



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

석사학위논문

골드키위에서 꽃가루 품종과  
희석 비율이 종자 형성과  
과실 품질에 미치는 영향

제주대학교 대학원

원예학과

정승용

2018년 8월

골드키위에서 꽃가루 품종과  
희석 비율이 종자 형성과  
과실 품질에 미치는 영향

지도교수 송 관 정

정 승 용

이 논문을 농학 석사학위 논문으로 제출함.

2018년 6월

정승용의 농학 석사학위 논문을 인준함

심사위원장

박 수 국 교수님



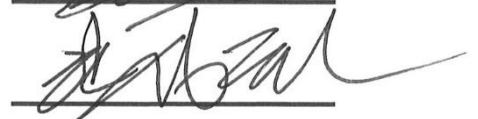
위 원

송 관 정 교수님



위 원

한 상 헌 교수님



제주대학교 대학원

2018년 6월



**Effect of Pollen Donor Genotype and Dilution Ratio  
on the Seed Formation and Fruit Quality in Yellow-  
fleshed Kiwifruits**

**Seung Yong Jeong**

(Supervised by professor **Kwan Jeong Song**, Ph D)

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement for the  
degree of Master of Science in Agriculture

2018. 6.

This thesis has been examined and approved.

DEPARTMENT OF HORTICULTURAL SCIENCE  
GRADUATE SCHOOL  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY

# 목 차

|   |     |
|---|-----|
| 목 차.....                                  | i   |
| List of Tables .....                      | ii  |
| List of Figures.....                      | iii |
| Abstract .....                            | iv  |
| <br>                                      |     |
| I. 서언.....                                | 1   |
| II. 재료 및 방법.....                          | 3   |
| 1. 식물재료.....                              | 3   |
| 2. 인공수분.....                              | 3   |
| 3. 암술 내 화분관 신장.....                       | 7   |
| 4. 과실 비대 및 품질 특성.....                     | 7   |
| 5. 종자 수 및 무게.....                         | 8   |
| 6. 통계분석.....                              | 8   |
| III. 결과 및 고찰.....                         | 9   |
| 1. 꽃가루 품종이 과실 품질 및 종자 형성도에 미치는 영향.....    | 9   |
| 2. 꽃가루 희석 비율이 과실 품질 및 종자 형성도에 미치는 영향..... | 15  |
| IV. 결론.....                               | 20  |
| V. 초록.....                                | 22  |
| 인용문헌.....                                 | 23  |
| 감사의 글.....                                | 27  |

# LIST OF TABLES

|   |    |
|---|----|
| Table 1. Pollen viability of three different pollen genotypes by staining methods using FDA and 1% I <sub>2</sub> KI. ....    | 6  |
| Table 2. Fruit quality and seed formation according to pollen donor in three kiwifruits.....                                  | 13 |
| Table 3. Fruit quality and seed development by artificial pollination with differently diluted in 'Enza Gold' kiwifruit. .... | 18 |

# LIST OF FIGURES

- Fig. 1. Pollen viability of 'Chieftain' tested by FDA(A) and 1% I<sub>2</sub>KI(B) staining solution. V: viable pollen; Nv: non-viable pollen.....5
- Fig. 2. Pollen tube growth in the pistils of 'Halla Gold' (HG), 'Sweet Gold' (SG) and 'Enza Gold' (EG) pollinated by the dry pollen of two different pollen donor genotypes. DAP; days after pollination. Scale bar indicates 100 $\mu$ m..... 12
- Fig. 3. Changes of fruit size of 'Halla Gold' (HG), 'Sweet Gold' (SG) and 'Enza Gold' (EG) pollinated by the dry pollen of two different pollen donor genotypes..... 14
- Fig. 4. Pollen tube growth in the pistils of 'Enza Gold' pollinated with imported pollen from China diluted at 4 different ratios. DAP; days after pollination. Scale bar indicates 100 $\mu$ m..... 17
- Fig. 5. Changes of fruit size of 'Enza Gold' kiwifruit pollinated with four different pollen dilution ratios..... 19

## ABSTRACT

The study was carried out to evaluate the effect of pollen donor genotype and pollen dilution ratio on fruit quality and seed formation in three yellow-fleshed kiwifruits including 'Halla Gold', 'Sweet Gold', and 'Enza Gold'. Analysis of pollen tube growth indicated that pollen tubes penetrated into ovules through style 2 or 3 days after artificial pollination, but there was a little bit of difference in the number of pollen tubes penetrating into ovule depending on pollen donor genotypes and dilution ratio. Pollen tube growth of 'Bohwa' was better than 'Chieftain' in 'Halla Gold' and 'Sweet Gold', whereas opposite tendency was observed in 'Enza Gold'. The number of pollen tubes penetrating into ovules was the lowest in 20X pollen dilution. Pollination with 'Bohwa' increased the fresh weight, dry matter and size of fruits than that with 'Chieftain' in all three cultivars. Seed number showed a similar tendency to fruit weight and dry matter in 'Halla Gold' and 'Sweet Gold', but opposite tendency was shown in 'Enza Gold'. The fresh weight, dry matter and size of fruits were higher in 1-10X compared to those of fruits from 20X dilution and were little affected by dilution ratio. Seed number and 100-seeds weight showed similar tendency to fresh weight and dry matter.



## I. 서 언

키위(Kiwifruit)는 다래나무과(Actinidiaceae) 다래나무속(*Actinidia*)에 속하는 다년생 덩굴성 낙엽과수이다. 키위의 원생지는 중국이며, *A. deliciosa*와 *A. chinensis* 두 종이 상업적으로 재배되고 있다(Huang et al., 2004). 키위의 기본 염색체수는  $X=29$ 로서 종 또는 품종에 따라서 2배체부터 8배체까지 다양하며(Seal et al., 2013a), 배수성에 따라 과실크기, 과육색, 과피털, 그리고 환경 내성 등이 달라진다(Li et al., 2010). *A. deliciosa*는 6배체이나, *A. chinensis*는 2배체 또는 4배체이다.

키위는 1920년대 이후 뉴질랜드에서 ‘Hayward’ 품종이 보급되면서 상업적 재배가 시작되어 재배역사가 비교적 짧은 편이다(Ferguson, 1999). 전 세계적으로 키위 재배면적 및 생산량은 꾸준히 증가해 왔고, 2015년에는 264천 ha에서 4,150천 톤이 생산되었다. 주요 생산국은 전세계 생산량의 50% 이상을 생산하는 중국을 비롯하여 이탈리아와 뉴질랜드 등이며, 우리나라는 전세계 생산량의 0.2%를 차지하고 있다(FAO, 2015). 국내에서 키위는 제주 지역과 남해안 일대에서 주로 재배되어 2015년 현재 재배면적 1,333ha, 생산량 25,159톤에 이르고 있는데, 제주지역은 311 ha, 8,554 톤이 생산되고 있다(JSSGP, 2017). 세계적으로 주요 품종은 녹색의 ‘Hayward’ (*A. deliciosa*)로, 우리나라에서도 키위 총 재배면적의 85%를 차지하고 있으며(Park, 2009, 그 외에 황색 및 적색 등의 과육색을 가진 유색 품종(*A. chinensis*)이 일부 재배되고 있으며 점차 증가하고 있다(Moon et al., 2012).

키위는 자웅이주 식물로 상업적 재배를 위해서는 인공 수분이 필수적이며 매우 중요하다. 인공수분에 사용되는 꽃가루는 친화성, 활력, 발아력, 화분관 신장,

그리고 수정률 등 여러 요인에 따라 종자 형성에 크게 영향을 미친다(Seal et al., 2013b). 일반적으로 과실 내 종자 형성도에 따라 과실의 크기가 달라지며(Hopping, 1976; Vasilakakis et al., 1997), 피조아(Patterson, 1990), 선인장배(Babera et al. 1994) 등에서도 같은 결과를 내는 것으로 보고되었다. 그러나 종자 수와 과실 크기와의 관계는 매우 복잡하여 품종에 따라서도 상관 정도가 다르며(Lawes et al., 1990), 화분친, 수령 및 착과수에 의해 달라질 수 있다(Seal et al., 2017; Hopping, 1990).

