

## 수분수 종류에 따른 키위프루트 ‘선플’과 ‘감황’의 과실 품질과 종자 형성

이목희<sup>1,5</sup> · 장연진<sup>1</sup> · 김성철<sup>2</sup> · 김홍림<sup>3</sup> · 좌재호<sup>4</sup> · 김진국<sup>6,7\*</sup>

<sup>1</sup>국립원예특작과학원 온난화대응농업연구소 연구사, <sup>2</sup>국립원예특작과학원 온난화대응농업연구소 연구관,

<sup>3</sup>국립원예특작과학원 남해출장소 연구사, <sup>4</sup>국립원예특작과학원 남해출장소 연구관,

<sup>5</sup>경상국립대학교 대학원 작물생산과학부 대학원생, <sup>6</sup>경상국립대학교 원예과학부 교수,

<sup>7</sup>경상국립대학교 농업생명과학연구원 책임연구원

## Characteristics of Fruit Quality and Seed Formation Influenced by Pollen Donors in Kiwifruit ‘Sunfl’ and ‘Garmhwang’

Mockhee Lee<sup>1,5</sup>, Yeon Jin Jang<sup>1</sup>, Seong-Cheol Kim<sup>2</sup>, Hong Lim Kim<sup>3</sup>, Jae-Ho Joa<sup>4</sup>, and Jin Gook Kim<sup>6,7\*</sup>

<sup>1</sup>Researcher, Research Institute of Climate Change and Agriculture, National Institute of Horticultural and Herbal Science, Rural Development Administration, Jeju 63240, Korea

<sup>2</sup>Senior Researcher, Research Institute of Climate Change and Agriculture, National Institute of Horticultural and Herbal Science, Rural Development Administration, Jeju 63240, Korea

<sup>3</sup>Researcher, Namhae Branch, National Institute of Horticultural and Herbal Science, Rural Development Administration, Namhae 52430, Korea

<sup>4</sup>Senior Researcher, Namhae Branch, National Institute of Horticultural and Herbal Science, Rural Development Administration, Namhae 52430, Korea

<sup>5</sup>Graduate Student, Division of Crop Science Graduate School, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

<sup>6</sup>Professor, Division of Horticultural Science, College of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

<sup>7</sup>Principal Researcher, Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

**Abstract.** This study aimed to assess the characteristics of fruit quality and seed formation resulting from pollination by four different pollen donors: ‘SKK2’, ‘Deliwoong’, ‘Pohwa’, and ‘Chieftain’. The objective was to identify the most effective pollen donor for yielding commercially viable fruits in two cultivars of kiwifruit (*Actinidia chinensis* var. *chinensis*): ‘Sunfl’ and ‘Garmhwang’. Over a two-year period, the fruit setting rate for ‘Sunfl’ and ‘Garmhwang’ kiwifruit, pollinated by the four donors, consistently exceeded 96%. For ‘Sunfl’, the heaviest fruit weight was observed when pollinated with ‘Deliwoong’ for both years, while the lightest fruit was associated with ‘Pohwa’ in 2021 and ‘Chieftain’ in 2022. For ‘Garmhwang’, there was a yearly variation with the heaviest fruit weight linked to ‘Deliwoong’ in 2021 and ‘Chieftain’ in 2022. When examining the fruit characteristics of ‘Sunfl’, the dry matter content was highest when pollinated by ‘SKK2’, and the soluble solids content peaked with ‘Chieftain’ in 2021, although no significant differences were observed in 2022. Total and immature seed numbers in ‘Sunfl’ were highest with hexaploid pollen donors, while the 1000-seed weight was highest with tetraploid pollen donors. For the fruit characteristics of ‘Garmhwang’, the dry matter content and titratable acidity were highest when pollinated by ‘SKK2’. Soluble solids content showed annual variation. Mature and total seed number in ‘Garmhwang’ were highest with ‘Deliwoong’ and ‘Chieftain’, while the immature seed number was lowest with ‘SKK2’.

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

## 서 론

키위프루트(*Actinidia chinensis* Planch.) 재배에서 다양한 종류의 꽃가루로 수분하는 것이 과실과 종자 특성에 중요한 영향을 미친다는 것은 잘 알려져 있다(Seal 등, 2013a, 2013b, 2016, 2018; Chen 등, 2019). 이러한 영향은 수정된 배주의 수

\*Corresponding author: [jgkim119@gnu.ac.kr](mailto:jgkim119@gnu.ac.kr)  
Received April 8, 2024; Revised June 12, 2024;  
Accepted June 22, 2024

자나 종자 형성, 착과율, 과실 크기, 과실 품질 등 다양한 형질에서 관찰된다(Seal 등, 2013a, 2013b; Oh 등, 2021). 암 품종과 다른 배수체의 꽃가루로 수분할 경우 배주와 배가 비정상적으로 성장해 착과율 감소, 종자 수 감소로 이어질 수 있다(Seal 등, 2013b). 그러나 2배체인 ‘Hort16A’에 4배체나 6배체 꽃가루를 이용할 경우 과중이 증가한다는 연구와 함께(Seal 등, 2013a), 특정 배수체 간 교차수분이 과중 증진에 효과가 있다는 보고도 있어(Lee 등, 2023), 위의 전제가 절대적이지 않다는 것을 시사한다.

