

석사학위논문

아떼모야의 화분발아 특성과 인공수분

제주대학교 대학원
원예학과

김 시 현

2004년 12월

아떼모야의 화분발아 특성과 인공수분

지도교수 문 두 길

김 시 현

이 논문을 농학 석사학위 논문으로 제출함

2004년 12월

김시현의 농학 석사학위 논문을 인준함

심사위원장 _____
위 원 _____
위 원 _____

제주대학교 대학원

2004년 12월

Pollen Germination Characteristics
and Artificial Pollination in
Atemoya(*Annon squamosa* × *A.*
cherimola)

Si-Hyun Kim

(Supervised by Professor Doo-Khil Moon)

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF AGRICULTURE

DEPARTMENT OF HORTICULTURE
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

2004. 12

목 차

Summary	3
I. 서언	5
II. 재료 및 방법	7
1. 식물재료	7
2. 개화과정과 주두분비액 상태 관찰	7
3. 화분 발아 시험	7
4. 인공수분시 꽃잎 제거수가 결실율에 미치는 영향	9
5. 인공수분 시기가 결실율 및 과실특성에 미치는 영향	9
III. 결과 및 고찰	11
1. 개화과정과 주두분비액 상태	11
2. 배지조성 및 배양시간이 화분발아율에 미치는 영향	13
3. 화분의 채취시기, 후숙 및 저장이 화분발아율에 미치는 영향	14
4. 인공수분시 꽃잎 제거가 결실율에 미치는 영향	17
5. 인공수분 시기가 결실율 및 과실특성에 미치는 영향	18
IV. 적요	27
V. 참고문헌	29

Summary

In order to determine the time and method of artificial pollination for atemoya (*Annona squamosa* × *A. cherimola*) growing in non-heating greenhouse in Jeju island, the process of flowering was observed for the cultivars of 'Hillary White' and Geffner'. And percent germination of pollen was examined for the different time of picking flower, duration of incubation at 25°C before collecting pollen, and duration of cold storage of pollen at 4°C. The effects of season of artificial pollination on percent fruit set and fruit characteristics at harvest were also investigated.

The results obtained are summarized as follows:

1. The stigma surface began to become moist by secreting fluid from the noon one day before full-bloom, being most moist at 7 p.m. when petals just separated apart. The surface was recognized to be moist until the morning of the full-blooming day, but slightly dry at 7 p.m. when the flower opened maximum.
2. Pollen collected from the flower picked two days before full-bloom or at full-bloom showed low percent germination below 10%, while pollen collected from the flower incubated for 17 hours at 25°C after picking in the evening one day before full-bloom showed high percent germination above 20%, which was maintained even after storage for 24 hours at 4°C.

3. Pollen from the flower opened during mid and late June, showed higher percent germination than that in early June, and percent fruit set by artificial pollination showed the same trend in both cultivars of 'Hillary White' and 'Geffner'.
4. The elimination of petals at artificial pollination did not influenced the percent fruit set.
5. Artificial pollination in mid June resulted in the larger fruit with higher Brix than those in the earlier or later season, being the weight of 400~500g, concentration of fructose and glucose in flesh above 8%, respectively, sucrose above 2%, and Brix of 20.
6. It was recommended to pollinate the flower at the stage of petals just separated apart in the evening one day before full-bloom, with pollen stored at 4°C less than 24 hours after collection from the flower incubated for 17 hours at 25°C after picking in the evening one day before full-bloom in mid June. Removal of one or two petals at pollination would contribute to the effective operation.

I. 서 언

아떼모야(atemoya)는 스위트샵(sweetsop, *Annona squamosa* L.)과 체리모야(cherimoya, *A. cherimola* Mill.)의 교잡종이다(Nakesone와 Paul, 1998). 슈가애플(sugar apple)이라고도 불리우는 스위트샵의 원산지는 열대 아메리카이며, 체리모야의 원산지는 남미 안데스 산맥이다(Crane과 Campbell, 1990; Morton, 1987). 체리모야는 세계 3대 미과의 하나로서 손꼽힐 만큼 매우 맛이 좋은 과실로 유명하지만 재배 적지가 극히 한정되어 있다(米本, 1990). 아떼모야 과실은 체리모야와 비슷하게 맛이 좋으면서 나무는 더위에 강해 체리모야보다 재배하기 쉽다(牧田, 1994).

*Annona*속은 세계적으로 약 100종 있지만, 이중 오스트랄리아에서 경제적으로 재배되고 있는 종은 체리모야, 스위트샵 그리고 아떼모야 3종이다. 아떼모야는 1850년대 오스트랄리아에서 자연상태에서 발생한 잡종으로 발견되었으며, 자연교잡에 의해 발생한 품종이 많기 때문에 양친이 불분명한 것들이 대부분이다. 아떼모야는 1870년대 오스트랄리아에서 재배되기 시작했고 이스라엘, 미국의 캘리포니아, 플로리다 그리고 하와이에서 경제재배가 이루어지고 있다. 1908년 미국의 P.J. Wester에 의해 아떼모야가 처음으로 인공교배에 의해 만들어졌는데 스위트샵(*A. squamosa*)의 브라질어 아따(ata)와 체리모야의 모야(moya)를 합해 아떼모야라고 명명되었다(Sanewski, 1988).

*Annona*속 과수들은 여러가지의 토성에서 침수만 되지 않으면 잘 자라지만 기후조건에 있어서는 종에 따라 광범위하게 차이가 난다(Samson, 1986). 아떼모야는 천근성이며 사질토에서 부터 점토질 토양까지 생육이 가능하지만 생육에 적합한 토양은 품종에 따라 차이가 있다. 어린묘목은 -1°C , 성목은 -3°C 의 저온에서 고사하며, 과실의 경우 10°C 이하의 기온에 장기간 노출되거나 4°C

이하의 기온에 단시간 노출되면 과면의 변색과 열과가 생긴다(牧田, 1994). 일반적으로 생육 기간 중 온도조건은 나무의 성장과 과실생산에 큰 영향을 준다는 것은 잘 알려져 있다. 기온이 생육적온 보다 너무 높게 되면 수체가 영양생장이 촉진되어 착화와 착과가 불안정하게 된다.

아페모야 꽃은 자예선숙형으로 자연상태에서 수분수정에 의한 결실에 어려움이 있다. 이스라엘에서는 Nitidulidae과의 곤충을 매개로 수분한다는 보고도 있지만(Gazit 등, 1982), 오스트랄리아에서는 경제재배에 있어서 인공수분이 필요하다고 하였다(George와 Nissen, 1988). 일본의 경우도 온실재배는 인공수분하지 않으면 결과율이 아주 떨어지며 품질도 낮아 인공수분을 하지 않으면 경제재배가 어렵다는 보고가 있다(米本와 牧田, 1996). 인공수분의 경우 개화시기의 조만(Saavedra, 1977), 온도와 습도(George와 Campbell, 1991) 등에 따라서 화분발아율과 결실율이 달라진다.

이 연구는 제주도에서 아페모야의 무가온 하우스재배 가능성을 검토하는 과정에서 인공수분에 의한 결실을 향상이 선결과제임을 인식하고 인공수분방법을 확립하기 위하여 개화습성, 화분채취시기와 후숙 및 저장에 따른 화분발아율의 변화, 인공수분시기별 결과율 및 과실의 특성을 조사하였다.

II. 재료 및 방법

1. 식물재료

제주대학교 감귤화훼과학기술센터 무가온 유리온실 내 대형 플라스틱 화분 (940×920mm)에 심어있는 'Hillary White'와 'Geffner' 두 품종의 아페모야 (*Annona cherimola* Mil. × *Annona suamosa* L.)를 공시하였다.