최근 꽃가루 수입이 뉴질랜드, 중국, 호주 등 여러 국가에서 이루어지고 화분친의 품종도 다양해지고 있다. 그러므로 화분친의 종류 및 배수성이 종자 형성에 영향을 미쳐 과실 크기 및 당도 등 품질에도 크게 영향을 줄 가능성이 있다. 그러나 국내에서는 아직까지 이에 대한 연구가 보고된 바가 없다. 뿐만 아니라, 키위 재배 농가에서는 경영비를 줄이기 위해 관행적으로 꽃가루와 석송자(Lycopodium powder)를 혼합하여 사용해 오고 있다. 그러나 혼합비율에 따른 과실특성, 특히 종자 형성은 아직 보고되지 않았다.

따라서 본 연구는 제주지역에서 재배되고 있는 황색계통 키위 3품종에서 꽃가루 품종과 희석 비율이 과실 품질 및 종자 형성에 미치는 영향을 알아보고자 수행되었다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 식물재료

제주특별자치도 제주시에 위치한 농가의 무가온 하우스에서 재배되고 있는 7년생 ‘Halla Gold’ (*A. chinensis*), 4년생 ‘Sweet Gold’ (*A. chinensis*) 및 3년생 ‘Enza Gold’ (*A. chinensis*)를 사용하였다. 전정, 적화, 적과, 시비, 병해충 관리 등은 키위 재배법에 준하여 수행되었다.

### 2. 인공수분

국내 육성품종인 ‘Bohwa’ (*A. deliciosa*)와 뉴질랜드에서 육성된 ‘Chieftain’ (*A. deliciosa*), 그리고 농가에서 일반적으로 사용하고 있는 중국산 수입 꽃가루 (상업적 화분, 품종 미상)를 인공수분에 사용하였다. ‘Bohwa’와 ‘Chieftain’은 제주 지역의 키위 재배농가에서 전년도에 자체 조제하여 냉동보관 중인 것을, 중국산은 전년도 생산의 꽃가루를 농가가 봄에 수입하여 냉동보관 중인 것을 각각 분양 받았으며, 이들 꽃가루는 사용 전 Fluorescein diacetate (FDA)와 1% I<sub>2</sub>KI 염색법 (Pok et al., 2015)을 이용하여 활력검사를 수행하였다. FDA 와 1% I<sub>2</sub>KI 염색법은 각각 에스테라제 활성과 전분함량에 의해 활력을 확인할 수 있는 방법으로 알려져 있다 (Liu et al., 2004). FDA 염색방법은 꽃가루가 활력이 있을 경우 밝은 형광색을 보이는 반면, 활력이 없으면 어둡게 나타난다. 1% I<sub>2</sub>KI 염색법은 활력이 있을 경우 진한 갈색을 보이며, 활력이 낮거나 없으면 황색으로 염색되거나 염색이 되지 않는다 (Fig. 1). FDA 염색방법은 70%, 1% I<sub>2</sub>KI 염색방법은 85% 이상의 활력을 나타내었다 (Table 1).

인공수분은 모든 품종에서 만개 후 2일째에 수행하였다. ‘Halla Gold’ 와 ‘Sweet Gold’ 는 2016년 5월 7일에 각각의 3그룹으로부터 나무당 6개 결과지를 선정하여 인공수분 하였다. ‘Bohwa’와 ‘Chieftain’ 꽃가루로 인공수분을 하였다. ‘Enza Gold’ 는 2017년 4월 26일에 5그룹으로부터 나무당 3개의 결과지를 선정하여 인공수분 하였다. 인공수분은 석송자(Lycopodium powder)를 혼합한 후 인공수분기(PS-100, Jeju Bio Tech Co., Korea)를 사용하여 실시하였다. 꽃가루 품종의 처리에서는 1:10으로 혼합하였고, 희석 비율 처리에서는 1:0, 1:5, 1:10 및 1:20으로 혼합하여 사용하였다.

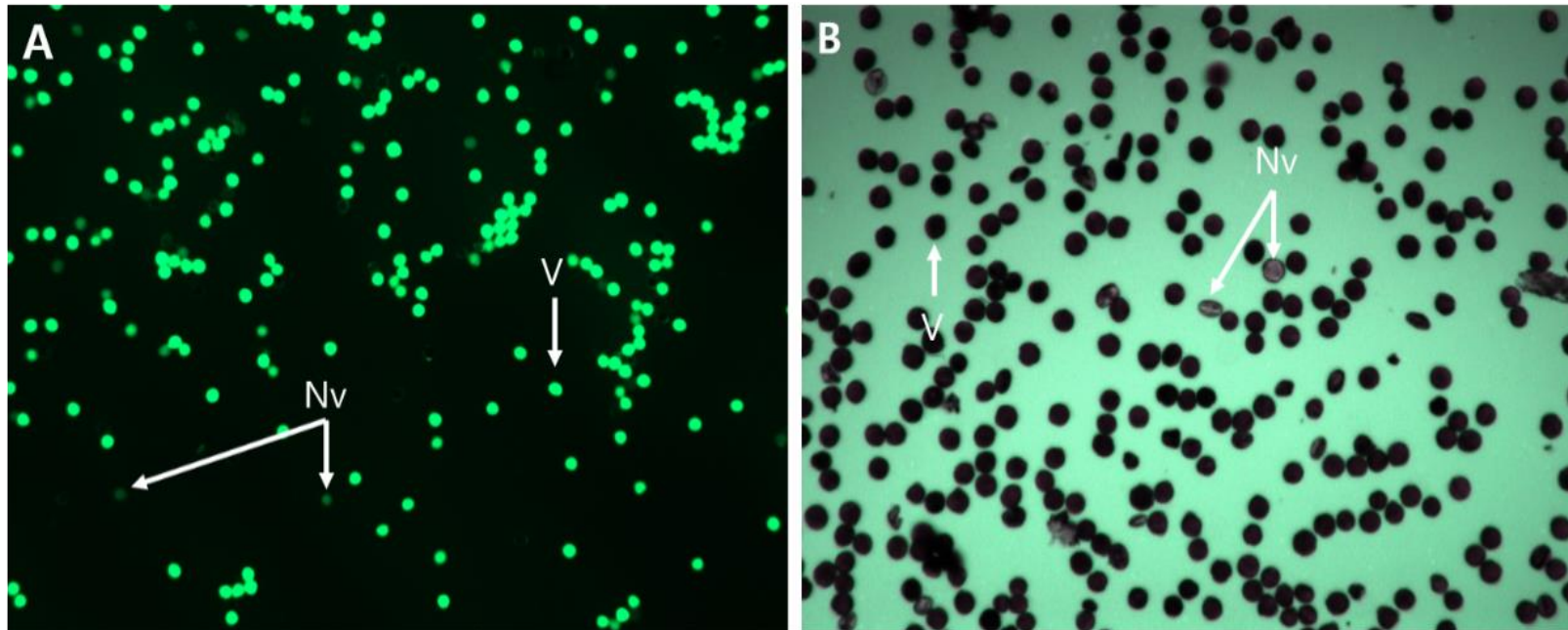


Fig. 1. Pollen viability of 'Chieftain' tested by FDA (A) and 1% I<sub>2</sub>KI (B) staining solution. V: viable pollen; Nv: non-viable pollen.