다래나무속(*Actinidia* spp.) 식물은 배수체가 2배체부터 8배체까지 다양하며, 종간 또는 배수체 간 조합에 따라 착과율부터 건물률, 가용성 고형물 함량, 과육색, 안토시아닌 함량, 종자 수, 종자 무게, 종피 색과 같이 과실과 종자 특성에 차이가 발생한다(Seal 등, 2013a, 2013b, 2016, 2018; Jeong 등, 2018; Chen 등, 2019; Oh 등, 2021). 이와 같이 키위프루트의 배수성과 조합에 따른 다양한 반응을 고려할 때, 상업적으로 재배하는 품종의 과실 생산을 위한 적정 수분수 선발은 아주 중요하다(Chen 등, 2019).

암수딴그루인 특성으로 인해 수분(pollination)은 키위프루트 과실 생산의 필수 요소이며(Lim, 2004), 국내 키위프루트 재배는 총매수분보다는 인공수분에 의존하고 있다(Jeong 등, 2018). 따라서, 국내에서는 노동력 절감을 위한 액체 수분 기술, 꽃가루와 착색증량제의 적정 희석 비율, 안정적인 결실과 생산량 증대를 위한 수분 시기 및 횟수 등 다양한 인공수분 방법이 연구되었다(Lim, 2004; Lim 등, 2014; Jeong 등, 2018; Oh 등, 2022). 이에 반해, 암 품종에 적합한 수분수를 선발하는 연구는 일부 품종에 제한적으로 진행되었다(Jeong 등, 2018; Lee 등, 2020; Oh 등, 2021; Lee 등, 2023).

신품종의 육성과 보급이 확대되면서 각 품종에 적합한 수분수 품종 선발에 대한 요구가 증가하고 있다. 2016년 육성된 ‘감황’은 과중이 140g이며 후숙 후 당도가 18–19°Brix에 이르는 골드키위로 2023년 기준 34.0ha로 재배면적이 급속하게 증가한 품종이다. ‘선플’은 2016년에 육성되었으며 과중이 120g, 후숙 후 당도가 15–16°Brix인 골드키위 품종으로 수확기가 빨라 조기 출하에 적합한 품종이다. 2022년까지 경상남도 중심으로 2.0ha가 보급되었다. 이 두 품종은 보급 초기 단계로 고품질 과실 생산을 위한 재배기술 개발과 보급이 필요한 시점이다. 따라서, 본 연구는 골드키위 품종 ‘감황’과 ‘선플’에 국내 재배 현장에서 이용되는 네 가지 수분수에 대해, 과실 품질과 종자 형성 특성의 차이를 확인하고 고품질 과실 생산에 기여할 수 있는 수분수 품종을 선발하고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 식물재료

본 연구는 경상남도 사천시 실안면 소재의 농가에서 재배중인 4배체 품종 10년생 ‘감황’(*A. chinensis* var. *chinensis*)과 ‘선플’(*A. chinensis* var. *chinensis*)을 사용하였고 2021년과 2022년에 실험을 실시하였다. 시험 포장은 노지에 개폐식 파풍망(흰색, 4mm)으로 덮여 있으며 재식거리는 주간 6m, 열간 5m이며 시험수는 평덕식 수형으로 관리하였다. 시험에 사용된 수분수 품종은 4배체 ‘SKK2’(*A. chinensis* var. *chinensis*)와 6배체 ‘보화’(*A. chinensis* var. *deliciosa*), ‘텔리옹’(*A. chinensis* var. *deliciosa*), ‘Chieftain’(*A. chinensis* var. *deliciosa*)으로 국립원예특작과학원 남해출장소 시험포장에서 꽃가루를 채취해 사용하였다.

### 2. 꽃가루 준비 및 인공수분

인공수분을 위한 꽃가루는 시험 전년도인 2020년과 2021년 5월에 채취하였다. 시험에 사용할 꽃가루의 발아율 검정은 0.7% agar, 10% sucrose 그리고 50ppm 붕산으로 조성된 배지를 이용하였다. 배지에 꽃가루를 치상한 후 저온배양기(VS-1203, Visoin Scientific, Daejeon, Korea) 내 25°C에서 3시간 배양하였고 광학 현미경(Axioslop 50, Zeiss, Jena, Germany)으로 조사하였다. 4가지 꽃가루 모두 2년간 80% 이상의 발아율을 나타내었다(자료 미제시).

인공수분 처리를 위해 4월 말, 시험수에서 16–20개의 결과모지를 선정하였고 결과지 당 2개의 꽃봉오리를 남기고 적외하였다. 적외 후, 꽃봉오리에 봉투를 씌워 꽃가루 혼입을 방지하였다. 인공수분 처리는 만개기를 기준으로 1일 전과 1일 후에 실시하였다. 따라서, ‘감황’과 ‘선플’ 모두 2021년 5월 10일과 12일, 2022년 5월 11일과 13일에 처리되었다. 각각의 꽃가루와 석송자(Lycopodium powder)를 1:5 비율로 혼합한 후 꽃가루 품종별 전용 인공수분기계(PS-100, Jeju Bio Tech Co., Jeju, Korea)를 사용하였다. 시험수는 품종 당 3반복으로 처리하였다.

### 3. 착과율 및 과실 품질 조사

착과율은 시험 처리 후 20일째 조사하였다. 2021년 10월 25일과 2022년 10월 20일에 처리된 과실을 수확하였으며 수확 직후 과중을 전수 조사하였다. 수확된 과실은 저온저장고에 온도 1°C, 상대습도 90% 조건에 저장하였다. 건물률은 수확 직후 조사하였는데, 처리별로 가장 많은 과중이 분포하는 구간의 과실을 5과씩 3반복하여 선별하였고 5–10mm 절편으로

썰어 식품건조기(LD-918, L'EQUIP, Hwaseong, Korea)에서 70°C에서 72시간 건조시킨 후 무게를 측정하였다.