2. 개화과정과 주두분비액 상태 관찰

개화기에 가까운 꽃을 표지하여 개화가 완전히 진행 될 때 까지 오전 9시와 저녁 7시에 개화 진행과정을 육안으로 관찰하고 사진촬영을 하였다. 그리고 개화일로 추측되는 날을 기준으로 전날과 당일 2~3시간 간격으로 주두분비액의 상태를 관찰하여 매우촉촉(VM:very moist), 촉촉(M:moist), 약간촉촉(SM:slightly moist), 약간건조(SD:slightly dry), 건조(D:dry)로 구분하여 표시하였다.

3. 화분 발아 시험

가. 화분발아율 조사

화분발아 검정을 위한 배지는 BK배지(Brewbaker와 Kwack, 1963)를 기본으로 하였다. 즉, 10% sucrose, 100mg/L H_3BO_3 , 300mg/L $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, 200mg/L $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, 100mg/L KNO_3 인 BK배지와 여기에서 KNO_3 를 빼고 sucrose를 5%로 낮추어 pH 5.6으로 조정 한 액체배지를 이용하였다. 피펫

을 이용하여 페트리 접시($\varnothing 60 \times 15 \text{mm}$)에 각각의 액체배지를 5 mL씩 넣은 후, 개화당일 오후에 채취한 약으로부터 수집한 화분을 페트리 접시에 뿌리고 인큐베이터($25^\circ\text{C} \pm 2$)에서 5시간 동안 배양하면서 1시간 간격으로 화분발아율을 조사하였다. 배양한 화분이 골고루 혼합되게 잘 흔들어 준 후 피펫을 이용해 배양액 0.1mL를 취해 슬라이드글라스 위에 놓고 커버 글라스를 덮은 후 safranin액과 70%의 알코올을 이용해 염색과 탈색과정을 거쳐 광학현미경 (Leica, Germany)으로 총화분수와 발아된 화분수를 세어 화분발아율을 계산하였다. 배지조성 및 배양시간이 화분발아율에 미치는 영향을 조사한 예비시험에서 화분발아율이 가장 높게 나타난 BK배지에서 3시간 배양 방법으로 각종 화분발아 시험을 수행하였다.

나. 화분의 채취시기, 후숙 및 저장이 화분발아율에 미치는 영향

개화시기별 화분 후숙 및 저장에 따른 화분발아율의 변화를 조사하기 위해서 6월 초순, 중순, 그리고 하순에 개화하는 꽃의 개화 하루 전 아침(9~10시)과 저녁(6~7시), 개화당일 아침(9~10시)과 저녁(6~7시)에 각각 3개의 꽃을 채취하였다. 채취한 꽃은 꽃잎을 제거한 후 250mL의 비이커에 넣어 식품용 호일을 덮고 20개의 통기 구멍을 뚫은 다음 인큐베이터($25^\circ\text{C} \pm 2$)에 넣어 일정 시간 후숙과정을 거친 후 화분 발아율을 조사하였다. 또한 개화단계별로 각각 3개의 꽃을 취하고 상기와 같은 후숙과정을 거친 후 꽃가루를 취하여 검정색 플라스틱 필름 통에 담아 냉장고의 냉장실(4°C)에 보관하면서 저장시간에 따른 화분발아율의 변화를 조사하였다.

4. 인공수분시 꽃잎 제거가 결실율에 미치는 영향

개화전날 오후에 해당하는 즉 꽃잎 끝부분이 열리기 시작한 꽃을 대상으로 꽃잎을 그대로 두거나 하나, 둘 또는 셋 모두를 제거하여 인공수분시켜 15일 후에 결실율을 조사하였다. 인공수분은 전날 오후에 채취하여 후숙시킨 화분을 붓으로 주두에 발랐다.

5. 인공수분 시기가 결실율 및 과실특성에 미치는 영향

가. 인공수분

2003년에 6월 초순, 중순, 하순으로 나누어 각 시기에 20개 이상의 꽃을 인공수분하였다. 인공수분시에는 꽃잎을 하나만 남기고 나머지는 모두 제거하였으며 그 외의 방법은 전향 꽃잎 제거시험과 같았다.

나. 결실율 및 과실 비대조사

인공수분 15일 후에 씨방이 녹색의 과실모양으로 변한 것을 착과된 것으로 판단하여 결실율을 조사하였다. 이후 나무의 수세에 따라 개화시기별로 몇 개의 과실만 남겨두고 모두 적과한 후 15일 간격으로 과실의 횡경과 종경의 변화를 버니어캘리퍼스(Mitutoyo, Japan)를 이용해 조사하였다.

다. 과실 형질 분석

11월 12일 과실을 수확하고 실내 상온에서 7일 간 후숙 시킨 후 과실의 무게와 종자수를 조사하고 과육의 당도 및 당 조성을 분석하였다. 당도 측정은 과육을 2겹의 가아제로 싸서 착즙하여 Calbiochem(18 in×50 ft)으로 여과시킨 후 휴대용 당도계(Atago, Japan)를 이용해 수행하였다.

가용성 당은 착즙하여 여과한 과즙 5mL를 취하여 25,000×g로 10분간 원심

분리한 후 상정액을 0.45 μm micro membrane filter(Osmonics Inc. USA)로 여과한 후 500배로 희석하여 HPLC를 이용하여 분석하였다. HPLC 시스템은 Prevail carbohydrate ES 5u (4.6 \times 250 mm Waters Co. USA)의 당 분석 컬럼, Waters 2690 XE(Waters Co.)의 시료주입 및 용매전달기, 그리고 Alltech ELSD 2000(Alltec Co.)의 검출기로 구성되었다. 이동상은 acetonitrile과 3차 증류수를 75 : 25의 비율로 혼합하고 유기용매용 0.25 μm 여과지로 여과한 후 이용하였다. 분석조건은 유속 1.0 mL \cdot min⁻¹, 시료주입 10 μL , 그리고 분리시간 20분이었다. 표준곡선은 자당, 포도당, 그리고 과당의 표준용액을 이용하여 50, 100, 250 그리고 500mg \cdot L⁻¹의 수준에서 측정하여 계산하였다(Lee와 Nagy, 1988).

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 개화과정과 주두분비액 상태

맑은 날을 기준으로 할 때 개화 하루전날 아침까지도 꽃잎 끝부분이 완전히 닫혀있는 상태였다가 낮부터 조금씩 벌어지기 시작하여 저녁에는 끝부분이 서로 떨어질 정도로 벌어졌다(Fig. 1).

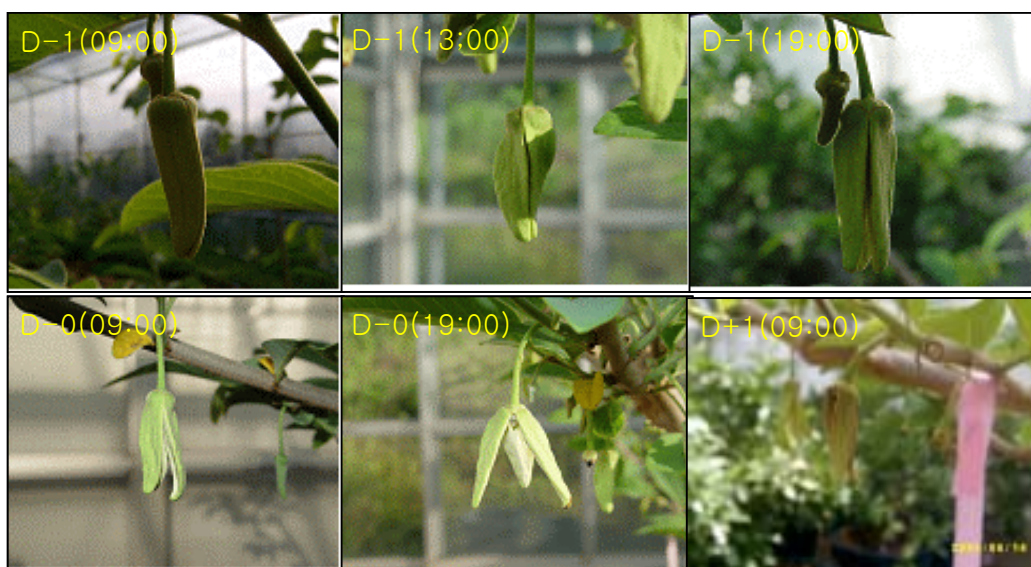


Fig. 1. Photographs showing the progress of blooming in 'Hillary White' atemoya.

