

저온기 안정적 수박생산을 위한 화분공급 체계 개발

Development of An Effective Pollen Supply System
for Watermelon Production During Cool Season

경상대학교 농업생명과학대학

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “저온기의 안정적 수박 생산을 위한 화분공급 체계 개발”
과제의 최종보고서로 제출합니다.

2007년 5월 25일

주관연구기관명 : 경상대학교

총괄연구책임자 : 조 정 래

세부연구책임자 : 강 성 모

연 구 원 : 강 점 순

연 구 원 : 정 연 옥

연 구 원 : 장 영 호

연 구 원 : 전 경 수

연 구 원 : 임 종 민

연 구 원 : 임 채 신

연 구 원 : 김 보 숙

협동연구기관명 : 전북농업기술원

협동연구책임자 : 권 성 환

연 구 원 : 김 대 향

연 구 원 : 이 공 준

연 구 원 : 안 병 구

요 약 문

I. 제 목

저온기의 안정적 수박 생산을 위한 화분공급 체계 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

수박은 연간 7300억 시장으로 추산되고 있으며, 유통비용까지 합산한다면 13,000억 시장으로 추정하고 있다. 전체적인 수박의 재배 면적은 감소하고 있는 추세이지만, 시설재배는 매년 증가하여 현재 전체재배면적의 80%이상을 시설재배가 차지하고 있다. 축성 및 반축성 재배로 작형이 앞당겨지는 추세이며, 이러한 저온기 재배에서는 저온과 일조부족으로 인한 수분 및 수정이 불량한 문제점이 발생하고 있다. 수분 및 수정의 불량은 착과 불안정으로 인한 상품과 생산 비율의 감소를 초래할 수 있다.

현재, 화분의 산업적인 이용을 위한 채취, 저장 및 보급 등은 과수작물에 한정되어 있으며, 채소작물에서는 경제성이 낮은 문제점이 있어 거의 적용되지 않고 있다. 그러나 수박과 같이 착과안정을 통해 생산력 및 소득증대에 기여하는 정도가 큰 채소작물의 경우 산업적으로 실용화 가치가 높을 것으로 판단된다.

따라서, 수박화분의 효율적인 저장방법 및 활력증진 기술을 개발하여 겨울철 저온기 재배에서 뿐만 아니라 강우 및 일조부족 등으로 인한 착과 불량기에 노동력 절감과 안정적인 수박생산 시스템을 확립하고자 한다. 또한 화분을 이용한 고품질의 씨없는 수박 생산을 통하여 농가 수익을 증대시키고, 화분의 저장기법 개발을 통한 육종 및 채종효율을 높여 국내 채종을 장려함으로써 해외채종으로 인한 외화 유출을 막을 수 있을 것이다.

수박 화분의 저장기법을 개발함으로써 원거리 교배가 용이하고, 갑작스런 기상악

화등으로 교배가 불가능할 때나 교배 모본의 개화기가 서로 다를 때 교배를 쉽게 하는데 이용 될 수 있다(Bang 등, 1999). 본 연구의 결과는 수박이외의 박과작물, 나아가서는 채소류의 화분에 적용될 수 있으며, 재배 뿐만 아니라 육종에 있어서도 교배시에 화분을 채취할 수 없는 불량한 환경이나, 교잡 대상이 원거리에 있거나, 개화기가 다를 때 효과적으로 이용할 수 있으며, 수분용 꽃의 봉지씌우기 작업을 감소시켜 생력화 할 수 있다. 현재 우리 농업은 소규모 경영체제, 노령화 및 생산단가의 상승 등 열악한 조건에 있어 선진국에서 주도하는 대량생산 체제의 영농방식에 대항하기에는 불리한 조건이다. 따라서 본 연구의 목적은 농가소득 증대를 위하여 작업의 생력화와 고품질 수확물 획득을 위하여 보다 안정적이고 고부가가치의 생산기술을 확립하는데 있다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

수박 화분의 효율적인 저장방법 및 활력증진 기술을 개발하여 수꽃이 부족하고 화분 활력이 저하되는 저온기의 재배에서 뿐만 아니라 강우로 인한 착과 저조기에 저장화분을 이용한 안정적인 착과와 인공수분 방법의 개선을 통하여 노동력을 절감하고자 한다. 또한 화분을 이용한 고품질의 씨없는 수박생산을 통하여 농가 수입을 증대시키고, 화분의 저장기법을 개발함으로써 육종에 있어서 작업을 생력화하고, 채종 효율을 높임으로써 종자 등으로 인한 외화 유출을 막을 수 있다. 그리고, 수박이외의 박과작물 및 채소류의 화분이용 기술에 적용 될 수 있다.

1. 화분의 활력 증진 및 저장기술 확립

- 화분의 특성 및 분류 : 형태적 특성관찰 및 분류, 품종별 화분 비교
- 발아생리 구명 : 화분의 적정 발아조건 및 화분관 신장 조건 구명
- 화분의 활력 증진 : 봉소, 칼슘 첨가 및 광, pH 조건에 따른 화분의 발아성

2. 화분의 채취 및 대량생산 기술 개발

- 채취시간 및 방법에 따른 화분 생산성과 화분의 활력
- 재배조건에 따른 화분의 생산 : 개화전 봉소, 칼슘의 엽면시비에 따른 화분의 생산량 및 활력 비교
- 수분용 품종 선발을 위한 자원 수집 : 화분생산량, 활력 및 저장성 검정

3. 화분의 산업적 활용

- 저온기 화분안정보급 및 착과율 향상방법
- 화분의 효율적 활용 방법 및 산업적 가치의 평가
- 씨없는 수박 생산 : X-ray 및 착과보조제 처리를 이용한 고품질 수박 안정생산
- 인터넷을 통한 수박 착과향상기술보급 및 상담

연구개발 내용	연구개발 범위
■ 화분의 활력 증진 및 저장기술 확립	
▶ 화분의 특성	⇒ 화분의 적정 발아와 신장의 조건 구명 ⇒ 화분의 발아생리 탐구, 생리적 변화, 저장물질의 이동 및 변화
▶ 화분 활력 증진	⇒ 화분의 활력에 미치는 영향 조건 검토 (온도, 습도, 영양분)
▶ 유효수분 기간 증대	⇒ 화분, 암술의 활력 증대 조건 구명
▶ 화분의 저장 기간 비교	⇒ 품종간 저장력 비교, X-ray처리 화분, 4배체 수박화분 저장
▶ 화분의 저장력 증대방안	⇒ 유기용매저장, 저온/ 건조저장
■ 화분의 채취 및 대량생산 기술개발	
▶ 화분채취기술 개발	⇒ 배, 참다래의 화분 채취기술 응용, 유기용매, 화분매개충을 이용한 화분 채취, 화분채취 방법 및 적기 구명
▶ 화분 생산량 증대 기술	⇒ 환경조건, 생장조절제, 재배방법
▶ 재배적 방법에 의한 화분의 저장력 증대 방안	⇒ 봉소 및 칼슘 시비, 온도
▶ 수분용 품종 선발	⇒ 화분 생산성, 활력, 저장성, 품질 등
▶ 인공수분기술 개발	⇒ 적정 증량제 선발
■ 화분의 산업적 활용	
▶ 씨없는 수박 생산	⇒ x-ray 이용한 씨없는 수박 생산
▶ 화분종류와 양에 따른 과실의 영향	⇒ 씨없는 수박에 응용, 착과 과실의 영향 (공동과, 과실특성, 당도, 종자수 등)
▶ 산업적 이용을 위한 실태조사	⇒ 화분의 활용, 시장 조사,
▶ 인터넷을 통한 화분 은행 운영	⇒ 인터넷 홈페이지 제작 및 운영
▶ 농가실증 시험	⇒ 주산지역 현지포장시험

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

암술과 수술의 가용성 당함량은 개화당일에 가장 높았으며 개화일수가 경과함에 따라 점차 감소하였다. 약의 가용성 당함량 감소와 함께 화분의 발아율과 화분관신장이 개화당일에 가장 높았으나 개화 후 일수가 증가함에 따라 감소하였다.

3배체 씨없는 수박을 생산하기 위하여 배수성 수박을 유도한 결과, 0.2% 콜히친 처리에서 효율이 높았다. 4배체 수박의 특성은 잎과 화경이 크고 과피두께도 두꺼우나, 화분의 개약이 불량하였다.

수박화분은 치상 후 급속하게 발아하기 시작하여 6시간 내에 전체 발아한 화분의 90% 이상이 발아하였고, 화분관의 신장은 12~24시간에 급격하게 이루어 졌다. 발아 온도는 15℃에서 치상 12시간 후 20%였는데 25℃와 30℃에서는 80%이상이었다. 최적화분 발아율과 발아속도를 나타내는 온도는 25~30℃였다.

화분의 과열, 발아율과 화분관 신장을 고려할 때, 배지에 첨가하는 당의 농도는 20% sucrose일때 가장 안정적인 발아를 보였다. 무기원소 첨가농도는 붕소 100~200 ppm, 칼슘 100~200 ppm, 마그네슘 100 ppm, 칼륨 200 ppm 일 때 발아율이 높고 화분관신장이 빨랐다. 화분발아에 적절한 pH는 6.5~7.0이며, 광이 있을 경우 발아가 저해되었다.

수박화분의 저장 수명은 온도에 따라 큰 차이를 보였는데 20℃에 저장할 경우 저장기간이 경과함에 따라 급격하게 발아력이 감소하여 저장 15일 후의 발아율은 15% 미만이었다. 0℃, - 40℃에서는 실리카겔 등으로 건조하게 유지할 경우 저장 30일 이후에도 발아력이 상당한 수준으로 유지되었다. 화분을 수집할 때 습도 및 저장환경을 조절하면 30일 이상 저장 가능할 것으로 판단된다.

재배품종에 따라 화분량과 활력에 차이가 있었는데, 중·소과종이 화분의 생산량이 많고 저장력이 우수한 경향을 보였으며, 특히 소형과종인 ‘복수박’은 화분의 생산

량이 많고 비교적 다른 품종에 비하여 저장력이 우수하여 수분용 품종으로 적합한 것으로 생각된다.

유기용매를 사용함으로써 약에서 화분을 효과적으로 분리할 수 있지만 급격한 탈수작으로 인하여 유기용매 침지 수일 후에 발아율이 절반으로 감소하여 화분을 장기간 보존하기 위해 유기용매를 사용하는 것은 무리가 있는 것으로 판단된다. 약에서 화분을 분리할 때의 효율성 및 침지 시간에 따른 활력의 저하 등을 고려할 때 수박 화분 채취에는 pentane과 ethyl ether가 적합한 것으로 판단된다.

채취시간이 빠를수록 화분량이 많을 뿐만 아니라 화분의 활력이 높지만 채취시간에 따른 화분의 양과 활력 차이가 과실의 착과와 품질에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 보인다.

고절위로 갈수록 화분량과 화분의 활력이 높아져, 착과마디 주위에서 채취한 것이 화분량이 가장 많았고 화분의 활력도 가장 높았으나 과실의 착과 이후 급격하게 화분의 양과 활력이 감소하였다. 수분 및 착과 이후 대부분의 동화산물이 과실로 재분배되기 때문에 화분의 생성을 비롯한 새로운 꽃의 발육이 부진해 지는 것으로 생각된다.

유기용매의 종류에 따라 화분의 채취량이 달랐으며, 유기용매 침지 시간이 증가할수록 화분의 활력이 감소되었다. Pentane, ethyl ether 가 다른 유기용매들에 비하여 화분의 채취효율이 높았으며 화분의 활력에 큰 장애를 주지 않았다.

정식 후 AgNO₃와 GA₃의 엽면살포로 수꽃의 비율이 증가하였는데, 특히 GA₃ 100ppm 엽면처리구에서 암꽃 : 수꽃 비율이 1 : 8.1로 무처리구 보다 수꽃이 3.1배 많았다. 그러나 화분의 발아율과 화분의 양, 화분관 신장에는 큰 차이가 없었다.

칼슘과 붕소의 엽면시비로 화분의 양과 활력이 현저하게 증대되었다. 엽면시비 후 일수가 경과함에 따라 화분의 양과 화분활력이 증대되어 엽면시비 25일 후 최대치가

되었다, 1회 엽면시비하는 것보다 2회 엽면시비하는 것이 발아율을 약 20% 증대시켰으며 화분량 증대에도 매우 효과적이었다.

재배중의 기온이 높을수록 화분의 생산량이 증대되었으나 발아율과 화분관 신장에는 큰 영향을 미치지 않았다.

인공수분시 석송자 및 광물질인 micro-cel E 등과 같은 미립물질을 혼합하여 인공수분할 경우 과실의 특성이나 품질에 큰 영향을 미치지 않았지만 착과율이 다소 낮게 나타났다.

수박의 개화습성을 보면 주로 새벽에 개화하며, 오전에는 수정능력이 양호하지만 오후에는 갑자기 떨어진다. 수꽃의 수명은 약 1일 정도로 짧다. 암꽃은 초기에는 수직 방향으로 개화하다가 수정이 되면서 과경이 신장하고 지면으로 굽게된다. 수꽃의 화분이 암꽃의 주두에 충분한 양이 있어야 기형과의 발생율이 감소된다.

씨없는 수박의 소비율은 점차 증가 추세에 있는데 여러 가지 방법을 통하여 씨없는 수박을 유도할 수 있다. CPPU를 이용한 씨없는 수박은 50 ppm 자방처리에서 착과 및 상품과율이 높았으며, 1000 ppm 처리에서는 거의 열과되는 현상을 보였다. 또한 CPPU 처리에서는 수확기가 무처리보다 5일가량 지연되는 경향을 보였으며, 과피 두께도 두껍게 나타났다. Soft X-ray 조사화분을 이용한 씨없는 수박은 무처리 구에 비하여 당도가 1°BX 정도 상승되었으나 오염으로 인해 종실률이 30%정도를 보였다. 처리별 과중은 초기에는 CPPU 처리에서 높은 경향이었으나 수확기에는 큰 차이가 없었다.

화분에 관련한 홈페이지는 www.watermelonflower.re.kr로 착과기술 및 수박의 영농상담이 이루어지고 있다.

SUMMARY

Worldwide watermelon is the second largest vegetable after tomatoes and Korea ranks 17th in world's production. Watermelon is an important vegetable crop and has very high per capita consumption (16~18 kg) in Korea. The major province of watermelon production in Republic of Korea is Kyongnam (31.0%). Other important provinces include Chungnam (16.0%), Kyongbuk (13.6%), Jeonbuk (13.1%), and Jeonnam (11.0%). It has been changed from open field to greenhouse culture. Now the greenhouse culture is the 81.0% of the total watermelon cultivation. One of the characteristics of Korean watermelon culture is that most of the watermelons are being produced in protected cultivation (high tunnels) due to adverse climate and disease threat. Low temperature, high humidity and cloudy/rainy weather influence both on insects activity and anther dehiscence and results in poor fruit set. Watermelon is cultivated round the year under forced, semi-forced, open and retard cultures and hence fruit prices vary according to culture system. Whereas, most of problem is that male flower has trouble with indehiscence in this seasons. Expecially, triploid seedless watermelons need diploid pollen stimulus for fruit development.

Objective of this research was to find the best way to collect and store pollen grains for using them at bed conditions for pollination and to investigate pollen amount and viability of several different watermelon cultivars.

Soluble solid content in both pistil and stamen, pollen germination and pollen tube elongation reached the highest level at the day of flowering and then gradually decreased thereafter.

Ninety percent of freshly collected watermelon pollen was germinated in 6 hours after bedding and rapid pollen tube elongation was observed from 12 to 24

hours. Low temperature retarded pollen germination. When pollen was incubated at 15°C, only 20% of pollen was germinated after 12 hours and then remained constant. Pollen germination and pollen tube growth were stimulated in temperature range of 25~35°C.

Considering the rupture of pollen grain, germination rate, and pollen tube elongation during incubation, pollen germination was optimum on the medium containing 20% sucrose, 100~200 ppm each of B and Ca, 100 ppm Mg, and 200 ppm K with pH 6.5~7.

Pollen germinability was highly affected by storage temperature and duration. Pollen showed only 15% of germination after a 15 day-storage at 20°C. When pollens were stored with silica gel as a drying agent, stored pollens well maintained their germinability after a 30 day-storage at 0 and -40°C. This result suggest the possibility of pollen storage for commercial purpose.

Pollen amount and germinability differed between cultivar. Small fruit cultivars had more pollen and higher storability than big fruit cultivars. 'Bocksuback', a small fruit cultivar, could be the most suitable pollinizer because it showed the highest amount of pollen and storability compared to the others.

Even though organic solvents were effective to collect pollens from anther, they were not ideal storage agent for watermelon pollen because they damaged the epidermal tissue of pollens severly after several days and germination percentage of pollen decreased 50% of control. The most effective organic solvents for collecting pollen were pentane and ethyl ether.

Pollen germination rate was higher when collected in the early morning and it decreased as pollen collection time delayed. The pollen collected in the morning showed 30% higher germination rate than the pollen collected at noon. However, pollen collecting time did not appear to affect fruit setting and quality.

Both pollen amount and germinability were higher in the flowers around the node of fruit setting. As fruit was growing, the amount and germinability of pollen were sharply decreased. The decrease of pollen production and

germinability after fruit setting seemed to be correlated with assimilate partitioning : assimilates would be distributed more to the fruit than flower and subsequently development of male flower impaired.

Amount of pollen varied depending on organic solvents and vitality of pollen decreased as immersion time increased. Among organic solvents as pollen collecting agent, pentane and ethyl ether were most effective in maintaining pollen viability and in collecting pollen.

The number of male flower increased with the AgNO_3 and GA_3 foliar applications. The number of male flowers in the GA_3 (100 ppm) foliar application was 3.1 time higher than control. However, the foliar applications did not affect pollen germinability, amount and tube growth compared with control.

Foliar applications of Ca and B increased pollen amount and viability. The amount and viability of pollen increased and reached the highest level 25 days after application. In the comparison of the frequency of application, percentage of pollen germination was 20% higher in two time-application than in one time-application. Higher temperature in plastic film house increased the amount of pollen grain but did not affect on pollen germinability and tube growth.

To produce Diploid parthenocarpic fruits by pollination with soft-X irradiated pollen, pollen collection and storage is a general practice. The pistillate flower and the staminate flower just blew them open the same day. The anthers had dehisced when the corolla expanded, but the pollen remained on the anthers in sticky masses. The stigma was receptive throughout the day although most pollination took place in the forenoon. Large, sticky pollen grains and an adhesive stigma signal is the necessity for active pollen transfer between flowers for pollination.

Pollen dehydration was essential for storage and organic solvents made it possible to collect and store pollens for longer period of times. Pollen germination and growth of pollen tubes are, in principle, necessary for fertilization, fruit

development and seed formation. Studies on *in vitro* germination and pollen tube growth are very useful for explaining the lack of fertility and are generally believed to provide best estimate of pollen viability *in vivo*.

Soft X-ray irradiated pollen and CPPU were evaluated to produce diploid seedless watermelon. Pollen was irradiated with soft X-ray at 800 Gy before pollination. Three concentrations of CPPU were applied as 50 ppm sprayed on ovary, 100 ppm rubbed on female flower pedicel and 1000 ppm applied on both sides of shoot near female flower attachment. Seedlessness was almost similar in all CPPU treatments (95%). Total soluble solids (TSS) and rind thickness were slightly higher in CPPU treated fruits than control. Similarly X-ray irradiated pollen also depicted higher TSS (12.0 Bx) than control (10.8) but yielded similar fruit weight. However, higher concentration of CPPU showed cracks in fruits (95%). In a second set of experiment, CPPU (50 ppm), soft X-ray irradiated pollen (800 Gy) and combined application of both X-ray (800 Gy) pollen and CPPU (50 ppm) were compared. The combined application yielded more fruit set (90%), seedlessness (95%), TSS (11.8 Bx) and marketable fruits (90%). CPPU (50 ppm) showed higher rind thickness (13.7 mm), harvest time (50 days after anthesis) and large aborted seeds than X-ray treatment. This also indicated high sink strength up to 15 days post anthesis but over all fruit weight was at par.

A homepage related to watermelon pollen has been running at www.watermelonflower.re.kr We could discuss with watermelon growers on fruit setting techniques and useful information on Korean watermelon industry.

CONTENTS

Chapter 1	General Introduction	19
Section 1	Objectives	19
Section 2	Importance	20
Section 3	Experiment Scope	22
Chapter 2	Current Development of Related Technology	27
Section 1	Viability of Pollen	27
Section 2	Storage of Pollen	29
Section 3	Pollen collection	30
Section 4	Practical Application of Pollen	31
Section 5	The Prospects and the Introduction of Technology	33
Chapter 3.	Result and Discussion	37
Section 1	Establishment of Pollen Storage and Increasing Viability Technology of Pollen	37
1.	Characteristic and classification of pollen	43
2.	Optimum condition for pollen germination	51
3.	Improve pollen viability	60
4.	Storage	64
5.	Pollen viability in cultivar	69
6.	Storage in organic solvents	72

Section 2	Technology of Pollen Collection	78
1.	Amount and viability of pollen by collecting time and methods	83
2.	Effect of flowering position on amount and viability of pollen	87
3.	Pollen collection using organic solvents	90
4.	Increase pollen yield	95
5.	Developing artificial pollination technology	107
Section 3	Commercial Usage for Watermelon Pollen	110
1.	Investigating the actual conditions for commercialization of pollen	114
2.	Flowering physiology and habit	118
3.	Seedless watermelon production	131
4.	Effect of pollen on fruit characteristics	135
5.	Selecting pollination cultivar	138
6.	Creating homepage	144
Chapter 4.	Achievement Evaluation	153
Chapter 5.	Practical Application of the Results	155
Chapter 6.	Scientific Information Collected through the Project	156
Chapter 7.	Literature Cited	157

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요	19
제 1 절 연구개발의 목표	19
제 2 절 연구개발의 필요성	20
제 3 절 연구개발의 내용 및 범위	22
제 2 장 국내외 기술개발 현황	27
제 1 절 화분의 활력증진	27
제 2 절 화분의 저장	29
제 3 절 화분의 채취 기술	30
제 4 절 화분의 산업적 활용	31
제 5 절 화분산업의 전망과 기술도입의 타당성	33
제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과	37
제 1 절 화분의 활력증진 및 저장기술 확립	37
1. 화분의 특성 및 분류	43
2. 적정 발아조건	51
3. 화분의 활력 증진	60
4. 화분의 저장	64
5. 품종에 따른 화분의 채취와 활력	69
6. 유기용매를 이용한 저장	72

제 2 절	화분의 채취 및 대량생산기술 개발	78
1.	채취시기와 채취 방법에 따른 화분의 채취량과 활력	83
2.	수꽃의 착화마디에 따른 화분의 양과 활력	87
3.	유기용매를 이용한 화분 채취	90
4.	화분 생산량 증대	95
5.	인공수분 기술	107
제 3 절	화분의 산업적 활용	110
1.	산업적 이용을 위한 실태조사	114
2.	수박의 개화행동	118
3.	씨없는 수박 생산	131
4.	화분의 종류와 양이 과실 발육에 미치는 영향	135
5.	수분용 품종 선발	138
6.	인터넷 홈페이지 구축	144
제 4 장	목표달성도 및 관련분야에의 기여도	153
제 5 장	연구개발결과의 활용계획	155
제 6 장	연구개발과정에서 수집한 해외과학기술 정보	156
제 7 장	참고문헌	157

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 목표

수박은 연간 7300억 시장으로 추산되고 있으며, 유통비용까지 합산한다면 13,000억 시장으로 추정하고 있다(한국농촌경제연구원, 2004). 전체적인 수박의 재배 면적은 감소하고 있는 추세이지만, 시설재배는 매년 증가하여 현재 전체 재배면적의 80% 이상이 시설재배를 차지하고 있다. 축성 및 반축성 재배로 작형이 앞당겨지는 추세이며, 이러한 저온기 재배에서는 저온과 일조 부족으로 인한 수분 및 수정이 불량한 문제점이 발생하고 있다. 수분 및 수정의 불량은 착과 불안정으로 인한 상품과 생산 비율의 감소를 초래할 수 있다.

현재, 화분의 산업적인 이용을 위한 채취, 저장 및 보급 등은 과수작물에 한정되어 있으며, 채소작물에서는 경제성이 낮은 문제점이 있어 거의 적용되지 않고 있다. 그러나 수박과 같이 착과안정을 통해 생산력 및 소득증대에 기여하는 정도가 큰 채소작물의 경우 산업적으로 실용화 가치가 높을 것으로 판단된다.

따라서, 수박화분의 효율적인 저장방법 및 활력 증진 기술을 개발하여 겨울철 저온기 재배에서 뿐만 아니라 강우 및 일조부족 등으로 인한 착과 불량기에 노동력 절감과 안정적인 수박생산 시스템을 확립하고자 한다. 또한 화분을 이용한 고품질의 씨없는 수박 생산을 통하여 농가 수익을 증대시키고, 화분의 저장기법 개발을 통한 육종 및 채종효율을 높여 국내 채종을 장려함으로써 해외채종으로 인한 외화 유출을 막을 수 있을 것이다.

제 2 절 연구개발의 필요성

수박(*Citrullus lanatus* Thunb.)은 아프리카가 원산인 호광성 작물로 우리나라에서는 고려시대 때 몽고로부터 처음 도입된 것으로 추정(Lee, 1993)되며, 연산군 실록(1502년)에 수박에 대한 기록이 전해지고 있어 재배역사가 비교적 오래된 작물 중 하나이다(Lee 등, 2002). 2006년도는 20,553ha에서 778.374천톤의 수박을 생산하였다. 수박은 열대 아열대 및 온대지방에 걸쳐 재배되는 식물로 구미와 유럽 등지에서는 수박보다 멜론의 수요도가 높지만 우리나라와 일본 등의 동아시아와 일부 유럽지역에서는 멜론 보다는 수박의 수요가 높은편에 속하며, 특히 우리나라는 1인당 연간 소비량이 20 kg으로 세계 최상위권에 속한다. 따라서 재배기술의 확립도 다른 지역에서 보다 빨리 이루어졌다. 수박은 우리나라의 대표적인 여름 과실이었지만 현재는 연중 작물로 자리잡아가고 있으며, 그 수요가 계속 증가하고 있다. 1998년 이후로는 전체 수박 재배면적중 시설재배가 노지재배 면적보다 많아지게 되었다(Lee 등, 2002). 시설재배 수박은 경남의 함안, 의령, 진주 등을 중심으로 활발하게 이루어지고 있다. 최근에는 함안 지역을 중심으로 씨없는 수박재배가 시도되고 있다. 씨없는 수박 재배 기술은 지금까지 알려진 방법으로 4가지 방법이 있다. 그 방법을 간단히 소개하면 ① 3배체(3n) 육종에 의한 방법(Kihara와 Nishiyama, 1947), ② 생장조절제 처리에 의한 단위결과 유도 (Hayata 등, 1995; Terada와 Masuda, 1940; Wong, 1938) ③ 저장 꽃가루에 x-ray를 조사하여 불임화분으로 생산하는 방법(Keita와 Masami, 2000), ④ 2n(♀)×4n(♂) 으로 (한농종묘) 하는 방법 등이 있다. 이러한 방법들에 대한 연구가 우리나라에서도 일부 진행중에 있지만 체계적으로 검토되고 있지 않는 실정이다. 씨없는 수박 재배에서 화분 저장기술을 도입하면 생산효율이 획기적으로 개선될 것으로 생각된다.

수박재배에 있어서 조기생산은 판매단가가 높아 수익성이 높지만 저온과 일조부족에 의해 착과가 매우 불안정하다(Kim과 Park, 1991). 따라서, 저온기 재배가 주를 이루는 시설재배에서는 수분매개 곤충을 이용하거나 인공수분을 실시한다. 수박의 인공수분은 일출직후인 오전 7시에서 9시 사이에 실시하고 있다. 가장 큰 이유중 하나는 수박을 포함한 대부분의 박과 작물은 오전 5시를 전후하여 개화하기 시작하여 오후에 시들며, 화분의 활력은 오전 9시 이전에 높고 이후에는 낮아 인공수분하여도

결실률이 현저하게 낮아지기 때문이다(Hayase, 1960; Kurada, 1992). 오전 9시 이전에 수분을 하더라도 강우, 구름 및 안개 등으로 일조가 부족하거나 과습한 상태에서는 결실률이 현저하게 낮아진다. 특히 저온기 재배에서는 수꽃 착생이 좋지않기 때문에 인공수분하기 어려우며 특히, 15℃이하의 저온에서는 수분하여도 화분관 신장이 되지않아 결실되지 않는다. 또한 저온재배시 저일조하에서 강우로 인한 과습 상태에서는 수분 결실이 매우 불량한데, 저장화분으로 수정하면 착과율을 획기적으로 향상 시킬 수 있다(Kim과 Park, 1991). 따라서 본 연구에서는 수박 화분의 효율적인 저장방법 및 활력증진 기술을 개발하여 저온기의 시설재배에서 뿐만 아니라 강우로 인한 착과 불량기에 안정적인 착과로 노동력을 절감하고자 한다. 특히 수꽃이 부족하고 화분의 활력이 저하되는 저온기에도 원활하게 수분 결실할 수 있도록 하는데 있다. 또한 3배체를 이용한 씨없는 수박생산에서는 수분수를 식재하지 않으므로써 25% 증수 할 수 있고, x-ray처리 화분 저장 기술 개발로 고가의 기기 및 약제 구입 비용을 줄일 뿐 아니라 씨없는 수박을 효율적이고, 안정적으로 생산할 수 있으며, 4배체(4n) 수박 화분 저장기술로 2n×4n 수박 생산방법에서 생산성을 높일 수 있는 많은 이점이 있다고 판단된다.

수박 화분의 저장기법을 개발함으로써 원거리 교배가 용이하고, 갑작스런 기상악화 등으로 교배가 불가능할 때나 교배 모본의 개화기가 서로 다를 때 쉽게 교배가 가능하다(Bang 등, 1999). 본 연구의 효과는 수박이외의 박과작물, 나아가서는 채소류의 화분에 적용될 수 있으며, 재배 뿐만 아니라 육종에 있어서도 교배시에 화분을 채취할 수 없는 불량한 환경이나, 교잡 대상이 원거리에 있거나, 개화기가 다를 때 효과적으로 이용할 수 있으며, 수분용 꽃의 봉지씌우기 작업을 감소시켜 생력화 할 수 있다.

WTO에서 예외적인 취급을 받아오던 농산물 교역도 국가별 특수성이 배제됨에 따라 우리 농업은 무한 경쟁시대로 진입하게 되었으며, 정부에서도 국제경쟁력 강화를 위한 정책으로 기술개발에 집중적인 지원과 투자가 이루어지고 있다. 우리나라의 재배시설은 노동집약적 생산위주로 개발되어 왔기 때문에 선진 외국에 비하여 낙후되어 있을 뿐 아니라 종자 품질에 대한 관심도 부족하였다. 현재 우리 농업은 소규모 경영체제, 노령화 및 생산단가의 상승 등 열악한 조건에 있어 선진국에서 주도하는 대량생산 체제의 영농방식에 대항하기에는 불리한 조건이다. 따라서 본 연구는 농가소득 증대를 위하여 작업의 생력화하고 고품질 수확물 획득을 위하여 보다 안정적이고 고부가가치의 생산기술을 확립하는데 있다.

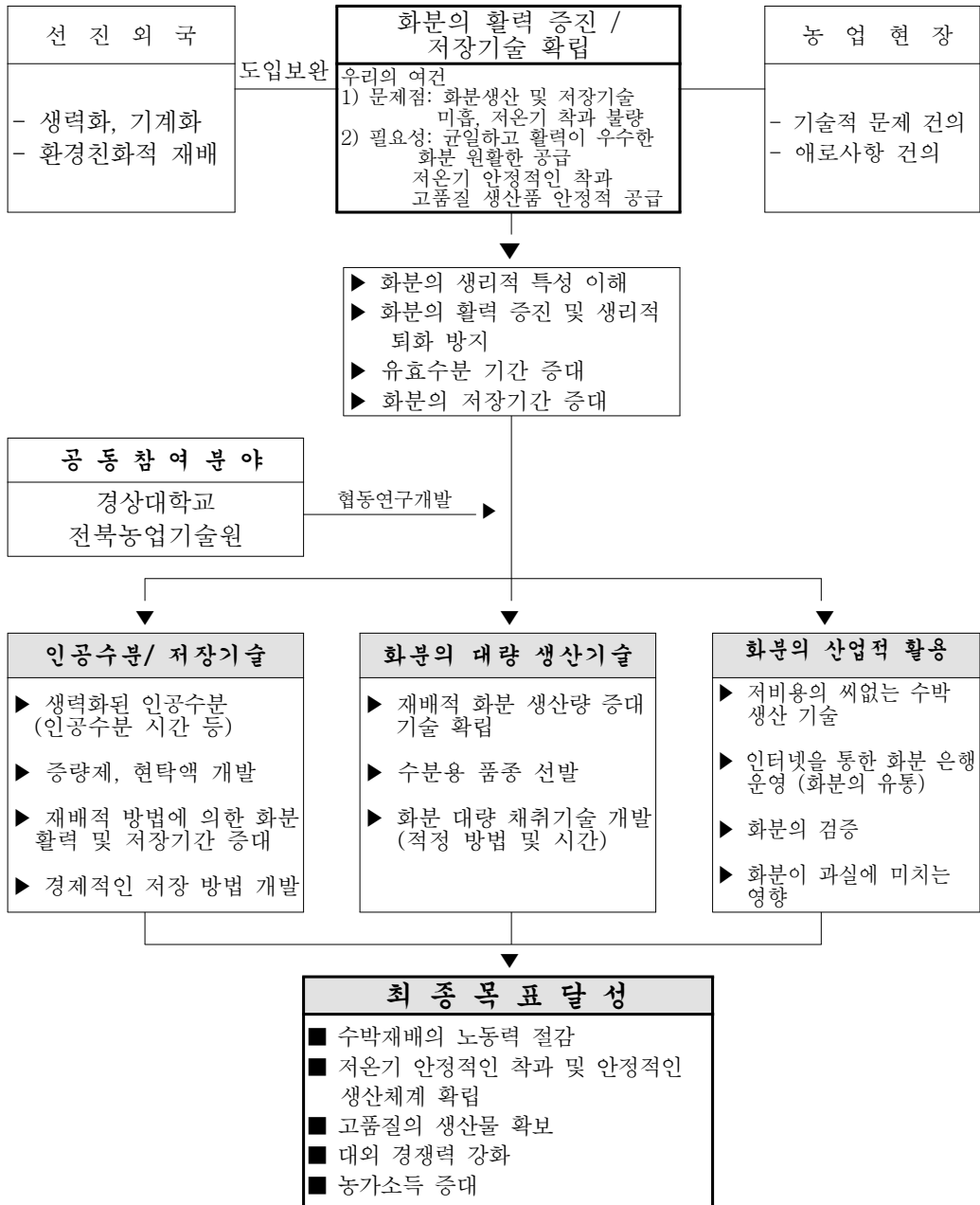
제 3 절 연구개발의 내용 및 범위

수박 화분의 효율적인 저장방법 및 활력증진 기술을 개발하여 수확이 부족하고 화분 활력이 저하되는 저온기의 재배에서 뿐만 아니라 강우로 인한 착과 저조기에 저장화분을 이용한 안정적인 착과와 인공수분 방법의 개선을 통하여 노동력을 절감하고자 한다. 또한 화분을 이용한 고품질의 씨없는 수박생산을 통하여 농가 수입을 증대시키고, 화분의 저장기법을 개발함으로써 육중에 있어서 작업을 생략화하고, 채종 효율을 높임으로써 종자 등으로 인한 외화 유출을 막을 수 있다. 그리고, 수박 이외의 박과작물 및 채소류의 화분이용 기술에 적용 될 수 있다.

