 생장조절제 침지와 같은 여러가지 방법을 적용했다(Lawes et al.,

1990; Blank et al., 1992; Qiu et al., 2020). 본 연구에서는 6배체인 'Chieftain'을 처리했을 때 'Haeguem'과 'Redvita' 모두 과중이 증가됨을 확인할 수 있었다. 반면에 4배체인 'SKK2'를 처리했을 때에는 2019년 'Haeguem'을 제외하면 과중이 낮은 경향을 보였다. Seal et al.(2013b)의 연구에서 2배체 품종 'Hort16A'는 배수성이 높은 4배체와 6배체 꽃가루로 수분했을 때 과중이 증진되었다. 4배체 품종 'Gold3'에서는 4배체 수분수를 이용했을 때 6배체 수분수보다 과중이 큰 경향을 보였으나 각 배수체의 일부 수분수 간에는 유의한 차이가 없었다(Seal et al., 2018). 'Halla Gold'와 'Sweet Gold' 품종에는 6배체 수분수가 4배체와 2배체 수분수보다 과중 증진효과가 컸다(Oh et al., 2021). 키위프루트의 과중은 일반적으로 미숙 종자를 포함한 총 종자 수와 총 종자 무게와 정의 상관관계를 가진다고 보고되었으며(Lawes et al., 1990; Seal et al., 2016), 많은 연구에서 과중과 종자 수 간의 상관관계가 확인되었다(Seal et al., 2013b; Seal et al., 2016; Seal et al., 2018; Lee et al., 2020b; Oh et al., 2021). 본 연구에서 'Haeguem'의 과중은 'Chieftain' 처리에서 가장 높았으며 총 종자 수 또한 'Chieftain' 처리에서 가장 많았다(Tables 2 and 3). 2018년에 충실 종자 수는 'Pohwa' 처리에서 가장 많았으나 총 종자 수가 'Chieftain' 처리에서 가장 많았고 과중도 가장 높게 조사된 결과로 보아 Seal et al.(2016)의 보고와 일치하는 것으로 보인다. 'Haeguem'의 결과와는 다르게 'Redvita'는 총 종자 수, 충실 종자 수, 천립중 모두 같은 배수체인 'SKK2' 처리에서 가장 높았다. 하지만 종자 수와 과중 간 상관성은 보이지 않았다(Tables 5 and 6). 이와 유사하게 Jeong et al.(2018)의 연구에서도 'Enza Gold' 품종에서 'Pohwa' 처리의 과중이 'Chieftain' 처리보다 높았으나 총 종자 수는 'Chieftain' 처리에서 더 많았다. 이 결과를 고려할 때, 수분수 종류에 따라 과중 증진의 효과가 차이는 있지만 종자 수가 과중과 절대적인 정의 상관관계는 아니며 배수성의 영향이 있을 것으로 여겨지며, 본 연구에서 'Haeguem'과 'SKK2' 및 'Redvita'와 'Deliwoong' 조합에서 연차 간 차이를 보인 것처럼 당해년도 꽃가루 품질에 따른 종자 형성도나 적외, 적과와 같은 재배관리에 따라 달라질 수 있다고 생각된다. 위 결과를 종합하면 키위프루트 'Haeguem'과 'Redvita' 품종의 과중 증가에 효과적인 꽃가루 품종은 'Chieftain'인 것으로 생각되며 'SKK2'는 'Haeguem' 품종에서 연차 간 차이가 커 추가 시험이 필요하나 4배체 품종으로 꽃가루 생산량이 적어 인공수분에 의존하는 국내 농가 현장에서의 활용도는 낮을 것으로 판단된다.