D-1: One day before full-bloom, D-0: Full-bloom day, D+1: One day after full-bloom, Figures in parentheses indicate the time (hour:minute).

개화당일 아침에는 이웃 꽃잎 사이의 각도가 5~10° 될 정도로 벌어졌고 저녁 6시부터 7시 사이에는 꽃잎 사이의 각도가 50° 정도로 열개되고 약에서 화분 방출이 관찰되었다. 그러나 비가 오거나 습도가 아주 높은 날에는 꽃잎 끝이 벌어지기 시작한 후 개화 진행과정이 보통 1~2일 정도 늦어지는 경향을 보였다.

암술의 주두분비액은 개화전날 오후 서서히 꽃잎 끝부분이 벌어지기 시작하면서 증가되어 저녁 7시경 가장 많은 것으로 관찰되었다(Fig. 2 및 Table 1). 주두액은 다음날 오전 9시까지도 촉촉하게 느낄 정도로 많은 편이었으나 오후가 되면서 주두는 건조하기 시작하여 꽃잎이 활짝 핀 저녁시간에는 약간 건조 상태가 되었다.

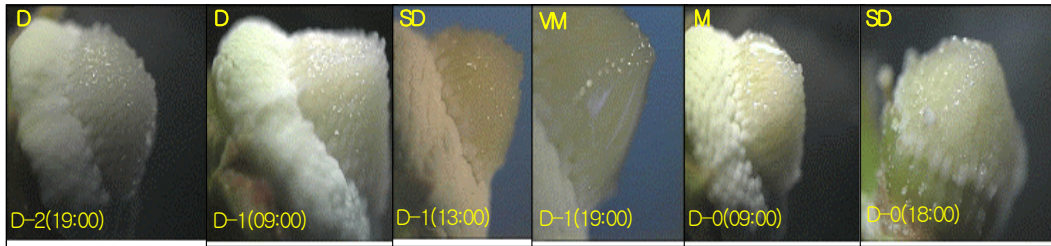


Fig. 2. Photographs showing changes in viscous fluid on the surface of the stigma in 'Hillary White' atemoya.

D-2: Two days before full-bloom, D-1: One day before full-bloom, D-0: Full-bloom day, D: Dry. SD: Slightly dry.

Gazit 등(1982)은 이스라엘에서 14:00부터 16:00에 걸쳐 꽃잎 끝부분이 조금 열려서 ♀ stage가 되고, 그 상태가 지나서 익일 15:00부터 17:00에 걸쳐서 꽃잎이 완전히 열려 ♂ stage가 되어 약에서 화분이 방출된다고 하였다. 페루에서도 체리모야는 15:30부터 18:00에 개화하고(Wester, 1910), 18:00부터 19:00에 화분 방출이 관찰되었다(Saavedra, 1977). 체리모야의 경우 개화전날 18~19시 사이에 주두분비액이 가장 많이 분비 되며(小浦 등, 2001), 화분방출 시간은 개화당일 18~19시로 이때 인공수분을 하면 성공율이 아주 낮으며(Kahn 와 Araipa, 1991), 맑은 날을 기준으로 할 때 적정 인공수분 시기는 화분방출 24시간 전부터 다음날 오전 중인데 이 시기에 주두표면에 점질분비액은 소실되지 않고 촉촉한 상태로 유지된다(小浦 등, 2001)고 하였다. 이와 유사하게 본 연구에서도 개화전날(D-1) 19시경에 주두 분비액이 가장 많이 관찰되었으며 다음날 9시까지 주두가 촉촉한 상태임이 관찰되었다. 암술의 주두분비액은

화분의 부착을 용이하게 하고 수분 후 화분의 발아신장을 촉진하는 여러 가지 화학물질을 지니고 있다(岩波, 1985). Passion fruit(石畑, 1983)에서는 주두 분비액을 첨가한 배지에서 화분 발아율이 증대했고, 체리모야에서는 주두 분비액량이 인공수분의 성공을 좌우하였다(宇都宮 등, 1992). 따라서 본 연구에서 관찰한 주두분비액 변화를 고려할 때 인공수분에 적합한 시간대는 개화전날 저녁 꽃잎 끝 부분이 서로 떨어질 정도의 상태에서 부터 개화당일 아침까지라고 생각된다.

Table 1. Changes in the amount of viscous fluid on the surface of the stigma depending on blooming stages.

Date ^z	D-2		D-1					D-0				D+1	
Time	19	09	11	13	15	17	19	09	12	14	16	18	09
Amount of fluid ^y	D	D	SD	SD	SM	M	VM	M	SM	SD	SD	SD	D

^zD-2: Two days before full-bloom, D-1: One day before full-bloom, D-0: Full-bloom day, D+1: One day after full-bloom.

^yVM: very moist, M: moist, SM: slightly moist, SD: slightly dry, D: dry.

2. 배지조성 및 배양시간이 화분발아율에 미치는 영향

화분발아율은 Fig. 3에서와 같이 BK배지에 자당 10%를 첨가한 배지에서 높게 나타났으며, 배양시간에 따른 화분발아율은 3시간 배양에서 가장 높게 나타났다. 체리모야의 경우 BK배지 보다 KNO₃를 제외시키고 자당농도를 5%로 감소시킨 변형된 배지에서 화분발아율과 화분관 신장이 좋았다(Rosell 등, 1999). 그러나 아페모야를 공시한 이 시험에서는 변형시키지 않은 BK배지에서 화분발아율이 높게 나타났으므로 이후 화분발아시험에서는 BK배지를 이용하였다.

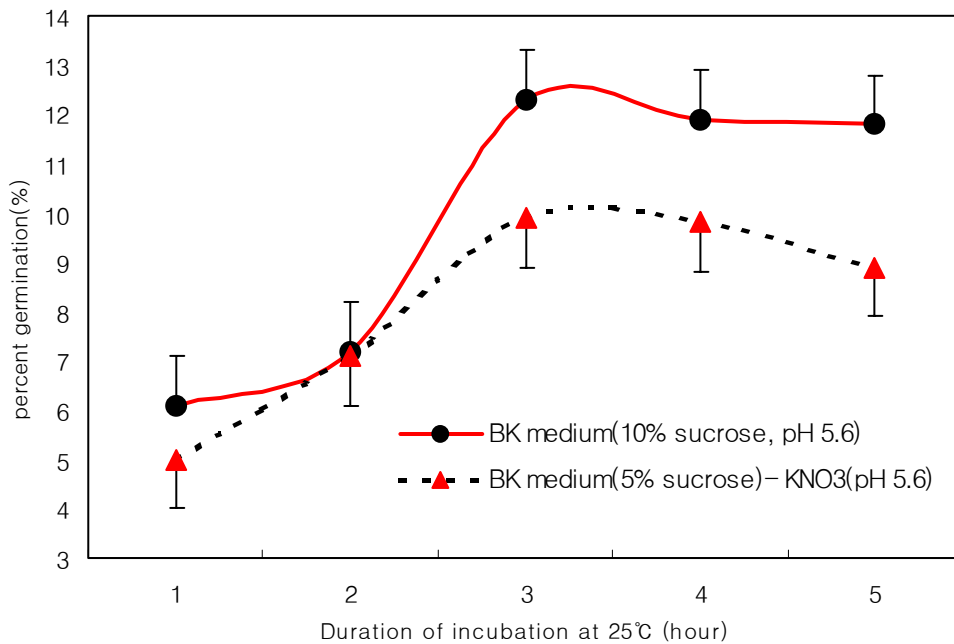


Fig. 3. Percent germination of 'Hillary White' atemoya pollen in two media.

