

비가림 시설재배에서 인공수분, 수분시기 및 화분증량제가 참다래의 종자형성과 과실특성에 미치는 영향

임경호^{1,3} · 김월수^{2,4} · 이상현^{4,*}

¹농촌진흥청 국립원예특작과학원, ²전남대학교 농업생명과학대학 원예학과,
³전라남도 농업기술원, ⁴전남대학교 농업과학기술연구소

Effect of Artificial Pollination, Pollination Time, and Pollen Bulking Agent on Seed Formation and Fruit Quality in the Shelter Greenhouse Cultivation of Kiwifruit

Kyeong-Ho Lim^{1,3}, Wol-Soo Kim^{2,4}, and Sang-Hyun Lee^{4,*}

¹Pear Research Station, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Naju 520-821, Korea

²Department of Horticulture, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea

³Jeollanam-do Agricultural Research & Extension Services, Naju, Jeollanam-do 520-715, Korea

⁴Institute of Agriculture Science and Technology, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea

Abstract. This study was carried out to determine the effect of the artificial pollination on fruit set, seed formation and fruit quality in kiwifruit and to confirm the effective pollination time for optimal fruit set in the shelter greenhouse cultivation. Also, the effect of artificial pollination practice by the pollen diluent solution was tested. By artificial pollination, fruit set, seed formation, and fruit quality was improved both in the open field condition and in the shelter greenhouse cultivation. In order to find the effective pollination period (EPP), artificial pollination was carried out every day until 7 days after full bloom. Number of seeds and fruit set rate and fruit growth of kiwifruit were no significantly different until 4 days after full bloom (DAFB), but, those of kiwifruit from 5 DAFB significantly decreased. Consequently, the effective pollination period of kiwifruit in the shelter greenhouse was 4 days after full bloom. Also, artificial pollination by the pollen diluent solution was showed the similar fruit set and fruit quality compare to that by lycopodium powder. Accordingly, artificial pollination by the pollen diluent solution should be very effective practice for labor saving in kiwifruit cultivation.

Additional Key words : Actinidia deliciosa, effective pollination period (EPP), fruit-set; 'Matua', open field

서 언

참다래는 겨울철 동해피해의 위험이 비교적 낮은 남부 해안지대에 국한되어 재배되고 있는 과수로 참다래 신초는 바람의 세기가 10m/s 이상이면 찢어지거나 기저부가 절손되지만 평균적으로 20m/s 이상에서는 잎이 찢어지고 가지부러짐이 발생하기 때문에 태풍피해 감소대책으로 과원에 참다래 시설재배가 시도되고 있다.

참다래 시설재배에 설치되는 네트는 방화곤충의 접근을 제한할 수 있어 방화곤충을 이용한 노지재배에 비해서 수분환경이 불량할 수 있다. 따라서, 기후환경, 방화

곤충의 밀도, 물리적인 방해등과 같이 수분환경이 좋지 않을 경우 수행되는 인공수분은 참다래 생산성에 미치는 영향이 크다고 할 수 있다.

인공수분의 기간은 암술머리의 화분감수성, 화분관의 신장력, 그리고 배주의 지속성에 의해 결정되기 때문에 (Sanzol과 Herrero, 2001) 재배환경 및 품종에 따라 큰 차이를 나타내고 있다. 포도 '거봉'의 비가림재배에서는 인공수분 6시간 후에 주두상 화분립 수와 화주 내 화분관 수가 많아져 수정 가능성이 높아졌으며 (Song과 Ko, 1999), 서양배의 경우 유효수분기간이 3~13일 정도로 큰 편차를 나타냈으며 낮은 온도에서는 기간이 연장되나 높은 온도에서는 유효수분기간과 착과율이 감소되었다 (Vasilakakis와 Poringis, 1985). 따라서, 환경변화에 따라 달라질 수 있는 유효수분기간을 확인하는 것은 중요하다고 할 수 있다.

최근 참다래 재배에서 시도되고 있는 화분현탁액을 이

*Corresponding author: watercore@hanmail.net

Received March 10, 2014; Revised April 17, 2014;

*Accepted September 22, 2014

용한 인공수분은 단시간 내에 많은 면적을 수분할 수 있어 효과적인 방법으로 제시되고 있기 때문에 석송자를 증량제로 이용하여 수분하는 방법과의 차이를 구명할 필요가 있다.