수확 시 건물물은 키위프루트 소비 품질의 잣대로서 사용되는 가장 중요한 요소다(Seal et al., 2013). 키위프루트에서 건물은 주로 전분으로 이루어져 있고 후숙 후 당으로 전환되기 때문이며(Richardson et al., 1997), 건물물이 후숙 후 가용성 고형물 함량의 예측지표로 신뢰가 높고 과실 품질을 향상시키기 때문이다(Jordan et al., 2000). 2배체 'Hort16A'에서는 4배체 수분수나 6배체 수분수를 사용했을 때, 같은 2배체 수분수보다 건물물이 낮았으며 이는 미숙 종자의 높은 비율로 인한 종자 건물물 감소가 원인일 것이라 보고되었다(Seal et al., 2013b). Seal et al.(2013a)의 연구에서도 수정된 배주가 적을수록 2배체 실생 과실의 건물물이 낮았다고 보고하였다. Seal et al.(2018)의 연구에서는 키위프루트의 건물물과 종자 수는 약한 정의 상관관계를 가진다고 보고하였다. 본 연구에서 'Redvita'는 2019년 'SKK2'와 'Deliwoong' 처리에서 유의하게 높은 건물물을 보였으나 배수체에 따른 차이는 없었다(Tables 5 and 6). 그러나 가장 높은 건물물을 보인 'SKK2' 처리에서 가장 많은 종자 수와 높은 종자 무게가 조사되었고 미숙 종자도 가장 적었기 때문에 종자 수와 건물물과 상관이 있다고 언급한 위 연구들과 일치하는 결과를 보였다. 반면에 'Haeguem'의 건물물은 2019년 'Pohwa' 처리를 제외하면 수분수 종류에 따른 유의한 차이가 없었으며 총 종자 수와 종자 무게와도 상관이 없었다(Tables 2 and 3). 키위프루트에서 과중과 건물물은 수분으로 인해 형성된 종자가 영향을 줄 수 있지만, 수정에 앞서 화기가 형성될 때 그 세포의 수와 크기에 따라 부분적으로 결정될 수 있다. 수분과 수정이 과실 발달을 위해 요구되며 성숙된 과실의 과중과 건물물은 종자 형성 외 많은 요인들의 상호작용으로 얻어진다(Seal et al., 2013a). 따라서, 본 연구의 'Haeguem' 품종에서 건물물이 종자 수와 상관관계가 적은 것은 화기의 발달이나 재배 관리 등의 차이로 기존 연구와 다른 반응을 보인 것으로 판단된다. 한편, Seal et al.(2013a)의 연구에서 적육계 실생들에서 총안토시아닌 함량과 건물물간 정의 상관관계를 보고하였고 Seal et al.(2018)은 'Hort22D' 품종에서 배수체가 낮은 수분수를 사용할수록 적색 발현이 강해지며 건물물이 높을수록 안토시아닌 함량이 높다고 보고하였다. 'Redvita'는 재배 중 수체에 따라 적색 발현이 부족한 경우가 발생한다. 위 결과를 참고한다면 배수체가 낮은 꽃가루를 활용해 건물물을 향상시키면서 적색 발현을 보완

할 수 있을 것으로 기대된다. 그러나 본 연구에서는 'Redvita'의 적색 발현도나 안토시아닌 함량을 조사하지 않았기에 향후 추가 연구가 요구된다.

Seal et al.(2018)의 연구에서는 과중이 가용성 고형물 함량과 정의 상관관계($r = 0.46$)를 가지고 산 함량이 부의 상관관계($r = -0.50$)를 가진다고 보고되었으며, Chen et al.(2019)의 연구에서도 과중이 높을수록 가용성 고형물 함량이 높고 산 함량이 낮은 경향이 나타났다고 보고되었다. 그러나 'Haeguem'과 'Redvita' 모두 위의 연구와 일치하는 경향은 보이지 않았다. Jeong et al.(2018)과 Oh et al.(2021)의 연구 중 'Halla Gold'와 'Sweet Gold'도 과중과 가용성 고형물 함량, 산 함량 간의 상관관계는 존재하지 않았다. 이러한 결과는 암포종과 수분수의 조합에 따라 형질 간 상관관계가 달라질 수 있는 것으로 판단되며, 'Haeguem'과 'Redvita'에서는 수분수에 의한 가용성 고형물 함량과 산 함량 등 과실 품질 개선은 어려울 것으로 여겨진다. 3가지 유기산 함량은 'Haeguem'의 malic acid와 quinic acid를 제외하면 모든 처리에서 유의한 차이가 없었다. 'Haeguem'은 모든 수분수 처리에서 quinic acid 함량이 가장 높았고 'Redvita'는 모든 수분수 처리에서 citric acid 함량이 높아 Lee et al.(2020a)의 연구의 결과와 일치하였다. Marsh et al.(2004)는 키위프루트의 맛에는 당과 산의 비율이 영향을 주지만 3가지 유기산 함량의 비율도 영향을 준다고 하였다. 그러나 본 연구에서는 처리 간 유기산 비율의 큰 차이가 없어 'Haeguem'과 'Redvita' 품종의 유기산 함량에 있어 수분수의 영향은 없다고 판단된다. Oh et al.(2021)는 수확 시 Hue angle은 'Sweet Gold' 품종에서 2배체 수분수를 사용했을 때 가장 낮았으며 6배체 수분수 처리에서 높은 경향을 보였고 'Halla Gold' 품종에서는 2019년에만 같은 경향을 보였다고 보고하였다. 덧붙여 처리 간 유사한 건물물과 가용성 고형물 함량을 보였지만 사용한 꽃가루에 따라 성숙 지연이 있어 색도에 차이가 발생했을 것이라고 언급하며 수분수 배수체에 따른 키위프루트 과실의 수확 후 품질 연구가 필요하다 하였다. 본 연구에서는 'Haeguem'과 'Redvita' 모두 수분수 처리와 상관 없이 후숙 후 Hue angle 값이 모두 100 미만으로 과육의 황색이 잘 발현되었다. 따라서, 두 품종 모두 실험에 사용된 꽃가루 종류에 따라 과육색 발현에 영향은 없다고 할 수 있다.