3. 화분의 채취시기, 후숙 및 저장이 화분발아율에 미치는 영향

개화단계에 따라 꽃을 채취하여 일정시간 후숙한 후 화분발아율을 조사한 결과는 Table 2에 나타났다. 개화 이틀전 채취한 화분(D-2P)은 17시간 후숙보다 24시간 후숙에서 발아율이 다소 증가한 반면 개화당일 채취한 화분(D-0A와 D-0P)은 후숙시간이 길어질수록 발아율이 낮아져 개화가 진전 될수록 최대발아율을 보이는 후숙시간은 짧아졌다. 2004년 'Geffner' 품종에서도 비슷한 경향을 보였으며, 두 품종 모두 개화 이틀전 채취한 화분(D-2P)과 개화당일 오후에 채취한 화분(D-0P)은 발아율이 10% 미만이었고 개화 하루 전 오후에 채취하여 17시간 후숙한 화분이 가장 높은 발아율을 보였다.

Table 2. Effect of blooming stage at harvest of flower and duration of incubation at 25°C on percent germination of 'atemoya' pollen.

Cv and year	Time of harvest ^z	Duration of incubation at 25°C (hour)			
		24H	17H	7H	0H
'Hillary white' 2003	D-2P	6.4±0.2 ^y	2.1±0.8	- ^x	-
	D-1A	18.9±3.3	-	-	-
	D-1P	? ^w	21.4±4.2	-	-
	D-0A	5.9±0.2	?	16.7±1.4	-
	D-0P	1.2±0.3	4.0±1.0	?	9.2±1.3
'Geffner' 2004	D-2P	6.1±0.2	1.4±1.4	-	-
	D-1P	10.1±0.6	32.8±5.5	-	-
	D-0P	1.8±0.8	3.5±0.4	?	6.1±0.2

^zD-2: Two days before full-bloom, D-1: One day before full-bloom, D-0: Full-bloom day. A: 09:00 A.M., P: 19:00 P.M.

^yMean ± standard error.

^x-; Unable to collect pollen.

^w?; Not investigated.

Table 3. Effect of season on percent germination of pollen in 'Hillary white' atemoya.

Pollen ^z	Early June	Mid June	Late June
D-2P24H	4.0±0.1	5.5±0.3	6.4±0.1
D-1A24H	16.2±1.2	20.0±0.4	18.5±1.8
D-1P17H	-	22.2±1.9	22.5±1.8
D-0A7H	15.7±0.9	22.8±1.5	25.1±0.9
D-0P0H	8.4±0.6	11.2±0.3	9.3±0.5

^z)See Table 2.

'Hillary White' 품종의 경우 개화시기 조만에 따른 화분 발아율은 6월 초순에 개화한 꽃의 화분발아율 보다 6월 중순과 하순에 개화한 꽃의 화분발아율이 상대적으로 높게 나타났다(Table 3). 6월 중순과 하순에는 개화당일 아침에 꽃을 채취하여 7시간 후숙했을 때 가장 높은 22.8%와 25.1%의 화분발아율을 나타내었다. 개화전날 저녁에 꽃을 채취하여 17시간 후숙 시켰을 때가 22% 이상의 높은 화분발아율을 보였다. 'Geffner' 품종에서도 6월 초순 보다는 6월 중순과 하순에 화분발아율이 높게 나타났고 개화전날 꽃을 채취하여 17시간 후숙한 경우 32% 내외의 높은 화분발아율을 나타냈다(Table. 4).

Table 4. Effect of season on percent germination of pollen in 'Geffner' atemoya.

Pollen ^z	Early June	Mid June	Late June
D -2P 17H	1.6±0.8	3.1±0.2	1.1±0.6
D -1P 17H	22.3±1.2	31.5±2.6	32.3±1.1
D -0P 0H	7.2±0.58	9.0±0.4	6.5±0.6

^z)See Table 2.

후숙시킨 화분의 냉장저장 기간에 따른 발아율의 변화는 화분채취시간에 따라 달랐다(Table 5). 개화 이틀전 저녁에 채취하여 24시간 후숙시킨 화분은 7시간 저장 후 오히려 발아율이 증가되었으며 그 증가는 48시간 저장 후까지 계속되었다. 개화 하루전날 저녁에 채취하여 17시간 후숙시킨 화분은 7~24시간 저장 후에 발아율이 증가되었으나 48시간 저장 후에는 저장 전 보다 떨어졌다. 개화당일 저녁에 채취한 화분은 저장기간이 길수록 발아율이 떨어졌다. 체리모야 화분의 경우 냉장고를 이용해 5℃에서 화분을 1~10일간 저장했을

때 2일까지는 발아율이 큰 변화가 없었고, 3일째부터 발아율이 떨어진다(米本 등, 1989). 아떼모야 화분은 상온에서 저장하기 어려울 정도로 급속히 발아율이 저하되고, 10℃와 15℃저장에서도 2일후에 발아율이 급속히 떨어지기 때문에 인공수분시 화분의 발아율 유지는 매우 중요하다(立田와 稻森, 1998).

주두의 분비액 상태 변화와 화분발아율을 고려하면 꽃잎 끝 부분이 열리는 개화 전날 저녁에 꽃을 채취하여 꽃잎을 제거한 다음 25℃에서 17시간 후숙시키고 난 후 수집한 화분을 4℃에 저장하였다가 저녁에 꽃잎 끝 부분이 열리는 꽃(화분 수집용 꽃과 같은 발육단계의)에 인공수분하는 것이 좋을 것으로 판단되었다.

Table 5. Effect of duration of cold storage at 4℃ on percent germination of 'Geffner' atemoya pollen.

Year	Pollen treatment ^z	Duration of cold storage at 4℃.			
		0H	7H	24H	48H
	D-2P24H	6.2 ±0.3	7.8 ±0.5	8.3 ±0.06	8.2 ±0.2
2004	D-1P17H	32.8 ±3.5	51.8 ±5.2	49.2 ±7.4	24.4 ±3.5
	D-0P0H	6.1 ±0.3	3.7 ±0.3	1.7 ±0.9	1.0 ±1.0

^zSee Table 2.