1. 연구의 개발내용 및 범위

연구 개발 내용	연구 개발 범위
■ 화분의 활력 증진 및 저장기술 확립 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 화분의 특성 ▶ 화분 활력 증진 ▶ 유효수분 기간 증대 ▶ 화분의 저장 기간 비교 ▶ 화분의 저장력 증대방안 (저장조건) 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ 화분의 적정 발아와 신장의 조건 구명 ⇒ 화분의 발아생리 탐구, 생리적 변화, 저장물질의 이동 및 변화 ⇒ 화분의 활력에 미치는 영향 조건 검토 (온도, 습도, 영양분) ⇒ 화분, 암술의 활력 증대 조건 구명 ⇒ 품종간 저장력 비교, X-ray처리 화분, 4배체 수박화분 저장 ⇒ 유기용매저장, 저온/ 건조저장
■ 화분의 채취 및 대량생산 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 화분채취기술 개발 ▶ 화분 생산량 증대 기술 ▶ 재배적 방법에 의한 화분의 저장력 증대 방안 ▶ 수분용 품종 선발 ▶ 인공수분기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ 배, 참다래의 화분 채취기술 응용, 유기용매 및 화분매개충을 이용한 화분 채취, 화분채취 방법 및 적기 구명 ⇒ 환경조건, 생장조절제, 재배방법 ⇒ 봉소 및 칼슘 시비, 온도 / 관수 조건, 일조량 등 ⇒ 화분 생산성, 활력, 저장성, 품질 등 ⇒ 적정 증량제 및 현탁액 선발, 인공수분 방법 및 시간
■ 화분의 산업적 활용 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 씨없는 수박 생산 ▶ 화분종류와 양에 따른 과실의 영향 ▶ 산업적 이용을 위한 실태조사 ▶ 인터넷을 통한 화분 은행 운영 ▶ 농가실증 시험 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ x-ray 이용한 씨없는 수박 생산 ⇒ 씨없는 수박에 응용, 착과 과실의 영향 (공동과, 과실통성, 당도, 종자수 등) ⇒ 화분의 활용, 시장 조사, ⇒ 배, 참다래, 감에서 이미 실시 중 ⇒ 주산지역 현지포장시험

2. 연구의 추진 체계도



제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 화분의 활력증진

화분(花粉)에 관련된 여러 가지 기술은 형태적인 분류, 알리지, 기능성 물질의 추출 및 효과, 작물의 재배적인 측면에서의 활력, 저장, 생리적인 작용 등 다양한 분야에서 연구되고 있다. 화분의 활력, 저장 및 생리적인 작용에 관해 국내에서는 복숭아(Cheon, 1994; Choi, 1968), 배(Koh 등, 1993), 사과(Kim 등, 1998), 양양두(Youn 등, 1999), 감(Kim, 1995) 등 과수작물을 중심으로 연구가 이루어지고 있다. 그러나 채소 부분에서는 극히 미진하여 부분적으로는 수박(Kim과 Park, 1991), 마늘(Kim 등, 1994)과 같은 제한된 작물에서 연구가 이루어져 있으나 체계적이지 못한 실정이다. 화분은 식물 발생의 출발점으로 종마다 다른 형태와 생리적 특성을 지니고 있다.

약안에 4개의 포자낭이 있고 여기서 소포자모세포가 감수분열하여 반수체의 소포자가 생기고 소포자가 유사분열하면 영양핵과 생식핵을 가진 화분이 된다. 이후 탈수되어 약속에 있다가 개약하면 비산하여 주두에 부착되고, 주두의 수분을 흡수하여 발아를 시작하고 양분을 공급받아 화분관이 신장한다. 화분관이 배주에 도착하여 자방내의 난세포 및 극핵과 결합하여 수정이 이루어진다. 일반적으로 화분이 주두에 착상하여 수정이 이루어지는데 3~4일 정도가 소요되지만 개화기간중 고온과 건조는 암술의 기능을 저하시키고, 저온과 다습은 화분의 기능을 저하시켜 수정기간이 길어지게 한다(Shivanna 등, 1997).

수박재배에 있어서 조기생산은 판매단가가 높아 수익성이 높지만 저온(田中, 1988)과 일조부족(山室, 1985)에 의해 착과가 매우 불안정하다. 저온기 재배가 주를 이루는 시설재배에서는 수분매개 곤충을 이용하거나 인공수분을 통하여 착과를 유도한다. 수박의 인공수분은 일반적으로 일출 직후인 오전 7시에서 9시 사이에 실시하고 있다. 가장 큰 이유 중 하나는 수박을 포함한 대부분의 박과작물은 오전 5시를 전후하여 개화하기 시작하여 오후에 시들며, 화분의 활력이 오전 9시 이전에 높지만 이후에는 낮아 인공수분하여도 결실률이 현저하게 낮아지기 때문으로 보고하고 있다(Hayase, 1960; Kurada, 1992). 화분의 활력은 건조, 저온 상태일수록 오래 지속되

며 25℃ 이상에서 4~5일이 지나면 현저하게 발아력이 상실된다. 양과화분은 다습에 매우 약하고(Ogawa, 1961), 동양배 화분의 경우 습한 상태에서 25℃ 이상일 경우 3일 이후에는 완전히 생명을 상실한다(Kim 등, 2003). 성공적인 인공교배의 필수요건은 화기구조, 화분 및 화서의 발달(Higuchi와 Okada, 1996), 화분량과 결실률(Khan 등, 1983), 화분과 주두간의 상호작용(Robert 등, 1980), 화분의 생명력(Chang 등, 1991) 등이 있다.

화분관 세포벽에는 당단백질과 다당류가 풍부하며(Li와 Liskens, 1983), 이들 화합물의 대부분이 붕소와 강한 결합을 형성(Loomis와 Durst, 1992)하여 당류의 흡수와 전이를 촉진시킨다. Loewus와 Labaraca(1973)는 화분관 벽에서 붕소가 ^{14}C -D-glucose 결합에 관여하여 화분관 신장에 결정적인 역할을 수행하며, 붕소가 결핍한 조건에서는 세포벽이 단단하고 탄력이 없어 부서지기 쉬우며 화분관 신장을 감소시키고, 화분관 말단 부위의 파열을 증가시킨다(Hu와 Brown, 1994; Nyomora 등, 2000). 화분 세포 외부의 칼슘 유무가 화분발아에 큰 영향을 미치는데(Brewbaker와 Kwack, 1963) 화분관이 한쪽 방향으로 신장하는 것은 칼슘 농도구배에 의해 이루어지며(Reiss, 1985), 세포질 내 유리 칼슘이 화분관 신장 정도와 방향을 조절한다(Malho, 1998). 칼슘의 농도는 일정하게 조절되어야 하는데, 칼슘이 부족(Jaffe 등, 1975)하거나, 칼륨의 농도가 높을 때에도 화분관 신장이 저해된다(Fan 등, 2001). 따라서, 화분관 신장에 있어 붕소와 칼슘의 역할이 중요하게 인식된다.

당은 다양한 기관에서 여러 가지 유전자 발현을 조절하고, 생장에 필수적인 탄수화물 공급원이다. 또한 화분의 발아과정에서 조직이 팽창하는데 팽압을 유지시키는 역할을 한다(Yu 등, 1996). 기내의 화분 발아시험에서는 당을 첨가하는데 Van Tiegen (1869)이 sucrose 용액을 첨가하여 화분 발아를 성공시킴으로써 시작되었다. 당을 배지에 첨가함으로써 외액의 삼투압을 높여 화분 파열을 방지하고 탄소원을 보급하는 효과가 있다. 백합 화분에서 세포내 sucrose가 제일 먼저 수화되기 때문에 화분 발아가 진행될 때 단백질의 양적 질적 변화가 생길 수 있다(Dickinson, 1967). 화분에 존재하는 당단백질들은 대부분 단백질 부분에 결합된 glycan 들을 부분적 또는 전체적으로 제거시키는 de-N-glycosylation 효소들에 의해 기능이 변화되고(Berger 등, 1995), 발육이 진행됨에 따라 화분의 단백질 수가 줄어들거나 새로운 단백질들이 합성되기도 한다. 화분관 신장이 활발한 화분은 glucose 함량이 높게 나타나고, 발아율이 높은 화분은 sucrose 함량이 높게 나타났다(Kim 등, 2003). 저장양분으로 축적

된 전분의 분해형태에 따라 화분의 활력이 영향을 받는 것으로 생각된다.

재배적으로 화분의 활력 및 생산량 증가에 대한 노력은 고품질의 과실의 안정적인 생산을 위한 인공수분을 위해서 선행되어야 할 과제이다. 배에서 과실의 수확 후 봉소와 칼슘의 엽면시비를 통하여 이듬 해 화분의 생산량과 활력이 증대되었고(Kim 등, 2003), 아몬드 수확 후 봉소엽면시비로 이듬 해 화분의 화분관 신장을 촉진시켰고(Nyomora 등, 2000), 몇몇 과수작물에서 봉소 엽면 시비로 착과율이 100%에 가깝게 높아졌다(Hanson, 1991a; Hanson, 1991b; Nyomora 등, 1999)는 보고도 있다. CO₂ 공급이 화분의 발아력을 향상시켜 자가불화합성 작물의 뇌수분을 증가 시킨다는 보고도 있다(Aloni 등, 2001). 화분은 살아있는 생명체이며 온도조건 뿐만 아니라 일조, 강우, 습도 등 여러 가지 외기환경 조건에 따라 활력변화가 민감하며 수분 수정에 적당한 환경이 아니면 쉽게 장애를 받고 활력을 잃는다. 그중에 온도가 수분 수정에 영향을 미치는 가장 중요한 요인으로 작용한다. 일반적으로 저온에서는 배주의 생명력이 연장되지만 화분관 신장이 억제되고, 수분 매개곤충의 활동이 억제되어 수분 수정이 저하되기 때문에 착과가 제한된다. 고온에서는 주두의 활력이 감소하여 화분이 주두에 수분될 기간이 단축되거나 수분되더라도 화분관의 후기 신장을 제한하여 수정이 불량하게 된다(Usman 등, 1999). 고온기 수박 재배에서는 수분 수정이 크게 문제되지 않지만, 저온기에는 수꽃 착생이 불량하고, 15℃ 이하에서는 화분관 신장이 되지 않아 수분하더라도 착과되지 않는다.

제 2 절 화분의 저장

화분의 장기 저장방법에는 냉장, 초저온, 유기용매 이용 등으로 구분할 수 있다. 화분의 저장에 있어서 온도는 습도와 함께 가장 중요한 인자이며, 대부분의 화분은 건조상태에서 냉장보관하는 것이 수명연장에 효과적이며 경제적이다(岩波, 1981). 포도화분의 경우 10℃에서는 약 1년, 2℃에서는 약 2년, -12℃에서는 4년간 발아력을 유지하였다(Olmo, 1942). 그러나 이러한 조건은 작물에 따라 차이가 있으며, 매우 낮은 저온은 오히려 저장화분에 악영향을 끼치는 경우도 있다. 습도조건에 따라 화분의 수명이 달라질 수 있다. 배나무 화분의 경우 10~20% 상대습도 조건에서는

900일간 생존하였지만, 100% 상대습도조건에서는 10일간 생존하였다(Visser, 1955). 피칸화분의 경우 상온에서는 채취 3일 후 발아력을 완전히 상실하고(Wetzstain과 Sparks, 1985), asparagus 화분을 4℃에 보관할 경우 14일까지 70%의 발아력을 유지한다는 보고(Marcellan과 Camadro, 1996)도 있다. 화분의 초저온 저장의 경우 여러 가지 수목화분에서 4℃에 저장하는 것보다 -19℃에 저장하는 것이 발아력을 오래 유지하였지만(市河 등, 1963) 내부 수분의 동결에 의한 장해를 방지하기 위해 먼저 동결건조시킨 후 초저온에서 저장해야하는 등의 번거로움이 있다(Barnabas와 Kovacs, 1997). 유기용매 저장방법은 1972년 이후부터 연구가 진행되고 있으며(Iwanami, 1972a; Iwanami, 1972b; Iwanami와 Nakamura, 1972), 한시간 내에 발아력을 상실하는 국화(Isogiku) 화분을 30분 후 ether에 넣어 20일간 보관 후 배양하면 Ether에 넣기전의 발아력을 유지한다는 보고도 있다(Iwanami, 1975). 유기용매 저장은 반 영구적으로 활력이 보존된다는 장점이 있다. 휘발성이 강한 ethyl ether과 같은 유기용매는 온도를 낮추지 않아도 저온저장보다 높은 활력을 유지한다(岩波, 1981). 수박 화분을 ethyl ether 에 저장할 경우 ethyl ether의 양에 따라서 저장 기간이 달라지거나(清水와 大村, 1982), 혹은 저장기간 연장에 효과가 없다는 보고도 있다(Kim과 Park, 1991). 동백화분의 저장 1주일 후 발아력은 50여종의 유기용매의 종류에 따라 큰 차이를 보였다(岩波 등, 1976). 국내에서 배나무 화분의 경우 acetone을 이용하여 채취하고 저장하는 방법을 확립하여 인공수분에 이용하고 있으며 노동력 절감과 안정적인 수분, 수정으로 고품질 과실생산이 더욱 쉬워졌다. 유기용매를 이용한 화분의 채취와 저장은 큰 시설과 복잡한 조작이 필요 없기 때문에 배 뿐만 아니라 인공수분 작업을 필요로하는 과채류에서 실용화 연구가 계속되어야 한다. 그러나 이와 같이 작물마다 채취와 저장에 적합한 유기용매가 다르며, 온도, 화분의 수분 함량 등에 따라 화분의 활력이 다르게 나타나고 그 변화도 다양하지만 이에대한 연구는 아직 미비한 실정이다.

제 3 절 화분의 채취 기술

화분의 산업적인 이용을 위해서는 화분의 채취가 이루어져야 하고 많은 노동력이

이러한 화분채취에 소모되는 경향이 있다. 일반적으로 개화직전의 약을 채취하여 건조하면 곧 개약하는데, 이때 미세한 채로 쳐서 화분을 모으거나, 꽃봉오리가 많이 붙어있는 가지를 병에 꽃아 화분을 수집하는 경우도 있다. 이 보다는 유기용매를 사용하여 채취하는 것이 노동력을 더 절감할 수 있다. 하지만 이러한 방법도 사람이 직접 채취해야 한다. Grove 등 (1979)은 꿀벌을 이용한 화분채취에서 brassinolide를 추출하였다. 채집방법에 있어서 보다 효율적이고 생력적인 방법이 강구되어야 할 것이다.

수박은 자웅이화 동주 식물로 다른 박과 작물과 같이 화탁이 비대하여 과실이 된다. 충매에 의한 타가수분을 하며 GA₃, NAA, BA 등과 같은 식물호르몬을 고농도로 혼합 처리함으로써 단위결과 유기가 가능하지만(Park, 1993) 오이에서와 같은 단위결과 효과는 얻지 못하고 있다. 저온기에는 옹화의 착화 및 화분관 신장이 불량(田中, 1988)하여 인공수분에 큰 문제점이 되고 있다. 오이에 있어서 저온단일, ethephon, auxin 등으로 인위적인 자화 착생을 유도하고, gibberellin, AgNO₃ 등으로 옹화 착생을 유도하여 생산량을 조절할 수 있다(Lee 등, 2002).

제 4 절 화분의 산업적 활용

우리가 이용하는 과실 및 종자는 각각 모계와 부계의 난세포와 정핵이 결합하여 생성되는 것으로 이들의 형태나 특징은 모계의 영향이 지배적이다. 그러나 野口 (1931)는 단감꽃에 뽕은감 꽃가루를 수분하면 단맛이 감소하고, 뽕은감의 꽃에 단감 꽃가루를 수분하면 뽕은 맛이 감소되는 메타크세니아(metaxenia)현상을 발견하였다. 이러한 현상은 감 이외에도 배, 사과와 과실등에서도 나타나는데 맛, 색깔, 크기, 모양 등이 꽃가루에 의해 달라지는 것이 발견되었다(Cho 등, 1974). 수박에서 'Millionaire' 3배체 수박의 수분수로 'Crimson sweet'를 이용하는 것이 'Fiesta'를 이용하는 것 보다 공동과 발생율이 적고 수량이 많았다(Fiacchino와 Walters, 2003). 따라서 수분수가 고품질 수박 생산을 위한 당도나, 수량 등에 영향을 미칠 수 있을 것으로 생각된다.

인공수분에서 100% 화분을 사용할 경우 화분채취를 위한 노동력이 많이 소요된다. 현재의 화분채취 기술로는 화분채취용 품종만을 전문적으로 재배하는 등의 기업화 상업화 되어있지 않기 때문에 화분의 가격이 상당히 높다. 현재 인공수분용 배나무 화분의 경우 가격이 8,000 원/g 이다. 따라서 증량제를 화분과 혼합하여 사용하고 있다. 기존의 증량제로 사용되고 있는 석송자의 경우 화분과의 혼합성이 다소 약하고 가격이 고가이며(12,000 원/100g), 전량 수입에 의존하고 있어 화분의 채취, 저장 등의 기술이 확립되더라도 증량제에 대한 기술이 없이는 막대한 외화를 증량제 수입에 지출해야된다. 따라서 화분의 이용 기술과 함께 증량제의 개발도 함께 이루어져야 한다. 최근 증량제로 수목류에서 채취하는 경우와 광물질을 이용하는 사례가 있다. 석송자를 대체할 증량제로 참다래에서 삼나무, 편백나무, 오리나무 등(Park 등, 2001)이, 배와 사과에서 EP(Kim 등, 2001)가 석송자보다 착과율과 과실품질 등이 우수하거나 비슷한 수준이라고 하였다. 현탁액은 sucrose 용액에서 사과, 배, 감 화분 모두 단시간에 발아력을 상실하였는데(大野, 1962), 이러한 문제점 극복에 대한 연구가 수행되어야 할 것이다. 현탁액과 혼합되는 분산제의 경우 사과에서 tween 20, tween 80 이 분산과 발아가 양호 하였지만 품종에 따라 결실률의 차이가 있었으며(吉典 등, 1965), tween 20을 첨가한 것이 현저하게 발아율이 낮은 경우도 있었다(Hong 등, 1970).

씨없는 수박 재배 기술은 지금까지 알려진 방법으로 4가지 방법이 있다. 그 방법을 간단히 소개하면 ① 3배체(3n) 육종에 의한 방법 ② 성장조절제 처리에 의한 단위결과 유도 ③ 저장 꽃가루에 x-ray를 조사하여 불임화분으로 생산하는 방법 ④ 2n(♀)×4n(♂) 으로 (한농종묘) 하는 방법 등이 있다. 이러한 방법들에 대한 연구가 우리나라에서도 일부 진행중에 있지만 체계적으로 검토되고 있지 않는 실정이다. 현재 대부분의 씨없는 수박은 4배체 식물을 이용하여 3배체를 육종하는 방법으로 생산하고 있다(Kihara, 1958; Keita와 Masami, 2000). 3배체 육종 방법에 의한 방법이나 2n(♀)×4n(♂) 방법은 일단은 4배체의 모본이나 부분을 생산하여 다시 3배체를 생산해야 하므로 대단히 복잡한 과정을 거쳐야하는데, 포장에서 콜히친처리에 의한 4배체 유기나(Kihara, 1958; Terada와 Masuda, 1943) 기내에서 염색체 배가로 4배체를 얻어야하고 다시 2배체 품종과 교배하여 3배체를 얻어야한다(Compton 등, 1996). 이와같은 방법에서는 일반수박이 과실당 200~800개의 종자를 생산하는것에 비해 4배체 수박은 과실당 50~100개의 종자밖에 생산하지 못하므로(Kihafa, 1951;

Wehner 등, 2001) 종자의 가격이 높아 생산단가가 높아지며 종자의 발아율이 낮은 문제 등이 있다(Grange와 Leskovar, 2003). 생장조절제를 이용한 방법은 IAA (Terada와 Masuda, 1940), NAA(Wong, 1938)와 같은 Auxin류나 GA₃(Kondou와 Murozono, 1975), BA(Yamamuro, 1978), CPPU(Hayata 등, 1995), Fulmat(Uhm 등, 1994) 등이 있는데, 생장조절물질의 직접적인 분사나 문질러줌에 의한 상처 때문에 과일 형태를 변형시키는 결과를 가져올 수 있다(Keita와 Masami, 2000). 생산과정이 복잡한 씨없는 수박은 종자가격 상승으로 생산단가의 상승, 고온요구, 과피 두께가 두꺼워지는 등의 품질저하, 재배적으로 수분수를 혼식해야 하는 등의 문제 때문에 경제성이 낮다. 최근 국내에서 의령과, 함안 등 경남의 수박 주산지에서 씨없는 수박재배로 농가수의 증대를 꾀하고 있으나 개선 되어야 할 부분들이 많다. X-ray처리에 의한 수박 반수체는 Swaminathan과 Singh (1958)가 처음으로 종자에 처리하여 유기하였고, 이후 멜론(Satuton, 1988), 오이(Truing-Andre, 1988; Yanmaz 등, 1999) 및 수박(Sari 등, 1994) 화분에 γ -ray처리하여 단위결과성 반수체를 유기하였다. Keita와 Masami (2000), Sugiyama 등(2002)은 X-ray를 화분에 처리한 씨없는 수박 생산기술을 소개하였으며, 현재 국내에서는 고창수박시험장을 중심으로 국내에 적합한 품종과 기술들을 연구 중에 있다. x-ray를 이용한 씨없는 수박의 생산 기술은 기존의 방법에 비해 간편한 장점이 있으나, x-ray 처리기기가 고가인 점을 감안하면 한곳에서 처리한 화분을 여러곳으로 배분하는 문제에 대한 연구 수행이 요구되고 있다.

제 5 절 화분산업의 전망과 기술도입의 타당성

품질이 우수하거나 동일하더라도 낮은 생산단가에 의하여 상품의 경쟁력이 높아질 수 있는데, 이러한 경쟁력 제고 방안은 그 생산자의 관리능력과 높은 기술수준에 의하여 결정된다고 할 수 있다. 2006년 현재 우리나라는 778천톤의 수박을 생산하여 중국, 터키, 이란, 미국, 이집트, 멕시코 등의 국가 다음으로 세계에서 7번째로 생산량이 많다. 소비량은 일인당 매년 20 kg으로 세계 최상위권이다. 수박은 운송 및

저장이 어려워 WTO 체제 하에서도 중국에 대하여 어느 정도 경쟁력을 지니고 있다. 특히 98년이후 일본시장에 꾸준히 수출하고 있는 실정이다. 일본시장만 보았을 때 일본 수입량의 약 20%를 차지하고 있으며 품질이 미국이나 멕시코보다 우수하여 높은 가격을 받고 있다. 경남 지역에서는 함안과 창녕의 주산지를 중심으로 수출하고 있다. 따라서, 변화되어가는 소비시장의 추세로 볼 때 고품질의 상품 생산과 과학적인 유통관리 체계를 도입한다면 국제시장에서 충분한 경쟁력을 가지고 있다고 판단되는 작물이다. 따라서 시설수박의 국제 경쟁력 강화를 위해 고품질 수박을 생산함과 동시에 농가소득을 높일 수 있는 고품질의 상품을 개발하여 체계화하는 것이 시급하다.

수박의 재배면적은 1995년을 정점으로 감소되고 있으나 시설재배 면적은 거의 변동이 없다. 시설수박은 경남지역이 전국의 42.4%를 차지하고 있다. 재배면적은 감소하고 있으나 우수품종의 개발과 재배기술의 향상으로 생산량은 증가하였다. 수박은 호온성 작물로 4계절이 뚜렷한 우리나라에서는 계절작물로 계절소비 성향이 뚜렷하였으나, 점차 선진국형 소비형태인 연중소비형태로 바뀌고 있으며 소비자의 구매형태가 다양화 고급화 되어가고 있다. 따라서 시설수박에 대한 비중이 점차 증대되고 있으며, 주년적으로 고품질의 수박을 공급하기 위해서는 안정적인 생산기술이 확립되어야 한다. 저온기 생산에 가장 큰 걸림돌이 되는 수분 수정의 안정과 고품질 과실의 생산, 씨없는 수박의 효과적인 생산을 주 골자로 하여, 이를 위한 화분 저장과 활력 증진 방안에 대하여 연구하고자 한다. 시설수박은 현재 국내 시장에서 재배노동력이 적게들고 농가소득 작물 중 주요 작물로서 미국이나 중국보다 수출 경쟁력을 가지고 있다. 가까운 일본 시장으로의 수출 물량이 증대하고 있으며 선진국가의 고급화된 소비성향에 맞출 수 있는 우리나라의 시설수박은 이러한 국제시장에서 무한 경쟁력을 갖추었다고 볼 수 있다. 따라서 고품질의 수박 생산을 효율적이고 경제적으로 실용화하기 위하여 본 연구 기술의 도입이 타당하다고 생각된다.

제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

제 1 절 화분의 활력증진 및 저장기술 확립

<연구개발 수행 내용 및 방법>

1. 화분의 특성 및 분류

가. 형태적 특성

1) 전자현미경 관찰 : 공시품종으로 겨울철 시설재배에서 일반적으로 사용되는 ‘삼복꿀수박’을 사용하였다. 화분을 25% glutaraldehyde와 0.1 M 인산완충용액(pH 7.2)을 9:1로 혼합한 용액에 넣어 고정시킨 후 0.1 M 인산완충용액으로 세척하고, OsO₄와 0.1 M 인산완충용액을 1:1로 혼합한 용액에 90분간 침지하였다. 침지 후 0.1 M 인산완충용액으로 세척하고 건조시킨 후 ion coater로 백금 코팅하여 경상대학교 scanning electron microscopy (Jeol JSM-6380LV, Japan), 전남대학교 SEM (FE-SEM S-4100, Japan)으로 관찰하였다.

2) 형태적 관찰 : 경상대학교 농업생명과학대학 채소학 비닐하우스, 경남 함안의 시설수박 재배지, 전북농업기술원 수박시험포장 등지에서 재배한 수박에서 수꽃을 채취하여 수꽃의 크기, 약 무게, 형태, 화분량 등을 조사 및 관찰하였다. 공시품종으로 ‘삼복꿀수박’, ‘스피드꿀수박’을 사용하였다.

나. 탄수화물의 변화

1) 비구조적 탄수화물의 정량분석 : 약과 주두를 각각 20 mg(FW) 취한 후 80% ethanol을 주입하고, 80℃ 항온수조에서 30분간 끓인 후 상등액을 추출하였다. 추출한 상등액은 anthrone으로 반응시킨 후(80℃ 항온수조에 3분간) 분광광도계로 630 nm에서 glucose 함량을 측정하였다.

2) 개화일수별 암꽃과 수꽃의 채취 : 포장에서 수꽃과 암꽃을 각각 개화 1일전, 개화당일, 개화 후 1일, 개화 후 2일, 개화 후 3일에 채취하여 비구조적 탄수화물을 정량 분석하였다.

3) 발아하는 화분의 탄수화물 정량분석 : 개화당일 수꽃을 채취한 후 화분을 분리하여 비구조적 탄수화물을 정량하였고, 30℃ 항온기에 6시간 발아시킨 후 비구조적 탄수화물을 정량하였다.

2. 적정 발아조건

가. 기내 발아시험 및 화분관 신장 조사

초기의 발아시험에는 1% agar - BK(Brebaker and Kwack's medium, 1963)배지를 기초로 하여 수행하였으며, 이후 본 연구에서 수박화분의 발아시험에 적합한 배지조성을 구명하여 아래와 같은 유기물과 무기물의 조성으로 배지를 조제하여 발아시험에 사용하였다.

Elements	BK medium	BK-W medium
Agar	-	1%
Sucrose	10 %	20%
Boric acid	100 ppm	200 ppm
Calcium nitrate	300 ppm	200 ppm
Magnesium sulfate	200 ppm	100 ppm
Potassium nitrate	100 ppm	100 ppm

조제된 배지는 페트리디쉬(직경 3.5 cm)에 분주한 후 agar가 적당히 굳은 후 화분을 치상하였다. 화분을 치상 후 시험에 따라 25℃ 또는 30℃ 항온기에서 배양하였다. 시험에 따라 치상 후 6, 12, 24, 48시간 후의 발아율과 화분관신장을 조사하였는데 일반적으로 치상 24시간 후에 발아율과 화분관신장을 조사하였다.

화분의 발아율과 화분관신장의 관찰은 광학현미경(Nikon-E200, Nikon-Alphat2)과

해부현미경(Nikon, SM2-1B)를 이용하였는데 1페트리디쉬 중에 임의의 5~15개의 지점을 관찰하며 디지털로 이미지를 촬영하였다. 촬영된 디지털 이미지로 화분의 직경 이상 (30~40 μm)으로 화분관이 신장한 것을 발아한 것으로 간주하여 발아율을 측정하였다. 화분관의 신장은 입력된 이미지를 이미지분석기(i-solution, lite)로 포집한 후 조사하였다.

나. 온도조건

개화당일 채취한 화분을 1% agar BK 배지(Brebaker and Kwack's medium, 1963)가 분주된 페트리디쉬(직경 3.5 cm)에 치상한 후 15, 20, 25, 30, 35°C에서 발아시험하였다. 치상 2, 6, 12, 24, 48시간 후 한 페트리디쉬당 15개 지점을 촬영하여 화분의 발아율을 조사하였고, 치상 2, 6, 12시간 후 신장한 화분관의 길이를 조사하였다.

다. 당의 종류와 농도

1) 당의농도 : 1% agar BK배지에 sucrose의 첨가농도를 0, 5, 10, 15, 20, 30%로 달리하여 조제한 배지를 페트리디쉬(직경 3.5 cm)에 분주하였다. 개화당일 채취한 화분을 sucrose농도가 다른 배지에 치상하였고 24시간동안 30°C 항온기에서 발아시킨 후 발아율과 화분관의 신장속도를 조사하였다.

2) 당의종류 : 1% agar BK배지에 sucrose, fructose, glucose를 각각 첨가한 후 개화당일 채취한 화분을 치상하여 30°C 항온기에 24시간 동안 발아시켜 화분의 발아율과 화분관신장 속도를 조사하였다.

라. pH 조건

당일 개화 및 채취한 수꽃을 pH 6, 6.7, 7, 7.5, 8로 조절된 1% agar BK 배지에 치상한 후 30°C에서 12, 24시간 배양하였다. 치상 12, 24시간 후 발아율과 화분관 신장을 조사하였다.

라. 광조건

당일 개화 및 채취한 수꽃으로 1% agar BK 배지에 치상한 후 30°C 항온기에서, 광원에서 1 m 떨어진 지점에서 광 조사시간을 0, 12, 24시간으로 달리하여 24, 48시간 후 발아율과 화분관 신장을 조사하였다.

3. 화분의 활력 증진

가. 칼슘과 붕소의 첨가

20% sucrose가 첨가된 기본 배지에 calcium nitrate와 boric acid를 각각 0, 10, 50, 100, 200, 500, 1000 mg · L⁻¹로 첨가한 후 30℃ 항온기에서 발아시켰다. 치상 24시간 후 발아율과 화분관 신장을 조사하였다.

나. 칼슘, 붕소, 칼륨, 마그네슘 첨가

20% sucrose가 첨가된 기본 배지에 boric acid, calcium nitrate, magnesium sulfate, potassium nitrate를 각각 0, 100, 200, 500, 1000 mg · L⁻¹로 첨가한 후 30℃ 항온기에서 발아시켰다. 치상 24시간 후 발아율과 화분관 신장을 조사하였다.

4. 화분의 저장

가. 저장온도

‘스피드꿀수박’의 수꽃을 채취한 후 약을 적출하여 20 mL pentane 용액에 수분간 침지하여 약에서 화분이 분리되어 나오면 약은 제거하고 화분은 pentane 용액을 여과지(Toyo No.2)에 분리한 후 상온에서 남아있는 pentane을 완전히 휘산시킨 뒤 화분량을 측정하고 저장시험에 사용하였다. 유기용매로 분리한 화분은 온도를 -40, 0, 20℃ 로 달리하여 60일 동안 저장하면서 저장 1, 15, 30, 45, 60일 째에 꺼내어 활력을 조사하였다.

나. 화분 및 약의 분리

‘스피드꿀수박’의 수꽃을 채취한 후 ① 약을 적출하여 20 mL pentane 용액에 수분간 침지하여 약에서 화분이 분리되어 나오면 약은 제거하고 화분은 pentane 용액을 여과지(Toyo No.2)에 분리해낸 후 상온에서 남아있는 pentane을 완전히 휘산시킨 후 화분만을 분리해낸 것 (organic solvent) ② 수꽃에서 약만 분리한 것 (control) 으로 분리방법을 달리하여 -20℃ 10개월간 저장하면서 저장기간에 따른 화분의 발아율을 조사하였다.

다. 엽면시비한(B, Ca) 화분의 저장력

‘스피드꿀수박’을 공시재료로 사용하였다. 2005년 1월 27일 정식하여 정식 15일 후 엽면시비(무처리, 0.2% B, 1.0% B, 1.0% Ca, 0.2% B + 1.0% Ca, 1.0% B + 1.0% Ca)하였고 엽면시비 15일 후 수꽃을 채취하여 -20℃ 저온냉동고에 90일간 저장하면서 30일 간격으로 꺼내어 화분 활력을 조사하였다.

라. 재배중 기온에 의한 화분의 저장력

공시품종으로 ‘스피드꿀수박’을 사용하였다. 2006년 12월 10일에 정식하여 겨울철 보온담요를 6 oz와 12 oz로 달리하여 재배기간중 온도차이에 의한 수꽃의 저장기간중 활력변화를 조사하였다. 정식 30일 후 수꽃을 채취하여 수꽃에서 약만 적출하였고, -20℃ 냉동고에 90일간 저장하면서 30일 간격으로 꺼내어 화분의 활력을 조사하였다.

마. 저장화분의 농가실증 시험

경남 함안군 대산면 수박재배농가에서 2006년 12월 10일 정식한 ‘스피드꿀수박’의 수꽃을 정식 40, 55일 후 채취하여 약을 분리한 후 -20℃ 냉동고에 30일간 저장하였다. 저장화분은 2007년 1월 10일에 동일지역에서 2007년 1월 10일 정식한 ‘스피드꿀수박’에 인공수분하여 15일 후 착과율을 조사하였고, 수확시(2007년 4월 20일) 과중, 당도, 종자개수를 조사하였다.

5. 품종에 따른 화분채취와 저장성

가. 재배품종의 화분채취와 활력

복수박, 스피드꿀수박, 삼복꿀수박, 금천수박, 아폴로꿀수박 품종을 공시하여 품종간의 화분채취량과 저장기간 중 발아율과 화분관신장을 조사하였다. 화분량은 수꽃 100개에서 적출한 약을 pentane 용액에 5분간 침지하여 화분만을 분리한 후 약은 제거하고 화분이 들어있는 pentane 용액을 여과지(Toyo No.2)에 거른 후 상온에서 남아있는 pentane을 완전히 휘산시킨 후 화분의 무게를 측정하였다. 분리한 화분은 1% agar BK 배지에 치상하여 20℃와 30℃에서 24시간동안 배양한 후 발아율과 화

분관 신장을 조사하였다.

나. 재배품종에 따른 화분의 저장력 비교

복수박, 스피드꿀수박, 삼복꿀수박, 금천수박, 아폴로꿀수박 품종을 공시하여 pentane로 분리한 화분을 4℃에 24일간 저장하면서 화분의 활력변화를 조사하였다. 발아율은 1% agar BK 배지에 화분을 치상하고 30℃항온기에서 24시간 배양한 후 조사하였다.

6. 유기용매를 이용한 저장

가. 적정유기용매 선발

‘삼복꿀수박’ 품종을 공시하여 ethyl ether, ethyl acetate, pentane, acetone, n-hexane 유기용매 속에 침지 시간 경과(1, 2, 6, 24, 48, 360시간)에 따fms 화분의 활력변화를 조사하였다.

나. 유기용매 저장중 온도

‘삼복꿀수박’의 수꽃을 채취하여 ethyl ether, pentane 용액으로 분리한 후 각각 유기용매속에 침지한 후 4℃와 20℃에 보관하면서 1, 2, 6, 12, 24시간 후에 꺼내어 화분의 활력을 조사하였다.

다. 유기용매 저장중 광

‘삼복꿀수박’ 품종의 수꽃을 채취하여 ethyl ether, pentane 로 화분을 분리한 후 각각의 용매속에 침지한 후 저장기간 중 광의 유무에 따른 저장력을 비교하였다.

라. X-ray 처리 화분의 저장력

Soft X-ray를 조사한 화분을 4℃와 20℃에 저장하면서 저장 7일과 15일에 발아율과 화분관 신장을 조사하였다.

<연구개발 수행 결과>

1. 화분의 특성 및 분류

가. 형태적 특성

수박은 암꽃과 수꽃이 한 식물체에서 각기 따로 있는 대표적인 자웅이화동주 작물로 불완전화, 안갯춘꽃으로 분류된다. 극히 제한적으로 암수가 한꽃에 있는 양전화(양성화)가 있다. 수꽃은 완전히 개화하였을 때 직경 3 cm 내외이며, 꽃 색깔은 일부 돌연변이종에서 흰색이 발견되기도 하지만 재배종의 경우 암수꽃 모두 노란색이다.

수꽃은 오전 6시부터 개화하기 시작하여 대부분 오전에 개약 수분을 마치고 점점 노화되어 익일 오후 6시에 수명은 다한다. 일반 재배지에서 전날 수꽃으로 교배하는 경우도 있지만 착과율이 낮아 수꽃의 착화 및 개화가 불량한 조건에서 부득이한 경우에만 실시하며, 대부분 당일 개화한 수꽃으로 인공교배를 실시한다. 전날 흐린 날씨가 계속되거나 기온이 급격히 낮아진 경우에는 개화당일 개화가 원활하지 않으며, 개화하더라도 개약되지 않아 수분 및 수정에 큰 문제점이 있다. 특히, 광이 부족하고, 기온이 낮은 겨울철 시설재배지에서는 이러한 이유로 착과불량과 부분수정으로 인한 과실의 비대불량으로 상품과 생산 비율이 낮아지는 문제점 발생이 빈번하다.