후숙 과실의 품질 조사를 위해 처리 및 반복 당 10과씩 선정하였고 저장 1개월 후, 저온배양기(VS-1203, Visoin Scientific, Daejeon, Korea) 내 15°C에서 에틸렌 발생제(Fresh Ripe, Topfresh, Seoul, Korea)를 24시간 처리하였다. 이후 과육의 경도가 1.0kg·cm<sup>-2</sup> 이하로 내려간 뒤 조사하였다.

가용성 고형물 함량은 과실을 황으로 3등분 한 후, 중앙부분을 4등분하여 낸 과육을 굴절당도계(PR-32a, ATAGO, Tokyo, Japan)로 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 적정한 후, 구연산 함량으로 환산하였다. 과육 색은 과피를 2mm 두께로 잘라낸 후, 색차계(CM-600d, Konica Minolta, Tokyo, Japan)를 이용해 외과피의 Hue angle을 조사하였다.

#### 4. 종자 발육 특성 조사

처리 별로 3반복하여 10과씩 선정하고 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.

#### 5. 통계처리

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

### 결 과

#### 1. 수분수 종류에 따른 키위프루트 ‘선플’의 과실 품질과 종자의 발육 특성

네 가지 수분수를 이용해 ‘선플’에 인공수분한 결과, 2021년과 2022년 모든 처리에서 착과율은 96% 이상으로 높게 나타났다. 처리 간 유의한 차이가 없었다(Table 1).

‘선플’ 품종의 과실 품질 조사 결과를 Table 1에 나타내었다. 과중은 2021년에 ‘델리웅’ 처리에서 150.6g으로 가장 높았고 2022년에는 ‘Chieftain’ 처리에서 116.3g으로 높게 나타나 연차 간 차이를 보였다. 120g 이상의 과실 생산 비율은 2021년에 ‘델리웅’, ‘보화’, ‘Chieftain’ 처리에서 모두 90% 이상으로 높았으나 2022년에는 ‘Chieftain’ 처리에서 41.6%로 가장 높았고 ‘보화’는 24.0%, ‘델리웅’은 20.2%로 상대적으로 낮아 연차 간 차이를 나타냈다. ‘SKK’2 처리는 2년 모두 다른 처리보다 10 – 15g 가량 과중이 낮았으며 120g 이상 과실 생산 비율도 가장 적었다. 건물물은 2021년에는 처리 간 차이가 없었으나 2022년에는 ‘SKK2’ 처리에서 가장 높았고 ‘보화’, ‘델리웅’, ‘Chieftain’ 순이었다.

가용성 고형물 함량은 2021년에 처리 간 차이가 없었으나 2022년에는 ‘Chieftain’ 처리에서 가장 높았고 ‘SKK2’, ‘보

**Table 1.** Fruit characteristics of kiwifruit ‘Sunfl’ following pollination with pollen of four different pollen donors.

Year	Pollen donor	Fruit setting rate <sup>z</sup> (%)	Fruit Weight (g)	Proportion >120g (%)	Dry matter content (%)	Soluble solids content (°Brix)	Titrateable Acidity (%)	Flesh Chromaticity (h°)
2021	SKK2 (4x)	97.3 ± 1.9	129.8 ± 1.3 c <sup>y</sup>	75.8	17.0 ± 0.5	15.3 ± 1.0	1.19 ± 0.22 a	95.4 ± 0.7 b
	Deliwoong (6x)	97.3 ± 1.4	150.6 ± 1.5 a	92.4	16.9 ± 0.6	15.5 ± 1.2	1.12 ± 0.20 a	95.9 ± 1.0 a
	Pohwa (6x)	96.8 ± 1.8	146.4 ± 1.4 b	91.8	17.2 ± 0.7	15.6 ± 1.0	0.95 ± 0.20 b	95.2 ± 1.6 b
	Chieftain (6x)	97.3 ± 1.7	147.2 ± 1.4 ab	92.3	16.9 ± 0.8	15.6 ± 1.3	0.91 ± 0.18 b	95.3 ± 1.2 b
Significance		ns	*		ns	ns	*	*
2022	SKK2 (4x)	98.0 ± 0.8	102.3 ± 3.6 c	9.5	17.4 ± 0.7 a	15.9 ± 0.8 ab	1.07 ± 0.09 a	93.8 ± 0.8 a
	Deliwoong (6x)	96.9 ± 1.7	108.9 ± 1.0 b	20.2	16.9 ± 0.6 b	15.6 ± 1.0 b	0.98 ± 0.19 a	93.3 ± 0.7 b
	Pohwa (6x)	98.3 ± 0.7	111.0 ± 1.0 ab	24.0	17.1 ± 0.5 ab	15.7 ± 0.9 ab	0.99 ± 0.07 a	93.7 ± 0.5 a
	Chieftain (6x)	98.1 ± 0.6	116.3 ± 1.5 a	41.6	16.8 ± 0.4 b	16.1 ± 0.8 a	0.85 ± 0.24 b	93.3 ± 0.8 b
Significance		ns	*		*	*	*	*

<sup>z</sup>Fruit setting rate and fruit weight are represented through mean±standard error since all fruits were investigated. The others are represented through mean ± standard deviation.

<sup>y</sup>Values within a column with different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ) by Duncan’s multiple range test.

화’, ‘델리웅’ 순이었다. 산 함량은 2년 모두 ‘Chieftain’ 처리에서 가장 낮게 나타났고 과육의 Hue angle은 2021년에는 96.0미만, 2022년에는 94.0 미만으로 황색이 잘 발현됨을 알 수 있었다.