4. 인공수분시 꽃잎 제거가 결실율에 미치는 영향

꽃잎을 제거하지 않고 인공수분을 할 경우의 결실율은 58.0%였는데 비하여 1매 제거할 경우 71.3%, 2매 제거할 경우 71.7%, 3매 제거할 경우 75.1%로 꽃잎을 제거하여 인공수분 하는 경우에 오히려 결실율이 증가하는 경향을 보여 주었으나 통계적인 유의차는 없었다(Fig. 4). 그러므로 인공수분시 작업이 편하도록 꽃잎을 1~2매 제거하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

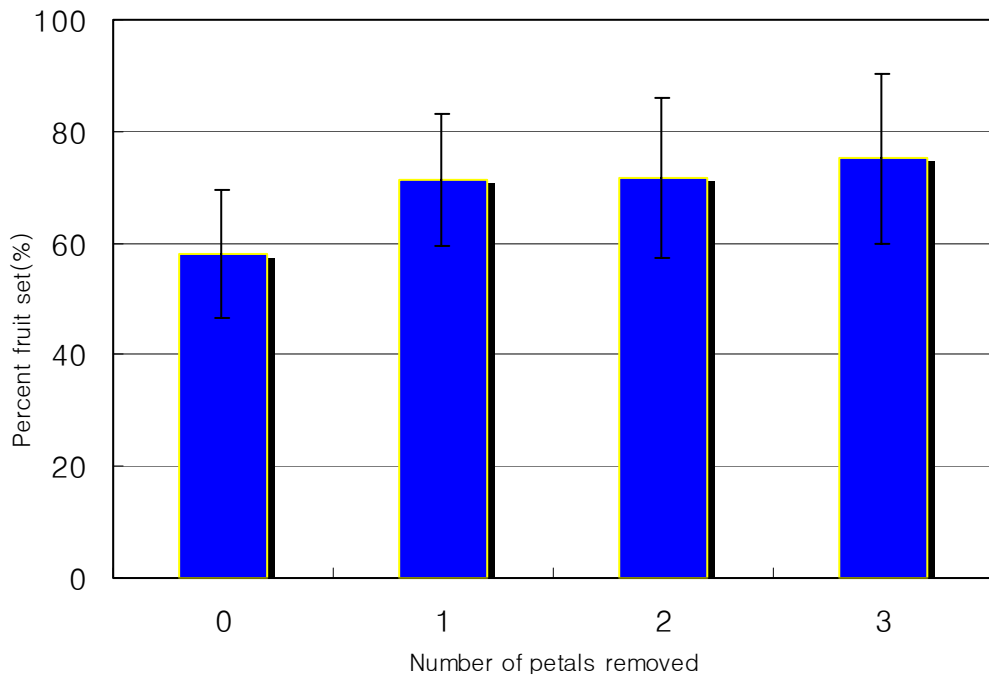


Fig. 4. Percent fruit set as affected by different number of petals removed in 'Hillary White' atemoya.

5. 인공수분 시기가 결실율 및 과실특성에 미치는 영향

품종별 인공수분 시기에 따른 결실율은 Table 6에 나타냈다. 2003~2004년 2년 동안 품종에 상관없이 개화 초기인 6월 초순보다는 6월 중순과 하순에 개화한 꽃에서 결실율이 높았다. 개화기 초의 꽃에서는 화분받아율이 떨어지며 인공수분 시켰을 경우 결실율도 상당히 떨어진다는 사실은 아페모야(Makida, 1998)와 체리모야(小浦 등, 2001)에서 이미 보고 되었는데 이 시험의 결과도 같은 경향이였다.

7월 15일부터 2주 간격으로 과실 지름을 조사한 결과를 횡경은 Fig. 5, 종경은 Fig. 6에 나타내었다.

Table 6. Effect of season of artificial pollination on percent fruit set in atemoya.

Year.	Cultivar	Early June	Mid June	Late June
2003	Geffner	50.0	83.3	75.0
	Hillary White	27.4	81.6	90.9
2004	Geffner	54.5	63.6	75.0
	Hillary White	57.1	66.7	90.0

6월 초순과 하순에 인공수분시킨 과실의 횡경은 9월 1일 이후의 비대속도가 그 이전 보다 완만해지긴 했지만 전 생육기간 꾸준히 증가 되었다. 6월 중순에 인공수분시킨 과실은 7월 말까지 비대속도가 매우 빨라 6월 초순이나 하순에 인공수분시킨 과실보다 거의 배에 가까울 정도로 비대 하였는데 그후 9월 15일까지는 횡경증가가 거의 없다가 이후 다시 비대속도가 빨라졌다. 종경의 증가는 전 생육기간 꾸준히 이루어졌으며, 6월 중순에 수분시킨 과실의 종경은 다른 과실에 비하여 생육초기부터 20mm 정도 더 길었는데 그 차이가 수확시까지 계속되었다.

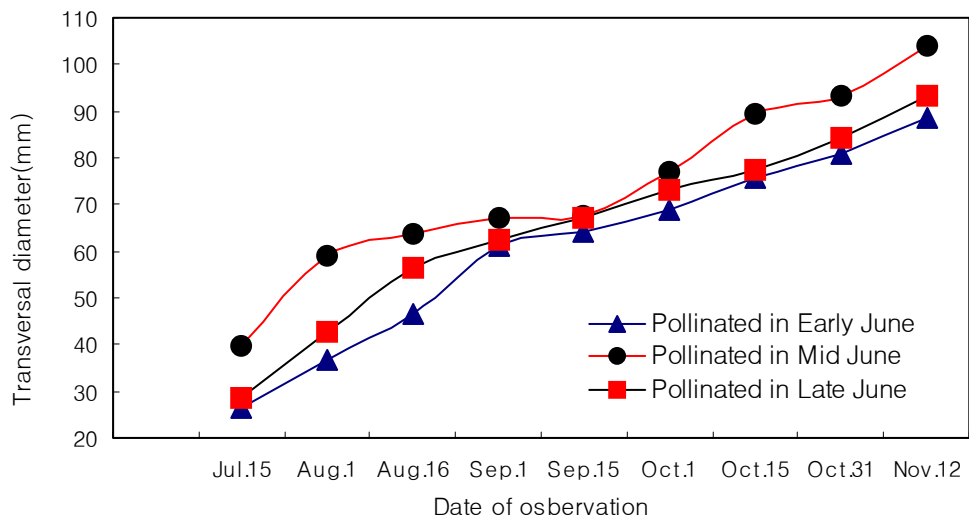


Fig. 5. Seasonal changes in fruit transversal diameter as affected by different season of artificial pollination.

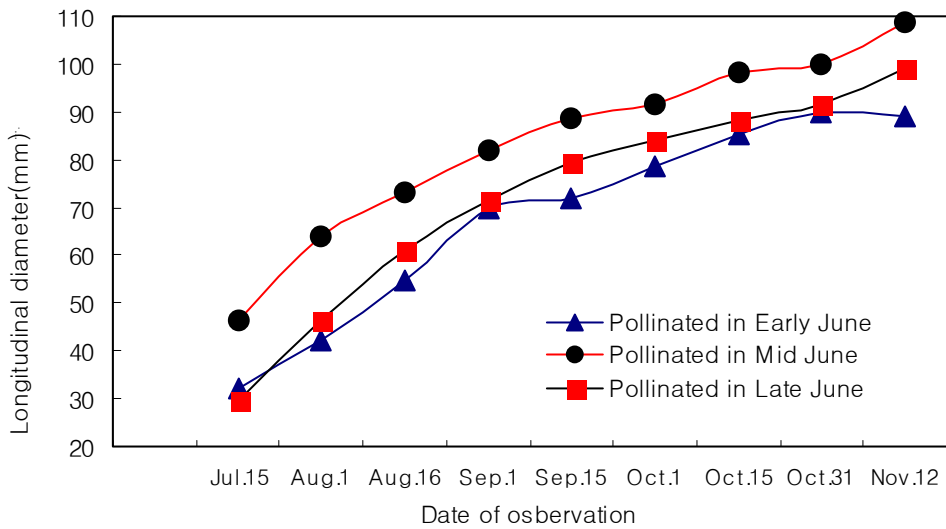


Fig. 6. Seasonal changes in fruit longitudinal diameter as affected by different season of artificial pollination.