본 연구는 참다래 시설재배에서 인공수분이 착과 및 과실품질에 미치는 영향과 시설재배에 따른 유효수분기간을 확인하고자 수행하였다. 또한 최근 참다래 재배농가들에서 많이 수행되고 있는 현탁액을 이용한 인공수분의 효과를 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

시험재료

시험 수는 전라남도 해남에 있는 전라남도농업기술원 과수연구소 노지재배 및 시설재배 포장에 식재된 ‘Hayward’ (*Actinidia deliciosa*) 참다래 6년생을 이용하였다. 시설재배는 농촌진흥청 표준시설(폭 5.5m, 동고 5.5m, 측고 4.3m)로 지붕은 PE필름으로 피복하였고, 측면은 나일론 재질의 10×10mm 규격의 네트를 측벽에 피복한 비가림시설을 이용하였다.

인공수분용 화분채취 및 수분

인공수분용 화분은 참다래 ‘Matua’ 꽃을 개화 1일전에 채취하여 약채취기(MK-600, Mitsuwa, Japan)로 화기에서 약을 분리한 다음 약정전기(KBS-6, Mitsuwa, Japan)로 이물질을 제거하고 분리된 약을 흑색의 두꺼운 종이에 산과한 상자를 화분개약기(M-600D, Mitsuwa, Japan)에서 24시간동안 약을 개약 시킨 후 아세톤(99.8%, Fluka)을 이용 화분을 추출한 후 아세톤을 휘발시키고 화분을 수집하여 사용하였다. 화분증량제로는 시중에 판매되고 있는 석송자(Mitsuwa, Japan)를 구입하여 사용하였다.

인공수분을 위한 화분과 증량제의 혼합은 밀봉하여 냉동(-15°C) 보관된 화분과 구입한 ‘석송자’를 1:10의 부피 비로 혼합하여 사용하였다. 인공수분은 증량제와 혼합된 화분을 수동분사기를 이용하여 수행하였다.

인공수분 효과

참다래 시설재배와 노지재배 시험포장의 수분수 배치는 ‘Hayward’와 ‘Matua’ 참다래가 8:1 비율이었다. 노지재배 포장은 수분을 위하여 사육한 꿀벌에 의해 수분이 이루어지도록 하였다.

시험구는 노지재배에서 방화곤충 처리구와 인공수분 처리구 그리고 시설재배에서 자연방임 처리구와 인공수분 처리구로 이루어졌다. 시험구배치는 난괴법 3반복으로 3주씩을 1반복으로 처리구 당 9주씩 총 36주가 사용되었다.

유효수분기간

인공수분을 위한 최적시기를 확인하기 위하여 꽃잎이 퍼져 암술이 확실하게 나타났을 때를 개화된 꽃이라고 하고 처리구별로 ‘Hayward’ 참다래 꽃의 개화일지를 기록하면서 개화당일, 1일, 2일, 3일, 4일, 5일, 그리고 6일 후 ‘Hayward’ 꽃에 ‘Matua’ 화분과 석송자 혼합분말을 주당 100화씩 인공수분 하였다.

현탁액을 이용한 인공수분

증량제 종류가 착과와 과실품질에 미치는 영향을 구명하기 위하여 ‘석송자’를 이용한 수분은 전술한 방법으로 실시하였고, 현탁액을 이용한 수분은 수분현탁액(Kiwipollen, New Zealand)을 구입하여 증류수로 50배 희석한 현탁액에 ‘Matua’ 품종의 화분을 4gL⁻¹으로 희석하여 개화 2일 후부터 2일 간격으로 3회 수동식 분무기를 이용하여 주당 100mL씩 인공수분하였다. 시험구는 난괴법 3반복으로 처리구당 3주씩 처리하였다.

과실특성

착과율은 수분 후 30일에 각각의 처리구에서 주당 100개의 화총을 선정하고 착과수를 조사하여 처리화수로 나누어 백분율로 표기하였고, 과실크기는 착과된 상태에서 종경과 횡경을 조사하여 과형지수(종경/횡경)로 표현하였고 과실의 종지수는 평균과중의 과실을 처리구당 10개씩 채취하여 조사하였다.