종자수와 종자 무게 조사 결과(Table 2), 2년간의 결과를 고려했을 때, 성숙 종자 수는 ‘델리웅’ 처리에서 가장 많았으며 미숙 종자 수는 ‘Chieftain’ 처리에서 가장 많았다. 천립중은 ‘SKK2’ 처리에서 가장 무거웠고 ‘Chieftain’ 처리에서 가장 가벼웠다. 총 종자 수는 연차 간 차이가 있었으나 6배체 수분수인 ‘델리웅’, ‘보화’, ‘Chieftain’ 처리에서 모두 900립 이상으로 조사되었고 4배체 수분수인 ‘SKK2’ 처리에서는 900립

미만으로 가장 적은 것으로 조사되었다.

## 2. 수분수 종류에 따른 키위프루트 ‘감황’의 과실 품질과 종자의 발육 특성

네 가지 수분수를 이용해 ‘감황’ 인공수분한 결과, 착과율은 2년 모두 처리 간 차이가 없었으며 모든 처리에서 착과율이 97% 이상으로 높았다(Table 3).

과실 품질 조사 결과(Table 3), 2021년에는 ‘델리웅’ 처리에서 과중이 165.3g으로 가장 높았으며 120g 이상 과실 비율도 98.1%로 가장 높았다. ‘SKK2’ 처리는 2년간 과중이 낮고 120g 미만의 과실 비율이 높은 경향을 보였다. ‘보화’ 처리에서는

**Table 2.** Seed characteristics of kiwifruit ‘Sunfl’ following pollination with pollen of four different pollen donors.

Year	Pollen donor	Mature seed number	Immature seed number	Total seed number	1000-seeds weight <sup>2</sup> (g)
2021	SKK2 (4x)	814 ± 129 a <sup>y</sup>	26 ± 11 d	840 ± 134 b	1.85 ± 0.11 a
	Deliwoong (6x)	838 ± 121 a	74 ± 51 c	912 ± 133 a	1.92 ± 0.20 a
	Pohwa (6x)	782 ± 126 a	134 ± 101 b	916 ± 118 a	1.74 ± 0.19 b
	Chieftain (6x)	586 ± 233 b	356 ± 234 a	941 ± 99 a	1.30 ± 0.39 c
Significance		*	*	*	*
2022	SKK2 (4x)	882 ± 103 a	13 ± 12 c	895 ± 101 b	1.76 ± 0.10 a
	Deliwoong (6x)	915 ± 102 a	29 ± 25 c	944 ± 102 a	1.68 ± 0.14 b
	Pohwa (6x)	879 ± 113 a	55 ± 40 b	934 ± 113 ab	1.64 ± 0.13 b
	Chieftain (6x)	784 ± 158 b	140 ± 121 a	924 ± 158 ab	1.48 ± 0.20 c
Significance		*	*	*	*

<sup>2</sup>1000-seeds weight, investigated with total seed in a fruit.

<sup>y</sup>Values within a column with different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ) by Duncan’s multiple range test.

**Table 3.** Fruit characteristics of kiwifruit ‘Garmhwang’ following pollination with pollen of four different pollen donors.

Year	Pollen donor	Fruit setting rate <sup>2</sup> (%)	Fruit Weight (g)	Proportion >120g (%)	Dry matter content (%)	Soluble solids content (°Brix)	Titrateable Acidity (%)	Flesh Chromaticity (h°)
2021	SKK2 (4x)	98.3 ± 0.9	148.9 ± 2.2 bc <sup>y</sup>	89.3	19.2 ± 0.4 a	15.8 ± 0.9 c	1.33 ± 0.25 a	95.0 ± 1.1 a
	Deliwoong (6x)	100.0 ± 0.0	165.3 ± 1.8 a	98.1	18.8 ± 0.5 ab	16.6 ± 1.2 a	1.10 ± 0.23 b	94.9 ± 1.5 a
	Pohwa (6x)	99.5 ± 0.5	144.7 ± 2.0 c	85.9	18.7 ± 0.7 ab	16.1 ± 0.9 bc	1.19 ± 0.24 b	94.1 ± 1.8 b
	Chieftain (6x)	98.7 ± 0.7	152.3 ± 1.4 b	94.7	18.2 ± 1.7 b	16.3 ± 1.2 ab	1.29 ± 0.21 a	94.8 ± 1.5 a
Significance		ns	*		*	*	*	*
2022	SKK2 (4x)	98.6 ± 0.9	109.0 ± 1.2 bc	25.3	18.9 ± 0.8 a	16.5 ± 0.7 a	1.06 ± 0.12 a	93.8 ± 1.2 c
	Deliwoong (6x)	98.9 ± 1.1	112.6 ± 1.3 b	33.8	18.1 ± 0.4 b	15.9 ± 0.7 b	0.94 ± 0.07 c	95.2 ± 1.0 a
	Pohwa (6x)	97.2 ± 0.8	121.8 ± 1.8 a	45.5	18.5 ± 1.6 ab	16.3 ± 0.9 a	0.99 ± 0.08 bc	94.8 ± 1.1 ab
	Chieftain (6x)	98.8 ± 0.7	107.3 ± 1.2 c	22.8	18.5 ± 0.6 ab	15.8 ± 1.0 b	1.03 ± 0.09 ab	94.5 ± 1.0 b
Significance		ns	*		*	*	*	*

<sup>2</sup>Fruit setting rate and fruit weight are represented through mean ± standard error since all fruits were investigated. The others are represented through mean ± standard deviation.

<sup>y</sup>Values within a column with different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ) by Duncan’s multiple range test.