수확시 과실은 6월 중순에 인공수분시킨 것이 다른 시기에 인공수분시킨 것 보다 무겁고 종경과 횡경도 컸다(Fig. 7).

과실 당 종자수는 6월 초순에 인공수분시킨 과실에 비하여 중순과 하순에 인공수분시킨 과실에서 많았으나 과육 100g 당 종자수는 6월 중순에 인공수분시킨 과실에서 가장 적었다. 6월 중순에 인공수분시킨 과실이 가장 무거운 것은 종자수가 많음과 더불어 종자 당 과육무게도 무거워졌기 때문이었다고 할 수 있다. 과실비대 초기인 7월 15일에 이미 6월 중순에 인공수분시킨 과실이 다른 시기 인공수분 과실보다 컸는데(Fig. 5, 6), 이는 인공수분시 환경조건과 수체 영양상태 차이에서 비롯되었을 가능성이 크다.

과실의 종자수에 대한 과실 무게의 회귀분석에서 과실 내 종자수가 많을수록 과실무게가 무거워지는 정상관을 나타내었지만 결정계수는 0.32로 낮았다 (Fig. 8).

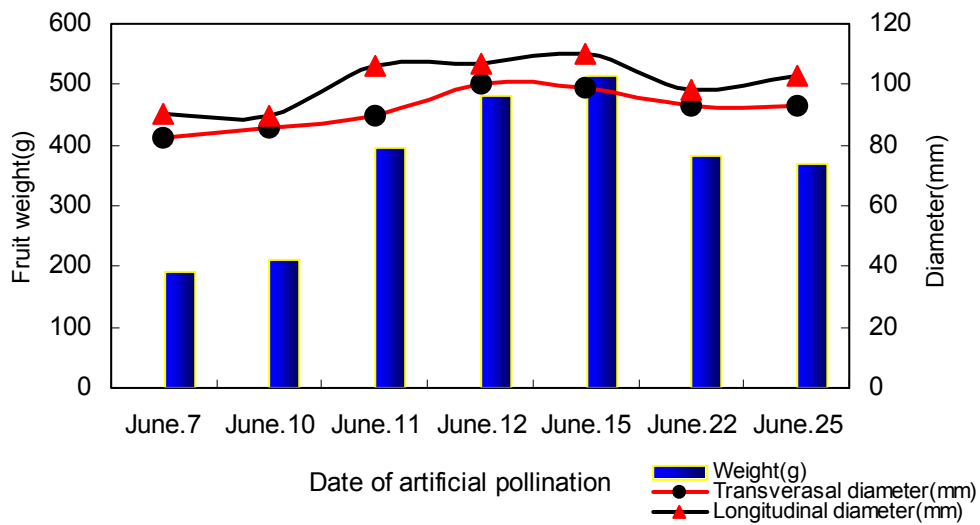


Fig 7. Fruit weight and size of 'Hillary white' atemoya as affected by different date of artificial pollination.

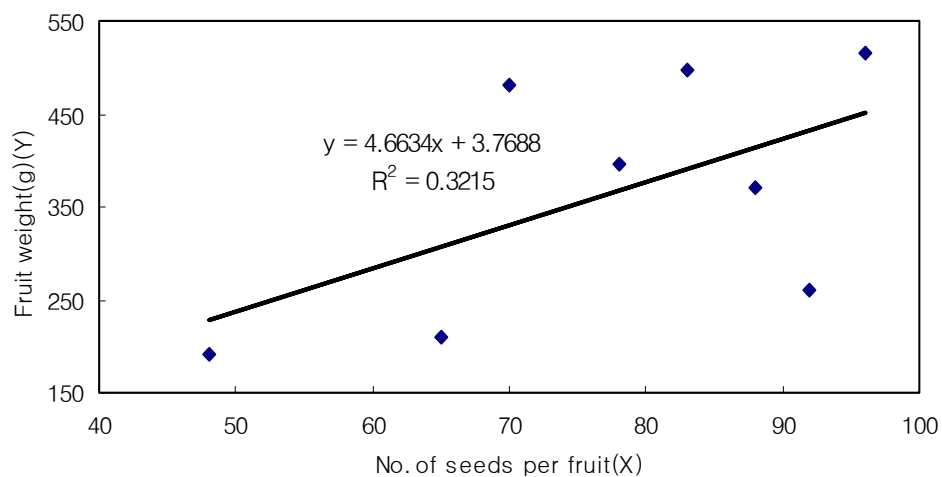


Fig. 8. Regression of fruit weight on the number of seeds in 'Hillary white' atemoya.

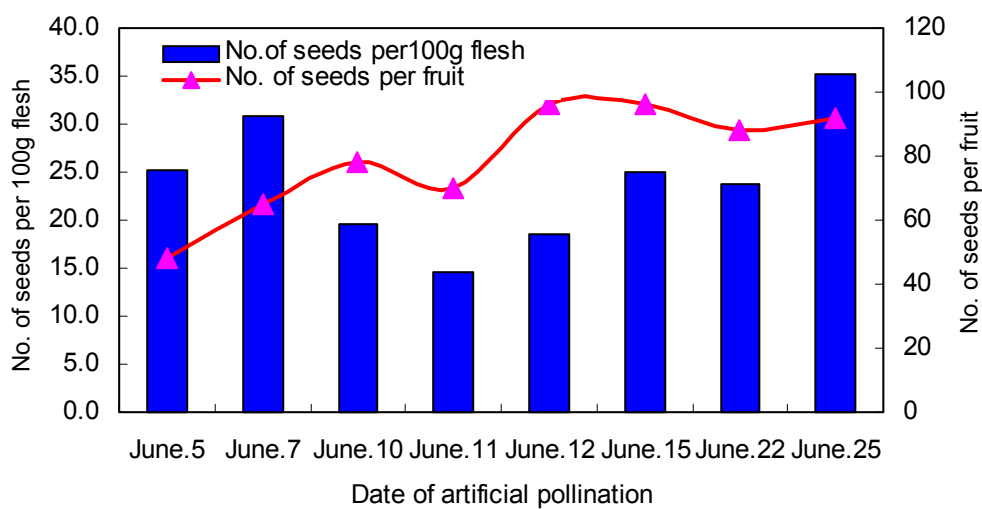


Fig 9. Number of seeds per 100g fruit flesh and number of seeds fruit as affected by different date of artificial pollination in 'Hillary white' atemoya.

인공수분일의 평균기온은 과실의 크기 또는 종자수와 상관관계가 인정되지 않았으나 평균습도는 과실의 크기와 정의 상관관계가 그리고 과육 100g 중 종자수와는 부의 상관이 인정 되었다(Table 7). 인공수분시 습도가 결실율에 미친다고 보고되어 있는데(George와 Campbell, 1991; 小浦 등, 2001), 이 시험에서 인공수분시 습도가 높을수록 종자수가 증가되는 경향이었지만 통계적유의성이 인정되지 않았고 오히려 종자당 과육무게가 증가되어 과실무게가 증가한 것으로 나타났는데 그 기작에 대해서는 더욱 검토할 필요가 있다고 판단된다.

Table 7. Correlation coefficients between fruit weight or number of seeds in fruit and meteorological variables on the date of artificial pollination in 'Hillary White' atemoya.

Variables	Mean air Temp	Humidity
Fruit weight	-0.1168	0.9370 ^{***}
No. of seeds per fruit	0.3590	0.5638
No. of seeds per 100g flesh	0.3946	-0.7919 ^{**}

^{**}Significant at 1% level, ^{***}Significant at 0.1% level

실험수는 4월 초에 발아하여 5월 말부터 개화하기 시작했는데 개화초기는 신엽이 충분히 전개되지 않은 상태로서 꽃과 신엽 사이에 양분경쟁이 일어나 화기의 발달이 억제되었을 가능성도 있다. 즉, 개화 초기에 화분발아율이 낮을 뿐만 아니라 자방의 발달도 불량했을 가능성도 있다. 개화시기별 화기발달 정도는 추후 확인해야 할 과제라고 생각된다.