수확기 과실의 품질조사를 위하여 11월 5일에 처리구 당 20과씩 3반복으로 수확하였다. 수확직후 각각 과실의 중량을 측정하여 과중분포를 계산하였다. 이후 과실들은 상온에서 20일 동안 후숙시킨 후 경도, 당도 및 적정산도 조사에 이용하였다. 당도는 굴절당도계(TRM-110, ATAGO, Japan)로 조사하였고, 적정산도는 과즙 5mL를 증류수 20mL에 희석하여 0.1N NaOH액으로 적정 구연산함량으로 나타내었다. 경도는 과실경도계(Ø5mm, FHM-1, Takemura, Japan)를 이용하여 과실 적도부위를 조사하고 Newton값으로 나타내었다.

통계분석

통계분석은 SAS 프로그램(SAS Institute, Cary, NC, USA)을 이용하여 처리별로 각각 t-test와 Duncan의 다중검정으로 5%수준에서 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

참다래 시설재배에서 인공수분이 착과 및 과실 품질에 미치는 영향

참다래의 착과량은 시설재배 인공수분 처리구에서 가

장 높았으며 시설재배 자연방임 처리구에서는 착과가 거의 되지 못하였다. 노지재배에서는 자연방임 처리구보다 인공수분 처리구에서 착과량이 높아졌다. 노지재배와 시설재배 모두 인공수분 처리구에서 착과된 과실의 종자수는 높게 나타났다. 그리고 만개후 30일에 조사된 과실생장량은 인공수분 처리구에서 종축생장이 빨라져 노지재배 자연방임 처리구보다 과실의 종경과 횡경의 비율이 높게 나타났다(Table 1). 시설재배 인공수분 처리구의 과실의 종경과 횡경의 비율이 노지재배 인공수분 처리구보다 높게 나타났는데 이는 시설재배에서 봄철 외부온도보다 2-5°C 높아진 내부온도가 과실의 생장은 촉진시킨 결과라고 할 수 있다(Snelgar 등, 2005).

시설재배 자연방임 처리구에서 나타난 참다래의 착과 불량 현상은 피복재로 활용되는 네트가 방화곤충의 접근을 차단한 결과일 것이다. 시설재배에서 자연방임수분은 수분환경이 불량해져 개별과실의 중량이 감소하여 전체 생산량이 50%까지 감소시킬 수 있다(Walsh 등, 2006).

결과적으로 바람의 진입이 가능한 비가림 네트 시설재배에서 참다래 과실의 착과율이 감소하는 것은 수분과정이 바람의 영향이 적고 주로 방화곤충에 의존한다고 할 수 있다.

수확기 과실의 품질은 노지재배와 시설재배 모두에서 인공수분 처리구가 자연방임 처리구보다 과중과 당도가 높고 적정산도는 낮아지는 것을 확인할 수 있었다(Table 2).

이러한 과실품질개선효과는 과실에서의 종자형성이 내생호르몬의 발생을 촉진시켜 양분의 집중이 이루어지는

조건이 되기 때문일 것이다(Rodrigo 등, 1997).

결과적으로 강풍의 피해를 경감시키기 위한 참다래 비가림네트 시설재배에서 인공수분은 착과율을 증가시키고, 과중 및 당도증가로 과실품질을 뚜렷하게 개선한다고 할 수 있다.

참다래 시설재배에서의 유효수분기간

시설재배에서 참다래 화기의 유효수분기간을 분석하고자 만개 후 7일 동안 매일 인공수분 한 결과 착과율은 만개일 후 3일까지는 통계적으로 유의적인 차이가 나타나지 않았으나, 만개 후 4일부터 감소하기 시작하였고 이후 급격히 감소하였다(Fig. 1A). 이는 참다래 노지재배에서 최적 유효수분기간은 4일이었고 개약 후 5일째부터 착과율이 감소하였다는 결과(Gonzalez 등, 1995)와 일치하여 환경적인 차이에도 불구하고 시설재배와 노지재배에서의 유효수분기간은 동일하다고 할 수 있었다.

착과 후 30일에 조사된 과실당 종자 수는 만개 후 4일째 수분된 과실에서부터 뚜렷하게 감소하였으며, 만개 후 1~3일째 인공수분 처리구보다 착과율은 10%정도 감소하였고 과실당 종자 수는 70% 정도 감소하였다(Fig. 1B).