**Table 4.** Seed characteristics of kiwifruit ‘Garmhwang’ following pollination with pollen of four different pollen donors.

Year	Pollen donor	Mature seed number	Immature seed number	Total seed number	1000-seeds weight <sup>2</sup> (g)
2021	SKK2 (4x)	814 ± 129 a <sup>y</sup>	26 ± 11 d	840 ± 134 b	1.85 ± 0.11 a
	Deliwoong (6x)	838 ± 121 a	74 ± 51 c	912 ± 133 a	1.92 ± 0.20 a
	Pohwa (6x)	782 ± 126 a	134 ± 101 b	916 ± 118 a	1.74 ± 0.19 b
	Chieftain (6x)	586 ± 233 b	356 ± 234 a	941 ± 99 a	1.30 ± 0.39 c
Significance		*	*	*	*
2022	SKK2 (4x)	827 ± 108 b	29 ± 13 b	859 ± 114 b	1.55 ± 0.09 a
	Deliwoong (6x)	901 ± 103 a	24 ± 10 b	925 ± 101 a	1.55 ± 0.10 a
	Pohwa (6x)	741 ± 227 c	87 ± 66 a	827 ± 217 b	1.41 ± 0.27 b
	Chieftain (6x)	833 ± 94 b	89 ± 60 a	922 ± 79 a	1.49 ± 0.10 a
Significance		*	*	*	*

<sup>2</sup>1000-seeds weight, investigated with total seed in a fruit.

<sup>y</sup>Values within a column with different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ) by Duncan’s multiple range test.

2021년에 과중이 144.7g, 120g 이상 과실 비율도 85.9%로 가장 낮았으나 2022년에는 과중이 121.8g, 120g 과실 비율이 45.5%로 가장 높게 나타나 연차 간 상반된 결과를 나타냈다. ‘Chieftain’ 처리는 2022년에 가장 과중이 낮고 120g 미만 과실 비율이 가장 높았다. 건물률은 2년간 모든 처리에서 18% 이상으로 높게 조사되었으며 2년 모두 ‘SKK2’ 처리에서 가장 높았다. 가용성 고형물 함량은 2021년에는 ‘텔리웅’ 처리에서 2022년에는 ‘SKK2’와 ‘보화’ 처리에서 가장 높게 나타났다. 산 함량은 2년간 ‘SKK2’ 처리에서 가장 높았고 ‘텔리웅’ 처리에서 가장 낮았다. 과육의 Hue angle은 2년간 모든 처리에서 95.0 이하로 조사되었다.

종자의 형성도 조사 결과(Table 4), 총 종자 수는 2년간 ‘텔리웅’ 처리와 ‘Chieftain’ 처리에서 많은 것으로 나타났다. ‘텔리웅’ 처리는 성숙 종자가 2년간 가장 많고 미숙 종자는 가장 적었던 반면에 ‘Chieftain’ 처리는 미숙 종자가 가장 많았다. ‘SKK2’ 처리는 2년간 미숙 종자가 적은 경향을 보였다. ‘보화’ 처리는 다른 처리와 비교해 연차 간 차이가 있음을 알 수 있었다. 천립중은 2년간 ‘SKK2’와 ‘텔리웅’ 처리에서 높았다.

## 고 찰

키위프루트 과실 생산에서 인공수분은 방임수분과 비교해 착과율을 향상시켜 안정적인 결실을 도모한다(Chen 등, 2019). 본 연구에서 각 조합의 착과율은 모두 96% 이상으로 유의차가 없었다(Table 1과 3). 인공수분 처리는 만개 1일 전과 만개 1일 후에 실시하여 암술의 수정 능력이 유지되는 개화 후 3일 내에 마무리하였다(González 등, 1997). 따라서, 본 연구의 결과에 수분 시기의 영향은 없었으며 정상적인 수정이 이루어

진 것으로 판단된다. 키위프루트의 중간 수분에서 낮은 착과율은 흔히 나타나며 부모 조합에 따라 불화합성이 나타날 수 있다(Seal 등, 2013a). 그러나 Chen 등(2019)의 연구에서는 수분수 종과 배수성에 따라 착과율 변이가 크게 나타나며 일관된 경향은 없다고 하였다. Oh 등(2021)의 연구에서는 4배체 품종(‘한라골드’와 ‘스위트골드’)에 6배체 수분수(‘보화’와 ‘Chieftain’)를 사용했을 때, 착과율이 92% 이상으로 높았다. Lee 등(2023)의 연구에서도 4배체 품종(‘해금’과 ‘레드비타’)에 6배체 수분수(‘텔리웅’, ‘보화’와 ‘Chieftain’) 사용시 착과율이 90% 이상으로 나타났다. 위 연구들을 참고하면, ‘감황’과 ‘선플’은 4배체 품종으로 6배체 수분수와와의 화합성이 높아 착과율이 높았던 것으로 판단되며 ‘텔리웅’, ‘보화’ 등의 수분수는 국내 재배 품종과 화합성이 높아 재배 현장에서 문제 없이 사용될 수 있을 것으로 여겨진다.