Table 1. Pollen viability of three different pollen genotypes by staining methods using FDA and 1% I<sub>2</sub>KI.

| Pollen genotype   | I <sub>2</sub> KI (%)  | FDA (%)   |
|-------------------|------------------------|-----------|
| Bohwa             | 86.3±0.8c <sup>z</sup> | 72.8±0.6c |
| Chieftain         | 91.6±0.4a              | 81.4±0.7a |
| Commercial pollen | 89.0±0.5b              | 77.6±0.7b |

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan' s multiple range test at 5% level.

### 3. 암술 내 화분관 신장

인공수분 처리 별 암술 내 화분관 신장을 관찰하기 위하여, 2016년에는과 인공수분 1일 후부터 2일 간격으로 총 5회, 2017년년에는 인공수분 1, 2, 3일 후에 암술을 채취하여 FAA (formalin : acetic acid : 70% ethanol, 1 : 1 : 18, v/v/v) 용액으로 조직을 고정한 후 4℃에 보관하여 사용하였다(Distefano et al., 2009). 고정된 시료는 증류수로 15분간 침지세척을 4회 반복 후, 2N NaOH 용액으로 60℃에서 60~90분동안 연화 처리한 다음, 다시 증류수로 15분간 침지세척을 4회 실시하였다. 연화된 시료는 0.1% aniline blue를 이용하여 상온, 암조건 하에서 24시간 동안 염색하였다(Yang et al., 2008). 염색된 시료는 4% agar(Agarose LE, Biomedic Co., Korea)를 이용하여 블록을 만든 후, vibratome(Series 1000, The Vibratome Co., US)을 이용하여 7 $\mu$ m 두께의 절편을 만들어 슬라이드 글라스에 올리고 커버 글라스를 덮어 형광현미경(Leica DMRBE, Leica Co., Germany)으로 관찰하였다.

### 4. 과실 비대 및 품질 특성

‘Halla Gold’, ‘Sweet Gold’, 그리고 ‘Enza Gold’ 과실 비대양상을 확인하기 위해 수분 처리 별로 30과씩, 수분 후 30일부터 180일까지 30일 간격으로 디지털 버니어캘리퍼스(Absolute digimatic, Mitutoyo Co., Japan)를 사용하여 종경과 횡경을 조사하였다.

‘Halla Gold’, ‘Sweet Gold’, 그리고 ‘Enza Gold’의 과실 숙기(각각 만개 후 177일, 185일 및 183일)에 처리 별로 12개의 과실을 수확하여 과중, 건물률, 당도, 산도, 경도, 색도를 측정하였다. 과중은 수확 직후 전자저울(EL-2000S, Setra Inc., USA)로 측정하였다. 건물률은 과실의 적도부분을 2~3mm 두께로

절편을 내어 생체중을 측정 후 60°C에서 24시간 건조한 다음 건물중을 측정하여 생체중에 대한 건물중의 비율로 계산하였다(Burden et al., 2016). 당도와 산도는 수확 직후 과즙을 내어 디지털당산분석기(GMK-707R, G-won Co., Korea)를 사용하여 측정하였다. 경도는 과실의 중간 부위에서 과피를 1mm 두께로 벗긴 후 경도계(FHM-5, Takemura Co., Japan)를 사용하여 직각으로 두 번 측정 후 평균값을 기록했다. (Burden et al., 2017). 색도는 과실 중간 부위에서 과피를 2~3mm 두께로 벗긴 후 색차계(CR-400 chroma meter, Minolta Co., Japan)로 측정하였다.

## 5. 종자 수 및 무게

‘Halla Gold’와 ‘Sweet Gold’는 각각 만개 후 177일과 185일에 처리 별로 12개의 과실을, ‘Enza Gold’는 만개 후 183일에 처리 별로 10개의 과실을 이용하였다. 과실에서 분리한 종자는 세척, 건조하여 종자계수기(Countador, Pfeuffer GmbH Co., Germany)를 이용하여 계수하였다. 종자무게는 전자저울(EL-2000S, Setra Inc., USA)을 사용하여 측정한 후 100립중으로 나타냈다.

## 6. 통계분석

통계분석은 SPSS프로그램(SPSS version 18, IBM SPSS software Inc., USA)를 이용하여 꽃가루 품종 처리에서 대해서는 t 검정으로 유의성을 검정하였고, 희석 비율 처리에서는 F 검정으로 유의성 검정한 후 Duncan’s multiple range test로 평균간 유의성을 비교하였다.



### Ⅲ. 결과 및 고찰

#### 1. 꽃가루 품종이 과실 품질 및 종자 형성도에 미치는 영향

꽃가루 품종에 따른 수정과정의 양상을 살펴보기 위하여 인공수분 후 암술내 화분관 신장을 관찰하였다(Fig. 2). ‘Halla Gold’, ‘Sweet Gold’ 및 ‘Enza Gold’에 ‘Bohwa’와 ‘Chieftain’ 꽃가루를 수분시켰을 때, 수분 후 1일째에 화분관이 암술머리를 지나 암술대를 따라 신장되고 있음을 확인할 수 있었다. 수분 후 3일째에는 암술대에서 화분관 수의 증가를 확인하였다. ‘Enza Gold’에서 ‘Chieftain’과 ‘Bohwa’의 화분관은 수분 후 3일째에 밑씨에 도달하기 시작했으나, ‘Bohwa’의 경우 화분관의 수는 확연히 적었다. 이러한 차이는 ‘Enza Gold’의 종자 수 형성에 영향하였을 것으로 판단되었다(Table 2).

수분수 품종에 따른 ‘Halla Gold’, ‘Sweet Gold’ 그리고 ‘Enza Gold’의 수확기 과실의 품질 및 종자 형성 특성은 Table 2과 같다. ‘Halla Gold’, ‘Sweet Gold’ 및 ‘Enza Gold’의 생체중과 건물률은 ‘Chieftain’ 보다는 ‘Bohwa’ 꽃가루로 수분하였을 때 높았으나, 모두 통계적 유의성은 없었다. 종자 수에 있어서는 ‘Enza Gold’를 제외하고는 ‘Bohwa’로 수분하였을 때 ‘Chieftain’보다 더 높게 나타났다. ‘Halla Gold’와 ‘Sweet Gold’는 종자 수가 많을수록 생체중 및 건물률이 높은 경향을 나타낸 반면, ‘Enza Gold’는 반대의 결과를 나타냈다. 키위에서 과실품질, 특히 생체중은 종자 수보다 종자 무게와 더 상관이 높다고 보고된 바 있다(Lawes et al., 1990). 그러므로 ‘Enza Gold’에 ‘Chieftain’으로 수분했을 때, 화분관 신장이 좋아 종자의 형성은 증가하였으나 종자의 충실도가 떨어져서 과실의 생체중과 건물률이 낮게 나타나는 것으로 추정되나, 이에 대해서는 추가적인

연구가 필요하다.

당도는 'Halla Gold'를 제외한 두 품종에서는 'Chieftain'보다 'Bohwa'로 인공 수분 하였을 때 높은 경향을 보였으나 유의적인 차이는 없었다. 산도와 경도는 'Enza Gold'의 경도를 제외하면 'Bohwa'로 수분했을 때 'Chieftain'보다 높았으나 처리간 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 색차계에 의한 L값은 명도를 나타내는 지표로서 3품종 모두에 'Bohwa'로 수분 했을 때 'Chieftain' 보다 높은 경향을 보였지만, 'Enza Gold'를 제외하면 유의적인 차이는 없었다. a값은 빨간색과 녹색의 정도를 나타내는 지표로서 'Halla Gold'에서는 'Chieftain'을 처리 했을 때, 'Sweet Gold'와 'Enza Gold'에서는 'Bohwa'를 처리했을 때 낮은 경향을 보였다. b값은 노란색과 파란색을 나타내는 지표로서 높을수록 노란색을 나타내기 때문에 황색계통 키위에서 품질을 나타내는 주요 색도이다. b값은 'Sweet Gold'에서 유의적인 차이는 없었으며, 다른 두 품종에서는 'Bohwa'로 수분 했을 때 'Chieftain'보다 b값이 더 높았다. 이러한 색도에서의 차이는 품종 간 성숙의 차이에 의한 것으로 판단되었다. 키위에서는 색차계의 L, a, b값 보다는 색도의  $h^{\circ}$  값이 성숙의 지표로 이용되고 있는데, 낮을수록 과실성숙이 더 진행된 것으로 알려져 있다(Seal et al., 2013b). 그러므로 'Halla Gold'에 'Bohwa'로 수분 했을 때, 'Chieftain'보다 건물률은 높지만 당도가 낮았던 것은  $h^{\circ}$ 값을 고려하면 과실 성숙이 덜 이루어졌기 때문인 것으로 판단되었다.