만개 후 4일째 수분된 처리에서 나타난 종자 수의 급격한 감소는 수정 및 종자형성과과정에서 가장 중요한 역할을 하는 배주의 지속성(Sanzol과 Herrero, 2001)이 개화 후 3일까지는 유지되지만 4일부터는 급격하게 감소하기 때문일 것이다.

한편, 만개 후 4일에 수분된 과실당 종자 수의 감소에

Table 1. Effects of cultivation types and pollination methods on fruit set, seed number, fruit size, and L/D ratio of 'Hayward' kiwifruit at 30 days after pollination.

Treatment	Fruit set ^z (%)	Seed number (No · fruit ⁻¹)	Fruit size (mm)		L/D ratio	
			Length	Diam.		
Open field	Open pollination	82.7b ^y	671b	37.4a	30.8a	1.21c
	Hand pollination	93.2a	993a	43.5a	32.9a	1.32b
Net house	Open pollination	3.1c	45c	25.2b	23.3b	1.08d
	Hand pollination	96.9a	980a	46.8a	33.1a	1.41a

^zData are means of three replicates per treatment. Each replication was pooled from three trees.

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

Table 2. Effects of cultivation types and pollination methods on fruit quality of 'Hayward' kiwifruit at harvest time.

Treatment	Fruit weight ^z (g)	SSC (%)	Firmness (N)	Acidity (%)	
Open field	Open pollination	77.2c ^y	14.1b	7.68a	0.98a
	Hand pollination	86.5b	14.5ab	7.16a	0.82ab
Net house	Open pollination	24.9d	-	-	-
	Hand pollination	97.0a	14.8a	7.55a	0.73b

^zData are means of three replicates per treatment. Each replication was pooled from three trees.

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

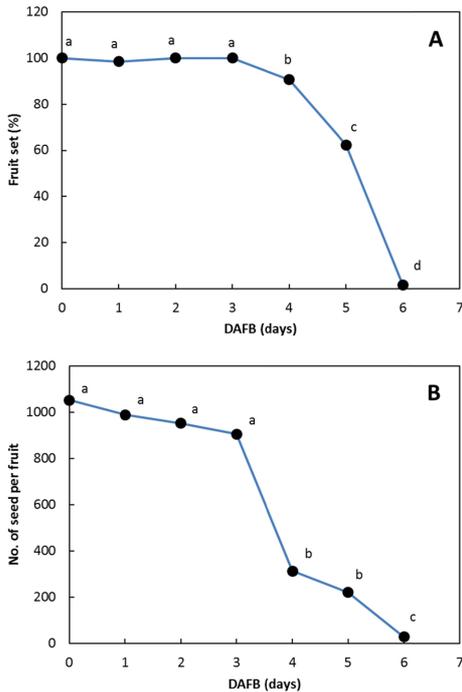


Fig. 1. Changes in fruit set (A) and seed number (B) of ‘Hayward’ kiwifruit as affected by artificial pollination at 0, 1, 2, 3, 4, 5, and 6 days after full bloom (DAFB). Data are means of three replicates per treatment. Each replication was pooled from three trees. Mean separation within columns by Duncan’s multiple range test at 5% level.

도 불구하고 착과율이 유지되는 것은 종자 형성량이 많은 참다래의 특성상 착과에 필요한 종자수와 관련 있을 것으로 판단되었다.

과실의 종/횡비는 만개 후 4일째부터 감소되었는데 이는 종축생장의 감소가 횡축생장의 감소보다 빨라진 결과로 나타났다(Fig. 2A; Fig. 2B).

과실의 중량, 당도 및 적정산도도 만개일 후 3일까지는 차이가 나타나지 않았으나 4일 이후부터 감소하였다. 그러나 과실의 경도는 인공수분시기에 따른 통계적 유의성은 나타내지 않았다(Fig. 3).

만개 후 4일부터 인공수분 된 과실의 중량, 당도 및 적정산도의 감소는 종자형성이 정상적으로 이루어지지 못하여 나타났다(Singh, 2005)고 할 수 있는데, 만개 후 4일부터 인공수분 된 과실은 과경부 쪽부터 종자형성이 되지 않았으며 과형은 과실의 중경이 짧아지면서 원형에 가까운 형태로 나타났다 (Fig. 4).