수분수에 따라서 꽃가루 활력, 발아율, 화분관 신장과 수정률과 같은 많은 요인의 변수가 있어 종자를 형성하는 능력에 차이가 있다(Seal et al., 2013a). Seal et al.(2013a)은 2배체 *A. chinensis* 종의 실생에서 6배체 *A. deliciosa* 종 수분수를 사용했을 때, 성숙된 종자가 아주 적다고 하였으며, Seal et al.(2013b)도 2배체 'Hort16A'에 6배체 *A. deliciosa* 종 수분수를 사용했을 때, 성숙된 종자 비율이 18%에 불과하다고 하였다. Oh et al.(2021)의 연구에서 4배체 'Halla Gold'와 'Sweet Gold' 품종은 배수체가 높은 수분수를 사용할수록 총 종자 수가 많았지만, 백립중은 4배체 수분수에서 가장 높았다. 본 연구의 'Redvita' 또한 6배체 수분수보다 4배체 수분수를 사용할 때, 미숙 종자가 가장 적었으며 성숙 종자 수와 천립중이 가장 높은 것으로 나타났다(Table 6). 그러나, 'Haeguem' 품종에서는 성숙 종자 수와 천립중이 4배체 'SKK2'와 6배체 'Pohwa' 처리에서 모두 높아 배수체 간 유의한 차이를 확인할 수 없었다. 따라서, 키위프루트의 암포종과 수분수의 조합에 따라 여러 요인이 작용해 형성되는 종자의 수와 충실도가 차이 있는 것으로 여겨진다. 한편, 육종의 관점에서 성숙 종자가 많이 생산되는 것은 교배실생을 많이 확보할 수 있다는 장점이 있다. 특히 'Redvita'는 4배체인 'SKK2' 처리에서, 성숙 종자 수와 천립중이 가장 높게 나타났으며 미숙 종자 수도 가장 적었기 때문에 적육계 품종 육성을 위한 모본으로 활용할 때 실생 확보에 있어 적합한 수분수라고 할 수 있다.

Seal et al.(2013b)은 과중과 건물물의 차이는 키위프루트 재배자들에게 재정적으로 아주 중요하다고 언급하면서 다소 건물물이 감소하더라도 과중 증진이 가져다주는 경제적인 효과가 더 크다고 고찰하였다. 위 의견과 이상의 결과를 종합하면 시험에 사용된 네가지 수분수 중에서 'Haeguem'과 'Redvita' 재배자들에게 가장 경제적 효과가 큰 꽃가루 품종은 과중 증진에 효과가 큰 'Chieftain' 수분수라고 판단된다.