수분수 품종에 따른 과실비대 양상은 Fig. 3 과 같다. 만개 후 50~60일은 과실비대가 급격하게 이루어지는 시기로 알려져 있다(Lim, 2016). 세 품종 모두에서 수분 60일 후에 최종 과실 크기의 85% 이상을 보였으며, 그 후에는 수분 후 180일 까지 완만한 성장을 나타내었다. 'Halla Gold', 'Sweet Gold', 그리고 'Enza Gold' 모두에서 'Bohwa'로 수분하였을 때가 'Chieftatin'으로 수분 하였을

때 보다 종경과 횡경이 더 큰 양상을 보였으나 두 꽃가루간 유의적인 차이는 없었다. ‘Halla Gold’와 ‘Sweet Gold’에서는 종자 수가 많은 수분수 품종이 과실비대도 잘 되는 양상을 보였으나 , ‘Enza Gold’의 경우에는 반대의 모습을 나타냈다 . 이는 생물중과 종자 수의 관계처럼 , ‘Enza Gold’에 ‘Chieftatin’으로 수분했을때 종자의 충실도가 감소하였을 것으로 사료된다 .

이상의 결과로 ‘Halla Gold’, ‘Sweet Gold’ 및 ‘Enza Gold’ 재배에 보다 더 적합한 꽃가루는 생체중과 건물률 그리고 과실비대에서 높은 경향을 나타낸 ‘Bohwa’로 판단되었다. 본 연구에 사용된 수분수 2품종은 6배체의 *A. deliciosa*로 배수성은 동일하더라도 4배체의 *A. chinensis* 암마누 3품종과의 친화성이 다름을 보여주었다. 그러나 농가에서는 꽃가루 구입 비용을 우선적으로 고려하여 품종과 배수성을 알 수 없는 꽃가루를 사용하고 있는 실정이다. 또한 ‘Hongyang’과 같은 2배체의 레드 계통 품종의 재배면적도 증가할 전망이어서 재배품종과 화분친의 배수성이 종자 형성과 과실 품질에 어떤 영향을 미치는지 상세히 연구할 필요성이 제기되고 있다.

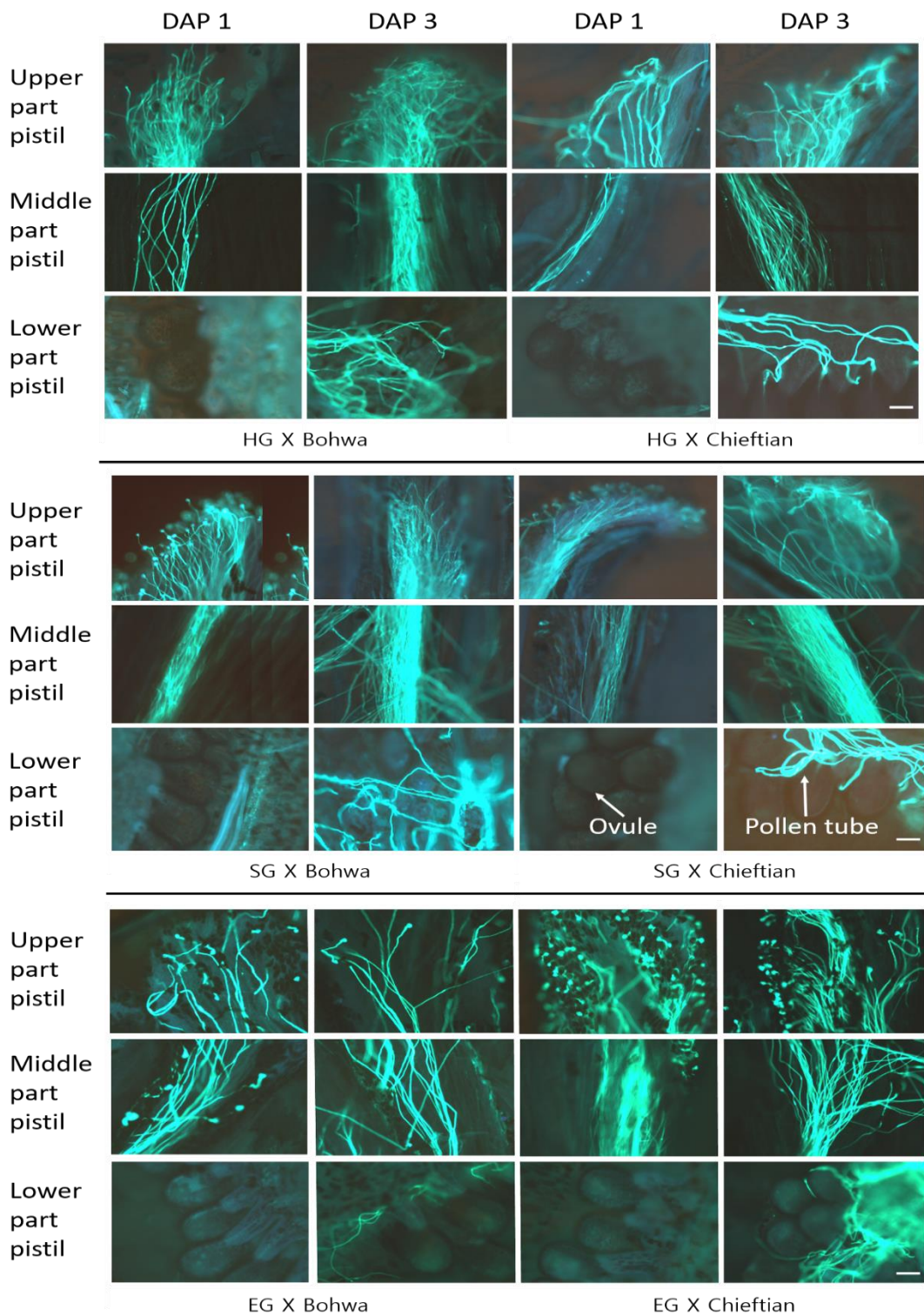


Fig. 2. Pollen tube growth in the pistils of ‘Halla Gold’ (HG), Sweet Gold’ (SG) and ‘Enza Gold’ (EG) pollinated with the dry pollen of two different pollen donor genotypes. DAP: days after pollination. Scale bar indicates 100 $\mu$ m.