성숙한 수박화분의 형태는 타원형이며, 장축과 단축의 직경은 각각 50~60 μm , 30~40 μm 이다. 표면은 네트멜론의 네트가 덮여 있는 것처럼 보인다. 발아공은 3개이며, 장축을 기준으로 서로 120°의 각도로 배열되어있고, 장축을 기준으로 중앙부위에 위치하고 있다. 발아공이 있는 각각의 부분에 홈이 있다. 배지 혹은 주두에 치상된 후 수분이 흡수되면 타원형에서 구형으로 팽창하고, 3개의 발아공중 1개의 발아공으로 화분관이 신장한다. 2개의 발아공으로 화분관이 신장하는 경우도 있다.

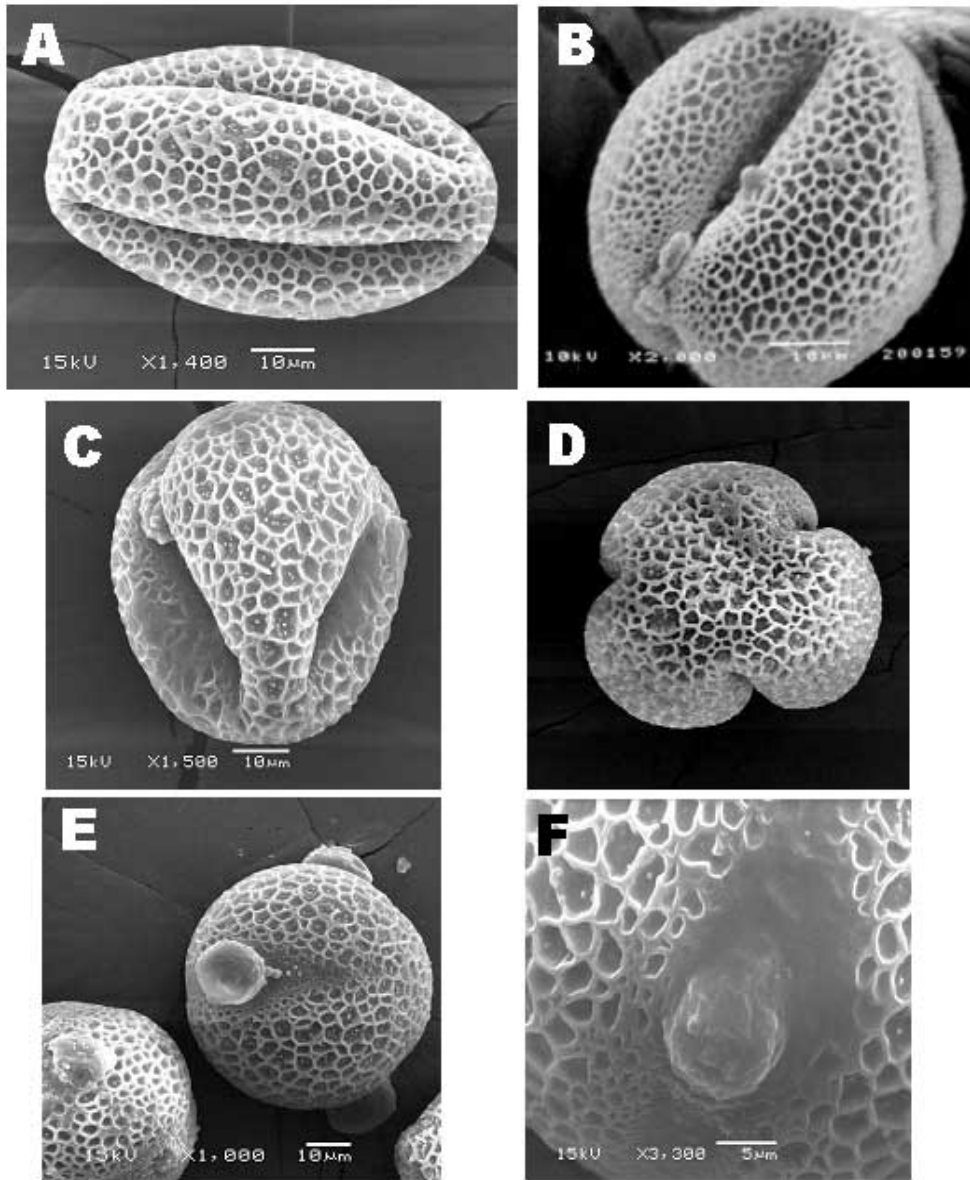


Fig. 1-1. Scanning electron micrograph showing the appearance of watermelon pollen. View of dehydrated pollen (A, B, C, and D) and germ pore after hydrating (E and F). A and B: the upper side, C: the front side, D: the back side, E: three germ pores, F: magnified germ pore.

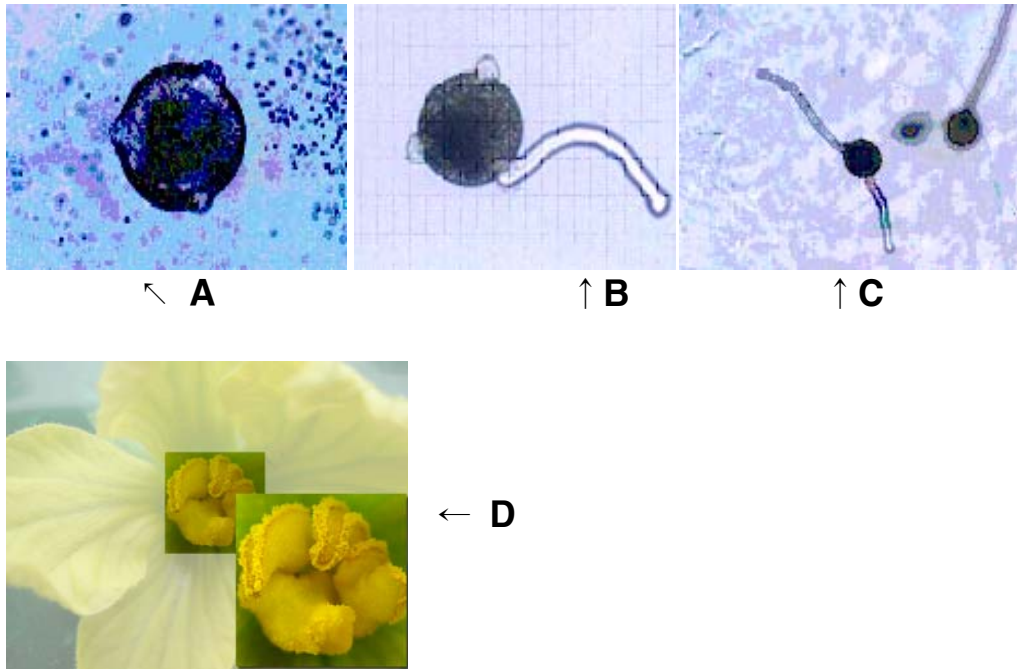


Fig. 1-2. Visualizing a pollen grain with germination pores and tube growth. Images were captured with an image analysis system. A, Three germinating pores in a watermelon pollen grain ($\times 400$). B, One pollen tube emerging from only one germ pore. C, Two pollen tube emerging from two germination pores. D, Pollens in the anther of watermelon at full bloom.

나. 배수성 수박의 화분특성

배수성 수박은 방추사형성을 억제시키는 콜히친을 이용하여 유도할 수 있는데, 독성이 강하기 때문에 고사율이 높다. 배수성 유도에 가장 효율적인 0.2% 콜히친 처리농도에서 품종별 배수성유도는 SS-8에서 76.5%로 가장 높게 나타난 반면, NH1이 가장 낮게 나타났다. 그러나 실질적으로 4배체 식물로 확인된 식물체는 품종에 따라 단지 3.2~4.9% 내외에 지나지 않았다. Rhodes와 Zhang(2000)은 콜히친 처리는 발아 전에 종자를 침적하여 처리하거나 유묘기 본엽이 나오기 직전에 처리하는데 많은 식물체가 키메라 현상을 가지고 출현하기 때문에 콜히친 처리로 4배체 식물이 유도되는 확률은 5%내외라고 보고한 것과 유사한 결과였다.

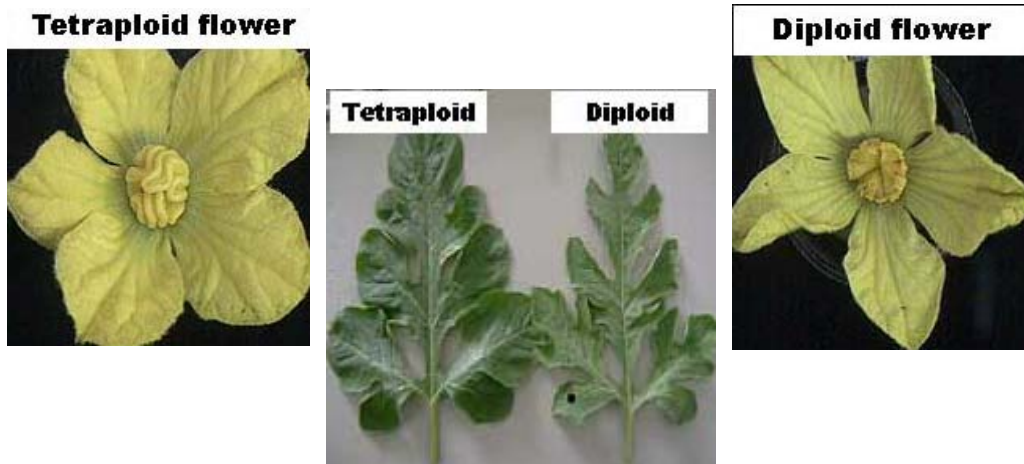


Fig. 1-3. Comparison of Morphological characteristics between diploid and tetraploid flower and leaf.

일반적으로 배수성 수박의 형태적 특성은 잎과 화기가 일반수박에 비하여 훨씬 크고 (그림 1-3) 초세도 강하기 때문에 열악한 토양 조건하에서 잘 자란다. 본 시험 재료중 NH-3 (170.7 cm²)이 최대의 엽면적을 보였으며, 920532 품종(99.5 cm²)은 가장 적은 것으로 나타났다.

콜히친 처리에 의하여 4배체로 유도된 NH-3 품종은 엽면적이 222.4 cm², 920532 품종은 133.3 cm²으로 배수성수박에서 초세가 강하게 나타났다. 꽃잎도 배수성 수박들

이 2배체 수박에 비하여 크지만 개약은 2배체 수박에 비하여 잘되지 않았다.

Berdahl와 Ries(1997)에 의하면 4배체 식물이 초세와 엽장이 2배체 식물에 비하여 크게 나타난다고 하였으며, Nwokeocha과 Faluyi(1993), Jaskani 등(1996)도 4배체 식물에서 생산효율이 높아 생체중이 많고, 잎이 강하게 나타난다고 하였다.

꽃의 크기(둘레)는 4배체 식물이 3.16 cm 로 2배체 식물의 2.9 cm 보다 크게 나타났다.

정상적인 수박(2n)과 배수성 수박의 기공내 엽록체 수는 표 1-1에서 보는 바와같이 다르게 나타났는데, 2배체 수박의 엽록체 수는 기공한쪽을 기준으로 5~7개인 반면, 4배체 수박은 10~12개가 존재하였다.

Table 1-1 Comparison of flower characteristics between diploid and tetraploid .

Observations	Diploid	Tetraploid
Number of chloroplasts	5 ~ 7	10 ~ 12
Flower radius (cm)	2.9±0.2 ^z	3.2±0.1
Flower circumference (cm ²)	27.4±3.8	31.5±2.0

^z Mean ± SE

Compton 등(1999)은 기공세포내 존재하는 엽록체 수는 수박 품종에 따라 조금씩 다르게 나타나는데, 2배체수박에는 평균 9.7개, 4배체식물에서는 17.8개가 존재한다고 하였으며, 무등산 수박은 2배체 식물에서 12개, 4배체 식물에서 22.8개로 나타났다. 또한 한 조직내에서도 2배체와 4배체가 혼재되는 키메라 현상도 발생되고 있다. 화분의 발아공은 2배체 수박에 3개가 존재하는 반면, 4배체 수박에서는 4개가 존재하고 있었으며, 키메라 형태로 유도된 수박은 3개와 4개의 발아공이 혼재되어 나타났다(그림 1-4).

Rhodes와 Zhang(1999)에 의하면 2배체식물의 발아공은 3개, 4배체 식물의 발아공은 4개이며, 혼재된 식물에서는 화분의 발아공이 3-4개가 동시에 나타나는 것으로 보

고하였다. 최근에는 형태적 검정의 판별을 좀더 정확하기 위한 생화학적 방법을 이용하여 정확하게 검정할 수 있다(Koh, 2002). 배수성 수박의 화분은 임성이 낮아 수정률이 높지 않으며, 수확시 종자 개수는 일반수박에 비하여 훨씬 적게 나타났다.

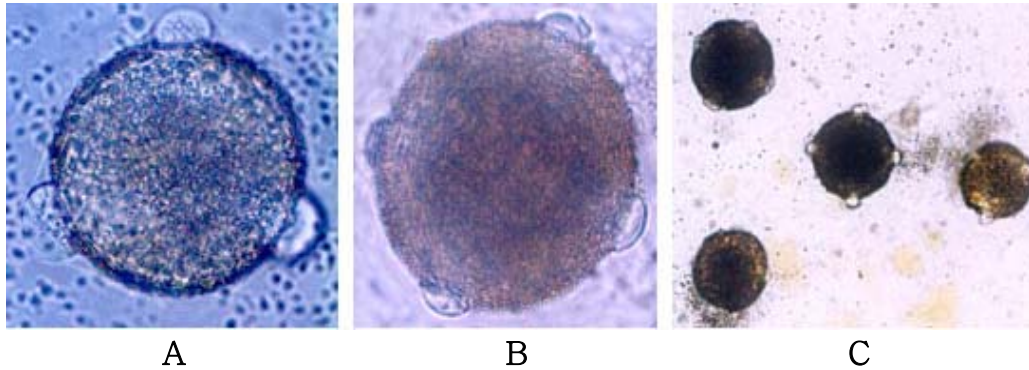


Fig. 1-4. Number of colpi in watermelon pollen. (A, 3 colpi in diploid pollen; B, 4 colpi in tetraploid pollen; C, mixoploid plant pollens)

다. 탄수화물 함량의 변화

개화일수에 따른 수술과 암술(주두)의 가용성 당 농도 변화와 개화 일수를 달리하여 채취한 화분을 기내에서 발아시험한 결과는 각각 그림 1-5, 그림 1-6과 같다. 수술과 암술 모두 개화 당일에 가용성의 당의 함량이 가장 많았다. 수술의 약에서 가용성 당의 농도는 개화 1일 전에 3.3%였으나 개화당일은 6.7%로 가장 높았다. 이후 개화일수가 경과함에 따라 가용성 당 농도가 낮아져 개화 3일 후에는 약에서 4.1% 주두에서는 2.1%를 나타내었다. 약과 화분의 가용성 당함량이 개화당일에 최대가 된다는 Aloni 등 (2001)의 보고와 유사한 결과를 나타내었다.

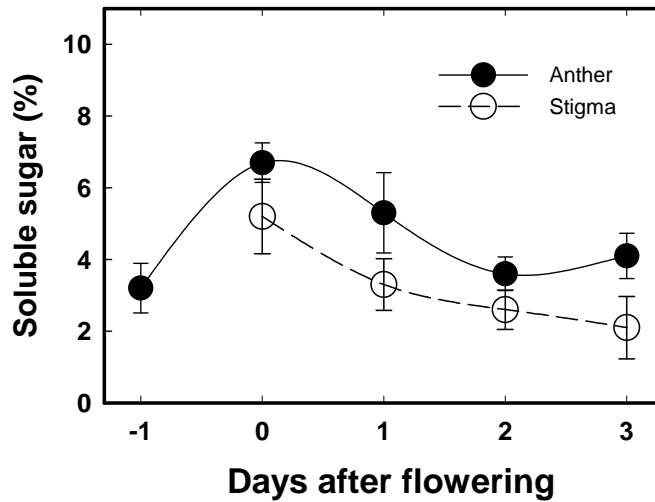


Fig. 1-5. Changes in soluble sugars in watermelon anther and stigma before and after flowering. Samples for sugar analysis were collected before, at and after flowering. Bars represent SE.

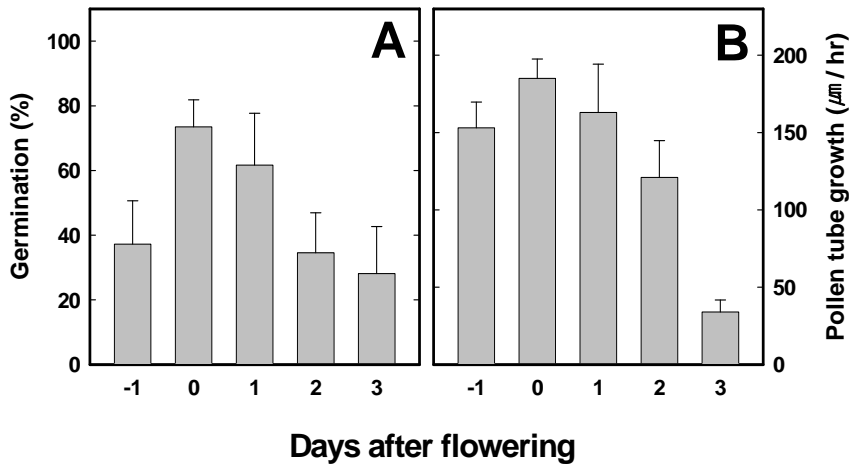


Fig. 1-6. Changes in pollen germination (A) and pollen tube growth (B) before and after flowering. Samples for pollen germination and pollen tube growth were collected before, at and after flowering. Bars represent standard error(SE).

개화일수에 따른 화분의 발아율은 개화당일에 가장 높았으며, 개화 후 일수가 늘어남에 따라 발아율이 점차 낮아졌다. 개화 1일 전에 채취한 화분의 발아율은 38% 였으나 개화당일은 73%의 발아율을 보였다. 개화 3일 후에 채취한 화분은 30%의 발아율로 매우 낮았다. 이는 화분의 발아율이 높고 화분관 신장이 가장 큰 과원의 배화분에서 가용성 당의 함량이 가장 높게 나타났다는 보고(Lee, 2003)와 화분의 저장 전분이 분해되어 개화 당일 가용성 당 함량이 가장 높게 나타났다는 Bey 등(2001)의 보고와도 일치하였다.

화분의 발아 중 가용성 당 함량의 변화를 조사한 결과는 그림 1-7과 같다. 치상직전의 건조한 화분의 가용성 당 농도는 6.2%였지만 30℃에서 6시간 후 발아된 화분의 가용성 당 농도는 4.9%로 치상전 보다 낮았다. 화분에 저장된 양분은 매우 한정적으로 화분관 신장을 위해서는 주두로부터 양분을 공급받아야하는 것은 물론(Heslop- Harrison와 Shivanna, 1977), 발아과정 중 기질로 당이 소모된 것으로 판단된다.

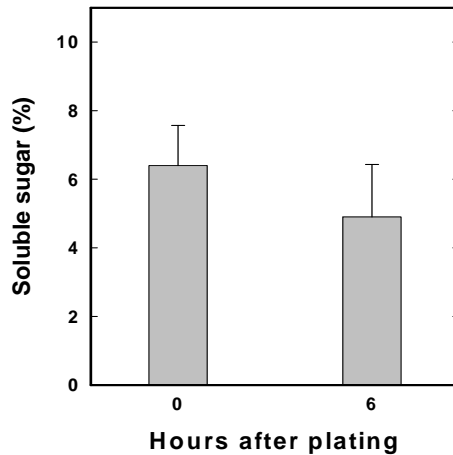


Fig. 1-7. Changes in soluble sugar concentrations in watermelon pollen grains in 6 hours after plating at 30℃. Vertical bars are SE.

2. 적정 발아조건

가. 온도조건이 화분 발아에 미치는 영향

개화당일 채취한 '삼복꿀수박'과 '스피드꿀수박'의 수꽃을 pentane으로 화분만을 분리한 후 BK-W 배지(1% agar, 20% sucrose)가 분주된 페트리디쉬(직경 3.5 cm)에 치상하고 15, 20, 25, 30, 35°C의 항온기에 두면서 발아시험한 결과는 그림 1-8, 1-9와 같다.

수박화분은 치상 후 급속하게 발아하기 시작하여 6시간 내에 전체 발아한 화분의 90%가 발아하였다. 이후 24시간 동안 발아율의 증가는 거의 없었다.

수박화분의 치상 6시간 후 발아율은 15°C에서 20%, 20°C에서 43%, 25°C와 30°C에서 84%이상을 나타내어 온도가 높을수록 발아율이 높았는데, 35°C에서는 오히려 발아율이 25~30°C보다 낮게 나타났다. 두 품종 모두 25~30°C에서 화분의 발아율과 화분관 신장이 가장 높게 나타났다. 복숭아, 배, 감, 옥수수 화분이 치상 후 2시간 이내에 대부분 발아하는 것에 비해 수박 화분은 발아하는데 소요되는 시간이 3~4배 더 긴 6~12시간으로 판단된다.

온도에 따른 화분관의 신장 속도는 15°C에서는 90~95 $\mu\text{m/hr}$ 이지만, 20°C이상의 조건에서는 180 $\mu\text{m/hr}$ 이상으로 온도가 높아짐에 따라 화분관의 신장속도가 빨랐다. 30°C에서 최대를 나타내었으며, 이보다 높은 온도에서는 오히려 둔화되었다. 15°C의 저온에서 매우 늦게 신장하였는데 48시간 이후에도 2,500 μm 신장하여 배주길이(평균 4,000 μm)의 절반에 못미치는 신장을 하였으며, 20°C이상 온도조건의 절반에 못미치는 신장을 하였다(그림 1-9).

화분관의 신장속도가 180 $\mu\text{m/hr}$ 이상일 경우 배주까지 도달하는데 24~48시간 정도 소요될 것으로 예상되었다. 15°C에서는 두 품종 모두 100 $\mu\text{m/hr}$ 이하로 수분 후 수정까지 약 3~4일 이상 소요될 것으로 판단된다.

따라서 저온기 수박의 재배에서 착과율 저해의 주요 원인은 발아율에 기인하기보다는 화분관신장의 불량으로 인하여 수정하지 못하기 때문인 것으로 생각된다.

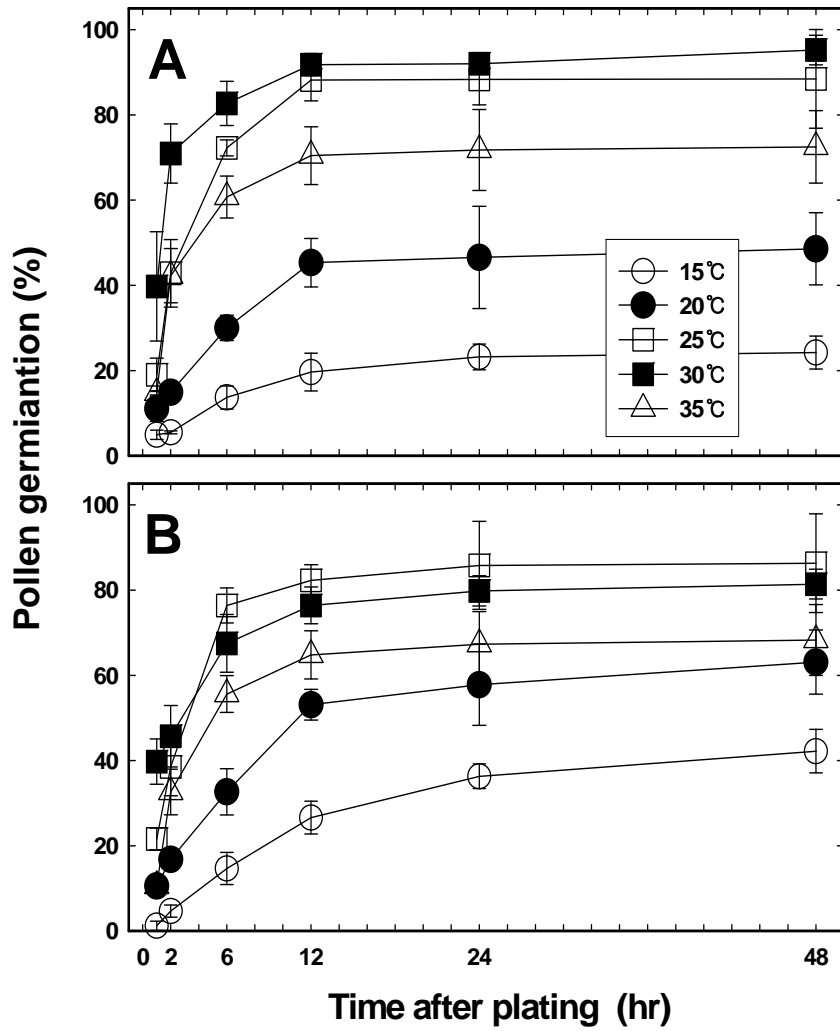


Fig. 1-8. Changes in pollen germination of 'Sambokkul' (A) and 'Speedkul' (B) watermelon at 15°C(○), 20°C(●), 25°C(□), 30°C(■), and 35°C(▲).

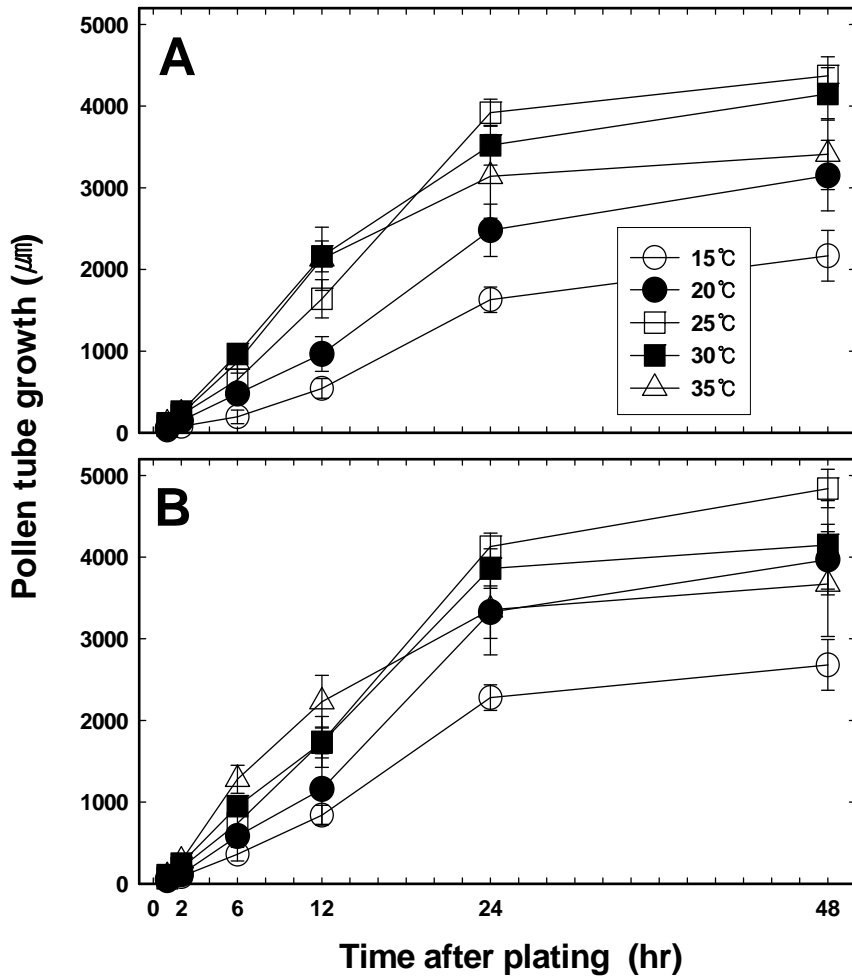


Fig. 1-9. Changes in pollen tube growth of 'Sambokkul' (A) and 'Speedkul' (B) watermelon at 15°C(○), 20°C(●), 25°C(□), 30°C(■), and 35°C(▲).

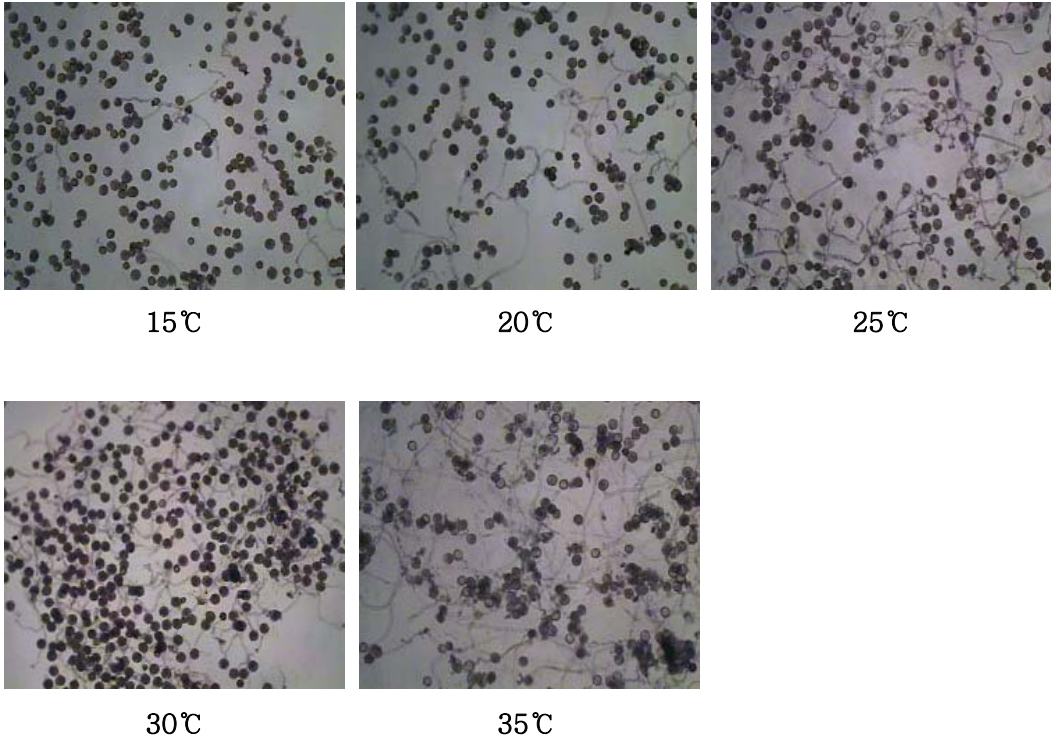


Fig. 1-10. Effect of culture temperature on pollen germination and pollen tube growth of 'Sambokkul' watermelon.

나. 당의 종류 및 농도가 화분 발아에 미치는 영향

공시품종으로 ‘삼복꿀수박’과 ‘스피드꿀수박’을 사용하였다. 개화당일 수꽃을 채취한 후 화분을 분리하여 sucrose의 농도를 0, 5, 10, 15, 20, 30%로 달리한 배지에 치상한 후 발아율과 화분관 신장 등을 조사한 결과는 그림 1-11, 표 1-3과 같다.

시험에 사용한 두 수박품종 모두 배지에 첨가한 sucrose의 농도가 10~20%일 때 화분의 발아율이 가장 높게 나타났으며, 이들 농도간에는 발아율이 큰 차이가 나지 않았다. 그러나 10%보다 낮은 농도와 20%보다 높은 농도에서는 발아율이 현저하게 낮았다. 0, 5, 10% 처리구에서는 발아와 동시에 화분 및 화분관이 파열되는 현상이 빈번하게 발생하였다. 배지 내에 sucrose가 첨가되지 않을 경우 삼투포텐셜이 높기 때문에 급격하게 수분이 화분내로 흡수됨에 따라 화분내의 팽압이 급격하게 증가하고, 따라서 발아와 동시에 화분이 파열된 것으로 생각된다.

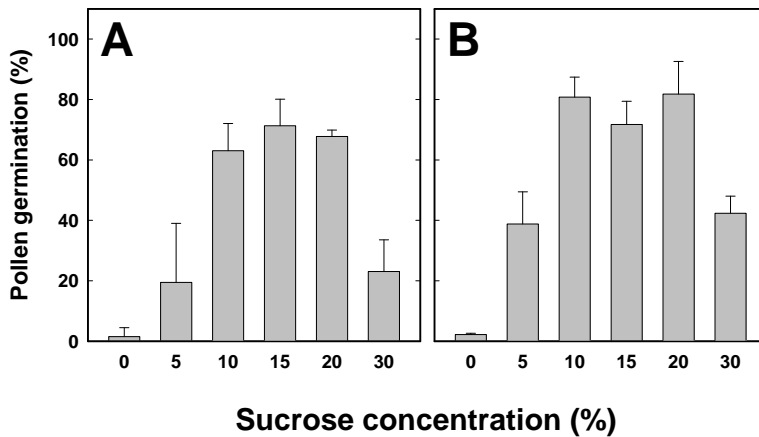


Fig. 1-11. Effect of sucrose concentration in media on pollen germination of 'Sambokkul' (A) and 'Speedkul' (B) watermelon at 30°C. Pollens were kept at 30°C for 12 hrs before measurement. Vertical bars represent SE.

화분이 파열되어 발아되지 않는 비율이 0%, 5% sucrose에서 가장 많이 나타났다. 10% sucrose 조건에서의 발아율은 그 이상의 sucrose 농도 조건의 발아율과 차이가

없었지만 화분관이 신장되는 도중에 파열되는 것이 다소 관찰되었다(표 1-3). 이러한 현상은 실제 수박재배에서 비가오거나 습도가 높을 경우 화분관 파열로 수정이 잘 이루어지지 않아 착과가 불량한 원인으로 생각된다.

Table 1-3 Effect of sucrose concentration in media on pollen germination, pollen tube growth and pollen rupture of 'Sambokkul' watermelon at 25°C.

Sucrose (%)	Pollen germination (%)	Pollen tube growth ($\mu\text{m/hr}$)	Disrupted pollen (%)
0	0 d ^z	0 c	95 a
5	18 d	32 c	73 b
10	62 bc	132 b	37 c
15	84 a	189 a	7 d
20	78 ab	193 a	0 d
30	51 c	126 b	0 d

^z Means in columns are separated by DMRT at $P=0.05$

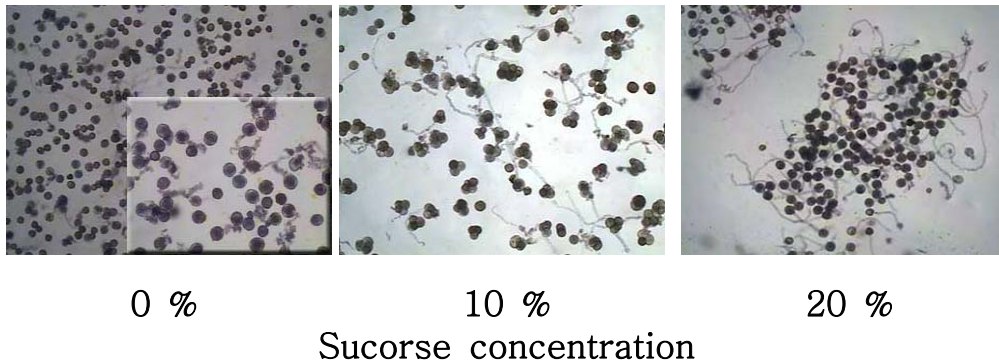


Fig. 1-12. Pollen disruption rate were affected by sucrose concentration in the media.

화분의 발아시험 배지에 당의 종류를 sucrose, fructose, glucose로 달리하여 당의 종류에 따른 발아율과 화분관신장을 조사한 결과는 표 1-4와 같다. 첨가 배지 종류에 따라 화분의 발아율과 화분관신장이 차이가 있었는데, 발아율은 sucrose를 첨가하였을 때 84%로 가장 높았고 glucose, fructose가 각각 60%, 42%로 나타났다. 치상 12시간 후의 화분관 신장은 sucrose가 213 $\mu\text{m}/\text{h}$ 로 가장 신장율이 높았으며 glucose, fructose 순 이었다.

Table 1-4 Effect of sucrose, fructose, and glucose added to media on pollen germination and pollen tube growth of 'Sambokkul' watermelon at 25°C.

Carbohydrate	Concentration (%)	Pollen germination (%)	Pollen tube growth ($\mu\text{m}/\text{hr}$)
Sucrose	10	53 \pm 7.2 ^z	115 \pm 27.7
	20	84 \pm 5.4	213 \pm 33.1
Fructose	10	36 \pm 4.8	89 \pm 23.5
	20	42 \pm 6.1	105 \pm 19.4
Glucose	10	43 \pm 8.5	126 \pm 35.3
	20	60 \pm 7.9	133 \pm 15.8

^z Mean \pm SE

다. pH 조건

배지의 pH가 수박화분의 발아율과 화분관 신장에 어떠한 영향을 미치는지 알아본 결과 발아율은 pH가 6.0~6.5일 때 약 80%로 높았던 반면 pH 8.0 처리구에서는 55%의 발아율을 보였다. 화분관 신장은 화분 발아율에 비해 pH에 따라 큰 차이가 있었다. pH 6~7 범위내에서는 치상 6시간 후 화분관이 300 μm 이상 신장하였으나 pH 8.0에서는 133 μm 로 화분관 신장속도가 매우 늦었다(그림 1-13). 따라서 화분 발아나 화분관 신장은 pH 6.0~7.0 범위가 가장 적합한 것으로 보여진다.