키위프루트 과실의 등급은 주로 무게와 건물률로 결정되는데, 재배자들은 육안으로 쉽게 구별되는 대과 생산에 주력한다(Seal 등, 2013a; Qiu 등, 2020). 따라서, 그간 과실의 무게를 늘리기 위한 많은 연구가 수행되어왔다(Lawes 등, 1990; Blank 등, 1992; Qiu 등, 2020). 본 연구에서는 연차 간 과일 무게의 차이가 명확했다. 2021년에 수확된 과실이 2022년 과실보다 높은 무게를 보였다. 키위의 과중은 종자 수와 정의 상관관계를 보이며 수분수 종류에 따른 종자 형성의 차이가 과실 무게에 영향을 미칠 수 있다(Lawes 등, 1990; Seal 등, 2013a). 그러나 본 연구에서는 ‘감황’과 ‘선플’ 두 품종 모두 2년간 수분수 종류에 따른 총 종자 수의 차이는 미비하였다. 또한 2년간 종자 수는 과중 간 정의 상관관계를 보였기 때문에 시험기간 과중의 연차 간 변이는 수분수의 영향이 아닌 것으로 판단된다. 수분수 외에 키위 과일 무게에 관여하는 요인은 생육기

토양수분 관리, 재배 환경 등이 관여한다(Miller 등, 1998; Kwack 등, 2017). 본 연구에서는 2022년에 여름철 고온과 점무늬병 발생 등 외부 환경요인이 작용해 과중이 작았던 것으로 추정된다.

‘선플’에서는 4배체인 ‘SKK2’ 수분수 품종보다 6배체 품종을 처리했을 때 과중이 증가함을 알 수 있었다. ‘감황’에서는 2021년에는 ‘텔리옹’ 품종이 2022년에는 ‘보화’ 품종이 과중 증진에 효과가 있었으나 ‘SKK2’ 처리는 2년 모두 낮은 과중을 나타냈다. Seal 등(2013b)와 Seal 등(2018)의 연구를 참고하면 암 품종보다 높은 배수성의 수분수를 이용했을 때, 과중이 큰 경향을 보였다. 국내 육성 품종인 4배체 ‘한라골드’와 ‘스위트골드’ 품종에는 6배체 수분수를 쓰는 것이 대과 생산에 효과적이라는 보고가 있으며(Oh 등, 2021), ‘해금’과 ‘레드비타’에는 6배체 ‘Chieftain’ 수분수를 사용하는 것이 과중 증진에 우수하다는 보고가 있다(Lee 등, 2023). 따라서 본 연구의 결과는 위의 연구 결과와 일치하는 것으로 여겨진다. 종자수와 과중 간 상관관계를 고려해볼 때, ‘선플’에서는 6배체 수분수 품종 모두 총 종자 수가 많았고 ‘감황’에서는 6배체 수분수인 ‘텔리옹’ 품종에서 총 종자 수가 많았기 때문에 과중과 종자 수가 정의 상관관계를 보인다는 Seal 등(2016)의 연구 결과와 부합한다. 위 결과를 종합하면 키위프루트 ‘선플’과 ‘감황’ 품종의 과중 증진에 효과적인 꽃가루 품종은 6배체 수분수인 것으로 생각된다. 다만, ‘감황’에서 ‘보화’와 ‘Chieftain’의 수분수 품종은 연차 간 변이가 커 추가 시험이 필요할 것으로 판단된다.

키위프루트에서 건물물은 품질 평가에 사용되는 중요한 요소로 최근 국내에서는 수확의 기준으로 건물물을 활용하고 있다. 이 건물물은 후숙 후 당도의 예측지표로 활용되는데(Jordan 등, 2000), 키위프루트의 건물물은 주로 전분과 당으로 이루어져 있기 때문이다(Ridhardson 등, 1997). 따라서 높은 건물물은 높은 과실 품질을 보장하는 요소라고 할 수 있다. 본 연구에서 ‘선플’은 2022년에 ‘SKK2’ 처리에서 높은 건물물을 보였고 ‘감황’은 두 해 모두 ‘SKK2’ 수분 시 건물물이 높았다(Table 1과 3). Seal 등(2018)의 연구에서는 키위의 건물물과 종자 수는 약한 정의 상관관계를 가진다고 보고하였으며 Seal 등(2013b)은 2배체 ‘Hort16A’에서 높은 배수체의 수분수를 사용했을 때 건물물이 낮았으며 이는 미숙 종자의 비율이 높은 것으로 고찰했다. ‘선플’과 ‘감황’의 미숙 종자 수는 높은 배수체 수분수 처리구에서 많은 것으로 조사되었기 때문에(Table 2와 4) 상대적으로 건물물이 낮았던 것으로 판단되며 위의 연구결과와 일치하였다. 골드키위에서 수확 시 건물물의 최소 기준은 16%로 설정하고 있다(Harker 등, 2009). 하지만, 국내 재배 현장에서는 골드키위 품종의 고품질 과실 생산을 위해

그 기준을 16.7%–17.5% 수준에서 결정하고 있다. 이 기준을 참고했을 때, ‘선플’과 ‘감황’의 건물물은 제시한 수준 이상이므로 수분수 종류와 상관없이 고품질 과실 생산이 가능할 것으로 생각된다.