수확시 과즙의 당도는 6월 중순에 인공수분시킨 과실에서는 20°Brix 내외를 나타내었으나 인공수분시기가 이 보다 빠르거나 늦을수록 당도가 낮아졌다 (Fig. 10).

HPLC를 이용해 과즙의 가용성 당 성분을 분석한 결과는 Table 8과 같다. 아떼모야 과실의 가용성 당은 자당의 함량이 총당의 10% 내외로 낮고 과당과 포도당의 함량이 각각 총당의 45% 내외로 높았다. 당도가 높았던 6월 중순에 인공수분한 과실은 다른 시기에 인공수분 한 과실에 비하여 모든 당 함량이 높아 과당과 포도당은 각 8%이상, 자당은 2%이상으로 총당함량은 19%나 되어 매우 달게 느낄 정도였다.

Table 8. Effect of the season of artificial pollination on sugar concentration(%) in 'Hillary White' atemoya.

Season of pollination	Fructose	Glucose	Sucrose	Total sugar
Early June	7.8	7.3	1.4	16.5
Mid June	8.6	8.3	2.1	19.0
Late June	7.3	7.0	0.7	15.0

일본의 무가온 온실 내 아떼모야 재배에서는 통상 5월 중·하순에 개화가 시작되어 7월 중순까지 약 2개월 가까이 계속적으로 개화가 이루어진다 (Makita, 1998). 본 연구에서는 2003년과, 2004년 모두 5월27일에 개화가 시작되어 7월 하순까지 계속되었으며 5월27일 부터 6월 초순에 개화한 꽃에서는 화분 발아율이 낮았으며 6월 중순 이후 화분발아율 및 결실율이 높았다.

*Annona*속 과수의 결실율이 낮은 원인은 화분의 부족(Gazit 등, 1982), 개화 기간 중 고온과 건조(Rathore, 1990), 토양수분 부족 그리고 가지와 과실 간 발육에 따른 양분경합(George와 Nissen, 1988) 등이 보고되어 있다. 특히 조기에 개화한 꽃에서는 화기의 발육시기가 신초의 생육기와 겹쳐 화기와 신초사이에 양분경합이 발생하기 때문에 화분의 발육과 생존율이 낮아질 수도 있다 (牧田, 1994).

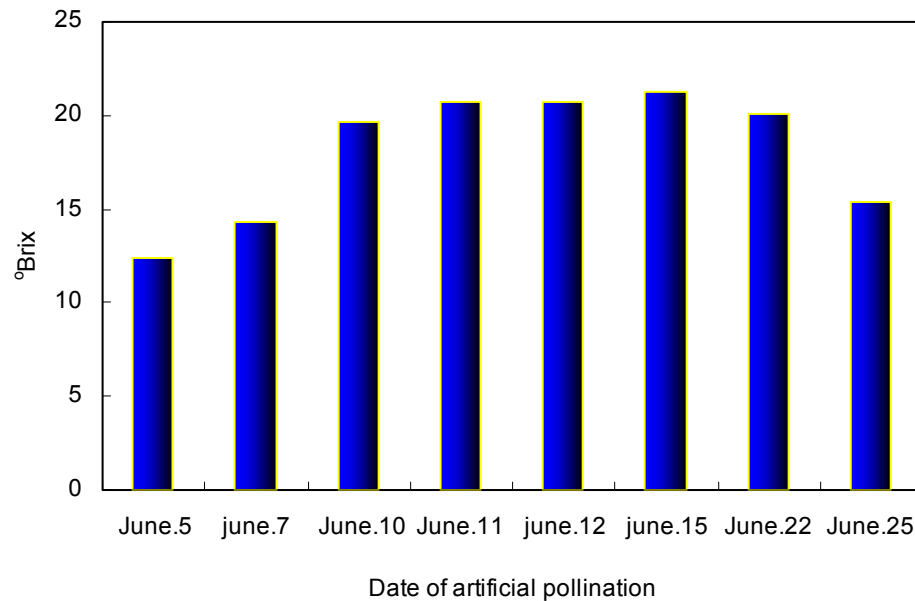


Fig 10. Brix of 'Hillary white' atemoya fruit flesh as affected by different date of artificial pollination.

본 연구에서 개화시기에 따라 화분의 발아율에 차이가 있었고, 과실의 발육에도 영향을 주었다. 개화시기가 과실의 발육에 미치는 영향은 양분경합 등에 의한 화기 발육의 차이에 의한 것인지 또는 인공수분시 환경조건에 의한 것인지는 분명치 않았다. 다만 6월 하순에 개화·결실한 과실의 경우는 화분의 발아율이 높았음에도 불구하고 과실의 비대와 품질은 떨어졌는데, 이는 개화기 및 과실의 생육기가 고온에 의한 스트레스와 짧은 과실의 생육기간과 관계되는 것으로 추정되었다.

종합적으로 볼 때 제주지역 무가온 온실에서는 6월 중순에 개화 하루전 오후 즉 꽃잎 끝이 막 벌어지기 시작하는 꽃을 채취한 후 25℃에서 17시간 후숙하여 화분을 수집하고 4℃에서 냉장저장하였다가 꽃잎 끝이 벌어지기 시작하

는 꽃(화분 수집용 꽃과 같은 발육단계의)을 골라 주두분비액량을 확인하고 꽃잎을 1매 혹은 2매 제거하여 인공수분하는 것이 작업이 효율적이고 품질이 좋은 과실을 생산할 수 있을 것으로 판단되었다.

V. 적 요

제주도 무가온 온실에서 아떼모야(*Annona squamosa* × *A. cherimola*) 재배시 인공수분 시기와 방법을 확립하기 위하여 제주대학교 감귤화훼센터 무가온 유리온실에 심어 있는 'Hillary White' 와 'Geffner' 두 품종의 개화과정을 관찰하고 화분채취 시기, 후숙기간, 냉장기간 등이 화분발아율에 미치는 영향을 조사하고, 인공수분하여 결실율과 과실의 특성을 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 주두 분비액에 의한 주두 표면 건조상태는 개화 하루 전 낮부터 축축해지기 시작하여 저녁 7시경 꽃잎이 반쯤 벌어졌을 때 가장 축축한 상태로 되었으며 개화하는 날 아침까지도 축축한 상태가 유지되었으나 꽃잎이 완전히 열리는 저녁 7시경에는 약간 건조한 상태가 되었다.
2. 개화 이틀 전이거나 또는 만개 시점에 채취한 화분은 발아율이 10%미만으로 낮았으나 개화 하루 전 저녁에 꽃을 채취하여 25℃에서 17시간 후 숙시킨 화분은 20%이상의 높은 발아율을 보였으며 이 화분은 4℃에서 24시간까지 저장해도 발아율이 그대로 유지되었다.
3. 'Hillary White' 와 'Geffner' 두 품종 모두 6월 상순에 개화한 꽃의 화분 발아율보다 6월 중순과 하순에 개화하는 꽃의 화분 발아율이 높았으며 인공수분에 의한 결실율도 6월 상순 보다는 중순과 하순에 높았다.
4. 인공수분시 꽃잎 제거는 결실율에 영향을 미치지 않았다.
5. 6월 중순에 인공수분하여 결실한 과실이 다른 시기에 인공수분하여 얻은 과실보다 크고 당 함량이 높았으며, 과중 약 400~500g, 과육 중 과당과 포도당 농도는 각 8%이상, 자당 2%, 당도 20°Brix의 맛있는 과실을 얻을

수 있었다.