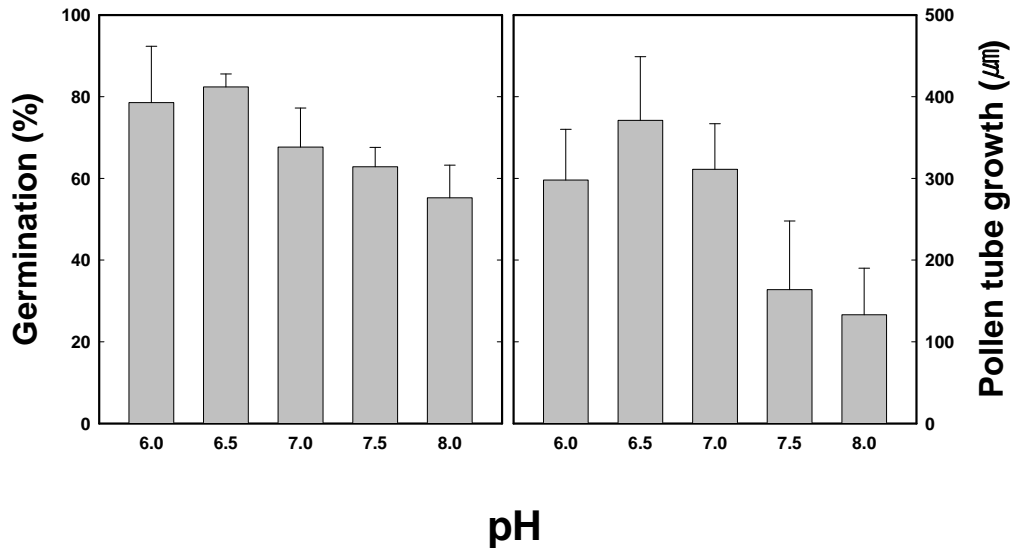


Fig. 1-13. Effect of pH on pollen germination and pollen tube growth of watermelon in vitro. Vertical bars represent SE. Germination and pollen tube growth were determined 6 hrs after bedding at 25°C.

라. 광 조건

광이 화분발아나 화분관 신장에 미치는 영향을 연구한 결과는 그림 1-14와 같다. 암상태, 12시간, 24시간 광 처리했을 경우 화분의 발아율은 처리 간 큰 차이를 보이지 않았지만 광 조사 시간이 길어질수록 화분관 신장이 다소 늦어지는 경향이였다. 암상태와 광 12시간 조사했을 경우 처상 24시간 후 화분관 길이는 각각 1030 μm , 975 μm , 625 μm 이었으나 광 24시간 조사구에서는 600 μm 이었다.

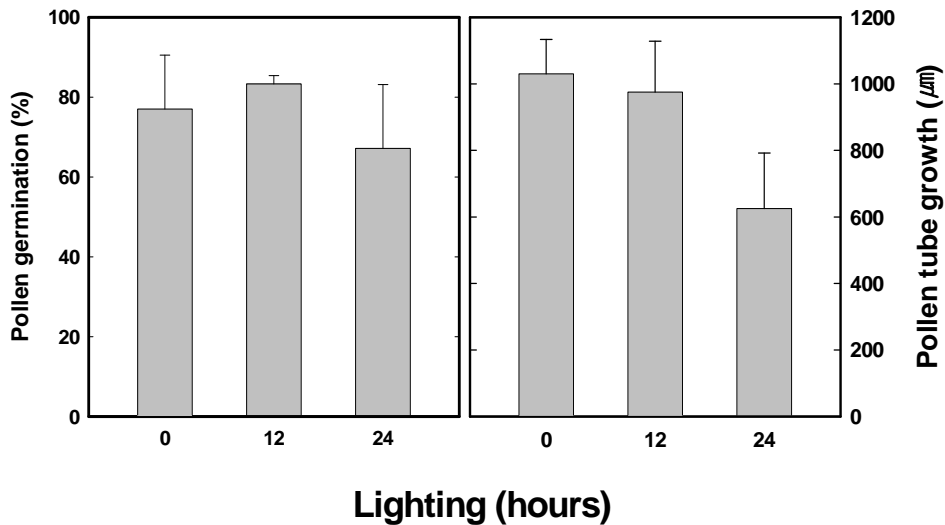


Fig. 1-14. Effect of lighting periods on pollen germination and pollen tube growth of watermelon in vitro. Vertical bars represent standard error. Germination and pollen tube growth were determined after 24 hrs of bedding at 25°C.

3. 화분의 활력 증진

가. 무기물질 첨가

화분발아에 요구도가 높은 무기이온 칼슘, 붕소 및 이들 보다 요구도가 낮지만 필수무기원소로써 화분발아에 중요한 역할을 하는 것으로 보고되어지고 있는 마그네슘과 칼륨의 첨가를 통한 ‘삼복꿀수박’과 ‘스피드꿀수박’의 기내에서 화분발아 특성을 조사한 결과는 그림 1-15, 1-16, 1-17, 1-18과 같다.

붕소, 칼슘, 마그네슘, 칼륨은 화분발아시험에 기본적으로 사용되고 있는 BK배지(Brebaker and Kwack's medium, 1963)에서 주요구성 원소들이다. 발아력 시험을 통한 이들 원소의 영향을 구명함으로써 수박 화분의 발아력과 저장성 향상을 위한 시비기술을 비롯한 일련의 화분 생산 및 저장을 위한 기초자료로 활용하고자 수행하였다.

두 품종 모두 붕소, 칼슘, 마그네슘, 칼륨의 첨가는 농도에 따라 발아율과 화분관신장이 증가하거나 감소하였다.

붕소는 첨가농도가 증가함에 따라 두 품종 모두 발아율과 화분관신장이 증가하였지만 500 ppm 이상의 조건에서는 오히려 발아율과 화분관신장이 억제되었다. 붕소 첨가 농도가 200 ppm에서 86%, 93%로 가장 높아 첨가하지 않은 처리구 55%보다 각각 31%, 38% 높았다. 화분관신장은 두품종모두 200 ppm일 때 가장 빨리 신장하였으며 500 ppm 이상에서는 억제되었다. 붕소의 화분관 신장 촉진 효과는 붕소가 화분관 신장에 필요한 탄수화물의 흡수 및 이동을 촉진하기 때문인 것으로 생각된다.

칼슘 첨가로 두 품종 모두 화분의 발아율은 200 ppm 일 때 각각 74%, 68%로 가장 높았고, 화분관 신장은 100 ppm 일 때 각각 $182 \mu\text{m} \cdot \text{h}^{-1}$, $148 \mu\text{m} \cdot \text{h}^{-1}$ 로 가장 높았다. 그러나 그 이상의 농도에서는 붕소에서와 같이 발아율과 화분관 신장이 억제되었다.

마그네슘 200 ppm 첨가구에서 ‘삼복꿀수박’의 발아율은 71%로 가장 높았고, ‘스피드꿀수박’은 54%로 가장 높았다. 칼륨의 농도가 100 ppm 일 때 발아율이 가장 높았고, 200 ppm 일 때 화분관이 가장 많이 신장하였다.

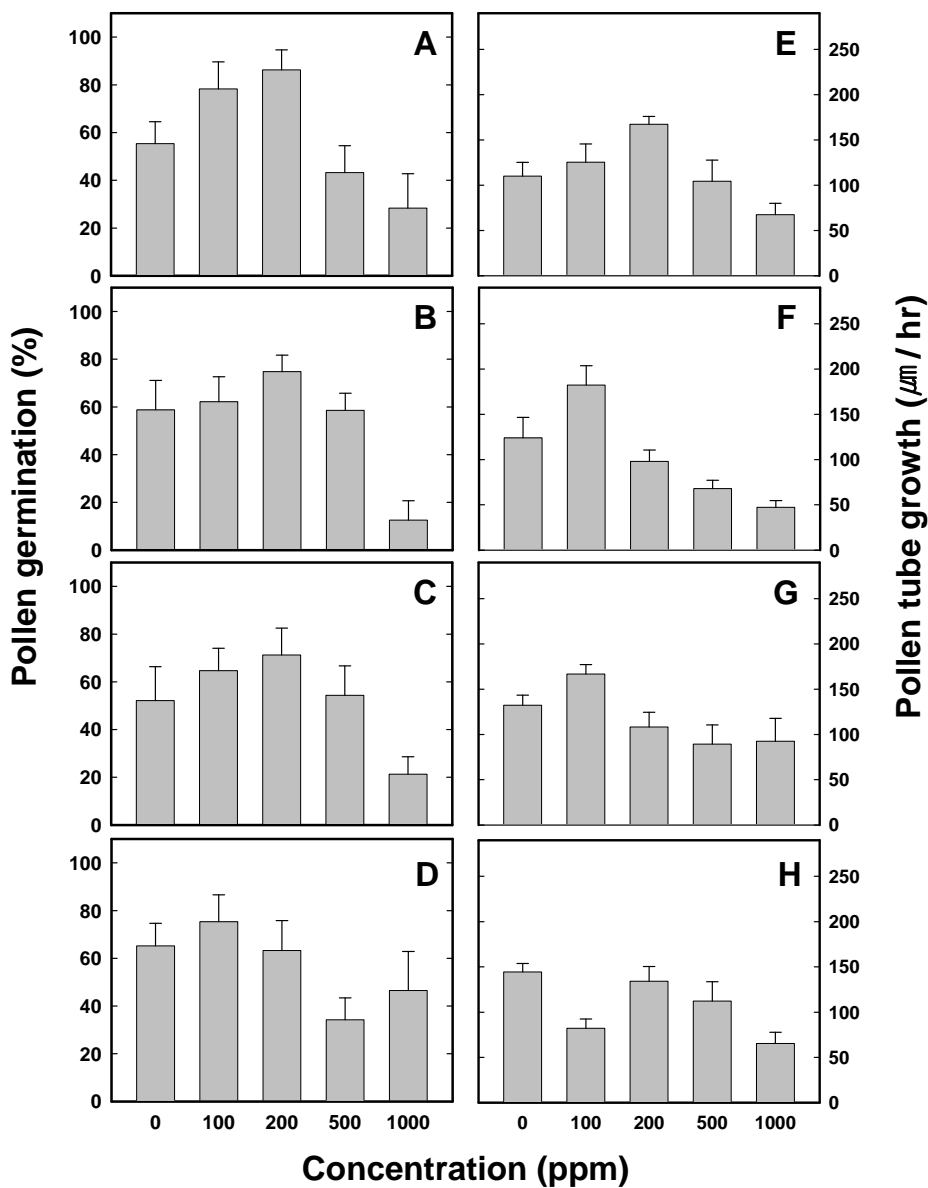


Fig. 1-15. Effect of boric acid (A and E), calcium nitrate (B and F), magnesium sulfate (C and G), and potassium nitrate (D and H) concentrations on pollen germination (A, B, C, and D) and pollen tube growth (E, F, G, and H) of 'Sambokkul' watermelon pollen in vitro. Germination was determined 6 hrs after bedding at 30°C. Vertical bars represent standard errors.

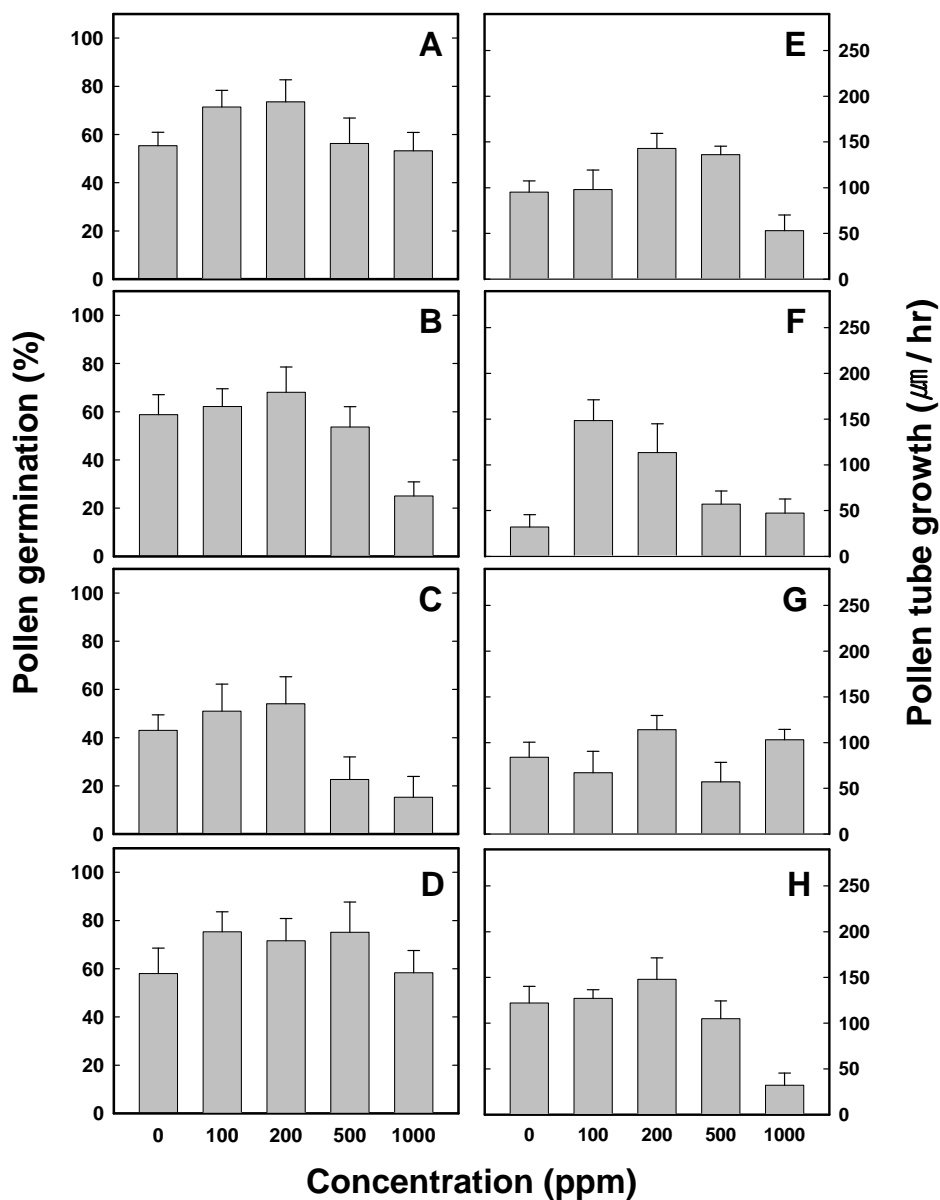


Fig. 1-16. Effect of boric acid (A and E), calcium nitrate (B and F), magnesium sulfate (C and G), and potassium nitrate (D and H) concentrations on pollen germination (A, B, C, and D) and pollen tube growth (E, F, G, and H) of 'Speedkkul' watermelon pollen in vitro. Germination was determined 6 hrs after bedding at 30°C. Vertical bars represent standard errors.

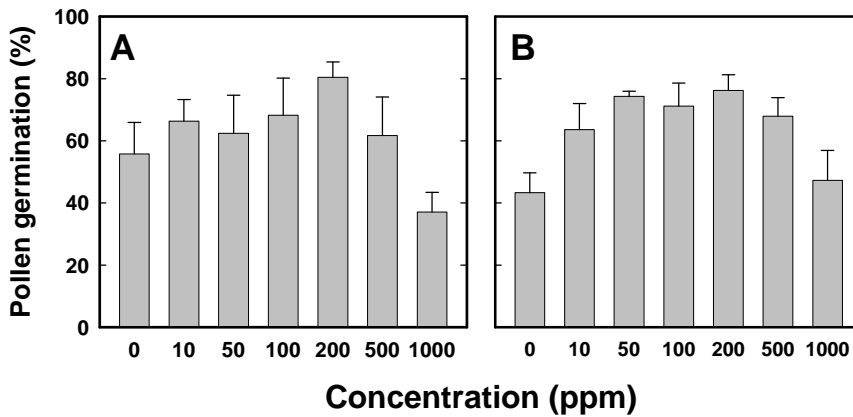


Fig. 1-17. Effect of calcium nitrate (A) and boric acid (B) concentrations on pollen germination of 'Sambokkul' watermelon in vitro. Vertical bars represent standard errors. Germination was determined 6 hrs after bedding at 25°C.

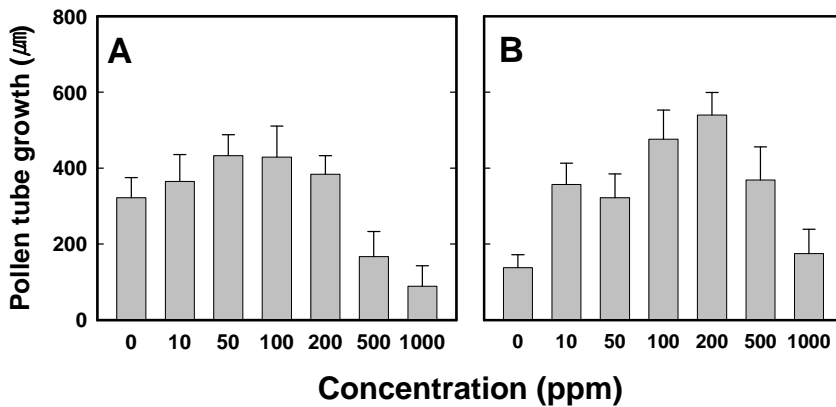


Fig. 1-18. Effect of calcium nitrate (A) and boric acid (B) concentrations on pollen tube growth of 'Sambokkul' watermelon in vitro. Vertical bars represent standard error. Pollen tube growth was determined 6 hrs after bedding at 25°C.

4. 화분의 저장

가. 저장온도에 따른 저장력

‘스피드꿀수박’의 수꽃을 채취하여 pentane로 화분을 분리한 후 직경 9 cm 페트리 디쉬에 1 g의 실리카겔을 넣은(silicagel +)조건과 넣지 않은(silicagel -)조건으로하여 각각 -40, 0, 20℃에 저장하면서 저장기간에 따른 화분의 발아율 변화를 측정된 결과는 표 1-6과 같다.

같은 온도조건이라도 매우 건조된 상태에서 저장한 것이 습한 조건보다 오랜기간 발아력을 유지하였다. 0℃에서 실리카겔을 함께 넣은것은 저장 15일 후의 발아율이 47%였지만 실리카겔을 넣지않은 것은 22%였다. 실리카겔을 넣어 밀봉한 조건은 습도가 50%미만으로 유지되었으며, 실리카겔을 넣지 않고 밀봉한 처리구는 Rh 70%이상 이었다.

저장온도 -40, 0, 20℃ 에 따른 저장 15일 후의 발아율은 각각 65, 47, 14%로 -40℃에 저장한 것이 가장 높은 활력을 나타내었다. 20℃에 저장한 화분은 저장 15일 이후에 급격하게 발아력이 감소되어 저장 45일에 발아력을 완전히 상실하였다. -40℃에 저장한 화분의 발아율은 저장 30일에 32%, 저장 45일에 16%이었다.

Table 1-6. Effect of storage temperatures on percent germination of ‘Speedkul’ watermelon pollen in vitro. Pollen was stored at -40, 0, 20℃ for 60 days at low RH with or without silicagel. Germination was determined 24 hours after bedding at 30℃.

Storage temperature (°C)	Silica gel	Storage days				
		1	15	30	45	60
- 40	+	95 ± 11.7 ^z	65 ± 12.7	32 ± 14.8	16 ± 7.1	14 ± 8.6
	-	59 ± 23.3	7 ± 5.1	-	-	-
0	+	93 ± 16.5	47 ± 13.3	25 ± 12.6	12 ± 6.3	-
	-	79 ± 13.3	22 ± 9.3	8 ± 9.1	-	-
20	+	97 ± 12.7	14 ± 7.5	3 ± 1.2	-	-
	-	86 ± 11.5	21 ± 8.4	4 ± 1.3	-	-

^z Mean ± SE

종자저장에서와 같이 화분저장에서도 저온 건조한 조건이 저장에 유리한 조건임을 알 수 있었으며 보다 낮은 저온에서 안전한 저장을 위해서는 밀봉된 소형 저장용기속의 습도조절이 중요한 것으로 판단된다.

나. 화분의 분리 방법

‘스피드꿀수박’의 수꽃을 채취한 후 pentane으로 화분을 분리한 것(PS)과 약만 분리한 것(AS)을 10개월간 -20°C 에 저장하였을 때 저장기간에 따른 화분의 활력변화를 조사한 결과는 그림 1-19와 같다. 저장기간이 경과함에 따라 화분의 발아율은 점차 감소하였는데 PS는 저장 2개월째에 최초 발아율의 절반수준(45%)으로 감소하였고, AS는 PS보다 활력이 오래 유지되어 저장 5개월째에 최초 발아율의 절반수준(43%)으로 감소하였다. 발아율은 PS와 AS가 저장전에는 각각 89%, 86%로 차이가 없었으나 저장 2개월째에 45%, 68%, 저장 4개월째에 각각 23%, 65%로 저장기간이 경과함에 따라 PS가 AS보다 급격하게 감소하였다.

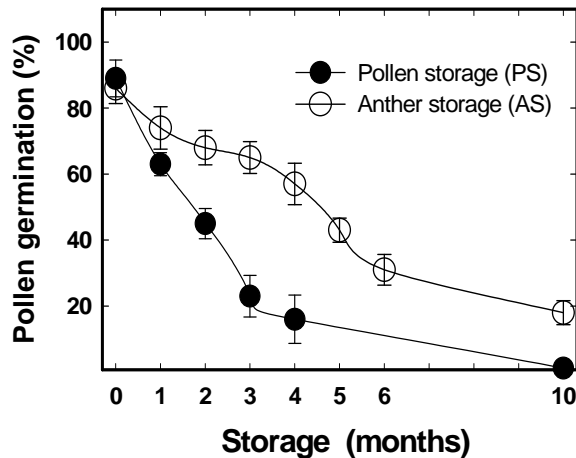


Fig. 1-19. Effect of storage methods on pollen germination of ‘Speedkul’ watermelon in vitro. Pollen was stored at -20°C for 10 months. Germination was determined 24 hours after bedding at 30°C .

다. Ca과 B의 엽면시비가 화분의 저장력에 미치는 영향

‘스피드꿀수박’에 정식 15일 후 붕소와 칼슘을 0.2%, 1.0%로 단독 혹은 혼용하여 엽면시비하였고, 정식 30일(엽면시비 15일 후) 후 수꽃을 채취하여 90일간 -20℃에서 저장하면서 저장 30, 60, 90일째에 화분의 활력을 측정된 결과는 표 1-7과 같다. 저장전의 발아율은 각 처리에 따른 차이가 없었으며 저장기간이 경과함에 따라 감소하였는데, 저장 30일과 60일 후에 최초발아율의 절반수준으로 감소하였다. 처리에 따라 다소 차이는 있었지만 저장 30일에 최초발아율의 20-40%의 발아율이 감소하였다. 저장기간이 경과함에 따라 Ca엽면시비 구(1.0% Ca, 0.2% B + 1.0% Ca, 1.0% B + 1.0% Ca)가 다른 처리구에 비해 활력의 감퇴가 늦었는데, 저장 30일째에 무처리는 34%가 감소하였고, 1.0% Ca처리구와 0.2% B + 1.0% Ca 처리구는 각각 23%, 19% 감소하여 Ca엽면시비 처리구가 무처리보다 화분활력 감퇴가 늦은 것으로 나타났다. Ca이 포함된 처리구(1.0% Ca처리구, 0.2% B + 1.0% Ca 처리구, 1.0% B + 1.0% Ca 처리구)는 저장할 때 저장에 따른 화분의 활력감소가 다소 늦은 것으로 나타났다.

Table 1-7. Effect boron, calcium, and boron and calcium combination on percent pollen germination of ‘Speedkul’ watermelon, as affected by storage periods at -20℃.

Treatment	Storage periods (days)			
	0	30	60	90
	----- germination (%) -----			
Control	43 ± 6.3 ^z	28 ± 5.3	11 ± 3.1	4 ± 1.2
0.2% B	49 ± 5.1	32 ± 6.4	22 ± 5.3	13 ± 2.0
1.0% B	50 ± 5.7	29 ± 4.0	17 ± 4.8	9 ± 1.9
1.0% Ca	51 ± 4.2	39 ± 4.7	29 ± 5.0	18 ± 3.4
0.2% B+1.0% Ca	52 ± 7.0	42 ± 3.1	32 ± 4.4	22 ± 2.6
1.0% B+1.0% Ca	53 ± 7.6	36 ± 5.9	28 ± 5.6	16 ± 4.2

^z Mean ± SE

라. 재배중의 기온이 화분의 저장력에 미치는 영향

‘스피드꿀수박’을 2006년 12월 10일 ~ 2007년 3월 20일에 걸쳐 경남 함안군 대산면 수박단지내 수박재배농가에서 터널의 피복자재를 6온스와 12온스로 달리하여 재

배하였다. 정식 30일 후 수꽃을 채취하여 약만을 분리한 후 -20℃ 냉동고에 90일간 저장하면서 저장기간에 따른 화분의 활력을 측정된 결과는 표 1-8과 같다.

재배기간 중 온실의 주간온도는 차이가 없었고 야간온도는 10℃ 이상을 유지하였으며, 12온스 처리구가 6온스 처리구보다 2℃ 높게 유지되었다. 발아율은 저장전 12온스 처리구가 77%로 6온스 처리구의 72% 보다 높았다. 저장기간이 길어질수록 발아율이 감소하여 저장 60일 째에 최소 발아율의 절반 수준으로 감소하였다. 측정 재배기간 중 피복터널의 차이에 의한 야간온도의 차이는 화분의 저장 중 활력변화에 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

Table 1-8. Effect of the thickness of covering materials on pollen germination of 'Speedkul' watermelon in winter cultivation..

Covering material thickness	Storage days			
	0	30	60	90
	germination (%)			
6 oz	72 ± 4.3 ^z	59 ± 5.2	50 ± 3.8	31 ± 4.9
12 oz	77 ± 8.1	61 ± 4.6	49 ± 4.0	26 ± 5.4

^z Mean ± SE

마. 저장화분의 농가실증 시험

2006년 12월 10일부터 2007년 3월20에 걸쳐 경남 함안군 대산면 수박재배농가에서 재배한 '스피드꿀수박'을 공시재료로 사용하여 정식 40, 55일 후 수꽃을 채취한 후 약을 분리하여 -20℃ 냉동고에 30일간 저장하였다. 저장화분은 2007년 1월 10일에 동일지역에서 2007년 1월 10일 정식한 '스피드꿀수박'에 인공수분 15일 후 착과율을 조사하였고, 수확시(2007년 4월 20일) 과중, 당도, 종자개수를 조사한 결과는 표 1-9와 같다.

착과율은 저장하지 않은 화분이 97%로 가장 높았고, 15일간 저장한 화분과 30일간 저장한 화분이 각각 87%, 70%를 나타내었다. 저장기간이 길수록 착과율이 감소하였다. Ethyl ether로 분리한 화분을 10일간 -10℃에서 저장한 후 인공수분 할 경우 48 - 56%의 착과율을 나타내었다는 보고(Kim과 Park, 1991)보다 현저하게 높은 착과율을 나타내었다.

과중은 저장 0일이 7,515 g으로 가장 무거웠고, 저장 15일이 6,750 g, 저장 30일이 6,360 g순으로 무거웠다. 한개의 과실당 종자수는 저장 0일이 391개로 가장 많았고, 저장 15일과 30일은 각각 273개, 188개로 과실이 무거울수록 종자수가 많았다. 수확된 과의 전체에 대한 과중과 종자수량의 직선회귀는 그림 1-20과 같이 정의 상관관계를 나타내었다. 이는 화분의 활력이 우수하여 화분의 수정률이 높아지면 과실 수량증대를 가져올 수 있는 것으로 판단되며 본 연구의 결과를 토대로 저온기 재배에서 화분활력 증대를 통하여 수량을 증대를 꾀할 수 있을 것으로 생각된다.

Table 1-9. Effect of artificial pollination of stored pollen on fruit set, fruit weight, soluble solid, and seed numbers of 'Speedkul' watermelon.

Storage days	Fruit set (%)	Fruit weight (g)	Soluble solid (Brix°)	Seed numbers
0	97 ± 3.3 ^z	7515 ± 673	10.9 ± 1.55	391 ± 23.6
15	87 ± 8.8	6750 ± 591	11.2 ± 1.01	273 ± 47.2
30	70 ± 5.8	6320 ± 796	9.8 ± 1.28	188 ± 35.1

^z Mean ± SE

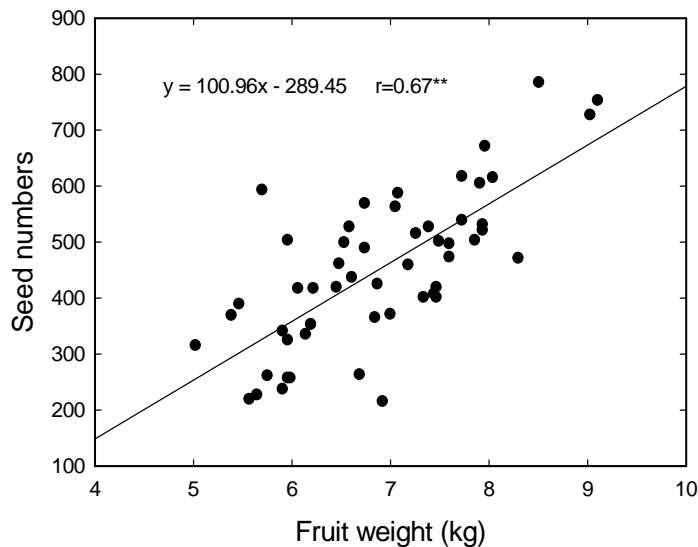


Fig. 1-20. Relationship between seed numbers and fruit weight in 'Speedkul' watermelon

5. 품종에 따른 화분의 채취와 저장성

가. 재배 품종에 따른 화분량 및 화분의 활력

최근 시설 수박재배 농가에서 많이 재배하고 있는 ‘복수박’(A), ‘삼복꿀수박’(B), ‘아폴로꿀수박’(C), ‘스피드꿀수박’(D), ‘금천수박’(E) 품종을 공시하여 품종간의 화분 채취량과 활력 비교한 결과는 그림 1-21, 1-22와 같다. 여러 품종들 중 화분의 대량생산 및 공급에 적합한 품종을 찾기 위하여 화분의 채취량, 활력, 저장성 등을 조사하였다. 100개의 수꽃에서 pentane로 분리한 화분량은 품종간에 큰 차이는 없었지만 ‘복수박’이 138 mg 으로 가장 많았고, 다음으로 ‘스피드꿀수박’(121 mg), ‘삼복꿀수박’(110 mg), ‘아폴로꿀수박’(104 mg), ‘금천수박’(95 mg) 순으로 나타났다(그림 1-21)

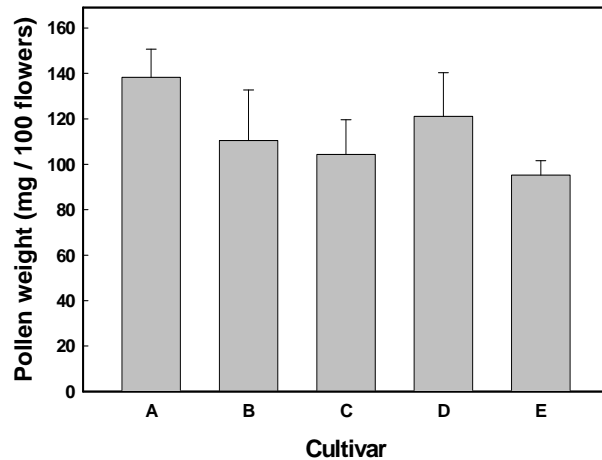


Fig. 1-21. Pollen yield dependent on Watermelon cultivars: A, Bok; B, Sambokkul; C, Apollokul; D, Speedkul; E, Kumchun. Vertical bars represent standard errors.

각 품종별로 채취한 화분을 치상한 후 20℃와 30℃에 24시간 후의 발아율과 화분관 신장을 조사한 결과는 그림 1-22와 같다. 모든 품종이 20℃보다 30℃에서 발아율이 높고 화분관 신장이 빨랐다. 발아율은 ‘스피드꿀수박’(D)과 ‘복수박’(A)을 제외하고 30℃보다 20℃에서 10 ~ 15% 낮았고, 화분관신장은 30℃보다 20℃에서 12 ~ 16% 작게 신장하였다. ‘스피드꿀수박’(D)과 ‘복수박’(A)은 20℃에서도 30℃와 화분의 발아특성이 큰 차이가 없었다. 20℃에서 발아율은 ‘복수박’과 ‘스피드꿀수박’이 각각 78%, 75%로 높게 나타나 다른 품종들보다 저온에서 보다 잘 적응하는 품종인 것으로 판단된다. 이러한 특성은 겨울철 저온기 재배 품종 육성에 기초자료로 활용되어 질 수 있을 것으로 판단된다.

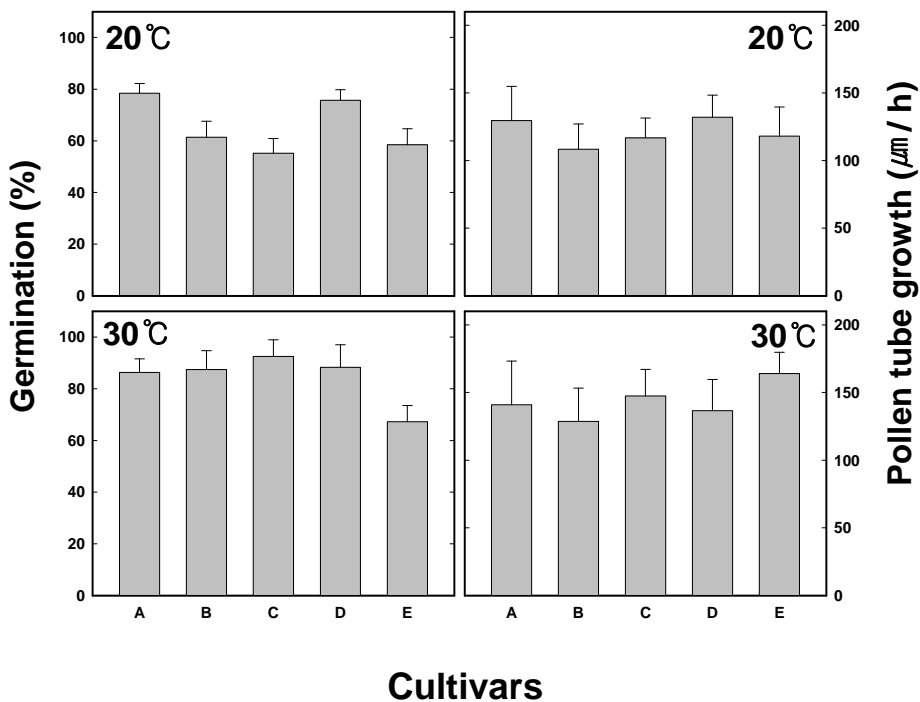


Fig. 1-22. Effect of cultivars on pollen germination and tube growth. Germination and pollen tube growth was determined for 24 hrs after bedding at 20 and 30°C. Watermelon cultivars: A, Bok; B, Sambokkul; C, Apollokul; D, Speedkul; E, Kumchun. Vertical bars represent standard errors.

나. 재배 품종에 따른 화분의 저장력

최근 겨울철 축성 및 반축성 재배용으로 농가에서 많이 사용하고 있는 ‘복수박’(A), ‘삼복꿀수박’(B), ‘아폴로꿀수박’(C), ‘스피드꿀수박’(D), ‘금천수박’(E)을 공시하여 4℃에서 냉장 보관하여 24일간의 활력변화를 조사한 결과는 그림 1-23과 같다.

저장전의 발아율은 67 ~ 92%로 품종에 따라 다소 차이가 있었다. 저장기간이 경과함에 따라 발아율이 감소하여 저장 12일에는 최초 발아율보다 24 ~ 70% 감소하였고, 저장 15일에는 최초 발아율보다 42 ~ 74%가 감소하였다. 저장 24일 후에는 모든 품종이 대부분의 발아력을 상실하여 24%미만의 낮은 발아율을 나타내었다. 발아하더라도 화분관신장이 50 μm /hr 미만으로 매우 불량하고, 발아도중 화분관이 파열되는 비율이 높았다.

복수박의 저장기간 경과에 따른 발아력은 저장 12일째 74%로 다른 품종보다 비교적 높은 활력을 유지하였다.

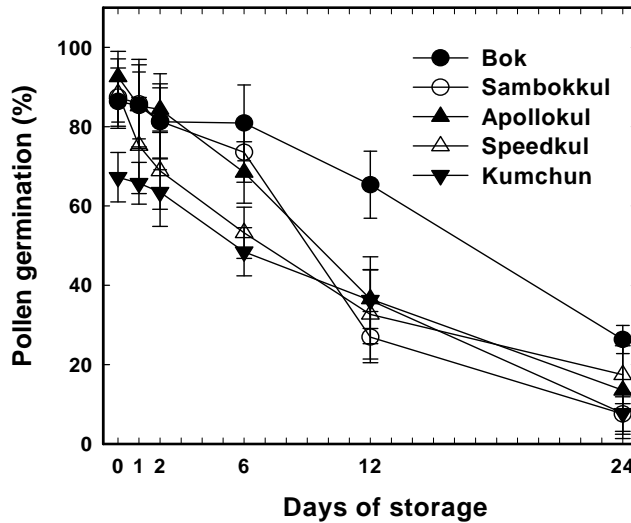


Fig. 1-23. Comparison of pollen storability of watermelon cultivars. Germination was determined 24 hours after bedding at 30°C. Vertical bars represent standard errors.