초 록

본 연구는 국내 육성 품종인 'Haeguem'과 'Redvita'에 네가지 수분수 'SKK2', 'Deliwoong', 'Pohwa', 'Chieftain'의 꽃가루로 인공수분하여 과실 품질과 종자 특성에 미치는 영향을 확인하고 상업적 과실 생산에 적합한 꽃가루 품종을 선발하고자 수행되었다. 각각의 꽃가루로 인공수분한 결과, 'Haeguem' 과 'Redvita'의 착과율은 2년간 모두 90% 이상이었다. 'Haeguem' 과 'Redvita' 모두 'Chieftain' 처리에서 과중이 가장 높았고 'Pohwa' 처리에서 과중이 낮은 양상을 보였다. 'Haeguem'의 과실 품질 조사 결과, 건물물과 가용성 고형물 함량은 2019년에 'Pohwa' 처리에서 가장 높았으며 malic acid와 quinic acid는 'SKK2' 처리에서 높았고 이외의 형질은 처리 간 차이가 없었다. 'Haeguem'의 총 종자 수는 'Chieftain' 처리에서 가장 많았고 'SKK2' 처리에서 가장 적었다. 'Redvita'의 과실 품질 조사 결과, 건물물은 2019년에 'SKK2'와 'Deliwoong' 처리에서 높게 나타났고 가용성 고형물 함량은 처리 간 차이가 없었다. 산함량은 'SKK2' 처리에서 가장 낮았으며 과육색과 유기산 함량에서 유의한 차이는 없었다. 'Redvita'의 총 종자 수와 성숙 종자 수는 'SKK2' 처리에서 가장 많았고 미숙 종자 수는 'Chieftain' 처리에서 가장 많았다.

추가 주요어 : *Actinidia deliciosa*, 건물물, 과중, 수분, 종자 수

Literature Cited

- Blank RH, Richardson AC, Oshima K, Hampton RE, Olson MH, Dawson TE (1992) Effect of a forchlorfenuron dip on kiwifruit fruit size. *New Zealand J Crop Hort Sci* 20:73-78. doi:10.1080/01140671.1992.10422328
- Chen L, Wang SY, Zhong M, Huang CH, Liaom GL, Xu XB (2019) Effects of pollens from the 10 selected *Actinidia* male genotypes on 4 commercial planting kiwifruit female cultivars in southern China. *New Zealand J Crop Hort Sci* 47:155-169. doi:10.1080/01140671.2019.1616569
- González MV, Coque M, Herrero M (1997) Kiwifruit flower biology and its implications on fruit set. *Acta Hort* 444:425-429. doi:10.17660/ActaHortic.1997.444.66
- Hopping ME (1976) Effect of exogenous auxins, gibberellins, and cytokinins of fruit development in chinese gooseberry (*Actinidia chinensis* Planch.) *New Zealand J Botany* 14:69-75. doi:10.1080/0028825X.1976.10428652
- Iwahori S, Tominaga S, Yamasaki T (1988) Stimulation of fruit growth of kiwifruit, *Actinidia chinensis* Planch., by N-(2-chloro-4-pyridyl)-N'-phenylurea, a diphenylurea-derivative cytokinin. *Sci Hort* 35:109-115. doi:10.1016/0304-4238(88)90042-8
- Jeong SY, Yi KU, Oh EU, Hyun SW, Kang HH, Song KJ (2018) Effect of pollen donor genotype and dilution ratio on the seed formation and fruit quality in yellow-fleshed kiwifruits. *J Kor Soc Intl Agr* 30:106-112. doi:10.12719/KSIA.2018.30.2.106
- Jordan RB, Walton EF, Klages KU, Seely RJ (2000) Postharvest fruit density as an indicator of dry matter and ripened soluble solids of kiwifruit. *Postharvest Biol Technol* 20:163-173. doi:10.1016/S0925-5214(00)00125-3
- Lawes GS, Woolley DJ, Lai R (1990) Seeds and other factors affecting fruit size in kiwifruit. *Acta Hort* 282:257-264. doi:10.17660/ActaHortic.1990.282.33
- Lee KY, Cho HS, Yoon HJ, Lee SM, Ko HJ (2019) Comparison of the foraging activity and pollination effects of honeybees (*Apis mellifera* L.) and bumblebees (*Bombus terrestris* L.) in gold kiwi (*Actinidia chinensis* P. 'Haeguem'). *J Apiculture* 34:295-304. doi:10.17519/apiculture.2019.11.34.4.295
- Lee MH, Kim HL, Rhee HC, Kwack YB, Kumarihami H, Kim JG (2020a) Evaluation of the genetic resources of kiwifruit with multivariate analysis. *Hort Sci Technol* 38:569-581
- Lee MH, Kim SC, Cho YS, Kim HL (2020b) *Agricultural technology guide 170: Kiwifruit*. Ed 5. Rural Development Administration, Korea, pp 106-110
- Lescourret F, Habib R, Génard M, Agostini D, Chadoeuf J (1997) Pollination and fruit growth models for studying the management of kiwifruit orchards. I. Models description. *Agr Systems* 56:67-89. doi:10.1016/S0308-521X(97)00042-5
- Lim KH (2004) Factors affecting hand pollination using pollen suspension of kiwifruit. PhD Diss., Chonnam National Univ., Gwangju, Korea
- Lim KH, Kim WS, Lee SH (2014) Effect of artificial pollination, pollination time, and pollen bulking agent on seed formation and fruit quality in the shelter greenhouse cultivation of kiwifruit. *Protected Hort Plant Factory*. 23:256-261. doi:10.12791/KSBEC.2014.23.3.256
- Marsh K, Attanayake S, Walker S, Gunson A, Bolding H, MacRae E (2004) Acidity and taste in kiwifruit. *Postharvest Biol Technol* 32:159-168. doi:10.1016/j.postharvbio.2003.11.001
- McNeilage MA, Seal AG, Steinhagen S, McGowan J (1991) Evaluation of kiwifruit pollinizers. *Acta Hort* 297:277-282. doi:10.17660/Act