종자가 형성되지 않은 곳은 과실의 종적 비대가 이루어지지 않아 둥근 과실의 형태로 나타난 것은 종자의 위치가 과실발육에 영향을 미치기 때문일 것이다(Ozga 등, 2002).

따라서 한국에서 많이 재배되고 있는 ‘Hayward’ 품종의 경우 지역 및 기상조건에 따라 상이할 수 있지만, 일반적으로 수분이 가능한 기간은 4일 이내로 판단되었다.

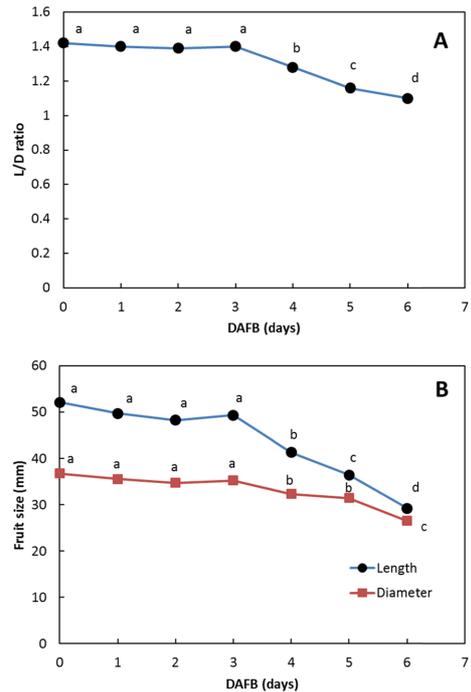


Fig. 2. Changes in fruit size (A) and L/D ratio (B) of ‘Hayward’ kiwifruit as affected by pollination at 0, 1, 2, 3, 4, 5, and 6 days after full bloom (DAFB). Data are means of three replicates per treatment. Each replication was pooled from three trees. Mean separation within columns by Duncan’s multiple range test at 5% level.

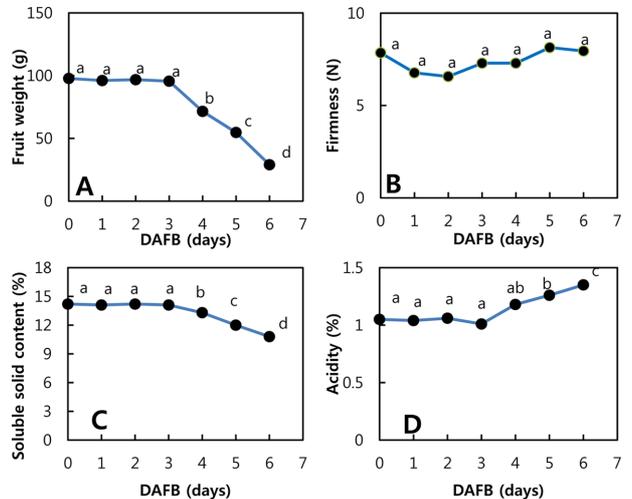


Fig. 3. Changes in fruit weight (A), firmness (B), soluble solid content (C), and acidity of ‘Hayward’ kiwifruit as affected by pollination at 0, 1, 2, 3, 4, 5, and 6 days after full bloom (DAFB). Data are means of three replicates per treatment. Each replication was pooled from three trees. Mean separation within columns by Duncan’s multiple range test at 5% level.

결과적으로 참다래의 경우 유효수분기간이 짧기 때문에 (Gonzalez 등, 1996) 안정적인 착과를 위해서는 짧은 기간에 인공수분 할 수 있는 재배기술이 필요하다고 판단되었다.