Table 2. Fruit quality and seed formation according to pollen donor in three kiwifruits.

| Cultivar   | Pollen donor | Fresh weight (g) | Dry matter (%) | Soluble solids (°Brix) | Titrable acid (%) | Firmness (kg/5mm $\emptyset$ ) | Flesh chromaticity |                 |                |                       | Seed number      |
|------------|--------------|------------------|----------------|------------------------|-------------------|--------------------------------|--------------------|-----------------|----------------|-----------------------|------------------|
|            |              |                  |                |                        |                   |                                | L                  | a               | b              | <i>h</i> <sup>a</sup> |                  |
| Halla Gold | Bohwa        | 123.7 $\pm$ 3.0  | 14.1 $\pm$ 1.5 | 7.5 $\pm$ 0.2          | 1.7 $\pm$ 0.1     | 2.8 $\pm$ 0.1                  | 63.0 $\pm$ 0.5     | -7.1 $\pm$ 0.4  | 23.2 $\pm$ 0.3 | 103.9 $\pm$ 0.6       | 456.6 $\pm$ 25.7 |
|            | Chieftain    | 113.0 $\pm$ 4.1  | 13.8 $\pm$ 0.2 | 8.4 $\pm$ 0.4          | 1.6 $\pm$ 0.0     | 2.8 $\pm$ 0.1                  | 62.1 $\pm$ 0.8     | -5.3 $\pm$ 0.5  | 21.1 $\pm$ 0.5 | 101.7 $\pm$ 0.8       | 395.5 $\pm$ 28.7 |
|            | Significance | * <sup>z</sup>   | ns             | ns                     | ns                | ns                             | ns                 | *               | *              | *                     | *                |
| Sweet Gold | Bohwa        | 99.9 $\pm$ 5.1   | 19.0 $\pm$ 0.4 | 11.7 $\pm$ 0.3         | 1.6 $\pm$ 0.1     | 3.0 $\pm$ 0.1                  | 70.3 $\pm$ 1.9     | -10.2 $\pm$ 0.9 | 35.1 $\pm$ 0.5 | 106.8 $\pm$ 1.1       | 864.3 $\pm$ 25.2 |
|            | Chieftain    | 95.9 $\pm$ 6.9   | 18.6 $\pm$ 0.3 | 11.1 $\pm$ 0.4         | 1.6 $\pm$ 0.0     | 2.8 $\pm$ 0.1                  | 71.8 $\pm$ 0.8     | -11.6 $\pm$ 0.7 | 35.5 $\pm$ 0.5 | 108.0 $\pm$ 1.0       | 695.8 $\pm$ 40.9 |
|            | Significance | ns               | ns             | ns                     | ns                | ns                             | ns                 | ns              | ns             | ns                    | *                |
| Enza Gold  | Bohwa        | 83.5 $\pm$ 0.4   | 17.8 $\pm$ 0.3 | 10.5 $\pm$ 0.2         | 2.5 $\pm$ 0.2     | 2.6 $\pm$ 0.1                  | 68.0 $\pm$ 1.1     | -9.3 $\pm$ 0.4  | 28.6 $\pm$ 0.4 | 104.3 $\pm$ 0.6       | 405.3 $\pm$ 16.9 |
|            | Chieftain    | 75.0 $\pm$ 0.9   | 15.4 $\pm$ 0.2 | 10.3 $\pm$ 0.2         | 2.4 $\pm$ 0.1     | 2.9 $\pm$ 0.1                  | 60.1 $\pm$ 1.4     | -10.9 $\pm$ 0.6 | 26.0 $\pm$ 0.6 | 108.1 $\pm$ 0.9       | 715.1 $\pm$ 20.9 |
|            | Significance | *                | *              | ns                     | ns                | ns                             | *                  | ns              | *              | *                     | *                |

<sup>z</sup>Mean separation within columns by T-test at 5% level.

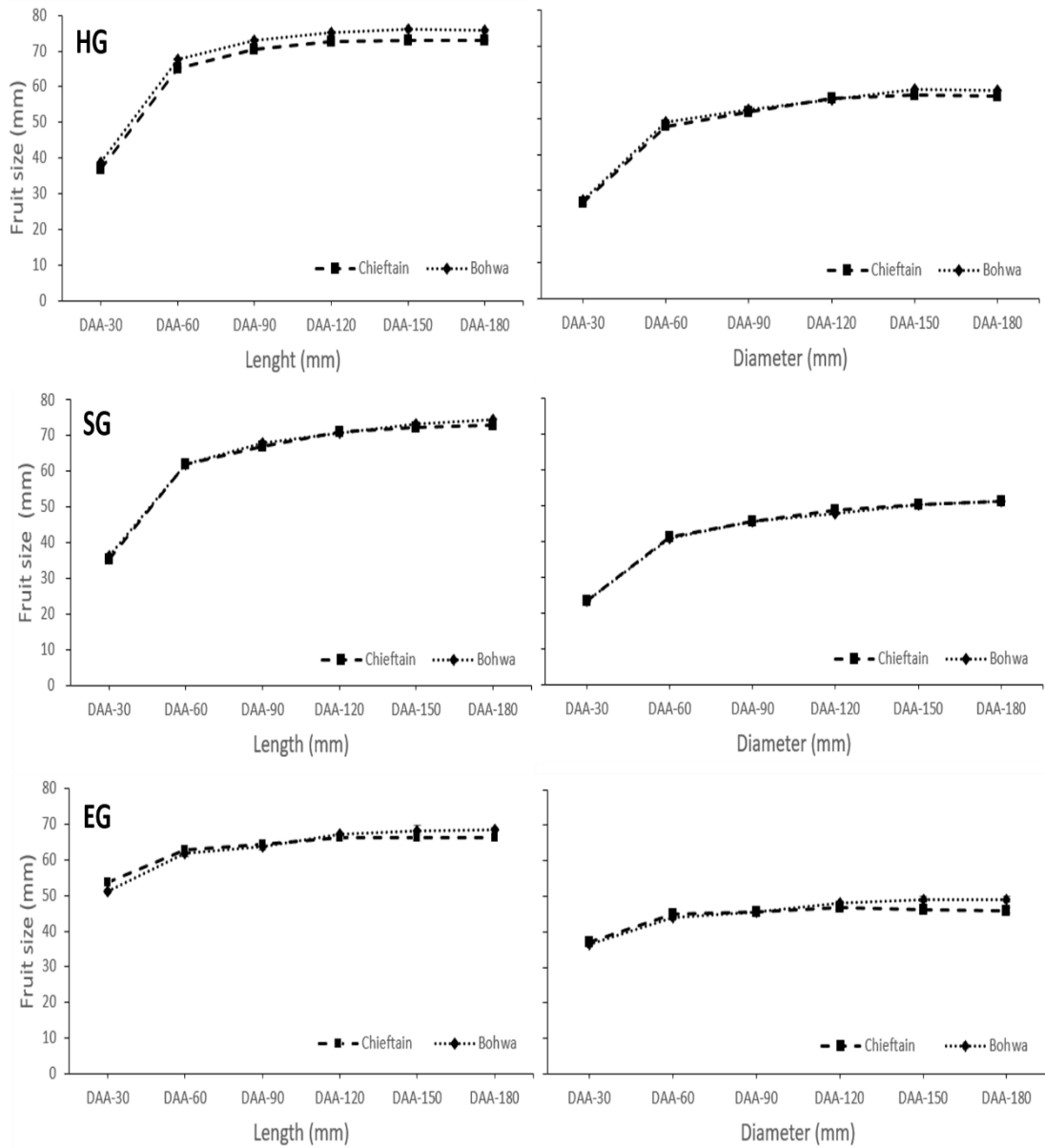


Fig. 3. Changes of fruit size of 'Halla Gold' (HG), 'Sweet Gold' (SG) and 'Enza Gold' (EG) pollinated by the dry pollen of two different pollen donor genotypes.