aHortic.1992.297.36

- Oh EU, Kim SC, Lee MH, Song KJ (2022) Pollen application methods affecting fruit quality and seed formation in artificial pollination of tallow-fleshed kiwifruit. Hort 8:150. doi:10.3390/horticulturae8020150
- Oh EU, Jeong SY, Kang HH, Song KJ (2020) Characterization of pollen development in staminate kiwifruit (*Actinidia* sp.) cultivars. Hort Sci Technol 38:1-8
- Oh EU, Jeong SY, Ki JY, Song KJ (2021) Response of fruit set and quality and seed formation to ploidy levels of pollen donor in yellow-fleshed kiwifruits. Hort Environ Biotechnol 62:9-15. doi:10.1007/s13580-020-00293-z
- Qiu GL, Zhuang QG, Li YF, Li SY, Chen C, Li ZH, Zhao YY, Yang Y, Liu ZB (2020) Correlation between fruit weight and nutritional metabolism during development in CPPU-treated *Actinidia chinensis* 'Hongyang'. Peer J 8:e9724. doi:10.7717/peerj.9724
- Richardson AC, Mcaneney KJ, Dawson TE (1997) Carbohydrate dynamics in kiwifruit. J Hort Sci 72:907-917. doi:10.1080/14620316.1997.11515583
- Seal AG, Clark CJ, Sharrok KR, Silva HN, Jaksons P, Wood ME (2018) Choice of pollen donor affects weight but not composition of *Actinidia chinensis* var. *chinensis* 'Zesy002' (Gold3) kiwifruit. New Zealand J Crop and Hort Sci 46:133-143. doi:10.1080/01140671.2017.1365732
- Seal AG, Dunn JK, De Silva HN, McGhie TK, Lunken RCM (2013a) Choice of pollen parent affects red flesh colour in seedlings of diploid *Actinidia chinensis* (Kiwifruit). New Zealand J Crop Hort Sci 41:207-218. doi:10.1080/01140671.2013.803129
- Seal AG, Dunn JK, Jia YL (2013b) Pollen parent effects on fruit attributes of diploid *Actinidia chinensis* 'Hort16A' kiwifruit. New Zealand J Crop Hort Sci 41:219-229. doi:10.1080/01140671.2013.803130
- Seal AG, McGhie T, Boldingh H, Rees J, Blackmore A, Jaksons P, Machin T (2016) The effect of pollen donor on fruit weight, seed weight and red colour development in *Actinidia chinensis* 'Hort22D'. New Zealand J Crop Hort Sci 44:1-12. doi:10.1080/01140671.2015.1100127
- Stasiak A, Latocha P, Drewiecki J, Hallmann E, Najman K, Leontowicz H, Leontowicz M, Łata B (2019) The choice of female or male parent affects some biochemical characteristics of fruit or seed of kiwiberry (*Actinidia arguta*). Euphytica 215:52. doi:10.1007/s10681-019-2375-8