Seal 등(2018)은 과실 무게가 가용성 고형물 함량과 정의 상관( $r=0.46$ )이며 산 함량은 부의 상관( $r=-0.50$ )을 보인다고 언급했으며, Chen 등(2019)도 큰 과실이 가용성 고형물 함량이 높고 산 함량은 낮다고 하였다. 그러나 ‘선플’과 ‘감황’은 과중과 가용성 고형물, 산 함량 간 유의미한 상관관계를 나타내지 않았다. 이러한 결과는 국내육성 품종인 ‘한라골드’, ‘스위트골드’, ‘해금’ 그리고 ‘레드비타’에서도 동일하였다(Oh 등, 2021; Lee 등, 2023). 이러한 과실 품질에는 수분수 종류에 따른 과실 크기, 건물물 외에도 재배 및 수확 후 관리에 따라 달라질 수 있기 때문에 ‘선플’과 ‘감황’에서는 수분수에 의한 과실 품질 개선에는 한계가 있을 것으로 여겨진다. ‘스위트골드’에서 수확 시 Hue angle은 2배체 수분수 처리 시 가장 낮고 6배체 수분수 처리 시 높았던(Oh 등, 2021) 반면, ‘Hort16A’에서 높은 배수체의 수분수 처리에서 같은 2배체 수분수 처리보다 Hue angle이 더 높게 나타났다(Seal 등, 2013b). 하지만 본 연구에서는 ‘선플’과 ‘감황’은 수분수 종류에 상관없이 후숙 후 Hue angle 값이 모두 100 미만으로 과육의 황색이 잘 발현되었으며 배수체 간 상관관계도 없었다. 그러므로 수분수에 따른 과육색의 차이는 없는 것으로 여겨진다.

키위프루트에서 종자의 형성은 수분수에 따른 꽃가루 활력, 발아율, 화분관 신장 등 많은 변수가 있어 차이가 발생한다(Seal 등, 2013a). Seal 등(2013a)은 *A. chinensis* var. *chinensis* (2배체) 품종을 *A. chinensis* var. *deliciosa* (6배체) 품종으로 수분했을 때, 성숙 종자가 적다고 하였다. ‘Hort16A’에서는 *A. chinensis* var. *deliciosa* (6배체) 수분수 처리 시, 성숙 종자 비율이 18%로 아주 낮았다(Seal 등, 2013b). Lee 등(2023)의 연구에서 ‘레드비타’는 더 높은 6배체 수분수를 사용할 때, 미숙 종자가 많았다. Oh 등(2021)의 연구에서도 4배체 ‘한라골드’와 ‘스위트골드’가 6배체 수분수로 수분 시, 백립중이 낮게 나타나 미숙 종자 수가 많이 형성되는 것을 알 수 있었다. 위 연구들의 동일한 경향과 유사하게 ‘선플’과 ‘감황’ 모두 4배체 수분수 ‘SKK2’ 처리에서 미숙 종자가 적고 천립중이 무거웠다(Table 2와 4). 그러나 미숙 종자 수나 천립중과 다르게 총 종자 수는 두 품종 모두 6배체 수분수인 ‘텔리옹’ 품종에서 가장 많이 나타났으며 배수체 간 혹은 종간 차이는 확인할 수 없었다. 이는 암품종과 수분수의 교배 조합과 수분 및 수정 과정의 요인이 복합적으로 작용해 종자의 수와 충실도에 차이가 발생한 것으로 판단된다.

Seal 등(2013b)은 과중과 건물물이 키위 재배자들에게 경

제적으로 중요하다고 언급하며 약간의 건물물 감소보다 과중 증진의 경제적 효과가 더 크다고 하였다. Jeong 등(2018)과 Oh 등(2021) 그리고 Lee 등(2023)의 연구 모두 과중 증진에 효과가 높은 수분수 처리가 가장 적합한 수분수라 결론을 내렸다. 위 의견과 본 연구결과를 종합하면, 4가지 수분수 중 ‘선플’ 품종에는 ‘텔리웅’ 품종이, ‘감황’ 품종에는 ‘텔리웅’과 ‘보화’ 품종이 가장 경제적 효과가 큰 수분수라고 판단된다.

## 적 요

본 연구는 국내 육성 품종 ‘선플’과 ‘감황’ 과실 생산에 적합한 수분수를 선발하기 위해 ‘SKK2’, ‘텔리웅’, ‘보화’, ‘Chieftain’ 각각의 꽃가루로 인공수분하여 과실 품질과 종자의 발육을 조사하였다. 착과율은 두 품종이 모든 처리구에서 96% 이상이 었다. ‘선플’은 ‘텔리웅’ 처리에서 과중이 가장 높았고 2021년은 ‘보화’ 처리에서 2022년은 ‘Chieftain’ 처리에서 가장 낮았다. ‘감황’은 2021년에 ‘텔리웅’ 처리에서 2022년은 ‘Chieftain’ 처리에서 과중이 가장 높아 연차 간 차이를 보였다. ‘선플’의 과실 품질 조사 결과, 2022년에 건물물은 ‘SKK2’ 처리에서 가장 높고 가용성 고형물 함량은 ‘Chieftain’에서 가장 높았으며 2021년에는 처리 간 유의차가 없었다. ‘선플’의 총 종자수와 미숙 종자 수는 6배체 수분수 처리구에서 가장 많았고 천립 중은 4배체 수분수 처리구에서 무거웠다. ‘감황’의 과실 품질 조사 결과, 건물물과 산 함량은 2년 모두 ‘SKK2’ 처리에서 가장 높았고 가용성 고형물 함량은 연차 간 차이를 나타냈다. ‘감황’의 총 종자수와 성숙 종자 수는 ‘텔리웅’과 ‘Chieftain’ 처리에서 가장 많았고 미숙 종자 수는 ‘SKK2’ 처리에서 가장 적었다.

**추가 주제어:** 과육 색, 꽃가루, 생산성, 인공수분, 착과율

## 사 사

본 연구는 농촌진흥청 기관고유사업(과제번호: PJ01575901)의 지원에 의해 이루어진 것임.