## 2. 꽃가루 희석 비율이 과실 품질 및 종자 형성도에 미치는 영향

꽃가루 희석 비율에 따른 'Enza Gold'의 화분관 신장 양상은 Fig. 4와 같다. 인공수분 후 1일째에 화분관이 암술머리를 지나 암술대를 따라 신장하였으며, 2일째에 1, 5 및 10배 희석 처리에서는 화분관이 밑씨에 침투하기 시작하였고, 3일째에 그 수가 증가하였다. 그러나 20배 희석처리에서는 다소 늦은 수분 3일째에 화분관이 밑씨에 도달하기 시작하였으며, 그 수도 적은 편이었다. 이는 높은 꽃가루 활력에도 불구하고 석송자 혼합 비율이 높아짐에 따라 꽃가루의 양이 충분하지 못하여 나타나는 것으로 생각되었다. 키위의 화분관 신장에 관한 보고는 조금씩 다르게 알려져 있다. Jerram(1979)는 키위의 'Hayward' 품종에서 수분 7시간 후 암술대를 뚫고 들어가기 시작하여, 31시간 후 암술대의 끝에 도달하고, 약 40시간 정도 후에 밑씨에 들어가 수정이 시작되는 것으로 보고하였다. 그러나 González & Coque(1995)는 수분 2일 후 화분관이 암술대의 끝에 도달하고, 수분 3일 후에 밑씨에 도달한다고 보고하였다. 이러한 차이는 꽃가루의 활력 또는 친화성에 따라 다를 것으로 판단되었다. 본 연구에서는 희석 배수에 상관없이 따라 수분 2일 또는 3일 후에 모두 밑씨에 도달하였으나, 꽃가루의 적정수가 확보되지 못하면 수정이 충분치 못하게 되어 종자 수가 적어질 수 있을 것으로 생각되었다.

꽃가루 희석 비율에 따른 'Enza Gold'의 수확기 과실 품질 및 종자 형성 특성은 Table 3과 같다. 과중, 종자 수 및 100립중를 함께 고려하면 꽃가루의 희석이 1~10배일 때는 거의 차이가 없는 편이나 20배 희석 처리에서는 과중 및 종자 형성이 크게 감소하는 경향이였다. 건물률은 희석 비율의 1, 10, 20, 5배 순으로 높았으나, 20배와 5배 처리 간에 유의성은 없었다. 당도는 희석 비율간 유의적인 차이는 없었으나, 10배 희석 처리에서 가장 높은 경향을 보였다. 산도는

10배 희석 처리에서 가장 높았다. 경도는 꽃가루 희석 비율 간에 유의적인 차이는 없었다. 색도의 b값은 10배 희석 처리에서 가장 높았고 h°값은 10배 희석 처리에서 가장 낮았다.

꽃가루 희석 비율에 따른 과실비대 양상은 Fig. 5와 같다. 종경과 횡경 모두에서 10배, 1배, 5배, 20배 순으로 작게 나타났으며, 20배는 유의적이게 작은 값을 나타냈다. 과실비대 양상을 종자 형성도와 비교해 보았을 때, 과실비대가 가장 적은 20배에서는 종자 수 및 100립중에서도 유의적이게 낮은 값을 보여, 과실비대가 잘 되기 위해서는 종자의 충실도가 중요한 것으로 판단되었다.

‘Enza Gold’ 품종의 인공수분 결과, 10배 이하의 적절한 양의 석송자를 꽃가루와 혼합하여 사용하는 것이 농가 경영비 절감에 도움이 될 것으로 판단된다. 그러나 꽃가루 품종에 따라 친화성이 달라지기 때문에 품종에 따른 적정 꽃가루 희석 비율에 대해서는 추가적인 연구가 필요하다.



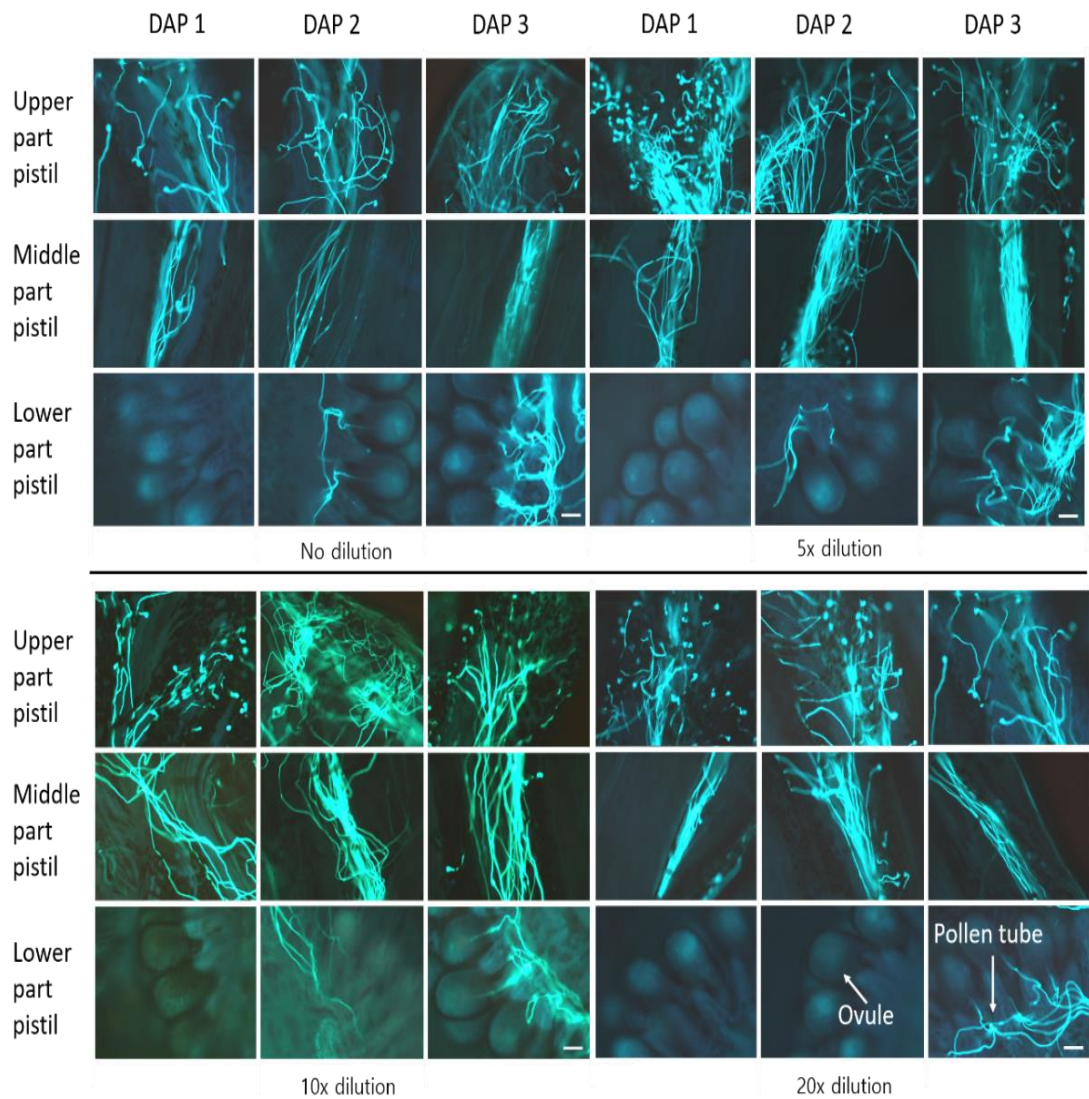


Fig. 4. Pollen tube growth in the pistils of 'Enza Gold' pollinated with imported pollen from China diluted at 4 different ratios. DAP: days after pollination. Scale bar indicates 100 $\mu$ m.