6. 제주도 무가온 온실에서 아페모야 재배시 6월 중순 저녁에 꽃잎이 반쯤 떨어진 꽃을 따서 25℃에서 17시간 후숙하여 화분을 채취하고 4℃ 냉장고에 보관했다가 저녁에 꽃잎이 반쯤 떨어진 꽃의 꽃잎을 1~2개 제거하여 인공수분하는 것이 좋을 것으로 판단되었다.

V. 참고문헌

- Brewbaker, J.L. and B.H. Kwack. 1963. The essential role of calcium ion in pollen germination and pollen tube growth. *American Journal of Botany* 50(9): 859-865.
- Crane, J.H. and C.W. Campbell. 1990. Origin and distribution of tropical and subtropical fruits. p. 1-65. In: S. Nagy, P.E. Shaw, and W.F. Wardowski(eds.). *Fruits of tropical and subtropical origin*, FSS. Lake Alfred. FL. USA.
- Gazit, S., I. Galon and H. Podoler. 1982. The role of *Nitidulid* beetles in natural pollination of *Annona* in Israel. *J. Amer. Soc. Hort. sci.* 107: 849-852.
- George, A.P. and J. Campbell. 1991. Hand pollination in subtropical Australia. *California Grower*. Vol. 15(2): 36-38.
- George, A.P. and R.J. Nissen. 1988. The effects of temperatures, vapour pressure deficit and soil moisture stress on growth, flowering and fruit set of custard apple 'African pride'. *Scientia Hort.* 34: 183-191.
- 石畑清武. 1983. 紫果物時計草の花粉發芽に関する研究. 鹿大農學術報告. 33: 7-11.

- 岩波洋适. 1985. 花粉學. (第4版) 講談社(東京). P. 212.
- Kahn, T.L. and M.L. Araipa. 1991. Methods of cherimoya hand pollination. Cherimoya Assoc. Newsletter 3(1): 1-3.
- 小浦誠吾・長谷川和史・鈴木英喜・山本雄介・米本仁巳. 2001 チェリモヤの結實に及ぼす高温および柱頭分泌液量の影響. 熱帯農業 45(4): 275-280.
- Lee, H.S. and S. Nagy. 1988. Quality changes and non-enzymatic browning intermediates in grapefruit juice during storage. J. Food Sci. 53: 168-172
- 牧田好高. 1994. アテモヤ. 農業技術大系 果樹編 7 特産果樹. 農文協 (東京).
- Makita, Y. 1998. Effects of pollen grain stage at the time of hand pollination on fruit set Atemoya(*Annona cherimola* × *A. squamosa*). Bull. Shizuoka Citrus Exp Sta 27: 61-66.
- Morton, J.F. 1987. White Sapote In: Fruits of Warm Climates. Media Incorporated, Greensboro (North Carolina). p. 191-196.
- Nakasone, H.Y., and R.E. paull. 1998. Tropical fruits. CAB international. Wallingford, UK.
- Rathore, D.S. 1990. Custard apple: 449-468. In:Fruits, tropical and subtropical. (ed)Bose, T.K and S.K. Mitra. Naya Prokash. Calcutta.

- Rosell, P., M. Herrero, V. Galan Sauco. 1999. Pollen germination of cherimoya(*Annona cherimola* Mill.). In vivo characterization and optimization of in vivo germination. *Scientia Horticulturae* 81: 251-265.
- Saavedra, E. 1977. Influence of pollen grain stage at the time of hand pollination as factor on fruit set of cherimoya. *Hort.* 12: 117-118
- Samson, J.A. 1986. Tropical fruit, second edition. Longman scientific & technical. Singapore.
- Sanewski, G.M. 1998. Growing custard apples. Queensland Department of Primary Industries information series QI87014. Brisbane, Australia.
- 立田芳伸, 稻森博行. 1998. アテモヤの栽培技術確立. (7)花粉の貯藏温度. 果樹試報. IV-2: 401-402.
- 宇都宮直樹 ・ 樋口浩和 ・ 米本仁巳 ・ 山下重良. 1992. チェリモヤ花粉貯藏性着果及相對濕度影響. 園學雜. 172-173(別 1): 84-85.
- Wester, P.J. 1910. Pollination experiments with Annonas. *Bull. Torrey Bot. Club.* 37: 529-539.
- 米本仁巳. 1990. チェリモヤ. 農業技術大系 果樹編 7 特産果樹. 農文協 (東京).
- 米本仁巳 ・ 牧田好高. 1996. 導入果樹品種特性調査事業報告書(チェモヤ ・ アテモヤ). (社)日本果樹種苗協會. (東京) p. 33, 46.

米本仁巳 ・ 中屋英治 ・ 山下重良, 1989. チェリモヤの施設栽培に関する研究.
(第2報) 花粉の發牙, 花粉管伸長に関する温度と培地条件並びに貯藏花粉の發
牙試験. 園學雜. 58(別 2): 174-175.

감사의 글

늘 보는 사람들마다 언제 졸업하느냐는 말에 대답 할 수 있어 기쁩니다.

딸아이가 걸음마를 배울 때 대학원에 들어갔는데, 이제는 혼자서 책을 읽고 노래도 부릅니다. 딸아이보다도 늦게 깨우친 것 같습니다.

논문작업을 하면서 왜 이렇게 막히는 것도 많고 모르는 것도 많은지, 저의 부족함을 절실히 느꼈던 시간이었습니다.

본 논문을 완성하기까지 많은 실수와 부족함을 사랑으로 지도해 주신 존경하는 문두길 교수님께 감사의 글을 올립니다. 박용봉 교수님, 언제나 말 한마디에 따뜻함을 느꼈습니다. 항상 건강하시길 바랍니다. 그리고 제자에 대한 열정이 넘치시는 소인섭 교수님과 어려울 때 가장 먼저 생각났던 강훈 교수님께도 감사드립니다. 논문을 꼼꼼히 챙겨 주셨던 송관정 교수님, 늘 선배님처럼 편안함과 자상함으로 저를 도와주시는 한상헌 교수님께도 감사드립니다.

어려울 때 힘이 되어주던 제주도농업기술원 박영철 연구사, 실험수행을 도왔던 재웅이, 신입사원으로 정신없을 원예연구소 강석범 연구사, 대학원 동기인 치원이와 실험실에서 함께 동고동락 했던 미선이와 보경이, 그리고 현윤규 후배와 저를 알고 있는 모든 지인들께 고맙다는 말을 전합니다.

그리고, 끝없는 사랑으로 자식들과 손녀를 챙겨주시는 아버님과 어머님께 머리 숙여 감사드립니다. 외국에 계시는 큰누님 내외분과 대전 작은누님 내외분께도 감사의 글 올립니다. 얼마 후면 결혼하게 될 하나뿐인 여동생 ‘승희’ 행복해라. 늘 막내로만 느껴지는 동생 용현이에게도 고맙다는 말 전합니다.

힘들고 바쁜 농사일에도 아낌없는 사랑으로 버팀목이 되어주시는 장인어른과 장모님께도 감사의 마음 전합니다.

큰 며느리와 아내 그리고 엄마로서 가족들을 위해 애쓰는 사랑하는 아내 ‘고선희’와 하나뿐인 말괄량이 우리딸 ‘김수은’ 무척 사랑한다.

정말로 길게만 느끼던 대학원 생활이 단비를 만난 것 같아 좋습니다.

앞으로도 늘 성실하고 열심히 노력해서 더 발전된 모습으로 거듭 나겠습니다.