## Literature Cited

- Blank R.H., A.C. Richardson, K. Oshima, R.E. Hampton, M.H. Olson, and T.E. Dawson 1992, Effect of a forchlorfenuron dip on kiwifruit fruit size. *New Zealand J Crop Hortic Sci* 20:73-78. doi:10.1080/01140671.1992.10422328
- Chen L., S.Y. Wang, M. Zhong, C.H. Huang, G.L. Liaom, and X.B. Xu 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 Hortic Sci* 47:155-169. doi:10.1080/01140671.2019.1616569
- González M.V., M. Coque, and M. Herrero 1997, Kiwifruit flower biology and its implications on fruit set. *Acta Hortic* 444:425-429. doi:10.17660/ActaHortic.1997.444.66
- Harker F.R., B.T. Carr, M. Lenjo, E.A. MacRae, W.V. Wismer, K.B. Marsh, M. Williams, A. White, C.M. Lund, S.B. Walker, F.A. Gunson, and R.B. Pereira 2009, Consumer liking for kiwifruit flavour: A meta-analysis of five studies on fruit quality. *Food Quality Preference* 20:30-41. doi:10.1016/j.foodqual.2008.07.001
- Jeong S.Y., K.U. Yi, E.U. Oh, S.W. Hyun, H.H. Kang, and K.J. Song 2018, Effect of pollen donor genotype and dilution ratio on the seed formation and fruit quality in yellow-fleshed kiwifruits. *J Korean Soc Int Agric* 30:106-112. (in Korean) doi:10.12719/KSIA.2018.30.2.106
- Jordan R.B., E.F. Walton, K.U. Klages, and R.J. Seely 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
- Kwack Y.B., H.L. Kim, M.H. Lee, H.C. Rhee, Y.S. Kwack, and Y.B. Lee 2017, Budbreak, floral bud and fruit characteristics of kiwifruit as affected by various windbreaks. *Korean J Environ Agric* 36:169-174. (in Korean) doi:10.5338/KJEA.2017.36.3.21
- Lawes G.S., D.J. Woolley, and R. Lai 1990, Seeds and other factors affecting fruit size in kiwifruit. *Acta Hortic* 282: 257-264. doi:10.17660/ActaHortic.1990.282.33
- Lee M.H., H.L. Kim, J.H. Joa, Y.B. Kwack, and J.G. Kim 2023, Differences in fruit and seed characteristics of kiwifruit ‘Haeguem’ and ‘Redvita’ affected by pollen donors. *Hortic Sci Technol* 41:584-594. (in Korean) doi:10.7235/HORT.20230050
- Lee M.H., S.C. Kim, Y.S. Cho, and H.L. Kim 2020, Agricultural technology guide 170: Kiwifruit. Ed 5. Rural Development Administration, Korea, pp 106-110.
- Lim K.H. 2004, Factors affecting hand pollination using pollen suspension of kiwifruit. PhD Dissertation, Chonnam National Univ., Gwangju, Korea.
- Lim K.H., W.S. Kim, and S.H. Lee 2014, Effect of artificial pollination, pollination time, and pollen bulking agent on seed formation and fruit quality in the shelter greenhouse cultivation of kiwifruit. *Prot Hortic Plant Fact.* 23:256-261. (in Korean) doi:10.12791/KSBEC.2014.23.3.256
- Miller S.A., G.S. Smith, H.L. Boldingh, and A. Johansson 1998, Effects of water stress on fruit quality attributes of kiwifruit. *Ann bot* 81:73-81. doi:10.1006/anbo.1997.0537
- Oh E.U., S.C. Kim, M.H. Lee, and K.J. Song 2022, Pollen application methods affecting fruit quality and seed formation in artificial pollination of tallow-fleshed kiwifruit. *Horticultrae*

- 8:150. doi:10.3390/horticulturae8020150
- Oh E.U., S.Y. Jeong, J.Y. Ki, and K.J. Song 2021, Response of fruit set and quality and seed formation to ploidy levels of pollen donor in yellow-fleshed kiwifruits. *Hortic Environ Biotechnol* 62:9-15. doi:10.1007/s13580-020-00293-z
- Qiu G.L., Q.G. Zhuang, Y.F. Li, S.Y. Li, C. Chen, Z.H. Li, Y.Y. Zhao, Y. Yang, and Z.B. Liu 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 A.C., K.J. Meaney, T.E. Dawson 1997, Carbohydrate dynamics in kiwifruit. *J Horticult Sci* 72:907-917. doi:10.1080/14620316.1997.11515583
- Seal A.G., C.J. Clark, K.R. Sharrok, H.N. Silva, P. Jaksons, and M.E. Wood 2018, Choice of pollen donor affects weight but not composition of *Actinidia chinensis* var. *chinensis* ‘Zesy002’ (Gold3) kiwifruit. *New Zealand J Crop and Horticult Sci* 46: 133-143. doi:10.1080/01140671.2017.1365732
- Seal A.G., J.K. Dunn, and Y.L. Jia 2013b, Pollen parent effects on fruit attributes of diploid *Actinidia chinensis* ‘Hort16A’ kiwifruit. *New Zealand J Crop Horticult Sci* 41:219-229. doi:10.1080/01140671.2013.803130
- Seal A.G., J.K. Dunn, H.N. De Silva, T.K. McGhie, and R.C.M. Lunken 2013a, Choice of pollen parent affects red flesh colour in seedlings of diploid *Actinidia chinensis* (Kiwifruit). *New Zealand J Crop Horticult Sci* 41:207-218. doi:10.1080/01140671.2013.803129
- Seal A.G., T. McGhie, H. Boldingh, J. Rees, A. Blackmore, P. Jaksons, and T. Machin 2016, The effect of pollen donor on fruit weight, seed weight and red colour development in *Actinidia chinensis* ‘Hort22D’. *New Zealand J Crop Horticult Sci* 44:1-12. doi:10.1080/01140671.2015.1100127