6. 유기용매를 이용한 저장

가. 적정 유기용매 선발

수박의 화분채취는 약에서 분리되는 점액성 물질에 의해 상당히 제약받기 때문에 약에서 화분을 추출할 때 유기용매를 이용하는 것이 효과적이다. 유기용매에 침지해 두면 화분의 활력을 유지하는데 효과적이라는 보고(Iwanami, 1975)가 있어 수박화분을 약에서 분리하여 n-hexane, ethyl ether, ethyl acetate, acetone, pentane 에 침지 후 기간에 따른 활력을 조사한 결과는 그림 1-24와 같다. 용매 종류에 관계없이 침지시간이 경과함에 따라 발아율이 점차 감소하였는데, 상온에 보관하는것보다 급속하게 발아력을 상실하는 경향을 보여 Iwanami의 결과와는 상반된 결과를 나타내었다. 유기용매에 의한 급속한 탈수 등 물리·생리적 장애가 수반되어 발아율이 급격히 감소하는 것으로 생각된다. 침지 6시간까지의 발아율은 n-hexane, ethyl ether, pentane에서 70%이상 유지되었지만, acetone 에서는 25%로 가장 낮게 나타났다.

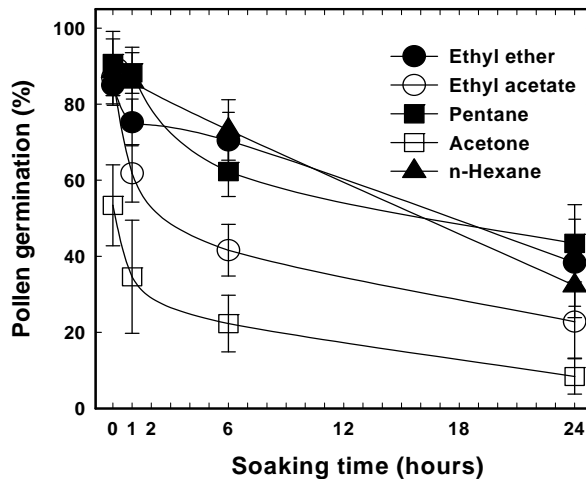


Fig. 1-24. Effect of soaking time in organic solvents on pollen germination of 'Speedkul' watermelon. Ethyl ether, ethyl acetate, pentane, acetone, and n-hexane were used for this experiment. Germination was determined for 24 hrs after bedding at 30°C. Vertical bars represent standard errors.

배, 키위등의 과수작물에서 효과적으로 화분을 수집하고 저장할 수 있는 것으로 보고된 acetone는 수박화분에서는 치명적으로 수명을 단축시켜 작물에 따라 사용할 수 있는 유기용매의 종류가 제한적인 것으로 보인다. Pentene와 ethyl ether를 비롯한 모든 유기용매는 침지시간이 경과함에 따라 점차 발아율이 감소하여 24시간 후에는 최초발아율의 55 ~ 80%가 감소하였다. Pentane, ethyl ether에서 침지 24시간까지 50% 가까이 발아율이 유지되었다. 유기용매 침지시간에 따른 화분의 변화를 전자현미경으로 관찰한 결과 침지시간이 길어질수록 탈수가 진행되어 원래 화분의 형태를 유지하지 못하였다(그림 1-25). 유기용매는 약에서 효과적으로 화분을 분리하는데는 용이하지만 급격한 탈수작용으로 인하여 장기간 보존하는 것은 무리가 있는 것으로 보인다.

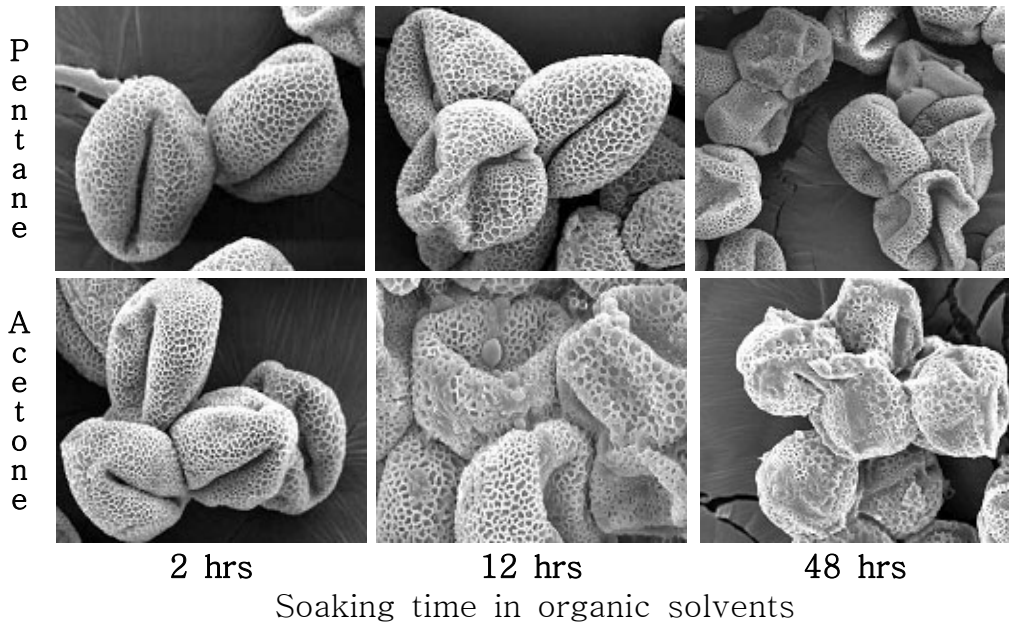


Fig. 1-25 Changes in pollen shape of 'Sambokkul' watermelon as affected by soaking time in pentane and acetone.

나. 유기용매 저장 중 온도

약에서 분리한 화분을 유기용매에 침지한 후 보관온도를 4, 20°C로 하여 유기용매 종류와 보관온도에 따른 화분의 활력변화를 조사한 결과는 그림 1-26과 같다. 유기용매와 온도조건에 관계없이 침지시간이 경과할수록 화분의 활력은 저하되었다. 유기용매로 화분을 저장할 경우 저장 온도가 높은 것보다 낮은 처리구에서 화분활력이 높았다. Pentane에 침지하여 저장한 화분의 경우 20°C 24시간 저장한 화분의 발아율은 43%에 불과하였지만 4°C에 저장하였을 경우 70%이상의 발아율을 나타내었다. Ethyl ether의 경우 pentane에 비해 온도에 따른 활력의 차이가 많지 않았지만 4°C에 저장한 것이 20°C에 저장한 것보다 활력이 높게 나타났다. 유기용매에 저장하더라도 저장온도와 유기용매 종류에 따라 화분의 저장력에 큰 차이가 있음을 알 수 있다.

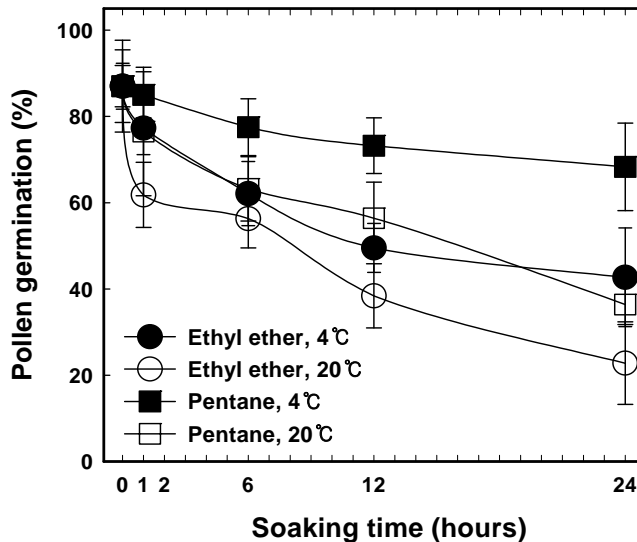


Fig. 1-26. Effect of soaking time and storage temperatures on pollen germination of watermelon. Pollens were collected and soaked into ethyl ether and pentane solvents and stored at 4 and 20°C. Germination was determined for 24 hrs after bedding at 30°C. Vertical bars represent standard errors.

다. 유기용매 저장 중 광 조건

약에서 분리한 화분을 유기용매에 침지한 후 광의 유무에 따른 저장 중 활력의 변화를 조사한 결과는 표 1-10과 같다.

Pentane, ethyl ether 용액에 침지하여 암상태로 저장한것의 발아율은 이 저장 7일째 각각 41%, 54% 였지만 광이 없을 때에는 각각 62%, 71%로 광이 없는 상태에 저장하는 것이 보다 활력이 오래 지속되었다.

Table 1-10. Effect of light on pollen germination and tube growth of 'Sambokkul' watermelon during storage in organic solvents. Pollens were soaked into pentane and ethyl ether solvents and stored at 4°C for 7 and 15 days. Germination was determined 24 hours after bedding at 30°C.

Storage (days)	Light	Organic solvent	Pollen germination (%)	Pollen tube growth ($\mu\text{m}/\text{hr}$)
7	+	Pentane	41 \pm 8.4 ^z	112 \pm 17
		Ehtyl ether	54 \pm 7.8	123 \pm 24
	-	Pentane	71 \pm 6.7	169 \pm 25
		Ehtyl ether	62 \pm 9.5	151 \pm 36
15	+	Pentane	28 \pm 9.3	103 \pm 19
		Ehtyl ether	37 \pm 9.1	83 \pm 23
	-	Pentane	37 \pm 7.6	131 \pm 29
		Ehtyl ether	42 \pm 14.1	117 \pm 14

^z Mean \pm SE

라. X-ray 처리 화분의 저장력

씨없는 수박생산을 위한 X-ray 조사 화분을 4℃와 20℃에 15일까지 저장하면서 화분의 발아성을 비교한 결과는 표 1-11과 같다. 저장기간이 경과함에 따라 무처리, X-ray처리 화분의 발아율은 점차 감소하였다. 20℃ 저장보다 4℃ 저장이 화분의 활력유지에 효과가 있었다. X-ray를 조사한 화분이라 하더라도 발아력이나 화분관 신장에는 영향을 미치지 않는다는 보고와 일치하였으며(Sugiyama와 Morishita, 1998), 본연구에서의 X-ray처리 화분으로 결실된 수박의 과일특성이나 품질이 우수한 것으로 미루어보아 저장기간을 확대하여 유통기간을 늘린다면 충분히 일반 농가에서도 고가의 장비구입이나 3배체 수박의 재배를 통한 복잡한 포장관리 없이 손쉽게 씨없는 수박을 생산하는 체계를 확립할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 1-11. Effect of X-ray radiation treatment on germination and tube growth of watermelon pollen. Pollens were stored at 4℃ for 7 and 15 days. Germination was determined 24 hours after bedding at 30℃.

Treatments	Storage days	Temperatures (℃)	Germination (%)	Tube growth ($\mu\text{m/hr}$)
Control	0		89 \pm 7.5 ^z	132 \pm 31
	7	4	74 \pm 6.9	109 \pm 22
		20	52 \pm 7.2	121 \pm 16
	15	4	53 \pm 9.3	131 \pm 39
		20	7 \pm 1.2	117 \pm 20
X-ray	0		65 \pm 7.0	92 \pm 9
	7	4	34 \pm 8.1	77 \pm 6
		20	12 \pm 8.2	46 \pm 9
	15	4	13 \pm 3.5	46 \pm 7
		20	4 \pm 1.7	18 \pm 5

^z Mean \pm SE

7. 적요

암술과 수술의 가용성 당함량은 개화당일에 가장 높았으며 개화일수가 경과함에 따라 점차 감소하였다. 약의 가용성 당함량 감소와 함께 화분의 발아율과 화분관신장이 개화당일에 가장 높았으나 개화 후 일수가 증가함에 따라 감소하였다.

3배체 씨없는 수박을 생산하기 위하여 배수성 수박을 유도한 결과, 0.2% 콜히친 처리에서 효율이 높았다. 4배체 수박의 특성은 잎과 화경이 크고 과피두께도 두꺼우나, 화분의 개약이 불량하였다.

수박화분은 치상 후 급속하게 발아하기 시작하여 6시간 내에 전체 발아한 화분의 90% 이상이 발아하였고, 화분관의 신장은 12~24시간에 급격하게 이루어 졌다. 발아 온도는 15℃에서 치상 12시간 후 20%였는데 25℃와 30℃에서는 80%이상이었다. 최적의 화분 발아율과 발아속도를 나타내는 온도는 25~30℃였다.

화분의 파열, 발아율과 화분관 신장을 고려할 때, 배지에 첨가하는 당의 농도는 20% sucrose일때 가장 안정적인 발아를 보였다. 무기원소 첨가농도는 붕소 100~200 ppm, 칼슘 100~200 ppm, 마그네슘 100 ppm, 칼륨 200 ppm 일 때 발아율이 높고 화분관신장이 빨랐다. 화분발아에 적절한 pH는 6.5~7.0 이며, 광이 있을 경우 발아가 저해되었다.

수박화분의 저장 수명은 온도에 따라 큰 차이를 보였는데 20℃에 저장할 경우 저장기간이 경과함에 따라 급격하게 발아력이 감소하여 저장 15일 후의 발아율은 15% 미만이었다. 0℃, -40℃에서는 실리카겔 등으로 건조하게 유지할 경우 저장 30일 이후에도 발아력이 상당한 수준으로 유지되었다. 화분을 수집할 때 습도 및 저장환경을 조절하면 30일 이상 저장 가능할 것으로 판단된다.

재배품종에 따라 화분량과 활력에 차이가 있었는데, 중·소과종이 화분의 생산량이 많고 저장력이 우수한 경향을 보였으며, 특히 소형과종인 '복수박'은 화분의 생산량이 많고 비교적 다른품종에 비하여 저장력이 우수하여 수분용 품종으로 적합한 것으로 생각된다.

유기용매를 사용함으로써 약에서 화분을 효과적으로 분리할 수 있지만 급격한 탈수작용으로 인하여 유기용매 침지 수일 후에 발아율이 절반으로 감소하여 화분을 장기간 보존하기 위해 유기용매를 사용하는 것은 무리가 있는 것으로 판단된다. 약에서 화분을 분리할 때의 효율성 및 침지 시간에 따른 활력의 저하 등을 고려할 때 수박 화분 채취에는 pentane과 ethyl ether가 적합한 것으로 판단된다.

제 2 절 화분의 채취 및 대량 생산기술 개발

<연구개발 수행 내용 및 방법>

1. 채취시기 및 채취방법에 따른 화분 채취량과 활력

가. 채취시기

경상대학교 농업생명과학대학 채소학 실험용 비닐하우스와 함안의 시설수박 재배 농가에서 2004년 10월부터 2005년 3월 까지 기간중 08:00부터 18:00까지 (일출직후부터 일몰직전) 1시간 간격으로 수꽃을 채취하였다. 채취한 수꽃은 경상대학교 채소연구실로 가져와 꽃의 크기, 약의 무게를 측정 한 후 20 mL pentane에 5분간 침지하여 화분이 용출되어나오면 약을 제거하고 화분이 담긴 pentane 용액을 필터페이퍼 (Toyo No. 2)로 걸러내었다. 필터페이퍼에 걸러진 화분은 상온에서 2시간동안 잔여 유기용매를 완전히 휘산시킨 후 0.1% agar BK-W 배지에 치상하였고, 30℃ 항온기에서 배양하여 치상 24시간 후에 발아조사 및 화분관 신장을 조사하였다.

나. 채취방법

실험포장에서 채취한 수꽃을 바로 유기용매에 넣어 화분을 추출한 포장화분채취 방법, 포장에서 분리한 약을 실험실로 가져와 유기용매로 화분을 분리한 약 채취 방법, 포장에서 채취한 수꽃을 실험실로 가져와 유기용매로 화분을 분리한 수꽃채취 방법(3개처리구)등의 비교 하였다.

2. 수꽃의 착화위치에 따른 화분의 양과 활력

가. 수꽃의 착화 마디

수박이 전개하는 주간의 마디를 '10마디 이하', '11~17마디', '18~24마디', '25마디 이상' 등의 4가지의 시기별로 수꽃을 채취하여 이에 따른 꽃의 크기, 약의 무게, 화분의 양과 발아율 및 화분관 신장을 조사하였다. 25마디 이상의 고절위에 착화하는 수꽃은 과실을 제거한 것과 제거하지 않은 것의 꽃의 크기, 약의 무게 및 화분의 발아율을 비교하였다.

나. 수꽃의 채취시기

암꽃이 개화하는 마디를 중심으로 그 주위에 착생하는 수꽃을 오전과 오후 및 개화 1일전과 개화당일의 수꽃으로 구분하여 화분의 발아율을 조사하였다.

3. 유기용매를 이용한 화분 채취

가. 유기용매 종류에 따른 화분 채취량 및 활력

겨울철 시설재배에서 일반적으로 재배하는 '스피드꿀수박'을 공시재료로 사용하였다. 함안의 시설재배 주산단지에서 재배되고 있는 수박의 수꽃을 정식 후 30 - 50일 후에 채취한 후, 화분채취 용매를 pentane, ethyl ether, acetone, n-hexan, ethyl dthan, benzane, ethyl alcohol, 증류수로 달리하여 각 용매들이 50 mL 담긴 100 mL 비이커에 수꽃에서 분리한 100개의 약을 5분간 침지하여 약에서 화분을 분리하였다. 이후 약은 핀셋으로 꺼집어 내고 용매를 여과지(Toyo No. 2)로 걸러 화분만을 채집한 후 서늘한 곳에서 2시간 동안 여분의 용매를 제거한 후 화분의 무게를 칭량하였다. 화분의 무게 칭량 후 소량씩 떨어내어 1% agar BK-W 배지가 분주된 페트리디쉬에 치상하였고 24시간 동안 30℃ 항온기에서 배양한 후 화분의 발아율과 화분관 신장을 조사하였다.

나. 유기용매 휘발성

Toluene, chloroform, ethyl ether, ethyl acetate, pentane, acetone, benzene 등을 각각 50 mL 플라스틱 튜브에 담고 2시간 후 용기에 남아있는 양으로 휘발된 유기용매의 양을 역산하였다.

다. 유기용매 침지 시간에 따른 활력 변화

Ethyl ether, ethyl acetate, pentane, acetone, n-hexane 에 수꽃에서 분리한 100개의 약을 5분간 침지하여 화분을 분리한 후 약을 제거하고 유기용액속에 화분이 담긴 채로 상온에서 24시간동안 보관하였다. 상온에 보관한 화분이 침지된 유기용매액에서 1, 2, 6, 12, 18, 24시간 후에 소량의 화분만을 여과지에 덜어내어 여분의 유기용매를 휘산시킨 후 1% agar BK-W 배지에 치상하였고 30℃ 항온기에 24시간 배양한 후 발아율을 조사하였다.

4. 화분생산량 증대

가. 성장조절제 처리

‘아폴로꿀수박’을 공시재료로 사용하여 2005년 6월 10일과 2005년 7월 10일 정식하여 정식 후 10일 간격으로 3회에 걸쳐 성장조절제(10 ppm AgNO₃, 100 ppm AgNO₃, 10 ppm GA₃, 100 ppm GA₃)엽면살포 한 후 정식 40일 후 꽃의 전개, 암수꽃의 비율, 화분량, 화분의 발아율 및 화분관 신장을 조사하였다. 화분량 측정은 채취한 수꽃에서 약을 분리하여 분리한 약을 pentane 용액에 5분간 침지한 후 화분만 분리한 후 칭량하였다. 화분의 발아율과 화분관 신장은 1% agar BK-W배지에 치상한 후 30℃ 항온기에 배양하면서 6시간과 24시간 후에 조사하였다.

나. B, Ca 엽면시비

함안의 시설수박재배지에 ‘스피드꿀수박’을 2005년 1월 27일, 2005년 2월 20일, 2006년 1월 10일에 정식하여 3회에 걸쳐 시험하였다.

2005년 1월 27일에 정식한 시험은 정식 15일 후에 0.2% boric acid, 1.0% boric

acid, 0.2% boric acid + 1.0% calcium chloride를 각각 엽면시비하였고 엽면시비 15일 후 수꽃을 채취하여 처리별 꽃의 크기, 화분의 양(화분의 개수)과 화분의 발아율 및 화분관신장을 조사하였다. 화분의 발아율과 화분관 신장은 BK-W배지에 치상한 후 30℃ 6시간과 24시간 후에 조사하였다.

2005년 2월 20일 정식한 시험은 정식 15일, 30일 후(2회) 0.2% boric acid, 1.0% boric acid, 1.0% calcium chloride, 0.2% boric acid + 1.0% calcium chloride, 1.0% boric acid + 1.0% calcium chloride를 각각 엽면시비하였다. 엽면시비 15, 25, 35일 후에 수꽃을 채취하여 약의 무게 화분의 발아율과 화분관신장을 조사하였다. 엽면시비 15일 후 수꽃을 채취한 후 2회째의 엽면시비 처리를 실시하였다. 화분의 발아율과 화분관신장은 처리별로 수집한 화분을 30℃ 항온기에서 24시간 배양한 후 조사하였다.

다. 적외선 조사에 의한 화분 생산

소형과종인 ‘복수박’을 공시재료로 사용하여 2005년 12월 10일에 정식하여 개화 10일전부터 1일에 6시간씩 조사한 후 수꽃을 채취하여 화분량, 화분의 발아율을 조사하였다. 이후 인공수분을 통하여 착과율과 인공수분을 통하여 착과된 과실은 이후 수확기에 과실중량을 측정하였다.

라. 재배기간중 기온

‘스피드꿀수박’을 공시재료로 사용하여 2006년 1월 10일 ~ 4월 20일, 2006년 12월 10일 ~ 2007년 3월 20일 2회에 걸쳐 재배시험 하였으며, 재배기간 중 보온피복자재 6oz와 12oz로 달리하여 재배였다. 재배기간 중의 하우스내 주, 야간 온도를 조사하였고, 10일 간격으로 수꽃을 채취하여 화분의 발아율과 화분관 신장을 조사하였다. 착과율 및 수확기에는 과실의 크기, 과중, 당도를 조사하였다. 화분의 발아율과 화분관 신장은 30℃ 항온기에 24시간동안 배양한 후 광학현미경 이미지분석기로 이미지를 저장한 후 영상을 출력하여 조사하였다.

5. 인공수분기술 개발

가. 적정 증량제 선별

공시재료로 ‘스피드꿀수박’을 사용하여 2006년 1월 27일과 2006년 12월 10일 정식하여 시험하였다. 과수작물에서 일반적으로 사용하는 증량제인 석송자와 수분의 보유력이 우수한 micro-cel E, diatomaceous earth를 채취한 화분과 1 : 10로 섞은 후 인공수분하였다. 인공수분한 과실의 착과율, 크기, 과중 및 당도를 조사하여 증량제로써 사용가능성을 시험하였다.

나. 증량제 비율

공시재료로 ‘스피드꿀수박’을 사용하여 2006년 1월 27일에 정식하였다. 채취한 화분과 micro-cel E를 각각 1 : 10과 1 : 100으로 혼합하여 인공수분하였다. 인공수분 후 착과율을 조사하였으며, 수확기에 과중과 당도를 조사하였다.

<연구개발 수행 결과>

1. 채취시기와 채취방법에 따른 화분의 채취량 및 활력

가. 채취시기

경남 함안지역의 시설수박 주산단지에서 재배되고있는 ‘삼복꿀수박’과 ‘스피드꿀수박’의 수꽃을 일출부터 일몰직전까지 1시간 간격으로 채취하여 발아율, 화분량 및 화분관 신장을 조사한 결과는 그림 2-1, 2-2와 같다.

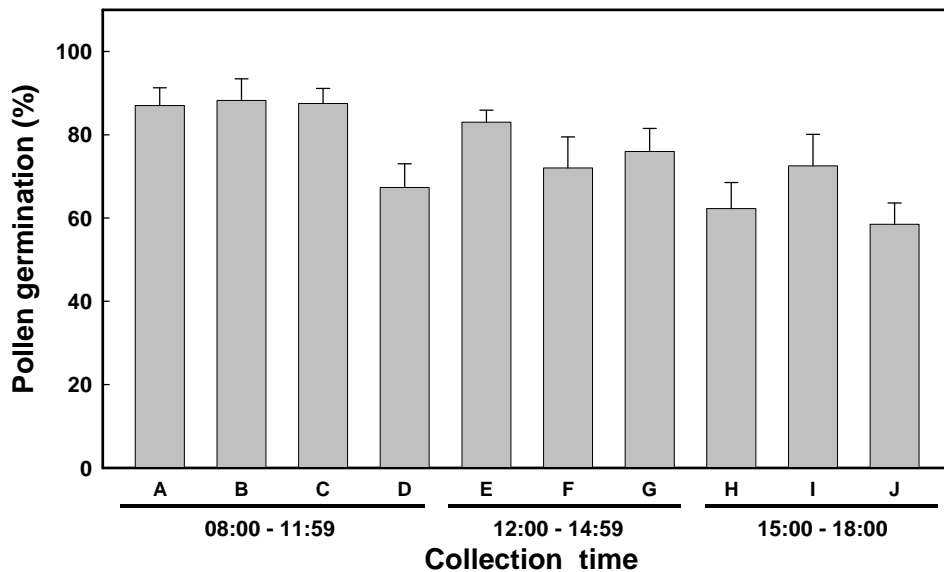


Fig. 2-1. Effect of different collection times on percent pollen germination of watermelon in vitro. Germination was determined 24 hours after bedding at 30°C. Collection time → A, 08:00 - 08:59; B, 09:00 - 09:59; C, 10:00 - 10:59; D, 11:00 - 11:59, E, 12:00 - 12:59; F, 13:00 - 13:59; G, 14:00 - 14:59; H, 15:00 - 15:59, I, 16:00 - 16:59; J, 17:00 - 18:00

화분의 발아율은 오전에 채취한 것(A~D)이 83%로 오후에 채취한 것(E~J)의 71%보다 12% 높았다. 그러나 채취시간이 늦어질 수록 일정하게 발아율이 낮아지는 것은 아니었으며, 시설내 소형터널에 보온담요를 덮기 시작하는 오후 4시 이후에 채취한 화분도 66%의 발아를 보여 오후에 채취하더라도 발아력은 완전히 상실되지 않았다(그림 2-1).

채취시간을 오전(B~D)과 이른오후(E~G), 늦은오후(H~J)로 달리한 화분을 치상하여 30℃ 항온기에 배양하고 24시간 후의 화분관 신장을 조사한 결과는 그림 2-2와 같다. 화분관 신장은 오전(B~D)과 이른오후(E~G), 늦은오후(H~J)가 각각 177 $\mu\text{m}/\text{h}$, 146 $\mu\text{m}/\text{h}$, 162 $\mu\text{m}/\text{h}$ 로 오전중에 채취한 것이 화분관신장이 가장 빨리 이루어졌지만 유의적인 차이는 없었다. 시설수박 재배농가에서 교배 및 착과 기간에 인공수분 작업을 오전에 완료하지 못하고 오후 3시가 지난시간에도 인공수분하는 경우가 빈번하지만 이로인하여 착과불량 및 기형과가 발생하는 경우가 극히 드물다는 농가의 견해로 보아 온도가 낮은 겨울재배시에는 그럴수 있다는 생각이 되었다.

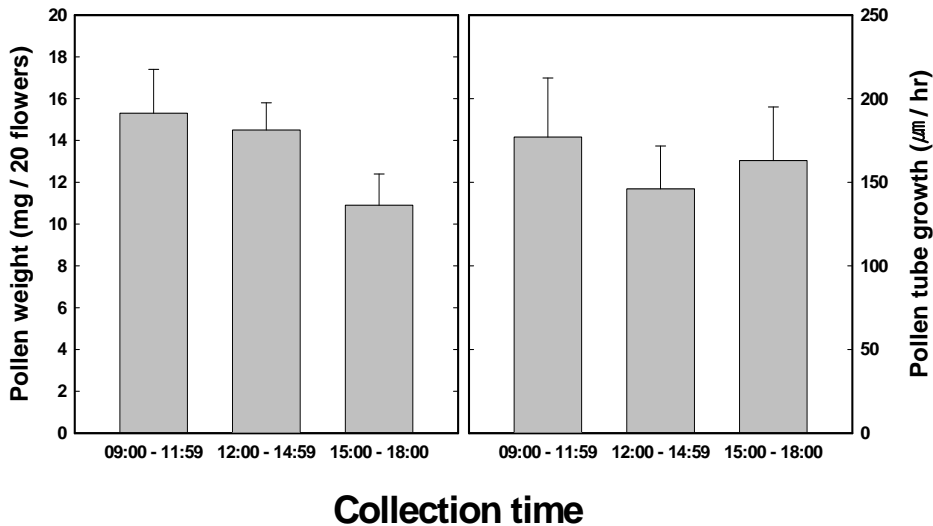


Fig. 2-2. Effect of collection time on pollen weight per 20 flowers and pollen tube growth of 'Sambokkul' watermelon in vitro. Pollen tube growth was determined 24 hrs after bedding at 30℃.

채취시간이 빠를수록 화분량은 많은 경향을 보였는데, 늦은 오후(15:00~18:00)에 채취한 것이 11 mg 으로 가장 작았으며 오후(12:00~14:59)는 15 mg, 오전(09:00~11:59)은 15 mg 으로 가장 많았다.

겨울철 시설내 수박재배에서 인공수분 시간에 따른 착과율과 과일의 특성을 조사한 결과는 표 2-1과 같다. 인공수분 시간에 따른 착과율은 오전(09:00~11:59)이 98%, 오후(12:00~14:59)가 97%, 늦은 오후(15:00~18:00) 95%로 오전중에 인공수분한 것이 활착율이 가장 높았지만 유의적인 차이는 인정되지 않았다.

수박의 채취시간이 빠를수록 화분의 양이 많아 오후 3시 이후에 채취한 것은 오전에 채취한 것보다 약 30% 적었다. 발아율과 화분량을 고려해 볼 때 화분이 30%이상 발아하더라도 착과에 큰 영향이 없는 것으로 생각되고 오후 늦게 수정작업을 하게 되면 야간의 저온에 의한 화분관 신장 불량으로 오전에 수정한 것보다 불리할 것으로 판단되었다.

채취시간이 빠를수록 화분의 양이 많을 뿐만 아니라 화분의 발아율이 높고 화분관 신장이 빨라 우수한 품질의 과실을 생산하기 위해 유리한 조건으로 생각되지만, 맑은 날이라면 채취시간에 따른 화분량과 활력 차이가 과실의 착과와 품질에는 영향을 미치지 않는 것으로 보인다.

Table 2-1. Effect of artificial-pollination on fruit set, fruit weight, and soluble solids content of 'Speedkul' watermelon in vivo. Fruit set was determined 45 days after planting and fruit weight and soluble sugars at harvest. Watermelon was planted on 10th December 2006 and harvested 20th March 2007.

Artificial-pollination time	Fruit set (%)	Fruit weight (g)	Pericarp thickness (mm)	Soluble solids (°Brix)
09:00 - 11:59	98 a ^z	8,231 a	13.4 a	10.9 a
12:00 - 14:59	97 a	8,024 a	12.8 a	10.5 a
15:00 - 18:00	95 a	7,982 a	13.7 a	10.6 a

^z Means in columns are separated by DMRT at $P=0.05$

나. 채취방법

그림 2-2는 화분의 채취방법에 따른 화분량, 화분의 발아율, 화분관신장 속도를 비교한 것이다. 화분의 채취 방법에 따른 화분량은 포장에서 직접 화분채취, 수꽃채취, 약채취 순으로 많았다. 발아율은 수꽃채취에서 84%로 가장 높았으나 화분채취와 큰 차이가 없었으며, 약채취에서는 76%로 다소 낮았다. 화분관 신장은 화분채취, 약채취, 수꽃채취 순으로 속도가 빨랐으며 화분채취구에서 212 $\mu\text{m/hr}$ 로 현저히 빨랐다.

Table 2-2. Effect of sampling methods on pollen yield (pollen weight), pollen germination and pollen tube growth of watermelon in vitro. Pollen germination and pollen tube growth was determined 24 hrs after bedding at 30°C.

Sampling methods in the field.	Pollen weight (mg / 20 flowers)	Pollen germination (%)	Pollen tube growth ($\mu\text{m/hr}$)
Pollen	16.7 \pm 1.8 ^z	81 \pm 8.4	212 \pm 21
Anther	11.5 \pm 1.6	76 \pm 5.6	189 \pm 33
Flower	12.4 \pm 2.2	84 \pm 7.2	173 \pm 26

^z Mean \pm SE

2. 수꽃의 착화 위치에 따른 화분의 양과 활력

가. 수꽃의 착화 마디에 따른 화분의 양과 활력

수박의 수꽃은 암꽃이 착생하는 마디와 마디 사이(6마디)에 착생한다. 저절위보다 고절위 착과가 대형과 생산에는 유리하지만 열과등의 위험이 있어 일반적으로 주간의 3번째 암꽃(약 20마디 전후)에 인공수분을 통하여 착과시킨다. 수꽃은 3번째 암꽃착화까지 약 15~20개 정도가 착화된다. 그림 2-3은 주간에 착생하는 수꽃의 착화마디에 따른 화분의 양과 발아율을 비교한 것이다. 수꽃의 착화마디를 A(10마디 이하), B(11마디~17마디), C(18마디~24마디), D(25마디 이상)로 구분하여 채취한 후 화분의 양과 활력을 측정하였다.

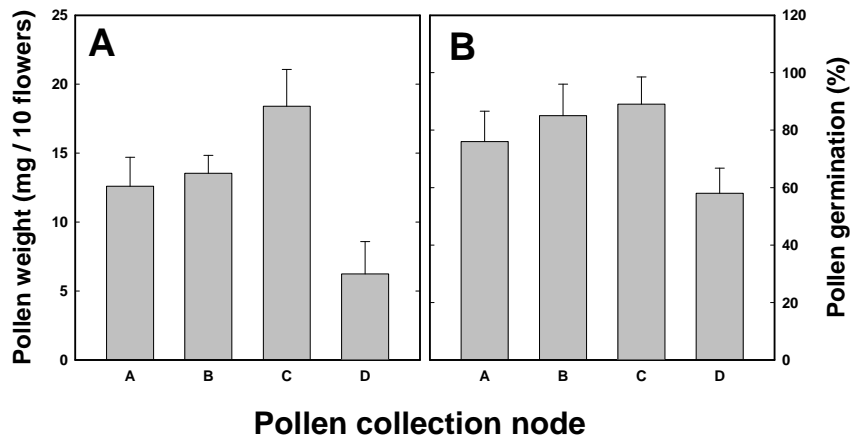


Fig. 2-3. Effect of vine node position on pollen yield (A) and percent germination (B) of watermelon. Germination was determined 24 hrs after bedding at 30°C. Pollen collection node position : A, 5 to 10th; B, 11 to 17th; C, 18 to 24th, and D, above 25th. Vertical bars represent standard errors.

화분량은 18 ~ 24마디의 꽃에서 채취한 것이 가장 많았으며 25마디 이상의 절위에서 채취한 수꽃은 화분이 거의 생성되지 않았다. 수분 후 과실을 비대시키기 위해

동화산물의 이동이 화분의 생산보다는 과실쪽으로 물질의 분배가 많이 이루어졌기 때문인 것으로 판단된다. 고절위의 수꽃은 화분의 양과 활력으로 미루어 보아 인공 수분을 통한 수정이 가능하지만 화분대량생산을 위한 목적으로 적당하지 않을 것으로 생각된다.

Table 2-3. Effect of node position for pollen collection on flower size and anther weight of 'Sambokkul' watermelon.

Male flowers at node	Male flower length (cm)	Male flower width (cm)	Anther weight (mg)
5 - 10th	7.5 b ^z	3.8 b	72.1 b
11 - 17th	10.6 a	4.4 ab	71.7 b
18 - 24th	11.8 a	5.1 a	95.4 a
above 25	7.4 b	3.4 b	59.1 b

^z Means in columns are separated by DMRT at $P=0.05$

Table 2-4. Effect of fruit removal on male flower diameter, anther weight per 100 flowers and percent pollen germination from over 25th nod of 'Speedkull' watermelon.