Table 3. Fruit quality and seed development by artificial pollination with differently diluted pollen in ‘Enza Gold’ kiwifruit.

| Pollen donor                                    | Pollen dilution ratio (v/v) | Fresh weight (g)             | Dry matter (%)  | Soluble solids (°Brix) | Titrable acid (%) | Firmness (kg/5mm $\emptyset$ ) | Flesh chromaticity |                 |                 |                       | Seed number        | 100-seeds weight (mg) |
|---|-----------------------------|------------------------------|-----------------|------------------------|-------------------|--------------------------------|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|
|   |                             |                              |                 |                        |                   |                                | L                  | a               | b               | <i>h</i> <sup>o</sup> |                    |                       |
| Commercial pollen from China (unknown cultivar) | 1 : 0                       | 79.2 $\pm$ 0.7b <sup>z</sup> | 20.1 $\pm$ 0.2a | 10.2 $\pm$ 0.2a        | 2.5 $\pm$ 0.1b    | 2.6 $\pm$ 0.1a                 | 68.2 $\pm$ 0.9a    | -7.1 $\pm$ 0.3a | 27.4 $\pm$ 0.5b | 101.6 $\pm$ 0.3b      | 608.7 $\pm$ 18.2ab | 26.0b                 |
|   | 1 : 5                       | 78.4 $\pm$ 0.4b              | 16.3 $\pm$ 0.1c | 10.3 $\pm$ 0.4a        | 2.4 $\pm$ 0.1b    | 2.7 $\pm$ 0.1a                 | 69.5 $\pm$ 0.5a    | -8.8 $\pm$ 0.3b | 28.8 $\pm$ 0.3a | 103.5 $\pm$ 0.4a      | 661.6 $\pm$ 20.9a  | 26.0b                 |
|   | 1 : 10                      | 82.6 $\pm$ 1.5a              | 17.9 $\pm$ 0.2b | 10.9 $\pm$ 0.5a        | 3.0 $\pm$ 0.1a    | 2.9 $\pm$ 0.1a                 | 68.3 $\pm$ 0.8a    | -7.5 $\pm$ 0.3a | 29.1 $\pm$ 0.4a | 101.3 $\pm$ 0.4b      | 609.9 $\pm$ 14.5ab | 27.0a                 |
|   | 1 : 20                      | 68.1 $\pm$ 0.8c              | 16.5 $\pm$ 0.1c | 10.4 $\pm$ 0.2a        | 2.6 $\pm$ 0.1b    | 2.8 $\pm$ 0.1a                 | 61.8 $\pm$ 1.7b    | -8.7 $\pm$ 0.5b | 25.9 $\pm$ 0.7c | 103.5 $\pm$ 0.7a      | 589.7 $\pm$ 31.6b  | 22.0c                 |

<sup>z</sup>Mean separation within columns by Duncan’s multiple range test at 5% level.

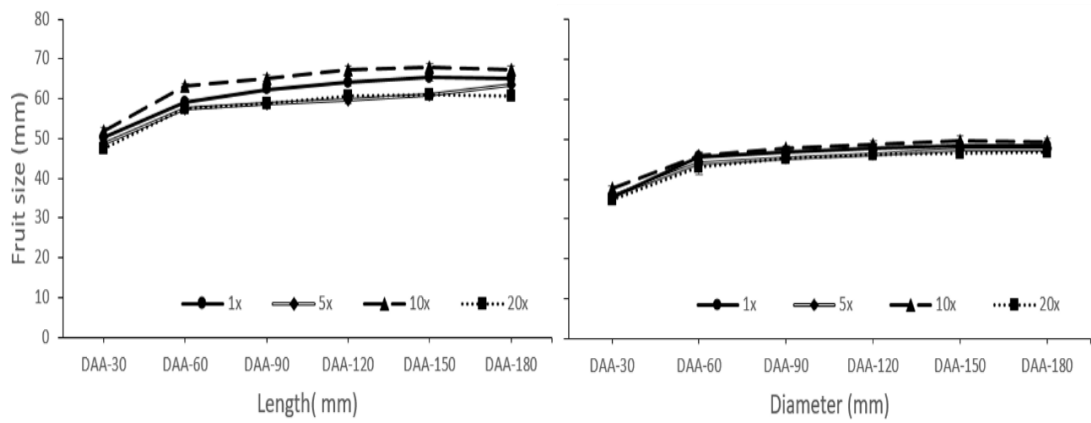


Fig. 5. Changes of fruit size of 'Enza Gold' kiwifruit pollinated with four different pollen dilution ratios.

## IV. 결 론

본 연구는 키위 ‘Halla Gold’, ‘Sweet Gold’, 및 ‘Enza Gold’ 품종에서 꽃가루 품종 및 희석 비율이 과실 품질 및 종자 형성에 미치는 영향을 분석하고자 수행하였다.

수분수 품종에 따른 암술 내 화분관 신장은 3품종 모두에서 인공수분 3일 후에 밑씨에 도달하여 결합하였다. ‘Halla Gold’, ‘Sweet Gold’는 화분관 신장이 좋은 ‘Bohwa’가 종자 수, 과중, 건물률 및 과실비대에서 높은 값을 보였다. 그러나 ‘Enza Gold’에서는 화분관 신장이 좋은 ‘Chieftain’이 종자 수에서는 높은 값을 보였지만, 과중, 건물률 및 과실비대에서는 ‘Bohwa’로 수분했을 때 보다 낮게 나타났다. 이는 ‘Enza Gold’와 ‘Chieftain’간에 친화성이 부족하여 종자의 충실도가 낮아져 나타나는 것으로 추정되나, 이에 대해서는 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

‘Enza Gold’에서 중국산 수입 꽃가루 희석 비율에 따른 암술 내 화분관 신장은 1배, 5배, 10배는 수분 2일 후에 밑씨에 도달한 반면, 20배는 수분 3일 후에 밑씨에 도달하였으며, 그 수도 육안관찰에 있어 적게 나타났다. 이러한 현상은 석송자의 혼합 비율이 높아짐에 따라 꽃가루의 양이 충분하지 못한 것으로 생각된다. 과중 및 건물률은 1~10배에서는 큰 차이 없이 높은 편이었으나 20배에서는 가장 낮은 경향이었으며, 종자 수 및 100립중도 유사한 경향을 보였다.

본 연구에 사용된 암나무 3품종은 4배체의 *A. chinensis* 이며, 수분수 2품종은 6배체의 *A. deliciosa*로 배수성이 동일하더라도 친화성이 다를

보여주었다. 그러나 농가에서는 꽃가루 구입 비용을 우선적으로 고려하여 꽃가루 품종 및 배수성이 불분명한 꽃가루를 사용하고 있는 실정이다. 또한 포장에서 품종과 배수성이 다양화되고 있어 단순한 품종의 친화성에서 벗어나 배수성의 영향에 대해서 보다 상세히 연구할 필요성이 제기되고 있다. 뿐만 아니라, 꽃가루 품종에 따라 친화성이 달라지기 때문에 품종에 따른 적정 꽃가루 희석 비율에 대해서도 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

## V. 초 록

본 연구는 제주지역 무가온 플라스틱 하우스에서 재배되고 있는 ‘Halla Gold’, ‘Sweet Gold’ 및 ‘Enza Gold’에 대하여 꽃가루 품종과 희석 비율이 과실 품질 및 종자 형성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 수행하였다. 암술 내 화분관 신장은 인공수분 2일 또는 3일 후에 밑씨에 도달하여 결합하는데, 그 양상은 꽃가루 품종과 희석 비율에 따라 차이가 있었다. ‘Halla Gold’ 와 ‘Sweet Gold’ 의 화분관 신장에 있어서는 ‘Bohwa’가 ‘Chieftain’ 보다 좋았으나, ‘Enza Gold’에서는 반대의 경향을 보였다. 꽃가루 희석 비율에 따른 화분관 신장에서는 20X가 다소 낮은 경향이였다. ‘Hall Gold’ , ‘Sweet Gold’ 그리고 ‘Enza Gold’ 에서 과중, 건물률 및 과실 크기는 ‘Bohwa’로 수분했을 때 높게 나타났다. ‘Halla Gold’ 와 ‘Sweet Gold’의 종자 수는 과중 및 건물률과 비슷한 경향이였으나, ‘Enza Gold’에서는 반대의 경향을 나타냈다. 꽃가루 희석 비율에 따른 과중, 건물률 및 과실크기는 1-10배에서 큰 차이가 없이 높은 편이나 20배 에서는 유의적이게 낮았으며, 종자 수 및 100립중도 유사한 경향이였다.