비가림 시설재배에서 인공수분, 수분시기 및 화분증량제가 참다래의 종자형성과 과실특성에 미치는 영향

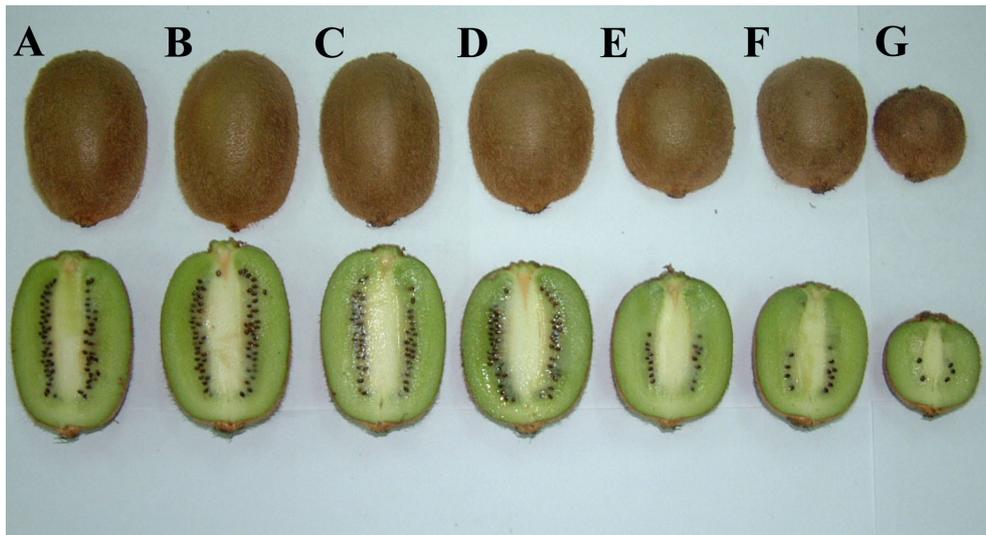


Fig. 4. Representation of fruit shape and seed development of 'Hayward' kiwifruit as affected by pollination time. Hand pollination time (A: full bloom; B: 1 DAFB; C: 2 DAFB; D: 3 DAFB; E: 4 DAFB; F: 5 DAFB; G: 6 DAFB).

Table 3. Comparison of fruit set, seed number, fruit size, and L/D ratio of 'Hayward' kiwifruit as affected by Lycopodium powder and pollen diluent solution as a pollen diluents of hand pollination at 30 days after pollination.

Treatment ^z	Fruit set ^y (%)	Seed number (No/fruit)	Fruit size (mm)		L/D ratio
			Length	Diam.	
Lycopodium powder	93.2	991	48.9	34.8	1.41
Pollen solution	93.8	979	50.1	35.0	1.43
Significance ^x	ns	ns	ns	ns	ns

^zHand pollination with addition of lycopodium powder; Hand pollination with addition of pollen diluent solution.

^yData are means of three replicates per treatment. Each replication was pooled from three trees.

^xMean separation within columns by T-test at 5% level.

Table 4. Comparison of fruit quality in 'Hayward' kiwifruit as affected by Lycopodium powder and pollen diluent solution as a pollen diluents of hand pollination at harvest time.

Treatment ^z	Fruit wt (g)	SSC (Brix)	Firmness (N)	Acidity (%)
Lycopodium powder	97.0	14.5	7.46	0.78
Pollen solution	98.5	14.4	7.36	0.72
Significance ^y	ns	ns	ns	ns

^zHand pollination with addition of lycopodium powder; Hand pollination with addition of pollen diluent solution.

^yData are means of three replicates per treatment. Each replication was pooled from three trees.

^xMean separation within columns by T-test at 5% level.

참다래 화분 현탁액을 이용한 인공수분

인공수분용 화분증량제로 분말형태인 석송자를 이용한 경우와 수용액형태인 화분현탁액을 이용한 경우를 비교하였을 때 착과율, 종자수 및 과형지수의 차이가 나타나지 않았다(Table 3).

또한, 인공수분용 화분증량제에 따른 과중, 당도 및 적정산도는 차이를 나타내지 않았다(Table 4). 인공수분용 화분의 소요량은 석송자에 비하여 화분현탁액이 많았으

나 인공수분 시간은 석송자에 비하여 화분현탁액이 뚜렷하게 적었다(Table 5).

이는 화분증량제로 현탁액을 이용하여도 과실의 착과와 품질에 영향이 적기 때문에 개화량 대비 80~90%를 착과시키는 참다래에서 개화된 꽃 하나하나에 수분을 시켜야 하는 '석송자'를 이용한 수분보다는 결과지 단위나 수관전체에 살포하는 화분현탁액을 이용한 수분이 효율적인 방법이 될 수 있을 것이다.