Fruit removal	Male flower diameter (cm)	Anther weight (mg)	Pollen germination (%)
No	3.3 ± 0.65 ^z	54 ± 4.3	52.4
Yes	4.2 ± 0.48	61 ± 3.8	69.3

^z Mean ± SE

나. 수꽃의 채취시간과 착화절위에 따른 화분의 발아력 비교

수정은 암꽃착과절위 뒤에 개화되는 수꽃을 이용하고 있다. 오전중에 수정시킬 때 2번째 암꽃 주위의 수꽃보다는 3번화 주위의 수꽃과 활력의 우수하였으며, 또한 3번화 주위의 수꽃보다는 4번화 주위의 수꽃화분 활력이 우수하였다. 그러나 오후에는 화분활력이 급격히 감소하기 때문에 당일 개화된 꽃을 이용하여 오전중에 수분을 실시하는 것이 착과에 가장 유리하며, 전날 개화된 화분도 오전중에는 약 30%정도 활력을 보이고 있다(그림 2-4).

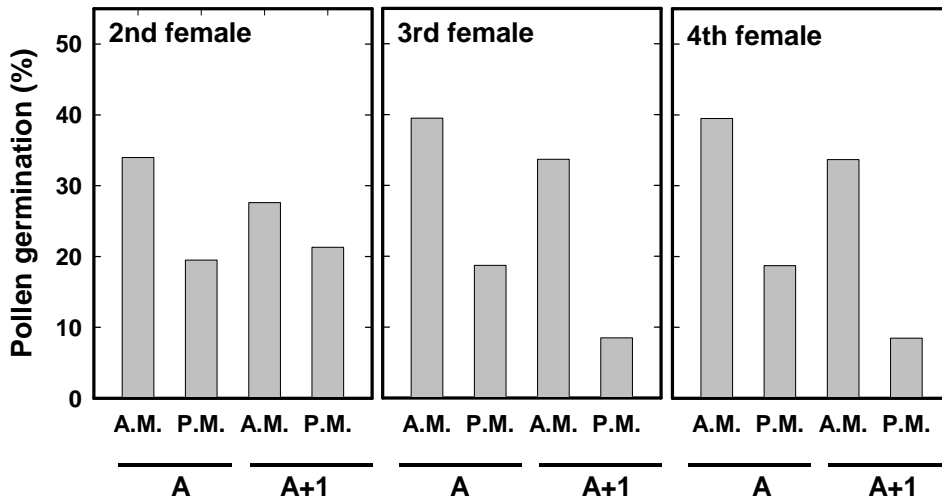


Fig. 2-4. Effect of pollen collection time and flower position on pollen germination in watermelon as affected by flowering time. Pollens were collected on the day (A) and after one day of anthesis (A+1).

3 유기용매를 이용한 화분 채취

가. 유기용매의 종류에 따른 화분 채취량 비교

과수작물과 달리 수박의 화분 채취는 약에서 분리되는 점액성 물질에 의해 상당히 제약을 받는다. 몇몇 작물의 약에서 화분을 추출할 때 유기용매를 이용하는 것이 가장 효과적인 것으로 알려져 있다. Pentane, ethyl ether, acetone, ethyl ethan, benzene, ethyl alcohol, n-hexane 등을 이용하여 수박화분을 약에서 분리할 때 화분의 채취량과 채취 후 화분의 발아에 대하여 조사한 결과는 그림 2-6, 2-7과 같다. 유기용매 종류에 따라 화분 채취량이 달랐다(그림 2-5). 화분 채취량은 ethyl ether, pentane, n-hexane, benzene, ethyl ethan, acetone, ethyl alcohol 순으로 많았다. 그 중에서도 ethyl ether와 pentane 을 이용한 것이 현저하게 화분채취량이 많았다. 배, 참다래의 유기용매를 이용한 화분채취에서 acetone이 가장 효과적이었으나, 수박 화분 채취에서는 다른 유기용매보다 채취량이 적을 뿐만 아니라 발아율이 매우 낮아 수박화분의 채취에 적용하기는 어려운 것으로 생각된다. 유기용매 종류에 따른 화분 채취량은 ethyl ether와 pentane 이 가장 많았다.

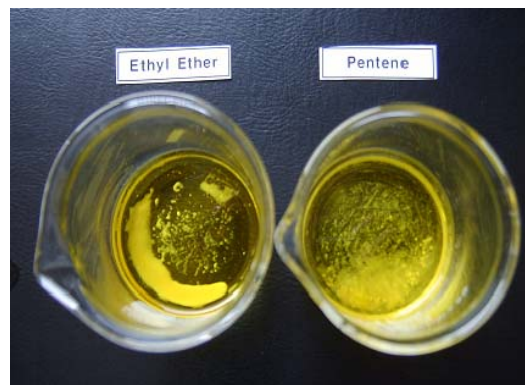


Fig. 2-5. Organic solvents used to collect pollens.

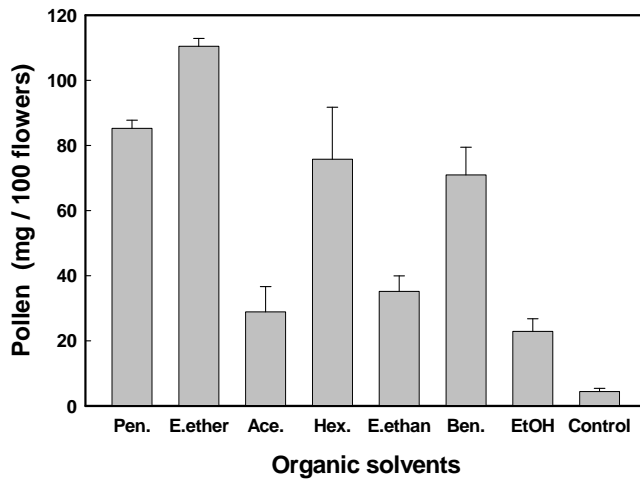


Fig. 2-6. Effect of different organic solvents on pollen collection yield of 'Sambokkul' watermelon. (Pen, Pentane; E. ether, Ethyl ether; Ace, Acetone; Hex, Hexane; E. ethan, Ethyl ethan; Ben, Benzene; EtOH, ethyl alcohol)

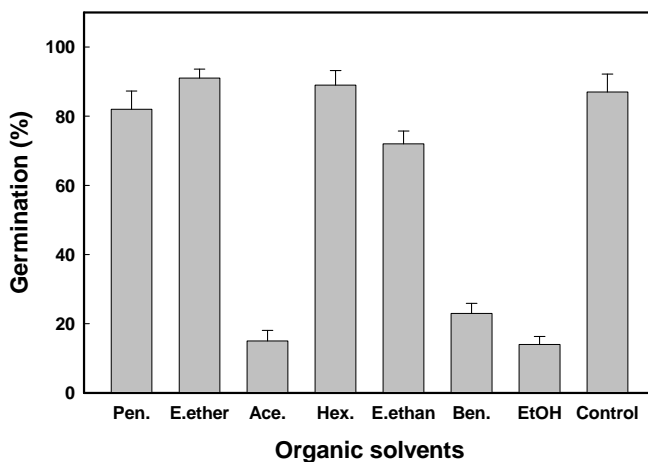


Fig. 2-7. Effect of different organic solvents on pollen germination of 'Sambokkul' watermelon. (Pen, Pentane; E. ether, Ethyl ether; Ace, Acetone; Hex, Hexane; E. ethan, Ethyl ethan; Ben, Benzene; EtOH, ethyl alcohol)

나. 유기용매의 휘발성 비교

화분을 수집하기 위한 적절한 유기용매는 우선 약에서 화분의 분리가 쉬워야하고, 화분에 생리적 장애가 적어야 하며, 약에서 분리한 화분은 다시 유기용매와 쉽게 분리되어야 한다. 유기용매에 침지할 경우 장기간 화분을 저장할 수 있다는 보고가 많이 있지만, 이러한 기술을 적용하기에는 여러 가지 다른 시험들이 선행되어야 한다. 우선 유기용매에 침지될 경우 화분의 탈수를 조장하므로 장기간 침지될 경우 생리적인 장애를 가져올 수 있다. 우선 유기용매로 분리한 화분은 유기용매의 휘발성이 우수할수록 유기용매와 화분과의 분리가 용이해 지므로 본 시험을 수행하였다. 시험 유기용매 중 Pentane과 ethyl ether가 가장 휘발성이 높았다.

Table 2-5. Evaporation of different organic solvents used to collect watermelon pollen.

Organic solvents	Evaporation ^z	
	mL / 1 hr	mL / 2 hr
Toluene	0.5 ± 0.2 ^z	1.3 ± 0.2
Chloroform	1.0 ± 0.1	2.0 ± 0.1
Ethyl ether	4.1 ± 0.1	7.4 ± 0.1
Ethyl acetate	0.9 ± 0.1	1.7 ± 0.1
Pentane	4.2 ± 0.1	7.7 ± 0.1
Acetone	2.8 ± 0.1	3.3 ± 0.1
Benzene	0.6 ± 0.1	1.6 ± 0.1

^z Mean ± SE

다. 유기용매 침지 시간에 따른 화분의 활력 변화

‘스피드꿀수박’을 공시재료로 사용하여 수꽃을 채취하여 유기용매의 종류별 침지시 화분의 활력변화를 비교한 결과는 그림 2-8과 같다. 용매 종류와 침지시간에 따른 발아율은 현저히 달랐다. 모든 유기용매는 침지 후 시간이 경과함에 따라 발아율이 낮아졌다. 유기용매속에 침지된 화분이 유기용매속에서 급속하게 탈수되어 생리적 장애가 발생하는 것으로 생각된다. 발아율은 n-Hexane, ethyl ether, pentane에 6시간 침지할 경우 56%이상으로 유지되었으나 이후 많은 감소를 보였다. Acetone에 침지할 경우 최초 발아율이 63%였지만 24시간 침지할 경우 13%까지 낮아져 50%감소하였다.

따라서 약에서 화분을 분리할 때의 효율, 휘발성 및 침지 시간에 따른 활력의 저하 등 여러 가지 조건을 미루어 보아 수박 화분의 채취에는 pentane과 ethyl ether가 가장 적합한 유기용매인 것으로 생각된다.

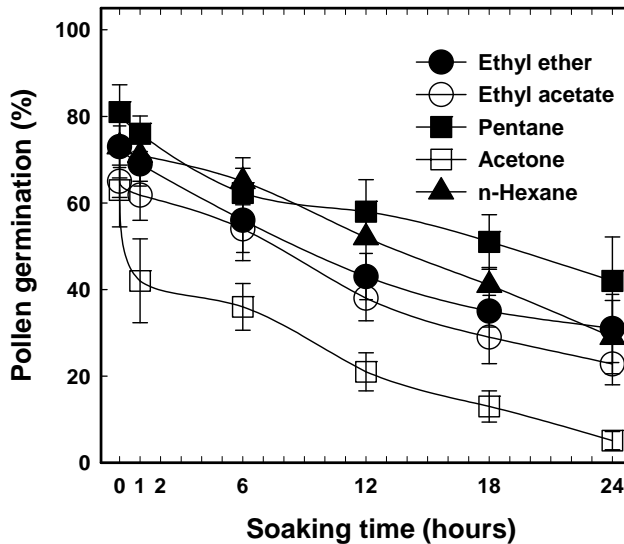


Fig. 2-8. Effect of soaking time in different organic solvents on pollen germination. Vertical bars represent standard error. Germination was determined for 24 hours after bedding at 30°C.

라. 유기용매를 이용한 화분 채취

화분채취에 있어 유기용매를 이용하여 채취효율, 채취량, 채취후 화분의 활력 등을 비교한 결과는 표 2-6과 같다. 100개의 꽃에서 화분을 채취하였을 경우 pentane과 ethyl ether가 화분수집에 효과적이었다. 물리적인 힘으로 꽃에서 화분을 떨어내는 방법(control)은 화분의 발아율이나 화분관 신장에 있어서 안정적이었지만 유기용매를 이용한 채취방법보다 채취시간에서 2배 이상 많은 시간이 걸릴 뿐 아니라 화분의 채취량도 매우 낮아 그 효율이 낮았다. 유기용매를 이용한 화분채취는 유기용매의 종류에 따라 채취량이 다를 뿐만 아니라 채취 후 화분의 발아력과 화분관 신장에 미치는 정도가 다르다. 채취시간은 14 - 17분가량 소요되었다. 유기용매간 화분수집 시간이 차이나는 것은 유기용매로 화분을 추출한 후 건조시 화분사이에 남아있는 유기용매의 휘발정도에 따라 약간씩 차이가 나는 것으로 판단된다. 화분의 채취량, 채취시간 및 채취 후 발아력 등을 고려할 때 수박화분의 채취에 적절한 유기용매는 pentane과 ethyl ether가 적당한 것으로 판단된다.

Table 2-6. Effect of organic solvents on pollen weight, collection time, germination, and tube growth of 'Speedkul' watermelon. Germination was determined 24 hours after bedding at 30°C.

Collection methods (Organic solvent)	Pollen weight (mg/100 flowers)	Collection time (min/100 flowers)	Pollen germination (%)	Pollen tube growth (μ m/hr)
Acetone	47 \pm 7.5 ^z	17	25 \pm 9.8	79 \pm 18
Benzene	95 \pm 12.4	16	36 \pm 7.5	86 \pm 21
Ethyl alcohol	23 \pm 3.3	14	14 \pm 3.4	56 \pm 14
Ethyl ether	174 \pm 11.7	14	92 \pm 5.8	165 \pm 32
Ethyl ethan	46 \pm 8.3	15	78 \pm 6.2	143 \pm 26
Hexane	145 \pm 14.7	15	88 \pm 7.7	159 \pm 19
Pentane	183 \pm 10.2	14	87 \pm 6.3	171 \pm 16
Water	7 \pm 3.5	8	13 \pm 4.1	102 \pm 27
Control	21 \pm 8.7	26	85 \pm 6.8	163 \pm 22

^z Mean \pm SE

4. 화분생산량 증대

가. 생장조절제 처리가 수꽃의 생성과 화분 활력에 미치는 영향

환경조건 및 생장조절물질에 의한 성비의 변화는 자웅이화 작물의 동일과에 속하는 오이, 호박 등과 같은 작물에서 많은 연구가 행해져 왔다. 2005년 6월 10일에 정식하였고, AgNO₃ 과 GA₃를 각각 10, 100 ppm로 하여 정식 후 10일 간격으로 3회 엽면살포한 후 정식 40일 후 꽃의 전개와 수꽃의 화분량 및 활력을 조사한 결과는 표 2-7과 같다. 오이·호박에서와 마찬가지로 수박에서도 AgNO₃과 GA₃는 수꽃의 유기에 효과가 있는 것으로 판단되었다. 무처리에서 암꽃과 수꽃의 비율이 1 : 2.6로 나타났지만 AgNO₃ 10 ppm 처리구는 1 : 3.2, AgNO₃ 100 ppm 처리구는 1 : 4.3의 비율을 나타내었고, GA₃ 10 ppm 처리구는 1 : 4.8, GA₃ 100 ppm 처리구는 1 : 8.1 의 비율을 나타내어 수꽃이 월등하게 증가되었음을 알수 있었다. AgNO₃과 GA₃가 수꽃의 증대에는 매우 효과적이었지만 화분량 증대에는 효과적이지 않았다. 받아들여진 처리구간 차이가 없었지만 화분관신장은 AgNO₃과 GA₃처리구가 오히려 무처리구보다 낮게 나타났다.

Table 2-7. Effect of AgNO₃ and GA₃ foliar application on main stem node number, ratio of female to male flower, and pollen yield in ‘Apollokul’ watermelon. Three times foliar applications were made three time at ten-day intervals after transplanting.

Treatments	Main stem node number	Ratio female : male flowers	Pollen yield (mg / 10flowers)
10 ppm AgNO ₃	20 b ^z	1 : 3.2 c	12 a
100 ppm AgNO ₃	21 b	1 : 4.3 bc	13 a
10 ppm GA ₃	25 a	1 : 4.8 b	11 a
100 ppm GA ₃	25 a	1 : 8.1 a	15 a
Control	21 b	1 : 2.6 c	13 a

^z Means in columns are separated by DMRT at *P*=0.05

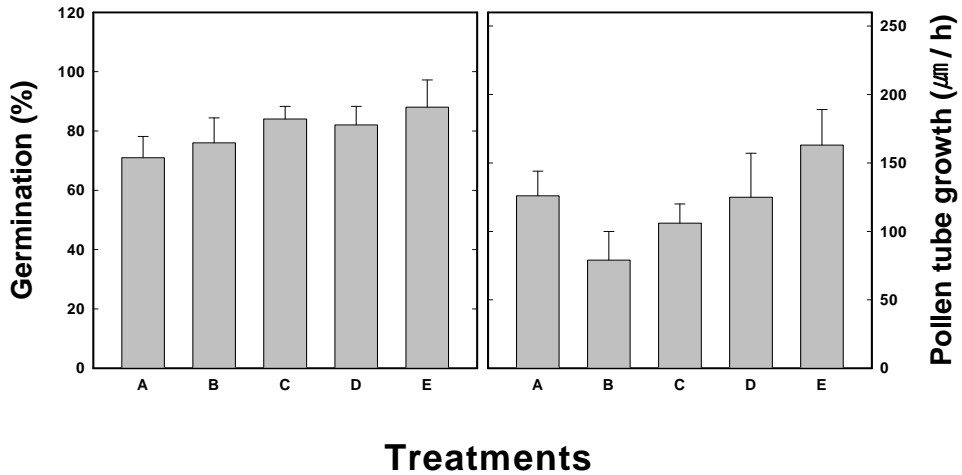


Fig. 2-9. Effect of AgNO₃ and GA₃ on pollen germination and pollen tube growth of 'Sambokkul' watermelon in vitro. Vertical bars represent standard error(se). Germination and pollen tube growth was determined 12 hrs after bedding at 25°C. Treatments : A, 10 ppm AgNO₃ ; B, 100 ppm AgNO₃ ; C, 10 ppm GA₃ ; D, 100 ppm GA₃ , E, control)

나. 칼슘과 붕소의 엽면시비가 화분 생산과 활력에 미치는 영향

정식 직후(2005년 1월 27일) 붕소(B)와 칼슘(Ca)의 엽면시비가 수박의 개화일과 수꽃, 암꽃의 발생수에 미치는 영향을 은 표 2-8과 같다. 0.2% B, 1.0% B, 0.2% B + 1.0% Ca 를 엽면시비 했을 때의 개화시는 각각 2.3일, 2.2일, 2.4일로 대조구의 2.3일과 차이가 없었다. 수꽃은 각각 16.7개, 16.4개, 17.8개, 암꽃은 2.75개, 3.14개, 2.83개로 대조구의 수꽃 16.2개, 암꽃 3.26개와 유의차가 없었다. 붕소와 칼슘의 엽면시비가 수박의 개화시기 및 수꽃과 암꽃 수에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

붕소와 칼슘의 개화전 엽면시비에 의한 화분의 생산량(화당 화분갯수)와 발아율을 비교 조사한 결과는 그림 2-10과 같다. 화분량은 0.2% B, 1.0% B 처리구에서 14,860, 16,300

(grain/flower)개로 로 대조구보다 각각 1,360, 2,800 (grain/flower)개가 더 많았다.

붕소 처리구에서 무처리구보다 발아율과 화분관 신장이 높았으나 붕소와 칼슘을 혼용처리한 구에서는 붕소 단용구보다 발아율과 화분관 신장이 다소 낮게 나타났다. 칼슘처리가 화분의 저장력 향상에 미치는 영향 등에 관한 연구의 필요성이 제기되었다.

Table 2-8. Effect of foliar application of boric acid (0.2 and 1%) and calcium chloride (1.0%) on flowering date and number of male and female flowers in 'Sambokkul' watermelon in 2005.

Foliar application	Flowering date	Male flower number	Female flower number
0.2% B	Feb. 3	16.7 a	2.75 a
1.0% B	Feb. 2	16.4 a	3.14 a
0.2% B + 1.0% Ca	Feb. 4	17.8 a	2.83 a
Control	Feb. 3	16.2 a	3.26 a

^z Means in columns are separated by DMRT at $P=0.05$

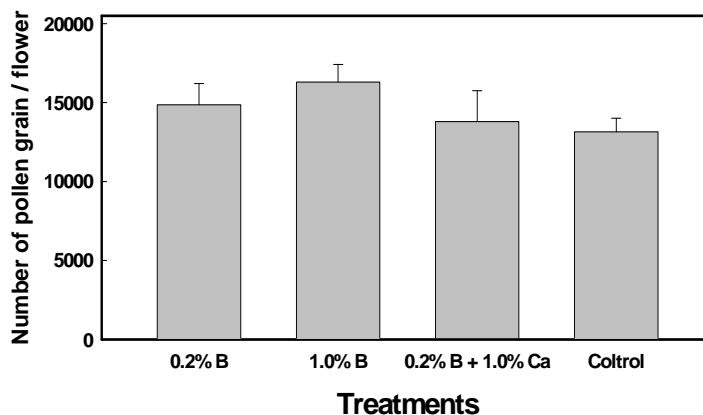


Fig. 2-10 Effect of foliar application of boric acid (0.2%, 1.0%) and calcium chlomite (1%) on number of pollen grain of watermelon. Vertical bars represent standard error.

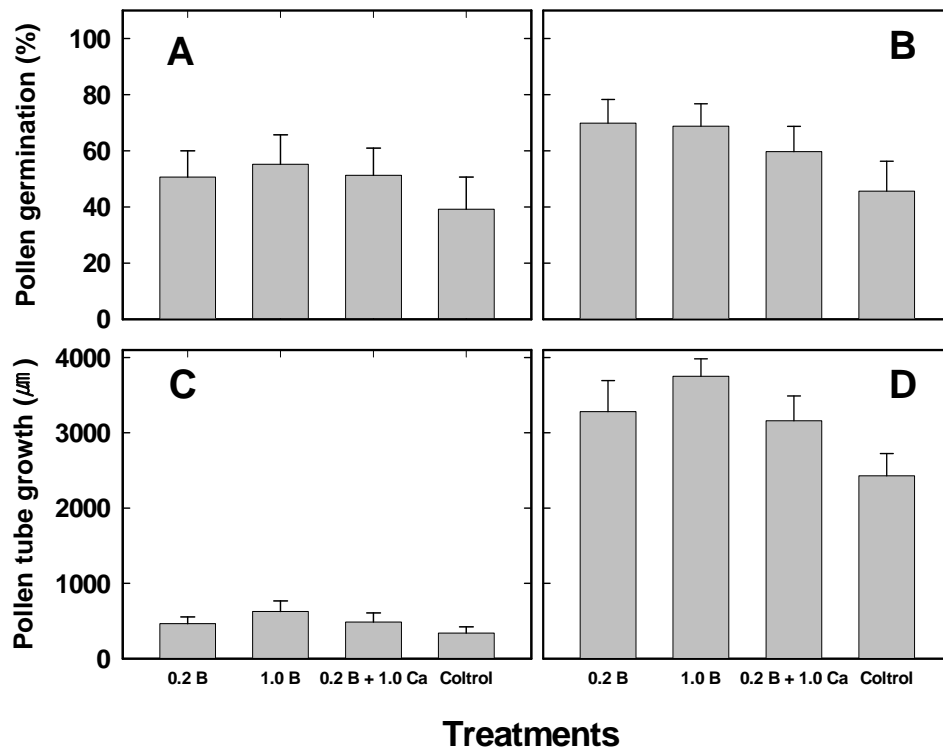


Fig. 2-11. Effect of 0.2% and 1% boric acid and 1% calcium chloride on pollen germination (A, B) and pollen tube growth (C, D) of 'Sambokkul' watermelon sprayed at 15 and 30 days before flowering. Germination and tube length were 6 (A, C) and 24 (B, D) hours after bedding at 30°C. Vertical bars represent standard error.

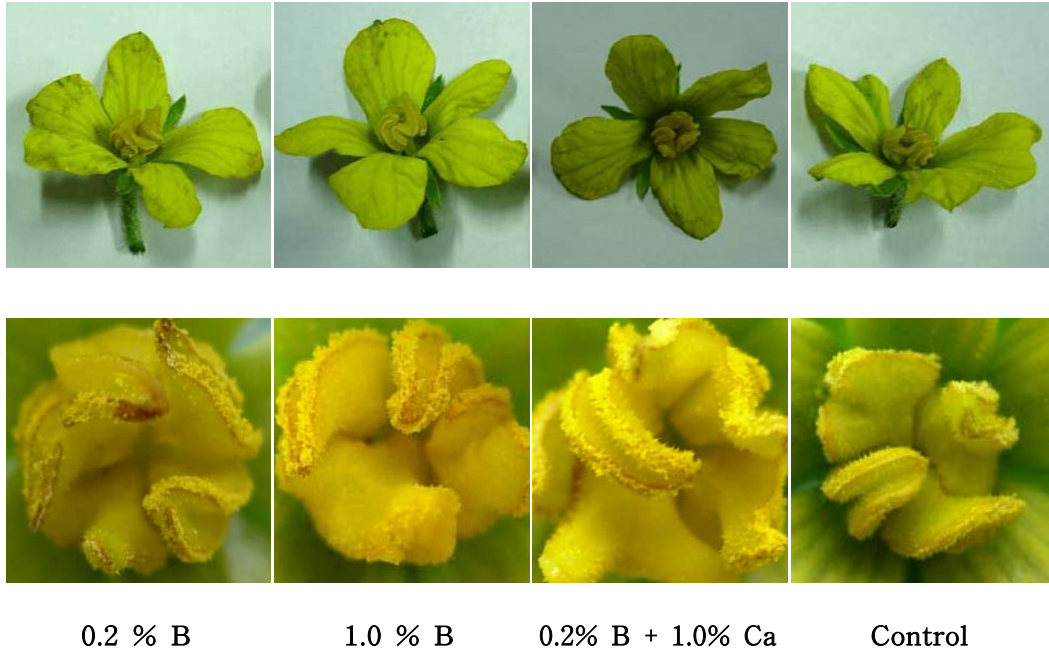


Fig. 2-12. Effect of foliar application of boric acid (0.2%, 1.0%) and 0.2% boric acid + calcium chloride (1%) on male flowers of 'Sambokkul' watermelon.

붕소와 칼슘의 엽면시비 15, 25, 35일 후에 채취한 수꽃의 채취일자에 따른 화분 발아율과 화분관 신장을 조사한 결과는 그림 2-13과 같다. 모든 처리구(엽면시비하지 않은 무처리 포함)는 처리 후 일수가 경과함에 따라 점차적으로 발아율이 높아지고 화분관 신장속도가 빨라졌다. 모든 엽면시비 처리구가 무처리보다 발아율이 높게 나타났는데 특히, 엽면 시비 후 일자가 경과됨에 따라 무처리와 엽면시비구간의 발아율의 차이가 컸다. 엽면시비 15일 후 발아율은 무처리가 43%였고, 0.2% B, 1.0% B, 1.0% Ca, 0.2% B + 1.0% Ca, 1.0% B + 1.0% Ca 처리는 각각 49%, 50%, 51%, 52%, 53%로 엽면시비처리가 무처리보다 높았지만 유의적인 차이는 없었다. 엽면시비 25일 후 발아율은 무처리가 51%였고, 0.2% B, 1.0% B, 1.0% Ca, 0.2% B + 1.0% Ca, 1.0% B + 1.0% Ca 처리는 각각 56%, 66%, 62%, 89%, 51%로 처리 후

일수가 경과함에 따라 발아율이 증대되었다. 무처리가 8% 증대되었지만 1.0% B, 1.0% Ca, 0.2% B + 1.0% Ca 엽면시비처리구는 무처리구보다 7%, 3%, 29% 많은 각각 16%, 11%, 37%가 증가되었다. Calcium chloride (Ca) 살포가 화분의 발아율에 미치는 영향은 개체 간 편차가 심하였다. 발아율은 살포 15일, 25일 후에 각각 51%, 62%로 무처리의 43%, 51%와 유의적 차이가 없었으나 35일 후에는 68%로 무처리 52%와 유의적 차이가 있었다. 붕소와 칼슘의 엽면시비 25일과 35일 후 발아율은 0.2% B + 1.0% Ca 구가 89% 82%로 대조구 51%보다 각각 31, 38% 높게 나타났다.

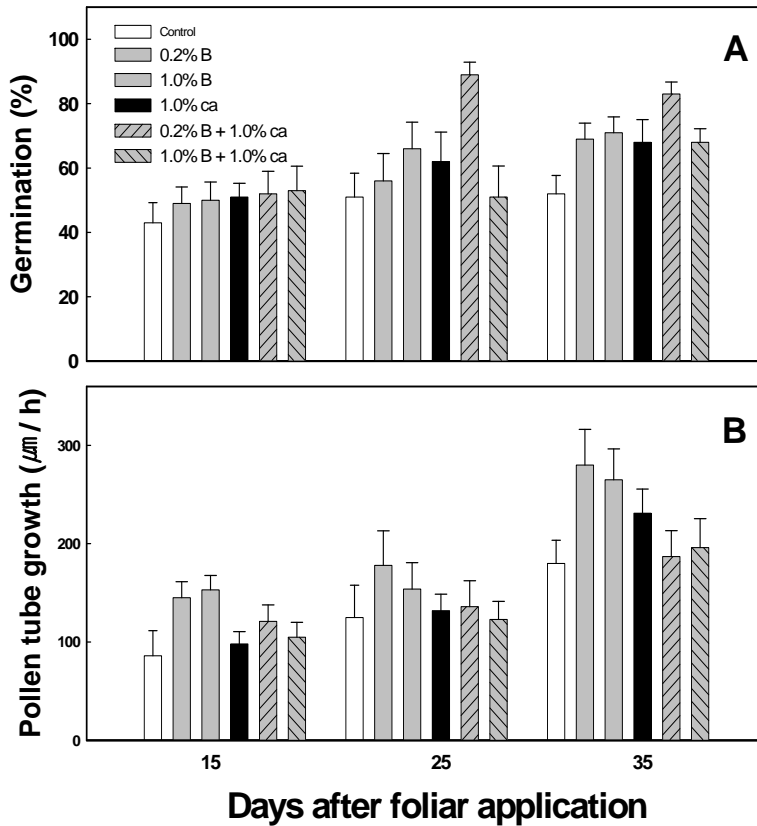


Fig. 2-13. Effect of B(0.2 and 1.0%), Ca (1.0%) and the combination (B+Ca) treatments on pollen germination (A) and pollen tube growth (B) of 'Speedkul' watermelon grown in 2005. Germination and tube length were determined 24 hours after bedding at 30°C.

B와 Ca 의 농도별 엽면시비 15, 25, 35일 후 화분 발아율은 처리 후 15일 보다는 25일, 35일에서 화분발아력이 높게 나타났으며 그중에서도 0.2% B + 1.0% Ca에서 15일 후 51%에 비해 25일 89%, 35일 83%로 나타났다(그림 2-13).

화분관 신장은 0.2% B 구에서 시간당 280 μm 신장하였고 1.0% B처리구에서는 시간당 265 μm 신장하여 대조구보다 각각 100, 85 μm 빠르게 신장하였다.

엽면처리 15, 25, 35일후의 약의 무게는 모든 엽면처리구가 무처리보다 무겁게 나타났다. 엽면처리 15일 후 0.2% B, 1.0% B 처리구가 각각 684 mg, 730 mg 으로 무처리 553 mg 보다 각각 131 mg, 177 mg 많았다. 엽면처리 방법에 따른 엽면처리 25일 후 및 35일 후 약의 무게는 엽면처리 15일 후와 비슷한 경향이였다.

Table 2-9. Effect of B(0.2 and 1.0%), Ca (1.0%) and combination (B+Ca) treatments on anther weight (mg) of 'Speedkul' watermelon in 2005. Germination was determined 24 hours after bedding at 30°C.

Treatment	Days after foliar application		
	15	25	35
	----- anther weight (mg) -----		
Control	553 \pm 58 ^z	762 \pm 74	814 \pm 5.69
0.2% B	684 \pm 66	958 \pm 83	983 \pm 4.99
1.0% B	730 \pm 78	986 \pm 115	1013 \pm 4.88
1.0% Ca	673 \pm 69	892 \pm 123	975 \pm 7.05
0.2% B+1.0% Ca	649 \pm 72	937 \pm 96	930 \pm 3.70
1.0% B+1.0% Ca	656 \pm 88	905 \pm 85	926 \pm 4.24

^z Mean \pm SE

표 2-10은 붕소와 칼슘의 엽면시비 횟수에 따른 수박화분의 발아율을 비교한 것이다. B와 Ca의 엽면시비 횟수에 따른 화분 발아율은 모든 처리구에서 1회보다 2회 처리구가 높았다. 대조구 67%에 비해 모든 처리구에서 86%이상의 높은 발아율을 보였다. 2차 엽면시비에서는 1차엽면시비보다 비닐하우스내 기온이 5°C정도 높은

35℃였으며, 이때 1% 붕소 엽면시비구에서 붕소과잉 증상이 발생하였다. 온도가 높은 조건에서는 고농도 붕소살포에 의한 생리장해가 우려된다.

Table 2-10. Effect of boric acid and calcium foliar application times on pollen germination and tube growth of 'Speedkul' watermelon. Pollen grains were collected 35 days after application. Germination was determined 24 hours after bedding at 30℃.

Application time	Foliar application	Pollen germination (%)	Pollen tube growth ($\mu\text{m}/\text{h}$)
1	Control	52 \pm 5.7 ^z	180 \pm 23.5
	0.2% B	69 \pm 5.0	280 \pm 36.3
	1.0% B	71 \pm 4.9	265 \pm 31.4
	1.0% Ca	68 \pm 7.1	231 \pm 24.6
	0.2% B+1.0% Ca	73 \pm 3.7	187 \pm 26.2
	1.0% B+1.0% Ca	53 \pm 7.6	196 \pm 29.4
	2	Control	67 \pm 4.5
0.2% B		91 \pm 2.0	295 \pm 21.8
1.0% B		90 \pm 1.1	152 \pm 17.5
1.0% Ca		92 \pm 2.5	188 \pm 22.7
0.2% B+1.0% Ca		86 \pm 3.7	214 \pm 18.2
1.0% B+1.0% Ca		90 \pm 2.0	163 \pm 23.9

^z Mean \pm SE

다. 적외선 조사에 의한 화분생산

개화전에 적외선을 10일간 조사한 후 개화일, 화분의 생산과 활력을 비교한 결과는 표 2-11과 같다. 적외선 조사구가 무처리구보다 수꽃의 개화가 빨랐지만 화분의 양과 발아율은 처리간 차이가 없었다. 적외선처리는 무처리구보다 3~5℃ 높은 온도를 유지하였다. 적외선처리를 통하여 수박주위의 온도가 상승함에 따라 개화 개약을 빨리 유도하였지만 화분은 이보다 훨씬 이전에 감수분열이 완료되어 수가 정해진 상태이므로 화분의 양과 같은 특성에는 큰 영향

을 미치지 못한 것으로 판단된다. 가온재배에서는 일시적인 온도 상승을 통하여 개화, 개약을 촉진하고 이를 통한 수분 및 착과율 상승을 기대할 수 있지만, 현재 남부지방의 전형적인 재배 형태인 무가온 비닐하우스 재배에 있어서는 온도조절을 낮의 채광과 환기, 밤의 보온에 의존하고 있으므로 이러한 재배형태에서는 특수한 경우를 제외하고는 실용가능성이 낮은 것으로 판단되었다.

Table 2-11. Effect of far red radiation on pollen yield and germination and fruit weight of watermelon.

Treatment	Pollen yield (mg/100flowers)	Pollen germination (%)	Fruit set (%)	Fruit weight (g)
Far red 6hr	165±37 ^z	88 ±6.3	90±2.6	5,500±750
Control	146±26	92 ±5.7	90±3.1	5,250±580

^z Mean ± SE

라. 재배기간 중 기온

시설수박 재배기간 중 온실의 기온차이에 의한 화분의 양과 활력을 조사한 결과는 그림 2-15와 같다. 2006.01.10~2006.04.20에 걸쳐 경남 함안군 대산면 수박단지내 수박재배농가에서 농가실증시험을 실시하였다. 재배기간 중의 평균온도 변화는 그림 2-15와 같다. 재배기간 중의 하우스내부온도(inner), 하우스내부의 6온스 피복 터널내 온도(6 oz)와 하우스내부의 12온스 피복 터널내 온도(12 oz)의 최고온도는 차이가 없었으나 최저온도는 12온스 피복터널이 6온스 피복터널에 비해 평균 2℃정도 높았으며 하우스내부 온도에 비해 약 10℃정도 높게 유지되었다.