## 인 용 문 헌

- Bae KS, Kim TC** (2002) Effect of the number of pollinated styles on the pollen tube growth and fertilization in ‘Niitaka’ pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai). J Kor Soc Hort Sci 43:613-616
- Barbara G, Inglese P, La Mantia T** (1994) Seed content and fruit characteristics in cactus pear (*Opuntia ficus-indica* Mill). Sci Hortic 58:161-165
- Burdon J, Pidakala P, Martin P, Billing D** (2017) Softening of ‘Hayward’ kiwifruit on the vine and in storage: The effects of temperature. Sci Hortic 220:176-182
- Burdon J, Pidakala P, Martin P, Billing D, Bolding H** (2016) Fruit maturation and the soluble solids harvest index for ‘Hayward’ kiwifruit. Sci Hortic 213:193-198
- Denny JO** (1992) Xenia includes metaxenia. HortScience 27:722-728
- Distefano G, Casas GL, Malfa SL, Gentile A, Tribulato E** (2009) Pollen tube behavior in different mandarin hybrids. J Amer Soc Hort Sci 134:583-588
- Ferguson AR** (1999) Kiwifruit cultivars: Breeding and selection. Acta Hortic 498:43-51
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)** (2015) FAOSTAT database collections
- González MV, Coque M** (1995) Stigmatic receptivity limits the effective pollination period in kiwifruit. J Amer Soc Hort Sci 120:199-202

- Hopping ME** (1976) Effect of exogenous auxins, gibberellins, and cytokinins on fruit development in Chinese gooseberry (*Actinidia chinensis* Planch.) New Zealand J Bot 14:69-75
- Hopping ME** (1990) Floral biology, pollination, and fruit set. pp 71-96. *In* Warrington IJ, Weston GC eds, Kiwifruit: Science and management. New Zealand Soc Hort Sci
- Hopping ME, Simpson LM** (1982) Supplementary pollination of tree fruits. New Zeal J Agri Res 25:245-250
- Huang H, Wang Y, Zhang Z, Jiang Z, Wang S** (2004) *Actinidia* germplasm resources and kiwifruit industry in China. HortScience 39:1165-1172
- HÜlskamp M, Schneitz K, Pruitt RE** (1995) Genetic evidence for a long-range activity that directs pollen tube guidance in Arabidopsis. Plant Cell 7:57-64
- Jalikor SH, and Kumer R** (2007) Pseudo-xenic effect of allied *Annona* spp. pollen in hand pollination of cv. 'Arka Sahan' [(*A. cherimola* x *A. squamosa*) x *A. squamosa*]. HortScience 42:1534-1538
- Jeju Special Self-Governing Province (JSSGP)** (2017) JSSGP statistical yearbook 2016
- Jerram EM** (1979) Pollination of kiwifruit (*Actinidia chinensis* Planch): Stigma-style structure and pollen tube growth. New Zealand J Bot 17:233-240
- Lawes GS, Woolley DJ, Lai R** (1990) Seeds and other factors affecting fruit size in kiwifruit. Acta Hort 282:257-264
- Li D, Zhong C, Liu Y, Huang H** (2010) Correlation between ploidy level and fruit



- characters of the main kiwifruit cultivars in China: implication for selection and improvement. *New Zealand J Crop Hort sci* 38:137-145
- Lim C K** (2016) Fruit quality and vegetative growth response to canopy management practices in 'Jecy Gold' kiwifruit(Doctoral dissertation). Jeju National University
- Liu HY, Xu CG, Zhang Q** (2004) Male and female gamete abortions, and reduced affinity between the uniting gametes as the causes for sterility in an indica/japonica hybrid in rice. *Sex Plant Reprod* 17:55-62
- Moon DG, Kim CH, Kim SC, Son D, Joa JH, Seong KC, Jung HC, Lim HC, Lee YJ** (2012) Kiwifruit quality of 'Jecy Gold' as affected by soil types in Jeju island. *J Agri Life Sci* 46(6):17-24
- Nishikawa SI, Zinkl GM, Swanson RJ, Maruyama D, Preuss D** (2005) Callose ( $\beta$ -1,3 glucan) is essential for Arabidopsis pollen wall patterning, but not tube growth. *BMC Plant Biol* 5:22
- Patterson KJ** (1990) Effects of pollination on fruit set, size, and quality in feijoa (*Acca sellowiana* (Berg) Burret). *New Zealand J Crop Hort sci* 18:127-131
- Pok P, Oh EU, Yi KU, Kang JH, Ko BY, Kim HB, Song KJ** (2015) Characterization of microspore development and pollen tube growth response to self and cross pollination in Jeju old local citrus species. *Hort Environ Biotechnol* 56:225-232
- Park YS** (2009) Storability of new kiwifruit cultivar bred in Korea. *Kor J Hort Sci* 27:123-127

- Richardson AC, Boldingh HL, McAtee PA, Gunaseelan K, Luo Z, Atkinson RG, David KM, Burdon JN, Schaffer RJ (2011) Fruit development of the diploid kiwifruit, *Actinidia chinensis* 'Hort 16A'. BMC Plant Biol 11:182
- Salinero MC, Vela P, Sainz MJ (2009) Phenological growth stages of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* 'Hayward'). Sci Hort 121:27-31
- Seal AG, Dunn, JK, Jia YL (2013a) Pollen parent effects on fruit attributes of diploid *Actinidia chinensis* 'Hort 16A' kiwifruit. New Zealand J Crop Hort Sci 41:219-229
- Seal AG, Dunn JK, Silva HNDe, McGhie TK, Lunken RCM (2013b) Choice of pollen parent affects red flesh colour in seedlings of diploid *Actinidia chinensis* (kiwifruit). New Zealand J Crop Hort Sci 41:207-218
- Seal AG, Clark CJ, Sharrock KE, Silva HNDe, Jacksoms P, Wood ME (2017) Choice of pollen donor affects weight but not composition of *Actinidia chinensis* var. *chinensis* 'Zesy002' (Gold3) kiwifruit. New Zealand J Crop Hort Sci 46:133-143
- Vasilakakis M, Papadopoulos K, Papageorgiou E (1997) Factors affecting the fruit size of 'Hayward' kiwifruit. Acta Hort 444:419-424.
- Yang HB, Lee SC, Kim SL, Lee MS, Lee JH, Kim TC, Kim YG, Song K J (2008) Fertilization and seed formation by artificial pollination of tea (*Camellia sinensis*). J Kor Tea Soc 14(2):169-176

## 감사의 글

2년여 간의 석사학위 과정 동안 많은 도움과 응원을 해주신 분들에게 부족하지만 짧은 지면으로나마 감사의 뜻을 전하고자 이 글을 적습니다. 먼저, 논문의 처음 연구계획에서부터 완성될 때까지 학문적 기틀을 잡아주시고 가르침을 베풀어 주셨던 송관정 지도교수님께 감사의 인사를 드립니다. 뿐만 아니라, 학부 시절부터 학위과정을 마치기 까지 많은 가르침과 조언을 해주신 강훈 교수님, 한상헌 교수님, 조영열 교수님, 박수국 교수님께도 감사드립니다.

같은 길을 걷고 있는 사람이 있다는 것, 그것이 석사과정 동안 얼마나 큰 힘이 되었는지 모릅니다. 실험을 하는데 있어 많은 도움을 주신 이경욱 박사님, 오은의 누나를 비롯하여 2년이 넘는 시간 동안 많은 시간을 함께한 과수육종연구실 학우들에게 감사의 말을 전합니다.

학위 과정을 하는 동안 옆에서 항상 응원해주던 소중한 나리에게 고마움의 뜻을 전하며, 마지막으로 항상 부족한 아들을 사랑으로 믿어주시는 아버지와 어머니에게 가장 감사드립니다.

이외에도 미처 기명하지 못한 많은 분들께 진심으로 감사의 뜻을 전하며 이러한 도움이 빛나도록 앞으로도 최선을 다하겠습니다.