Table 5. Comparison of pollination efficiency of 'Hayward' kiwi-fruit as affected Lycopodium powder and pollen diluent solution as a pollen diluents of hand pollination.

Treatment ^z	Used pollen (mg/tree)	Working hours (min/tree)
Lycopodium powder	542	15.20
Pollen solution	816	1.51
Significance ^y	*	**

^zHand pollination with addition of lycopodium powder; Hand pollination with addition of pollen diluent solution.

^yData are means of three replicates per treatment. Each replication was pooled from three trees.

^xMean separation within columns by T-test at 5% level.

적 요

본 연구는 참다래 비가림 시설재배에서 인공수분이 착과 및 과실품질에 미치는 영향과 안정적인 착과를 위한 유효수분기간을 확인하고자 수행하였다. 또한 최근 참다래 재배농가들에서 많이 수행되고 있는 현탁액을 이용한 인공수분의 효과를 확인하고자 하였다. 인공수분은 비가림 시설재배에서뿐 아니라 노지재배에서도 참다래의 착과량이 개선되었으며 중량증가와 당도향상의 과실품질 개선효과가 확인되었다. 유효수분기간 확인을 위하여 만개 후부터 매일 7일간 인공수분이 수행되었다. 과실의 착과율, 과실당 종자수, 그리고 과실생장량은 만개 후 4일까지 차이가 나타나지 않았으나 만개 후 5일부터는 분명하게 감소하였다. 결과적으로 참다래 비가림 시설재배에서 유효수분기간은 만개 후 4일 이내로 나타났다. 또한, 현탁액을 이용한 인공수분은 석송자를 이용한 것과 착과량과 과실품질의 차이를 나타내지 않았다. 따라서, 화분 현탁액을 이용한 인공수분은 참다래 재배에서 노동력을 절감할 수 있는 매우 효율적인 수분방법이 될 수 있을 것이다.

추가 주제어 : *Actinidia deliciosa*, 유효수분기간, 착과, 'Matua', 노지재배

사 사

본 연구는 국립원예특작과학원 배시험장(과제번호 : PJ0092492013)과 전라남도농업기술원의 지원에 의해 이루어진 것임.

인용문헌

- Gonzalez, M.V., M. Coque, and M. Herrero. 1995. Stigmatic receptivity limits the effective pollination period in kiwi-fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120:199-202.
- Gonzalez, M.V., M. Coque, and M. Herrero. 1996. Pollen-pistil interaction in kiwifruit (*Actinidia deliciosa* Actinidiaceae). *Amer. J. Botany* 83:148-154.
- Ozga, J.A., R. van Huizen, and D.M. Reinecke. 2002. Hormone and seed-specific regulation of pea fruit growth. *Plant Physiol.* 128: 1379-1389.
- Rodrigo, M.J., J.L. Garcia-Martinez, C.M. Santes, P. Gaskin, and P. Hedden. 1997. The role of gibberellins A₁ and A₃ in fruit growth of *Pisum sativum* L. and the identification of gibberellins A4 and A7 in young seeds. *Planta* 201: 446-455
- Sanzol, J., and M. Herrero. 2001. The 'effective pollination period' in fruit trees. *Scientia Horticulturae* 90: 1-17.
- Singh, Z. 2005. Embryo abortion in relation to fruit size, quality, and concentrations of nutrients in skin and pulp of mango. *J. Plant Nutr.* 28: 1723-1737.
- Snelgar, W.P., A.J. Hall, A.R. Ferguson, and P. Blattmann. 2005. Temperature influences growth and maturation of fruit on 'Hayward' kiwifruit vines. *Funct. Plant Biol.* 32: 631-642.
- Song, G.C. and K.C. Ko. 1999. Effect of climatic conditions during blooming on the berry setting of 'Kyoho' (*Vitis labruscana* B.) grapevine. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40:75-78.
- Vasilakakis, M. and I.C. Poringis. 1985. Effect of temperature on pollen germination, pollen tube growth, effective pollination period, and fruit set of pear. *HortScience* 20:733-735.
- Walsh, K.B., J.N. Guthrie, and D.T. White. 2006. Control of phytoplasma diseases of papaya in Australia using netting. *Austral. Plant Pathol.* 35: 49-54.