재배기간 중 하우스 내부 최저온도는 2월 중순까지 영하였으나 이후 영상을 계속 유지하였던 반면 피복터널 내부는 재배기간동안 계속 10℃이상 온도가 유지되었다. 정식 45일 후 수박의 생육을 조사한 결과 피복자재에 의한 온도차이는 수박의 생육과 과실생산에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

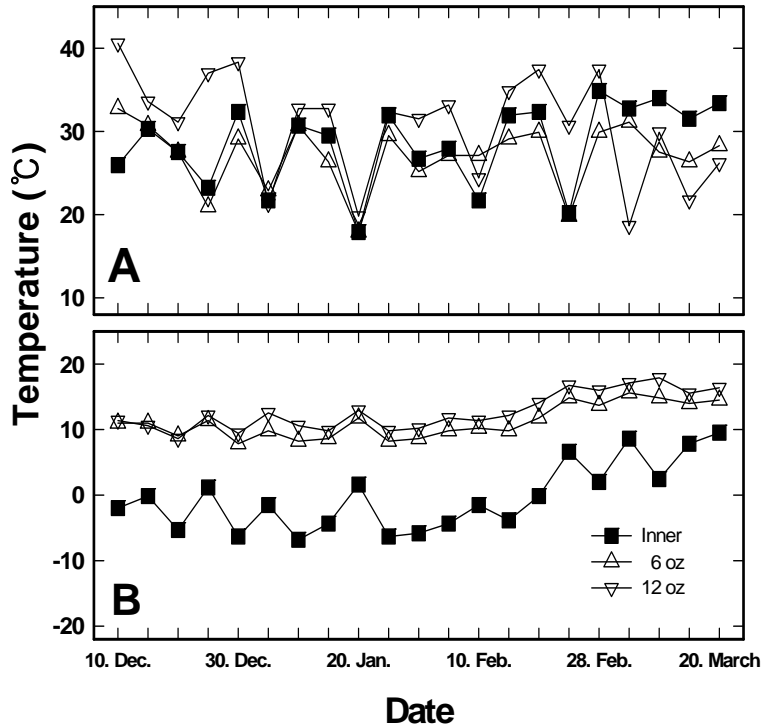


Fig. 2-14. Changes in daily maximum (A) and minimum (B) air temperatures during 2006 growing season. Temperatures were measured in a greenhouse (Inner), and in the tunnel covered with 6 ounce (6 oz) or 12 ounce cloth (12 oz).

Table 2-15. Effect of covering materials on fruit set, fruit size, and soluble solid of 'Speedkul' watermelon.

Treatments	Fruit set (%)	Fruit weight (g)	Fruit width (cm)	Soluble solid (Brix°)
6 oz	94 ± 3.3 ^z	5024 ± 378	20.9 ± 0.44	11.0 ± 1.86
12 oz	96 ± 1.2	5702 ± 214	21.8 ± 0.24	10.9 ± 1.55

^z Mean ± SE

피복자재의 두께(보온력)가 화분의 활력에 어떠한 영향을 미치는지 알아본 결과 피복자재의 두께는 화분의 발아율에는 큰 영향을 미치지 않았으나 화분관 신장은 6 온스에 비해 12온스 피복자재 처리구에서 다소 촉진되는 경향이였다(그림 2-15).

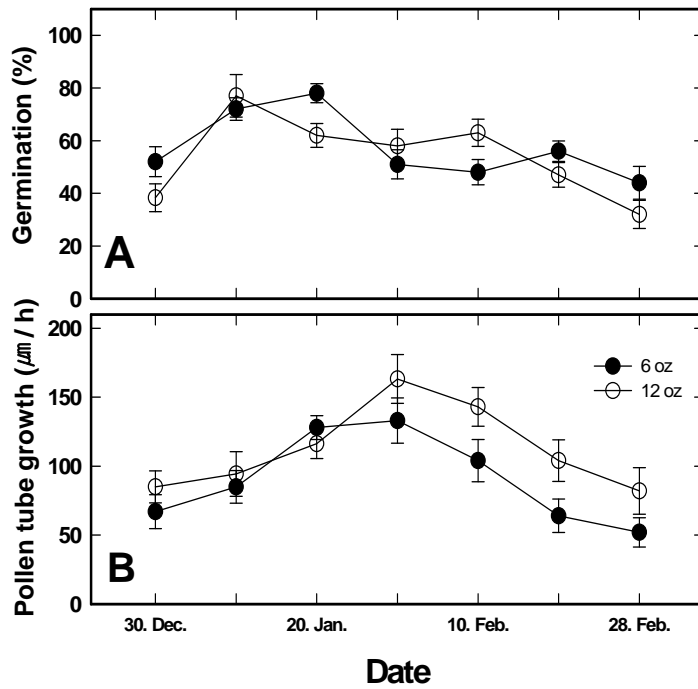


Fig. 2-15. Effect covering materials on pollen germination and tube growth of 'Speedkul' watermelon.

마. 품종에 따른 화분 생산량 및 활력

겨울철 재배용으로 시판되는 3품종의 화분량, 발아율, 저장력 등을 비교하였다(표 2-13). 화분량, 발아율, 저장력 등에서 복수박, 스피드꿀수박, 삼복꿀수박 순으로 좋았다. 화분을 4℃에서 15일간 저장하였을 경우 발아율이 50~64% 감소하였다. 소형 과종인 복수박의 경우 화분 생산량이 많고 저장력이 다른 품종에 비해 우수하므로 수분용 품종으로 적합한 것으로 판단된다.

Table 2-13. Effect of cultivars on pollen yield and pollen storage on germination of watermelon in vitro. Germination was determined 24 hours after bedding at 30℃. Pollen tube growth was determined 6 hours after bedding at 30℃

Storage days	Cultivars	Pollen yield (mg/20 flowers)	Germination (%)	Pollen tube growth (μm)
0	Speedkul	14 \pm 5.3 ^z	95 \pm 2.5	1,465 \pm 175
	Sambokkul	11 \pm 2.2	93 \pm 3.6	1,230 \pm 153
	Bok	17 \pm 2.3	97 \pm 2.7	1,078 \pm 136
7	Speedkul	-	71 \pm 6.4	10,32 \pm 125
	Sambokkul	-	65 \pm 5.8	964 \pm 97
	Bok	-	68 \pm 7.0	640 \pm 74
15	Speedkul	-	35 \pm 11.8	634 \pm 46
	Sambokkul	-	29 \pm 15.2	751 \pm 59
	Bok	-	47 \pm 13.3	452 \pm 35

^z Mean \pm SE

5. 인공수분 기술 개발

가. 적정 증량제 선발

인공수분시 증량제는 배, 양다래와 같은 과수작물에서 일반적으로 이용하는 방법으로 수박과 같은 채소작물의 인공수분에 이용하는 것이 수분방법 때문에 다소 문제점을 안고있다. 그러나 이러한 방법은 개약된 수꽃이 충분할 경우에 해당하며 저온기나 일조가 부족할 경우에는 적당하지 않다. 따라서 기상조건이 수꽃의 개화에 불량한 조건일 경우 이미 채취된 화분을 이용하여 인공수분을 실시해야한다. 석송자가 일반적으로 여러 작물의 인공수분 증량제로 이용되지만 대부분 수입되고 고가이므로 이를 대체할 필요성이 있다. 표 2-14는 몇가지 화분 증량제를 처리하여 착과율과 과실특성을 비교하였다. 증량제 종류에 따라 착과율에 유의적 차이가 있었으나 구조토처리에서는 다소 낮게 나타났다.

Table 2-14. Effect of micro cel E, datomonaceous earth, and lycopocium as a pollen diluent for hand pollination on fruit set and fruit growth in watermelon cv. 'Speedkul-subak'.

Treatment	Fruit set (%)	Fruit length (cm)	Fruit width (cm)	Fruit weight (g)	Sugar content (°Bx)
Control	95 a ^z	25.5	21.6	6,450 a	12.4 a
Lycopocium	95 a	23.5	21.0	5,800 a	11.8 a
Micorcel E	95 a	26.5	23.1	6,680 a	10.9 a
Datomaceous earth	85 b	20.5	22.2	5,450 a	11.6 a

^zMeans separation within columns by DMRT, $P=0.05$

나. 증량제 비율

인공수분시 석송자를 대체가능한 M(micro cel E)의 혼합비율에 따른 착과와 과실의 특성을 조사한 결과는 표 2-15와 같다. 희석배율에 따른 과실의 특성에는 큰 영향이 없었으나 착과율이 매우낮아 1 : 100의 혼합은 실용성이 없는 것으로 판단된다.

Table 2-15. Effect of micro cel E as a diluent of pollen for hand pollination on fruit set, fruit weight, and total soluble solid (TSS) contents in watermelon cv. 'speedkul-subak'.

Pollen : Micro cel E	Fruit set (%)	Fruit weight (g)	TSS (°Bx)
1 : 10	85 a	6,680 a	10.9 a
1 : 100	58 b	5,650 a	11.6 a
Control	95 a	6,540 a	11.3 a

^zMeans separation within columns by DMRT, $P=0.05$

6. 적요

채취시간이 빠를수록 화분량이 많을 뿐만 아니라 화분의 활력이 높지만 채취시간에 따른 화분의 양과 활력 차이가 과실의 착과와 품질에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 보인다.

고절위로 갈수록 화분량과 화분의 활력이 높아져, 착과마디 주위에서 채취한 것이 화분량이 가장 많았고 화분의 활력도 가장 높았으나 과실의 착과 이후 급격하게 화분의 양과 활력이 감소하였다. 수분 및 착과 이후 대부분의 동화산물이 과실로 재분배되기 때문에 화분의 생성을 비롯한 새로운 꽃의 발육이 부진해 지는 것으로 생각된다.

유기용매의 종류에 따라 화분의 채취량이 달랐으며, 유기용매 침지 시간이 증가할수록 화분의 활력이 감소되었다. Pentane, ethyl ether 가 다른 유기용매들에 비하여 화분의 채취효율이 높았으며 화분의 활력에 큰 장애를 주지 않았다.

정식 후 AgNO_3 와 GA_3 의 엽면살포로 수꽃의 비율이 증가하였는데, 특히 GA_3 100 ppm 엽면처리구에서 암꽃 : 수꽃의 비율이 1 : 8.1로 무처리구 보다 수꽃이 3.1배 많았다. 그러나 화분의 발아율과 화분의 양, 화분관 신장에는 큰 차이가 없었다.

칼슘과 붕소의 엽면시비로 화분의 양과 활력이 현저하게 증대되었다. 엽면시비 후 일수가 경과함에 따라 화분의 양과 화분활력이 증대되어 엽면시비 25일 후 최대치가 되었다, 1회 엽면시비하는 것보다 2회 엽면시비하는 것이 발아율을 약 20% 증대시켰으며 화분량 증대에도 매우 효과적이었다.

재배중의 기온이 높을수록 화분의 생산량이 증대되었으나 발아율과 화분관 신장에는 큰 영향을 미치지 않았다.

인공수분시 석송자 및 광물질인 micro-cel E 등과 같은 미립물질을 혼합하여 인공수분할 경우 과실의 특성이나 품질에 큰 영향을 미치지 않았지만 착과율이 다소 낮게 나타났다.

제 3 절 화분의 산업적 활용

<연구개발 수행 내용 및 방법>

1. 산업적 이용을 위한 실태조사

가. 재배현황과 시설재배에서의 화분수요

수박재배 출하시기는 주산단지를 중심으로 인터넷을 통하여 무작위로 조사하였으며, 유통실태 및 농산물 가격 정보는 관련기관에서 발행되는 자료를 중심으로 분석하였다.

나. 화분의 이용량 및 물류 이동량

전북 고창뿐만 아니라 경남 함안지역의 수박재배지 30여곳을 방문하여 저온기 재배에 있어서의 문제점과 애로사항 등을 재배농가와 논의하여 의견을 수집하였다. 홈페이지 개설 및 홈페이지를 통한 화분은행 운영을 위한 홍보를 검하였다.

2. 개화습성 및 행동

수박 (*Citrullus lanatus* Thunb cv. Festival) 종자와 박(FR-dantos)을 같이 발아시킨 후 접목하여 전북농업기술원 수박시험장 포장의 200 m²형 남북동 3개의 온실에 반촉성 재배를 기준으로 재배하였다. 45일간 육묘관리한 후 폴리에틸렌 멀칭하여, 하우스내 50 cm 간격으로 정식하였으며, 3줄기를 유인한 후 원줄기에 착과시켰다. 수정은 원줄기에서 개화된 3번째 암꽃(18~21마디)을 이용하여 실시하였으며, 수정 전.후를 기점으로 개화행동을 조사하였다. 수박 암꽃과 수꽃을 개화당일 및 개화 후 4일 까지 시간별로(일출직후 ~ 일몰) 개화형태와 화경(과경)의 굴곡 정도, 과경신장,

꽃잎의 열림 등을 조사하였다.

반축성 작형을 중심으로 4월 하순 착과기를 중심으로 개화의 행태를 조사하였으며, 암꽃은 수정 후 변화되는 화기의 형태와 지면으로 향하는 정도를 조사하였다.

3. 씨없는 수박생산

가. 과형별 생장조절제, X-ray 화분을 이용한 씨없는 수박 유도

Soft X-ray를 처리하여 불임화분을 유도하였다. 과실의 크기를 large(6 kg 초과), middle (4~6 kg), small (2~4 kg)으로 구분하여 CPPU처리와 Soft X-ray처리된 화분을 수정하여 생산된 씨없는 수박의 특성을 조사하였다. 풀땃은 농도별 50 ppm은 자방에, 100 ppm은 과경에 분부하였으며, 1000 ppm은 착과 전후의 줄기에 점적 처리하였다. soft X-ray과 CPPU 혼합처리인 경우에는, soft X-ray 조사화분으로 1차 수정한 다음, 1-2일 지난 후 CPPU 50 ppm을 자방에 분무처리 하였다. 각각 처리 5일 후 착과율을 조사하였으며, 원줄기 착과를 제외하고는 적과를 계속적으로 실시하였다. 과장은 착과 후 5일 간격으로 수확기까지 측정하였으며, 착과 후 45일째 수확하여 종실률 및 과실의 특성을 조사하였다. 당도는 디지털 당도계를 이용하여 측정하였으며, 식물체의 부위별 당분분석은 HPLC (Elmstrom과 Davis, 1988)방법을 이용하여 조사하였다. 1화당 화분량은 haemocytometer를 이용하여 측정하였다.

나. soft X-ray 처리 화분을 이용한 씨없는 수박 생산

화분의 soft X-ray 처리는 'Festival' 품종을 공시재료로 사용하였다. 전북농업기술원 수박시험장 포장에서 재배한 'Festival' 수박의 수꽃을 오전 중에 채취하여 Sugiyama 등 (2000)의 방법으로 soft X-ray 조사기에 넣은 후 90분간 800 Gy로 soft X-ray를 조사하여 불임화분을 유도하였다. soft X-ray 처리 화분은 대조구(관행 인공수분)와함께 전북농업기술원 수박시험장 포장에서 인공수분하였다. 다른 꽃가루로 부터 오염을 방지하기 위하여 수정 1일전에 봉투로 덮어 주었으며, 수정 1-2일 후 제거하였다.

4. 화분의 종류와 양이 과실발육에 미치는 영향

가. 화분의 종류가 과실의 발육에 미치는 영향

과실의 크기를 대과종, 중과종, 소과종으로 나누어 전북농업기술원 수박시험장 포장의 200 m²형 남북동 3개의 온실에 반촉성 재배를 기준으로 재배하였다. 45일간 육묘관리한 후 정식하였으며 3줄기를 유인한 후 원줄기에 개화된 3번째 암꽃(18-21마디)에 인공수분하였다. 인공수분 후 다른 꽃가루로부터 오염을 방지하기 위하여 수정 1일전에 봉투로 덮어 주었으며, 수정 1-2일 후 제거하였다. 과실의 착과율과 과실의 형태를 조사하였다.

나. 화분의 양에 따른 과실의 영향

전북농업기술원 수박시험장 포장에서 재배하였으며, 3줄기를 유인한 후 원줄기에 개화된 3번째 암꽃(18-21마디)에 인공수분하였다. 인공수분 후 다른 꽃가루로부터 오염을 방지하기 위하여 수정 1일전에 봉투로 덮어 주었으며, 수정 1-2일 후 제거하였다.

5. 수분용품종 선발

다양한 품종에서 화분의 특성과 화분의 발아력 검정을 통하여 수분용 품종으로서의 특성을 가진 품종을 선발하기 위하여 농촌진흥청에 유전자원으로 보관중인 계통과 현재 시중에 유통되는 몇가지 품종을 수집하였다. 그 중에 다양한 과실특성과 생장특성을 가지고 있는 28개의 품종을 공시하여 생육, 과실특성을 조사하였고 화분의 발아율과 화분관의 신장을 조사하였다. 발아조사와 화분관 신장 조사는 수꽃 채취 12시간 후 BK-W 배지에 치상하여 30℃의 항온기에서 24시간 배양한 후 실시하였다. 본 시험에 사용된 공시품종은 표 3-1과 같다.

Table 3-1. Used for various watermelon cultivars in study

No.	Cultivar	No.	Cultivar	No.	Cultivar
A	Mudungsan	K	190114	U	199860
B	K004673	L	190079	V	119740
C	K004669	M	190067	W	190110
D	Hwangbok	N	019018	X	199733
E	05-09	O	904406	Y	Goldenball
F	K019034	P	GW 24	Z	209416
G	190065	Q	199801	a	190120
H	908298	R	Soknorang	b	Boksubak
I	190101	S	Sambokkul		
J	110899	T	104713		

6. 인터넷 홈페이지 구축

인터넷 홈페이지 제작은 다음과 같은 항목을 포함하여 제작하였으며 주요 구성내용은 연구기관 소개, 연구현황, 연구기술 및 재배기술 소개, 수박의 재배 현황 및 수요전망 예측, 보도자료, 기술상담, 화분은행 등이다.

- 화분은행 홈페이지 제작 : 화분 은행과 연계 구동
- 화분의 이용량 및 생산 현황 : 시설수박 주산지 중심으로 수요 조사
- 화분의 종류와 양에 따른 과실의 영향
- 화분의 저장기술
- 작과관련 농가상담
- 학회발표자료 및 관련자료 수록

<연구개발 수행 결과>

1. 산업적 이용을 위한 실태조사

가. 재배현황과 시설재배에서의 화분수요

우리나라 수박재배면적은 19,124ha로, 경남이 7,349ha로 전체면적의 31.7%로 1위를 차지하고 있으며, 충남 4,986ha, 경북 2,833ha, 전북은 2,673ha로 4위를 차지하고 있다 (표 3-2). 수박 최대의 주산지인 경남은 3기작으로 재배되고 있으며, 겨울철 출하 대부분은 이 지역에서 생산되고 있다. 지역별 주산단지를 보면 함안, 부여, 고령, 고창, 음성, 나주, 논산, 진천 등에서 많이 재배되고 있으며, 최근 들어서는 양구, 어상천, 영주, 봉화, 진안 등 여름철 온도가 높지 않은 해발이 높은 지역의 산간지 수박들이 당도가 높아 인기가 상승되고 있다. 수박재배지를 보면 주로 논에서 재배되는 지역이 많은데 이는 벼농사에 의한 담수로 인하여 밭에서보다 연작장해가 적게 발생되기 때문에 브랜드 유지에 유리하기 때문으로 생각된다. 밭에서는 연작장해가 빠르게 발생되어 이에 대한 대책이 시급한 실정에 있다.

Table 3-2. Changes in watermelon growing area in Korea

Year	(unit: ha)		
	Total cultivation Area (ha)	Open field cultivation area (ha)	Protected cultivation area (ha)
1995	45,207	26,230(58.0%)	18,977(42.0%)
1997	40,204	19,576(48.7%)	20,628(51.3%)
2000	30,451	9,499(31.2%)	20,952(69.3%)
2002	25,873	6,133(23.7%)	19,740(73.6%)
2005	23,179	4,055(17.5%)	19,124(82.5%)

최근 10년간 노지재배는 급격히 줄고 시설재배가 급증하여 83%이상을 선회하고 있으며, 수량도 재배기술 향상에 따라 꾸준히 증가하고 있다. 수박의 연간 시장규모

는 9,000억원 정도로, 벼와 고추를 제외한 과채류 중에서는 가장 큰 규모이며, 농가 소득원으로 매우 중요하다. 시설재배수박의 최대 주산단지인 함안과 부여지역을 보면 수도작, 전작형으로 수박을 재배함에 따라 연작피해가 적고, 봄철 온도가 높고, 일조시수도 고창지역보다 높아 봄철 재배지로서 유리한 지리적 입지조건을 가지고 있다.

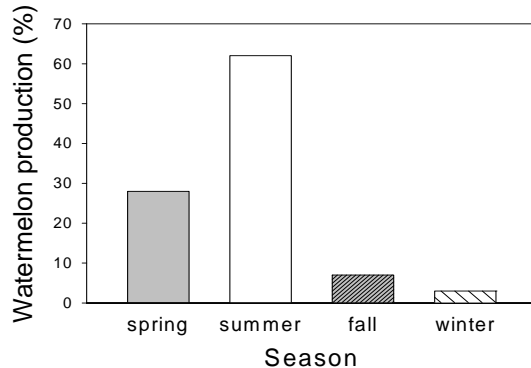


Fig. 3-1. Percentage of seasonal production of watermelon.

경남지역을 시작으로 경북에 이어 충남지역에서도 비교적 이른 시기에 출하되고 있으며, 전북지역은 주로 익산지역의 5월 출하를 시작으로 8월 까지 출하되고 있었다. 약간 늦은 노지작형으로는 전남과 충북지역에서 주로 출하되고 있다. 계절별 출하량은 여름이 68%로 가장 많았고, 봄 28% 가을 6%, 겨울 3% 순이었고, 점차 여름철 출하가 감소되고 겨울과 봄철 출하비율이 증가되는 것으로 추산되고 있다.

각 지역의 자치단체를 중심으로 수박의 활성화를 적극적으로 추진하고 있는 음성 진천, 정읍등 중부지역을 중심으로 수박재배면적은 늘어나고 있는데, 이러한 지역은 브랜드가 확보되어 거래가 용이하고 타작물에 비하여 소득이 유리하기 때문으로 판단하고 있다. 유일하게 우리나라 자생종 수박인 무등산 수박은 최대의 고급상품으로 무등산 원예협동조합을 통하여 주문 배달되고 있다.

수박 평년가격을 보면 수박이 가장 많이 출하되는 6월을 기점으로 하락되어 9월부터는 다시 가격이 상승하기 시작하여 3월이 가장 비싼 가격으로 출하되고 있었다. 5월은 수박의 가격변동이 가장 큰 시기로서, 5월초를 시작으로 5월말까지 급격히 하락되어 6월부터는 시세가 안정화되는 경향을 보이고 있었다(그림 3-2). 그러나 수박

의 소비는 그해 날씨에 민감하게 달라지고 있으며, 2006년은 경우 장마 후 평균기온 상승으로 인하여 수요가 증가함에 따라 8월 수박물량 부족으로 가격이 급상승하였다.

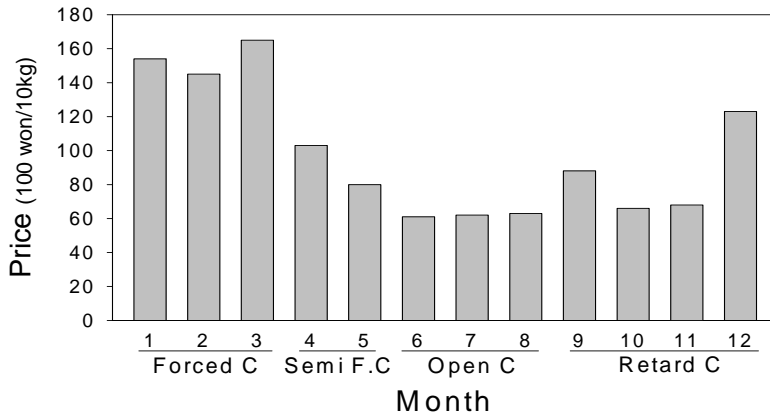


Fig. 3-2. Monthly changes in watermelon price at Seoul agricultural product market.

나. 화분의 이용량 및 물류 이동량

2006년 수박의 총면적은 23,508ha로서 1995년을 정점으로 감소추세에 있으나 시설면적비율은 75.5%로 가격이 높은 조기출하 작형으로 전환되고 있으며, 저온기 재배시 수꽃의 부족으로 수분에 큰 문제점이 발생한다. 특히 일기가 맑지 못한 다음날은 화분생산량이 급격히 저하되어 개화 되었다 하더라도 수분작업에 애로점이 있으며, 착과율도 70%이하로 낮은 실정이다. 국내와 같은 수박재배 조건에서는 수박화분을 저장하여 수분/결실이 불량한 시기에 화분을 공급함으로써 착과율과 상품과율 등을 높일 수 있으며, 같은 시기에 환경이 불량한 지역으로 쉽게 이동 가능하므로 여러 지역에 걸쳐 고른 착과율과 상품과율을 기대할 수 있다.

수박 시장은 연 7천 5백억원으로 추산되고 있으며, 유통비용까지 합하면 약 1조 3천억원으로 추정되고 있다. 수박재배는 노지에서 시설재배로, 가격이 높은 조기출하 작형으로 전환되고 있다. 축성 및 반축성 재배가 약 30%정도를 점유하고 있는데 하우스 내 저온과 일조부족으로 인한 개화 및 화분의 개약이 저조하여 착과에 문제가

되고 있다. 12월부터 다음해 3월에는 착과율이 70% 이하로 낮으며, 수정기 온도가 14℃에서는 30%정도의 낮은 착과율을 보인다. 특히 저온에서는 암꽃보다는 수꽃의 개화 및 개약이 불량하여 기형과 발생이 많고, 상품률이 70-80%로 낮으며 일시수확이 어려운 실정이다. 그러나 아직까지 화분이용은 과수작물에 국한되어 있으며 채소에서는 거의 이용되지 않고 있다. 수박은 1본 1착과 재배로 대과를 생산하는데 저온기나 일조가 부족한 장마기에는 개약률이 낮으므로 저장화분의 이용이 시급한 것으로 판단된다. 수박의 육종이나 씨없는 수박(3n) 생산시 수분수를 최소 10-25%정도 재식하여야 한다. 그러나 저장화분을 이용한다면 수분수없이 100% 씨없는 수박의 생산이 가능하므로 재배면적당 수익성이 증대될 것이다.

수박재배면적은 1995년을 정점으로 점점 감소하기 시작하여 2006년도는 20,553ha로서 1인당 연간 평균 소비량이 약 17kg으로 터키(62kg), 이란(30kg)에 이어 세계 3위를 차지하고 있다(Maynard, 2001). 수박 최대의 주산지인 경남은 3기작으로 재배되고 있으며, 겨울철 출하 대부분은 이 지역에서 생산되고 있다.

경남지역을 시작으로 경북에 이어 충남지역에서도 비교적 이른 시기에 출하되고 있으며, 전북지역은 주로 익산지역의 5월 출하를 시작으로 8월까지 출하되고 있었다. 약간 늦은 노지작형으로는 전남과 충북지역에서 출하되고 있다. 계절별 출하량은 여름이 68%로 가장 많았고, 봄 28% 가을 6%, 겨울 3%순이었고, 점차 여름철 출하가 감소되고 겨울과 봄철 출하비율이 증가되는 것으로 추산되고 있다.

수박가격은 가장 많이 출하되는 6월을 기점으로 하락하기 시작하고 9월부터 오르기 시작하여 3월이 가장 비싼 가격으로 출하되고 있었다. 5월은 수박의 가격변동이 가장 큰 시기로서, 5월초를 시작으로 5월말까지 급격히 하락되어 6월부터는 시세가 안정화되는 경향을 보이고 있었다.

Table 3-3. The pollen supply model for commercial purpose.

No.	Place	Work	Remarks
1	Farmer	Male flower collection	600-700plants/10a
2	Research center	Solvents used for pollen extraction	Pentane
3	Research center	Pollen storage	Temperature, Humidity
4	Research center	Pollen growth test	>30%
5	Farmer	Pollination	Germination

2. 개화습성 및 행동

가. 개화습성 및 형태

수박 꽃은 자웅이화동주형으로 발달초기까지는 성의 구별이 없이 발육하고, 그 후 암꽃이나 수꽃으로 분화되고, 때로는 양성화로 분화되기도 한다. 암꽃은 수술이 생긴 후 중앙부위로부터 여러 개의 암꽃기관이 생겨서 발육하고 수술은 발육을 정지한다. 그래서 정상적인 암꽃이라 하더라도 암술 밑부분에 수술의 흔적이 존재한다. 꽃잎은 대부분 5개이고, 암술의 주두와 자방실 수는 동일하게 3개이지만 영양조건에 따라서 4-5개가 되는 경우도 있다(그림 3-3).



Fig. 3-3. Morphology of watermelon male(left) female(right) flowers

수박꽃은 암꽃과 수꽃(단성화) 또는 양성화로 분화되는데, 암꽃에 가까운 양성화는 일반적으로 탄소대사가 완성하고 토양의 영양상태가 좋을 때 많이 나타난다. 특히 auxin함량이 많고 탄수화물이 많이 축적될 때 양성화가 많이 나타난다. 이러한 양성화는 결실이 잘되고 대과로 비대할 수 있으나 급격한 신장으로 인하여 열과되기 쉽고, 꽃자리 부분이 커서 상품성이 떨어진다. 또한 영양상태가 좋은 만큼 과피가 두껍고 당도가 낮으며 향기도 적은 경향이였다. 꽃눈이 분화하여 개화할 때까지의 기간은 온도에 따라 차이가 있다. 최저기온이 10℃ 정도에서 분화된 암꽃은 28일 전후로

개화되지만, 최저기온이 12℃ 정도를 유지한다면 개화시기는 일주일 정도 단축된다. 꽃눈이 분화된 후로부터 개화될 때까지의 기간은 암꽃이 수꽃보다 2일 정도 빠르게 개화하기 때문에 암꽃은 1-2마디 밑의 수꽃과 동시에 개화한다. 개화시각은 광선과 온도에 따라 다르지만 환경이 양호한 조건에서는 아침 6시전에 이미 수꽃이 먼저 피고, 뒤따라 암꽃이 순서적으로 개화된다. 화분은 7시경부터 개약하기 시작하여 9시경이면 수정능력이 최고도에 달하므로 노지재배에서의 교배시간은 아침 일찍이 하는 것이 좋으며, 가능한 한 9시 이전에 마치는 것이 좋다(표 3-4). 개화 후 일정 시간이 지나면 암술머리에 즙액이 나와서 착과를 저해하는데, 햇빛이 강할 때는 즙액이 빨리 발생되고, 흐리거나 기온이 낮을 때는 오후가 되어도 즙액이 나오지 않는 경우가 있다. 그러나 즙액이 나오지 않았다 하더라도 착과율은 떨어진다.

Table 3-4. Hourly flowering pattern of watermelon.

	Time of day	Important events
Male flower	06:00h (day 1)	Flower anthesis, Anther dehiscence
	18:00h (day 1)	Corolla begins to curve
	09:00h (day 2)	Corolla curve, Anther collapses
	18:00h (day 2)	Flower closed
Female flower	06:00h (day 1)	Flower anthesis
	06:00-11:00h (day 1)	Peak receptive period
	09:00h (day 2)	Corolla curved, Stigma tip dry
	18:00h (day 2)	Flower closed, Downward orientation

나. 수꽃의 개화행동

충분한 암꽃이 형성되었다 하더라도 인공수분을 시키는 날에 화분이 나오지 않으면 착과율이 현저히 떨어진다. 화분의 개약 및 발아에는 온도와 밀접한 관계가 있으므로 개화기에는 최소한 15℃ 이상의 온도확보가 중요하다. 수박은 저온에서는 수꽃이, 고온에서는 암꽃의 장애로 인하여 수정이 불량하거나 수정이 되었다 하더라도

기형과가 많이 발생된다. 반촉성 재배시 하우스 수박의 개화행동을 보면 수꽃의 수명은 24시간 정도 추정하고 있으며, 개화 48시간이 지나면 꽃이 진다(그림 3-4).

봄철 수정기에는 해가 뜨는 직후부터 개약이 진행되기 때문에 수정률이 7시 30분에서 11시 30분 사이에 착과율이 가장 높은 것으로 보고되었다(농진청, 2001). 암꽃은 수정이 되면 주두가 노랗게 변화되면서 마르기 시작하고 과경이 서서히 지면으로 굽게 된다. 개화 후 3일정도가 지나면 꽃잎이 지기 시작한다. 따라서 수박의 수정시각은 일반적으로 오후에는 화분의 활력이 떨어지기 때문에 오전에 수행하는 것으로 알려져 있다(농진청, 2001).

수박화분은 바람에 이동되기 어렵기 때문에 수분매개 곤충을 이용하거나 인공수분에 의해서 수분되고 있다. 시설재배시 수박의 인공수분은 주로 오전 중에 실시하고 있는데 가장 큰 이유 중 하나는 수박을 포함한 대부분의 박과 작물은 오전 5시를 전후하여 개화하기 시작하여 오후에는 화분의 활성이 떨어져 결실률이 현저하게 낮아지기 때문이다(Sedgley와 Buttrose, 1978). 4월 하순을 기준으로 수박의 개화행동은 표 3-4에서 보는 바와 같이 수꽃의 수명은 1일 정도로 판단되었다.

이때 암꽃의 착과율은 해가 뜬 직후에 착과율이 증가되기 시작하여 오전 11시까지 최대를 보이다가 오후에는 급격히 낮아진다고 알려져 있으며, 화경이 작은 것보다 큰 것이 화분의 활력이 강하여 발아 및 착과에 유리하다고 하였다(Morishita 등, 2000). 암꽃은 인공수분 후 주두가 갈색으로 변하면서 과경과 꽃자리가 지면으로 굽기 시작하였다.

수박 수꽃은 개화가 되더라도 개약이 되지 않는 경우가 있다. 시기적으로는 11월 - 4월 저온다습관리, 주야간의 일교차가 크고, 수정기에 햇빛이 약하며, 흐릴 때는 화경장이 길어지면서 개약이 되지 않는다. 일반농가에서는 날씨가 좋은 날 꽃을 채취하여 냉장고에 저장한 후 1-2일간 이용하고 있다(경북 우곡).화분은 노란색일수록 신선하며 양질의 화분으로서 수정능력이 우수하다. 수꽃의 수명은 하루에 불과하며, 꽃가루 발생 3시간 정도가 지나면 꽃가루 색깔이 갈색으로 변하고, 활력이 급격히 떨어진다고(그림 3-5). 온도에 따른 화분의 발아력은 9~10℃에서 0%, 12~14℃에서는 20~30%, 15~16℃에서는 50%정도 되며, 적온은 25~28℃이다.



Fig. 3-4. Changes in male flower morphology of watermelon.
The day of flowering at 09:00 (A) and at 18:00 (B);
one day after flowering at 09:00 (C) and at 18:00 (D).

수분 후 3일째는 화관이 시들고 암꽃의 자방이 신장하기 시작하였다. 암꽃은 개화 직후에는 수직방향으로 개화하였으며, 수정 후에는 서서히 과경이 굽으면서 꽃자리가 지면을 향하였다. 수분 36시간 후에는 수정된 암꽃은 줄기의 하향부위로 18.5도가량 굽었으나 미 수정된 암꽃은 줄기의 상향부위 15도를 유지하고 있었다. 그러나 개화 72시간 후에는 미수정된 암꽃이 수정된 암꽃에 비하여 일찍 고사되는 경향을 보였다. 수정 후 과경은 수정여부와 상관없이 신장하였으나 수정된 암꽃의 자방은 계속적으로 신장하지만 미수정된 암꽃은 신장되지 않았다.




Fig. 3-5. Aged male flower and pollen showing the changes in color to brown.

다. 암꽃의 착화 및 개화 습성

수박의 개화는 일장보다 온도에 훨씬 더 많은 영향을 받고 있으며, 일장도 최소 8시간 이상의 연속 암기간이 필요하다. 그러나 8시간 이내의 단일조건에서는 암꽃의 착과절위를 낮추며, 생장이 느려지는 경향이 있다. 암꽃의 발현은 저온과 단일조건에서 촉진되는데, 온도가 일장보다 더 많은 영향을 주고 있다. 그러나 식물의 생육환경이 양호한 상태에서는 C/N율의 조절이 수박의 개화에 결정적인 역할을 하고 있다. 탄소는 잎에서 광합성에 의해 동화산물을 생성하고, 꽃눈의 분화등, 생식생장을 촉진시키는 역할을 하고 있다(표 3-5). 그러나 질소는 아미노산 및 핵산 대사의 활성을 주어 영양생장을 촉진시키며, 과잉의 질소시비는 수박의 당도와 향기를 현저히 감소시키기 때문에 후기관리는 질소를 차단시킬 수 있는 방법이 필요하다.

수박의 암꽃이 처음 착생한 후에는 6-8마디 간격으로 암꽃이 핀다. 그런데 대부분 영양상태가 양호한 상태에서는 첫 번째 암꽃이 건너뛰고 대부분 2번째 암꽃이 13-15마디에 착생되고 있다. 암꽃은 온도조건이 고온 또는 주야간의 온도차이가 적을수록 착화되는 마디가 올라가는 경향을 보이며, 32℃이상이 되면 암꽃의 분화가 억제된다. 암꽃 출현은 주간온도 27℃, 야간온도 22℃에서 용이하기 때문에 4월에 과종할 때 암꽃이 많아지는 경향이 있다. 그밖에도 질소질 비료의 과다로 과번무가 되면 역시 암꽃이 달리는 마디가 올라가며, 착과절위는 일조조건과 호르몬 등의 영향을 받을 수 있다.

Table 3-5. Watermelon growth dependent on C/N ratio

↓C : ↑N	↑C : ↓N	
Stem growth Active in N metabolism N import / metabolism Vegetative	Root growth Active in C metabolism Sucrose import / cleavage Generative	

암꽃은 큰것일수록 결실률이 좋으나 영양조건이 과다하면 암꽃이 달리는 마디의 간격이 길어지고, 외관상으로는 암꽃이 크지만 소질은 불량하게 된다. 주로 계절별 암꽃의 크기를 보면 여름철에는 작게 나타나고, 봄철에는 암꽃이 크게 분화된다.

수박의 개화시각은 전날 밤의 온도가 가장 중요한데, 야간온도가 높을수록 개화시각이 빠르고, 저온일수록 늦어진다. 암꽃은 대체로 오전 5시부터 위쪽으로 향해서 피기 시작하여 오전 9시에 끝나는데, 꽃피는 시각은 환경조건에 따라 조금씩 다르다. 예를 들면, 밤온도가 높을 때는 오전 5시부터 꽃이 피지만 밤온도가 낮을 때는 오전 늦게부터 피기 시작하는데, 온도가 1℃ 낮아짐에 따라 꽃피는 시각은 약 30분정도 늦어지는 경향을 보인다.

저온기 하우스재배에서는 방화곤충이 없기 때문에 인공수분을 해야 하는데 일반적으로 수꽃의 화분이 나오는데로 따서 주두에 가볍게 문지르면 된다. 수꽃은 자가, 타가 및 타품종의 것이라도 결실이나 과실의 발육에 영향이 없으므로 가까운 수꽃을 이용하여 화분이 많은 시기에 1개의 수꽃으로 2~3개의 암꽃에 이용할 수 있으나 화분양이 적을 때는 1개의 암꽃에 몇 개의 수꽃을 발라주는 것이 착과에 유리하다. 인공수분시 최적온도는 20℃정도이며 최소 12℃이상을 유지시켜야 한다. 개약이 나쁜 시기에는 재배포장 일부를 15~16℃로 보온하여 수꽃을 이용할 수 있으며, 또한 개화 전날의 초저녁에 수꽃의 봉오리를 따서 마르지 않게 보온하여 화분력이 향상된 꽃가루를 이용하면 효과적이다. 수박은 수분이 되어 화분이 발아하거나 화분관이 신

장하는 시간이 대체로 빠른 작물인데, 대개 수분 후 18-25분이면 발아하기 시작하여 2-4시간에 화주로 들어가게 되며, 저녁에는 화주기부에 도달하게 된다. 그리고 배주로 들어가서 수정되는 시간은 다음날 아침이 되기 때문에 수분에서 수정이 완료될 때 까지는 약 24시간 정도 소요된다(그림 3-6).

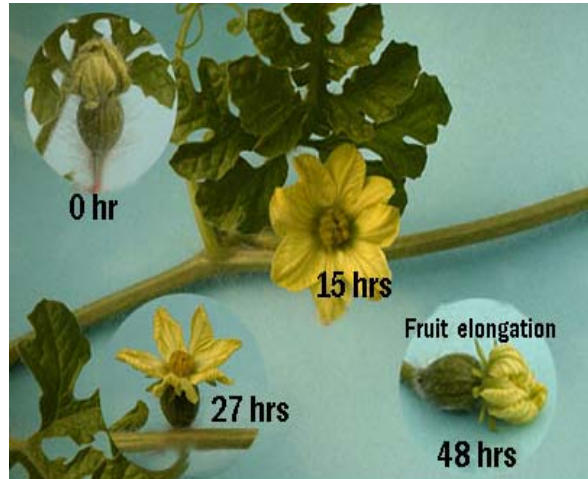


Fig. 3-6. Comparison of pollination and unpollination in female flowers at different time.

자방의 심실과 관련하여 주두는 보통 3개로 이루어져 있는데, 수정이 한쪽에만 되었을 때는 과실의 발달도 한쪽으로 치우쳐 기형과로 되기 때문에 골고루 묻혀주는 방법이 좋은데, 더 중요한 것은 꽃가루를 많이 묻혀주어야 완벽한 수정이 이루어지며 기형과 발생이 적어진다. 수박의 개화시각은 전날 밤의 온도와 깊은 관련을 가지고 있으며, 일반적으로 오전 6-7시에 개화되기 때문에 여름철 교배는 9시경까지 이루어지는 것이 가장 좋다.

10% 아가배지를 이용하여 품종별 수박 화분관 신장을 조사한 결과 소과종이 가장 느리며, 황피종은 2시간 이내에는 대과종에 비하여 낮았으나 그 이후에는 높게 나타났다(그림 3-7).

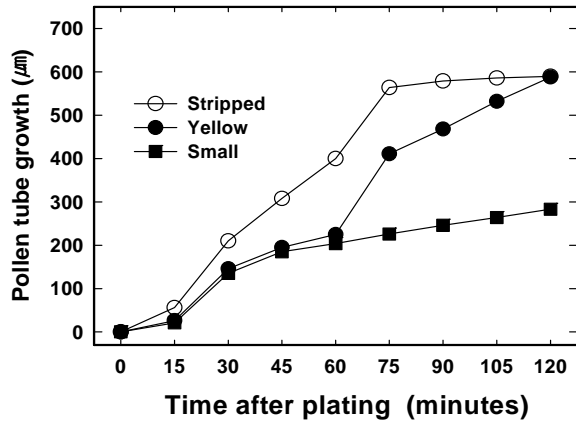


Fig. 3-7. Comparison of pollen tube growth of different watermelon cultivars. Cultivars: stripped, large size; yellow, middle size; small, small size.

라. 착과를 위한 환경 및 초세 조절

암꽃과 수꽃이 튼튼하게 관리되어야만 인공수분이나 방화곤충을 이용한 교배가 가능하다. 식물체가 개약이 잘되지 않는 원인 중 하나가 잎의 증산작용이 활발하여 뿌리에서 흡수하는 물의 양보다 많을 때는 식물체에 비축된 수분을 먼저 이용하기 때문에 세포내의 압력이 감소되고 결국 잎이 말리게 된다. 이러한 경우 식물체내에 에너지 소모가 많기 때문에 화기로의 에너지 분배가 잘 이루어지지 않고 착화율이 떨어지게 될 뿐 아니라, 개화된다 하더라도 개약이 되지 않는 경향이 있다.

착과가 불량하게 되는 원인은 암꽃의 착생여부 및 수정능력의 부족과 수꽃의 기능저하에 의해서 일어나는 것으로 보이며, 이 두가지의 요인은 모두 화아분화 이후의 환경과 관련이 깊기 때문에 사전조치가 필요하다. 본 실험을 수행하는 중에 2006년 8월 10일 기준으로 착과시켰을 때 조롱박에 잎말림증상이 20-30%발생되는 결과를 보였는데, 이는 고온(43~45℃)과 열대야 현상에 의하여 화분관 신장이 불량하고, 또

한 고온에 의하여 칼슘흡수가 억제되어 분열이 방해된 결과로 추정하고 있다. 이밖에도 다중피복에 의한 일조부족으로 인하여 식물체가 연약하게 성장하면 암꽃의 발육이 나빠지며, 토양내의 비료와 수분이 많거나 고온으로 관리할 때도 동화양분이 부족하여 암꽃의 성장을 저해한다.

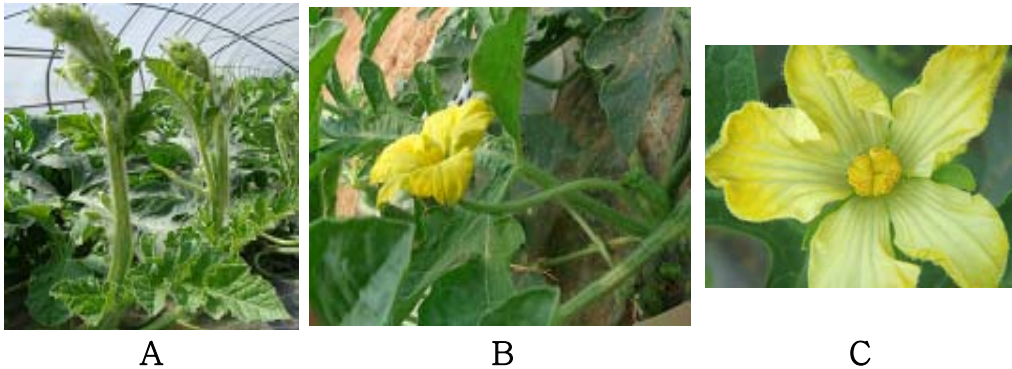


Fig. 3-8. Overgrowth (A), abnormal flower stalk (B) and anther indehiscence (C) of watermelon

수박은 초세가 강하고 무성할수록 개화수가 적고 성장점을 포함한 상위의 줄기가 두껍다. 수박의 초세판단은 2번째 암꽃이 개화때쯤 판단하는 것이 일반적이다. 암꽃의 위치가 덩굴 끝으로부터 20cm 이하이면 초세가 약하고, 30~50cm이면 적당하며, 60cm 이상이면 강하다고 할 수 있다(그림 3-8). 또한 잎의 방향이 수직방향으로 속구치며 엽병과 절간의 길이는 길어진다. 초세는 품종에 따른 차이도 있지만 야간온도의 영향을 많이 받는다. 야간온도가 20℃이상으로 높으면 초세가 강하게 되기 쉬우므로 이때에는 야간온도를 15℃정도로 낮추면 생장이 둔화되면서 착과에 유리하다. 초세가 강하거나 수정초기에 속효성 비료를 다량관주하면 착과가 되지 않거나 과실이 비뚤어지는 경우가 많이 발생된다.

또한 덩굴 끝이 강하게 위쪽으로 뻗을 경우 성장점을 중심으로 끝으로부터 5~10cm의 연약한 부분을 가볍게 눌러주어 IAA에 의한 양분의 이동을 일시적으로 억제시켜 줌으로써 광합성 산물이 화기발달에 사용할수 있도록 유도한다. 개화기 전후의 온도는 과실비대에 영향을 줌으로 저온기에는 가능한 한 오후 4~5시경부터 터널을 덮어 보온하는 것이 좋다. 주간외 온도는 30℃가 좋으며, 밤낮의 온도 교차는 12℃정

도가 효과적이다. 일조부족에 의한 동화양분이 부족한 경우와 강우로 인한 질소과잉 흡수로 과번무되어 암꽃 및 수꽃의 발육이 불량한 경우가 많다. 반면, 초세가 약한 경우에는 속효성 비료(N)를 위주로 살포하여 초세를 회복시킨 다음 적정마디보다 뒤에 착과 시켜야 한다.

4월과 5월에는 잎말림증상이 발생되는데 이러한 증상은 저온과 주야간의 온도차, 환기를 많이 했을 때 주로 나타나고 있다. 뿌리의 흡수능력이 지상부의 증산작용에 비하여 작기 때문에 결국 세포내부의 팽압이 떨어지면서 잎이 말리게(curling) 된다(그림 3-9). 잎이 경화되면서 말리면 개화수가 적고 개약이 되지 않아 수정장애가 발생되는데 이러한 원인은 증산작용에 의하여 많은 에너지가 소모되기 때문으로 정상적인 개약이 어려운 것으로 사료된다(그림 3-10).



[early] [fruit set] [leaf curling]

Fig. 3-9. Vigorous growth condition against successful pollination.

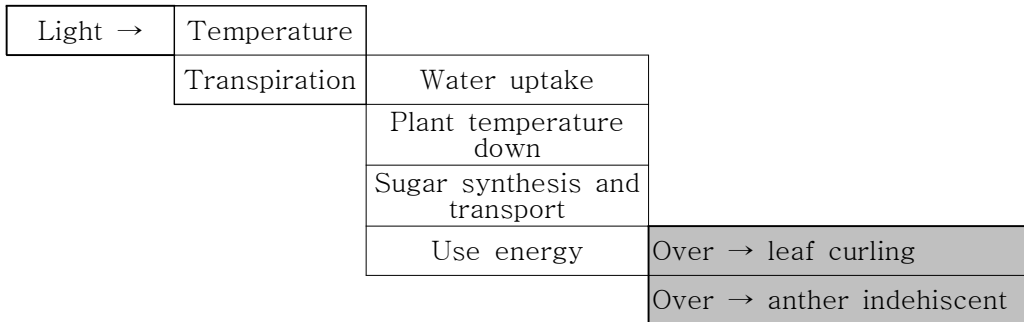


Fig. 3-10. Model of leaf curling occurrence in pollination periods

마. 착과후 암꽃의 변화

수박화분은 바람에 이동되기 어렵기 때문에 수분매개 곤충을 이용하거나 인공수분에 의해서 수정되고 있다. 시설재배시 수박의 인공수분은 주로 오전중에 실시하고 있는데 가장 큰 이유 중 하나는 수박을 포함한 대부분의 박과 작물은 오전 5시를 전후하여 개화하기 시작하여 오후에는 화분의 활성이 떨어져 결실률이 현저하게 낮아지기 때문이다(Sedgley와 Buttrose, 1978). 4월 하순을 기준으로 수박의 개화행동은 그림 3-4에서 보는 바와 같이 수꽃의 수명은 1일 정도로 판단되었다.

이때 암꽃의 착과율은 해가 뜬 직후에 착과율이 증가되기 시작하여 오전 11시까지 최대를 보이다가 오후에는 급격히 낮아진다고 알려져 있으며, 수꽃의 수명은 화경이 작은 것보다는 큰 것이 화분의 활력이 강하여 발아 및 착과에 유리하다고 하였다(Morishita 등, 2000). 암꽃은 인공수분 후 주두가 갈색으로 변하면서 과경과 꽃자리가 지면으로 굽기 시작하였다(그림 3-11).

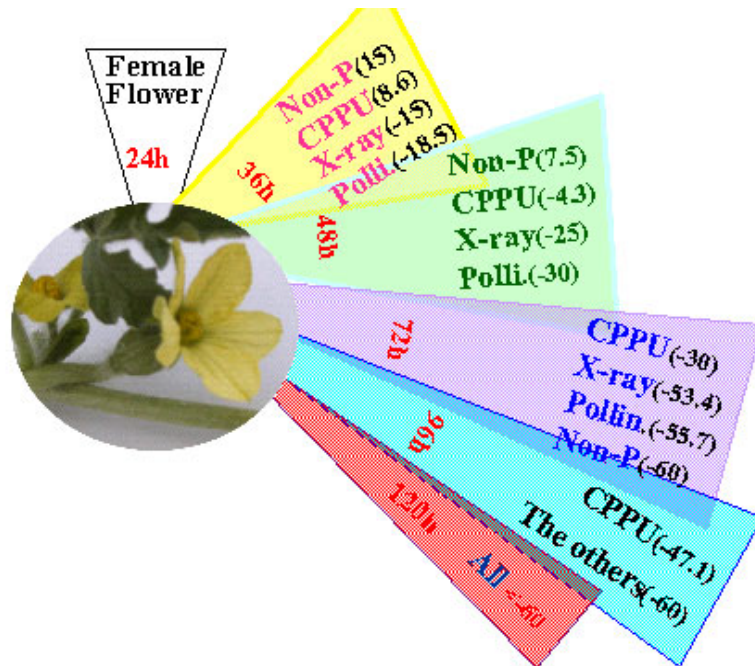


Fig. 3-11. Changes in bent degree of fruit stalk after anthesis.

수분 후 3일째는 화관이 시들고 암꽃의 자방이 신장하기 시작하였다. 암꽃은 개화 직후에는 수직방향으로 개화하였으며, 수정 후에는 서서히 과정이 굽으면서 꽃자리가 지면을 향하였다. 수정 36시간 후에는 수정된 암꽃은 줄기의 하향부위로 18.5° 가량 굽었으나 미수정된 암꽃은 줄기의 상향부위 15°를 유지하고 있었다. 그러나 개화 72시간 후에는 미수정된 암꽃이 수정된 암꽃에 비하여 일찍 고사되는 경향을 보였다. 수정 후 과정은 수정여부와 상관없이 신장하였으나 수정된 암꽃의 자방은 계속적으로 신장하지만 미수정된 암꽃은 신장되지 않았다(표 3-6).

Table 3-6. Changes in pedicel and ovary growth after anthesis as affected by pollination.

(unit: cm)

Organ	Treatment	Days after anthesis				
		0	1	2	3	4
Pedicel	Non-pollination	2.30	2.70	3.45	3.79	4.50
	Pollination	2.14	2.66	3.39	3.74	4.56
	Soft-X ray-pollen	2.69	2.69	3.30	3.71	4.48
Ovary	Non-pollination	1.45	1.50	1.65	1.80	1.82
	Pollination	1.43	1.57	2.04	2.57	2.91
	Soft-X ray-pollen	1.44	1.50	1.68	2.14	2.64

바. 착과특성

수꽃의 개화 및 개약은 환경조건에 영향을 크게 받는다. 특히 시설재배에서는 일사량이 부족하거나 과번무한 상태에서는 화분이 생성되지 않을 수도 있으며, 심할 경우에는 수꽃의 발아율도 억제되어 제기능을 하지 못하는 경우가 발생된다. 이와같이 수꽃의 장애에 의한 착과불량을 해결하기 위하여 꽃가루를 저장하여 이용한다. 아침기온이 낮은 조건에서는 저장화분을 이용하면 개화당일 수꽃으로 수정시킨 것보다 착과율을 훨씬 높일 수 있다. 그러나 실온에 방치하면 24시간 이내에 변질되어 사용하지 못하며, 화분저장은 습도를 줄이고 건조한 상태를 유지하는 것이 가장 중

요하다. 화분의 저장성은 온도와 습도에 따라서 영향을 받는데, 실온에서도 건조기에 넣어두면 발아율은 1일까지, 화분관 신장은 2일까지 전혀 차이가 없으며, 5일 후에도 50%이상 화분 발아력을 유지시킬 수 있다. 화분은 맑은 날에 채취하여, 플라스틱병이나 유리병(200~300 ml)을 이용하면 좋다.

암꽃은 씨방이 크고, 꽃자루가 긴 것이 착과율이 높고, 과실의 생육도 잘 된다. 만약 수정시 암꽃의 주두위에 꽃가루가 적게 묻거나 화분관이 신장하지 못하면 수정이 완전치 못하여 기형과 발생이 증가한다(그림 3-12).



Fig. 3-12. Abnormal fruit growth because of pollination disorder.

3. 씨없는 수박생산

가. 불임화분을 이용한 씨없는 수박 유도

수박재배시 착과보조제는 교배기의 환경불량, 과번무한 초세 등 꽃가루의 활성이 저하되어 착과가 다소 불안하다고 생각될 때 이용한다. 착과보조제는 주로 인공수분을 시킨 후에 과경부위에 도포하여 착과율을 높이는 역할을 하고있다. 그러나 환경조건이 좋을 때는 꽃가루의 기능을 오히려 저해하거나 과실에 열과가 생길 수도 있기 때문에 여러 가지 환경 및 생육상황을 고려하여 처리한다. 한편, 최근에 시판되고 있는 fulmet(CPPU)는 하우스재배 수박의 착과를 안정시키고, 씨없는 양질의 과실을 생산하기 위해서 개화당일 20배액 (50 ppm)을 과경이나 자방부위에 처리하고 있다. Fulmet을 처리한 과실은 착과 후 10-15일경 급속한 분열과 비대가 이루어지므로 초기 열과가 발생되기 쉽고 당도가 낮은 편이다. 따라서 인위적인 토양수분 관리가 곤란한 포장이나 양성화에는 사용하지 않는 것이 좋다.

Table 3-7. Effect of pollen treatment methods on fruit set, parthenocarpy, and total soluble solid (TSS) contents of 'Festival' watermelon.

Fruit types	Pollination methods	Fruit set (%)	Parthenocarpy (%)	TSS (°Bx)
Large	Control	84	0	10.5
	CPPU	100	98	10.6
	Soft X-ray	90	75	11.6
Middle	Control	65	0	10.1
	CPPU	97	96	10.2
	Soft X-ray	92	70	10.5
Small	Control	55	0	10.9
	CPPU	97	96	10.9
	Soft X-ray	85	65	11.5

수박의 단위결과유도는 사이토키닌류의 CPPU와 soft X-ray 조사 화분을 이용하여 씨없는 수박을 유도한 결과 착과율은 일반적인 인공수정에 비하여 높게 나타났다. 착과율과 단위결과 유도에 있어서 CPPU처리시 각각 95% 이상 유도되었으며, soft X-ray 조사 화분도 무처리보다 착과율이 높게 나타났다. 당도는 soft X-ray 조사 화분을 이용한 단위결과유도시 가장 높은 경향이였으며, 과중은 처리간에 유의성은 나타나지 않았다(표 3-7).

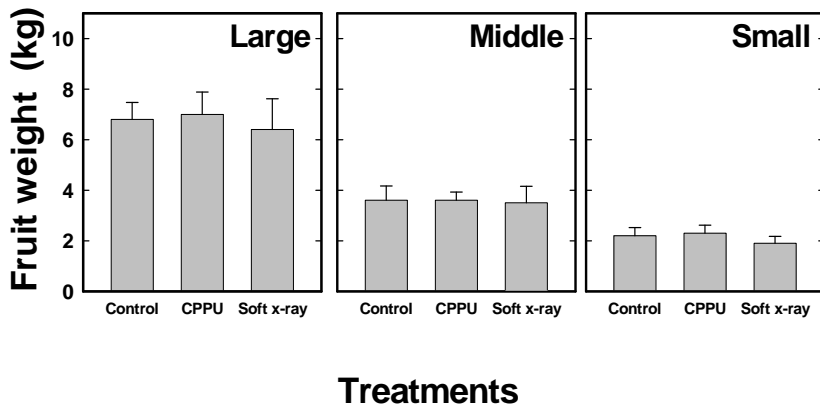


Fig. 3-13. Effect of pollen treatment methods on fruit weight of watermelon.

수박의 단위결과유도는 사이토키닌류의 CPPU와 soft X-ray 조사 화분을 이용하여 씨없는 수박을 유도한 결과 착과율은 일반적인 인공수정에 비하여 높게 나타났다. 착과율과 단위결과 유도에 있어서 CPPU처리시 각각 95% 이상 유도되었으며, soft X-ray 조사 화분도 무처리보다 착과율이 높게 나타났다. 당도는 soft X-ray 조사 화분을 이용한 단위결과유도시 가장 높은 경향이였으며, 과중은 처리간에 유의성이 없었다.

반축성 재배를 기준으로 4월 하순 착과시 착과율은 70%정도 나타나는데, soft X-ray 처리화분 및 CPPU를 이용했을 때 착과율을 90%를 보였다. Sugiyama와 Morishita (2000)는 soft X-ray 조사화분은 착과율에 큰 영향을 주지 않는다고 하였

으며, 하우스내의 저온과 다습이 개약을 방해하여 착과에 문제가 된다고 하였다. 새벽에 채취하여 90분 동안 soft X-ray을 처리하면 처리상의 온도에 의하여 개약이 촉진되는 경향을 보였다. 그 결과 soft X-ray 조사화분은 무처리 화분에 비하여 착과율이 20%, 당도도 더 향상되는 결과를 보였다. 한편 soft X-ray 단독 처리에서는 70%정도만 단위결과가 유도되었다. 이는 soft X-ray 처리화분에 의하여 수정시켰다 하더라도 오염이나 처리상 문제로 인하여 씨가 생기는 경우도 발생하는 것으로 추정된다. 수확일수는 soft X-ray 처리구와 무처리구는 동일하였으나 CPPU 처리구는 수확시기가 약 5일정도 지연되는 경향을 보였다. soft X-ray 처리구는 CPPU 단독처리구보다 수확량과 과피두께가 감소되는 경향을 보였으나 CPPU 처리구는 미숙종자가 크게 남아있는 것이 문제점으로 나타났다(그림 3-14).

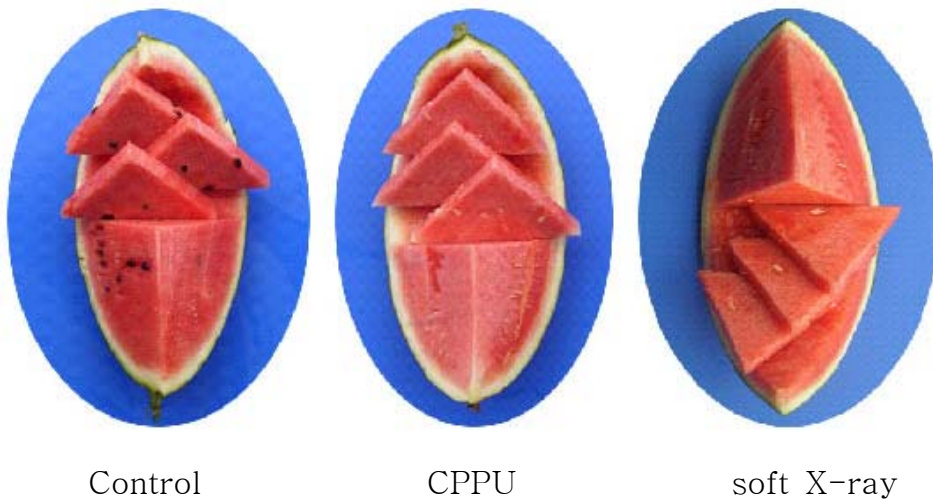


Fig. 3-14. Parthenocarpy of watermelon

나. Soft X-ray 처리 화분을 이용한 씨없는 수박 생산

씨없는 수박생산에 soft X-ray 처리한 화분의 인공수분의 효과를 조사한 결과는 표 3-8과 같다. Soft X-ray을 이용한 씨없는 수박은 관행의 인공수분을 재배한 수박과 비교하여 상품과율이 차이가 없었으며 오히려 착과율이 90%로 일반수박보다 20% 더 높았다. Soft X-ray 화분처리로 70%의 씨없는 수박이 생산되었다. Soft X-ray을 이용한 씨없는 수박의 생산효율은 72%로 일반수박 56%보다 16% 향상되었고, 당도는 12.0°Bx 더 높게 나타났다. 과피두께는 무처리·처리구간 모두 11 mm로 처리간 차이가 없었으나 과육경도는 soft X-ray 조사구가 낮았다. 결과를 종합해 볼 때 soft X-ray 조사 화분은 씨없는 수박생산에 효과적인 것으로 나타났다.

Table 3-8. Effect of soft X-ray on parthenocarp and other fruit characteristics of 'Festival' watermelon

Treatment	Control	X-ray
Fruit set (%)	70	90
Fruit weight (kg)	7.3	7.1
Marketable fruits (%)	80	80
Fruit production efficiency (%)	56	72
Seedlessness (%)	0	70
Rind thickness (mm)	11.4	11.2
Total soluble solid (°Brix)	10.8	12.0
Tissue hardness (taste)	medium	soft

4. 화분의 종류와 양이 과실 발육에 미치는 영향


가. 화분의 종류가 과실의 발육에 미치는 영향

원줄기에 개화된 3번째 암꽃(18~21마디)에 과실의 종류별(대과종, 중과종, 소과종)로 서로간 인공수분 후 착과율과 과실의 형태를 조사한 결과는 표 3-9와 같다.

착과율은 소과종이 56%로 가장 낮았고, 중과종은 74%, 대과종은 75%로 대과종과 중과종은 비슷한 착과율을 나타냈다. 소과종 암꽃에 대과종 수꽃으로 인공수분한 조합을 제외한 모든 교배조합이 56%이상의 착과율을 나타내어 수꽃과 암꽃의 품종에 상관없이 서로간에 친화력이 있는 것으로 판단된다.

과실의 특성은 수꽃의 종류에 상관없이 완전 모계형질을 따르고 있다(표 3-9). 황피계통의 중과종 수박 암술에 어떠한 종류의 수꽃화분으로 인공수분하여도 황피계통의 과실이 착과되었다.

Table 3-9. Effect of pollen-donor cultivars on fruit set and fruit characteristics.

Cultivars		Fruit set(%)	Fruit shape	Remarks
Female	Male			
Large	× Large	75±8	Large	
	× Middle	87±9	Large	
	× Small	90±9	Large	
Middle	× Large	56±6	Middle	
	× Middle	74±5	Middle	
	× Small	65±6	Middle	
Small	× Large	43±5	Small	
	× Middle	67±8	Small	
	× Small	56±8	Small	

Large size(L), striped watermelon(Kulsubak); Middle size(M), yellow type watermelon; Small size(S), boksubak

나. 화분의 양에 따른 과실의 영향

수박은 암꽃과 수꽃이 한 식물체에 존재하는 자웅동주 식물로서 암꽃과 수꽃이 다른 단성화이지만 환경의 조건에 따라 양성화가 나타나기도 한다. 수박 자방내의 총 종자수는 종자 흔적을 포함하여 약 1,000개 정도로 있다. 그 중 수정이 된 종자는 약 400~500개 정도이다. 이러한 점에서 볼 때 수정시키기 위한 최소의 꽃가루는 1,000립 정도가 필요하며, 이 중 30%정도의 화분이 발아가 되어야 정상적인 과실로 성장할 수 있다. 저장화분을 냉장고에서 꺼내 바로 수정하면 착과율이 낮은 반면, 일정기간 실온에 순화시켜 수정시키면 착과율 및 과실의 생장이 양호한 것으로 나타났다.

암꽃과 수꽃이 수정이 되면 난세포는 곧바로 세포분열을 시작하여 조직을 분화시켜 나간다. 수정이 되면 암꽃의 주두가 순노랑색에서 검정노랑색 변화되고, 과경의 신장이 급격히 이루어져 주두가 지면을 향하고, 그후에는 꽃잎이 고사하면서 착과된 것을 알 수 있다.

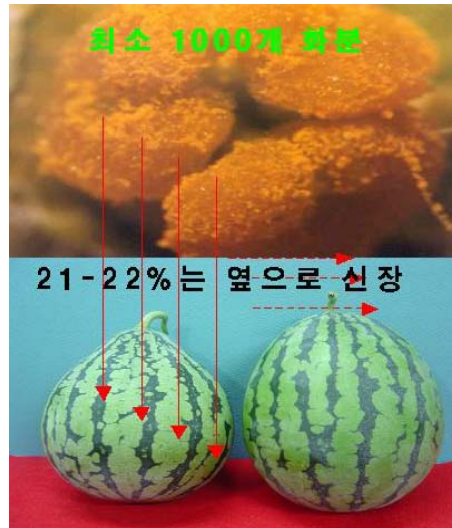


Fig. 3-15. Effect of pollen amount on fruit shapes. Left, abnormal; right, normal. More than 1,000 grains were needed to get normal shape fruits.

과채류의 생육은 크게 양적 성장과 질적 성장으로 나눌 수 있는데, 개화전 자방 발육기로부터 개화 후 20일까지는 과실의 크기가 비대되는 양적 발육기라고 볼수 있으며, 그 이후에는 품질이 결정되는 질적 발육기라고 볼수 있다. 수정이 되어 착과된 과실은 외형적으로 2일 후에 과경이 신장하고, 자방이 아래로 향하게 되면서 과실이 비대하기 시작한다(그림 3-16). 수박과 같이 큰 과실들은 착과후에도 어느정도 비대할 때까지 분열과 비대가 동시에 일어나고 있다. 최종 과일의 크기는 세포수와 세포 크기에 의하여 결정되는데, 수박의 세포비대는 초기의 300배에서 350,000배까지 확대된다. 과실이 착과된 후 전반기에는 종적 신장이 강한 반면, 후반기에는 횡적인 신장이 강하다. 수정 직후에 착과된 과실을 보면 대과로 비대할 과실은 과장이 과폭에 비하여 약간 긴 것이 대과로 발달된다(그림 3-15).

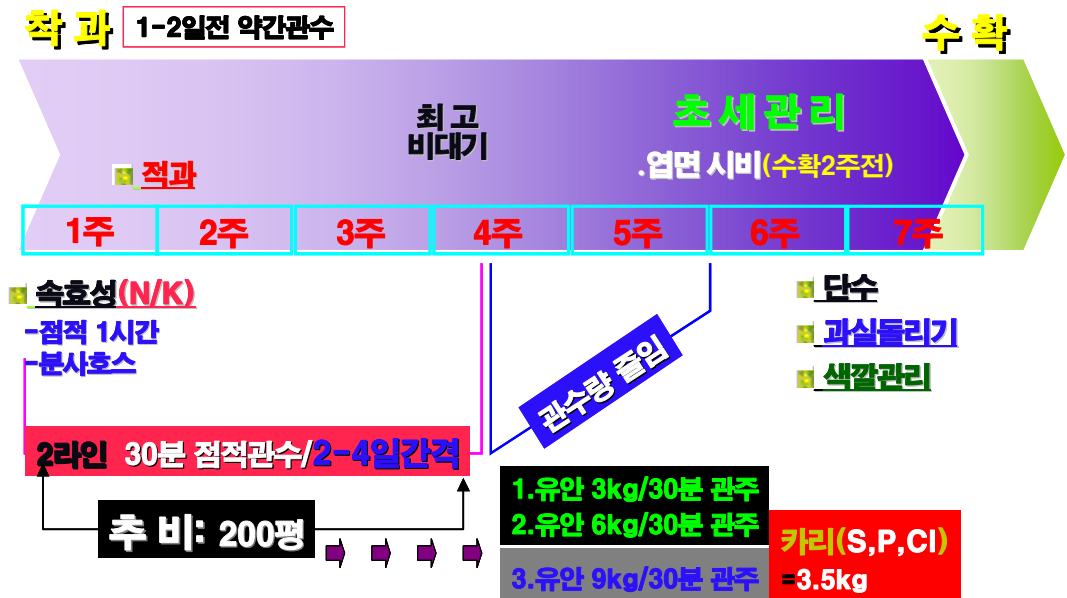


Fig. 3-16. Management of watermelon fruit after anthesis

5. 수분용 품종의 선발

다양한 품종에서 화분의 특성과 화분의 발아력 검정을 통하여 수분용 품종으로써의 특성을 가진 품종을 선발하기 위하여 농촌진흥청에 유전자원으로 보관중인 계통과 현재 시중에 유통되는 몇가지 품종을 수집하였다. 그 중에 28개 품종을 공시하여 화분의 발아율과 화분관의 신장 및 화분량을 조사한 결과는 표 3-10과 같다.

화분치상 12시간 후 발아율을 조사한 결과 품종에 따라 그 폭이 매우 컸다. 발아율은 'K004669', '908298'가 73%로 가장 높았으며 '복수박', '190110'은 각각 69%, 68%로 그다음으로 높았다. 발아율이 50%이상으로 수분용 품종으로 적합한 품종으로는 '속노랑', '삼복꿀수박', '황복수박' 등이 있었다.

발아율이 높을 수록 화분관 신장속도가 빨랐지만 처리간의 유의차이는 없었다. 12시간동안 화분관신장이 가장 많이 이루어진 것은 '119740'이었고, '무등산', '복수박', '05-09' 품종등이 비교적 화분관 신장이 많이 이루어졌다.

10개의 꽃에서 채취한 화분량은 '황복', 'GW24', '190110'이 14 mg으로 가장 많았고, '삼복꿀수박', '속노랑', 'K004673'은 13 mg, '복수박', '골든볼', '119740', '119860'은 12 mg으로 수분용 품종으로 화분량이 많았다(표 3-10).

겨울철 재배에서 화분량, 화분관 신장, 화분의 발아율 뿐만 아니라 재배적가치 등을 고려할 때 '삼복꿀수박', '속노랑', '복수박' 등이 수분용 품종으로서 적합한 것으로 판단된다.

Table 3-10. Comparison of percent pollen germination, pollen tuber growth, and pollen yield of various cultivars. Germination was determined 12 hours after bedding at 30°C.

No.	Cultivars	Pollen germination (%)	Pollen tube growth ($\mu\text{m}/\text{h}$)	Pollen yield (mg/10flowers)
A	Mudungsan	48 \pm 5.0 ^z	778 \pm 97	8 \pm 1.2
B	K004673	32 \pm 4.2	288 \pm 36	7 \pm 0.7
C	K004669	73 \pm 3.8	329 \pm 41	13 \pm 0.9
D	Hwangbok	61 \pm 11.9	581 \pm 73	14 \pm 1.2
E	05-09	60 \pm 14.5	634 \pm 79	11 \pm 1.4
F	K019034	24 \pm 3.8	770 \pm 96	6 \pm 1.0
G	190065	28 \pm 4.1	329 \pm 41	7 \pm 1.1
H	908298	73 \pm 7.3	542 \pm 68	7 \pm 1.0
I	190101	42 \pm 4.5	497 \pm 62	8 \pm 2.6
J	110899	49 \pm 4.7	360 \pm 45	6 \pm 1.3
K	190114	48 \pm 4.3	518 \pm 65	8 \pm 1.8
L	190079	25 \pm 5.1	540 \pm 68	8 \pm 0.7
M	190067	13 \pm 3.6	391 \pm 49	5 \pm 0.5
N	019018	11 \pm 0.3	806 \pm 101	4 \pm 0.7
O	904406	51 \pm 12.3	497 \pm 62	8 \pm 1.2
P	GW 24	65 \pm 6.6	305 \pm 38	14 \pm 1.7
Q	199801	18 \pm 3.7	391 \pm 49	6 \pm 0.6
R	Soknorang	65 \pm 1.8	593 \pm 74	13 \pm 1.1
S	Sambokkul	57 \pm 5.1	346 \pm 43	13 \pm 1.0
T	104713	19 \pm 4.7	456 \pm 57	12 \pm 2.1
U	199860	40 \pm 5.3	653 \pm 82	10 \pm 1.7
V	119740	29 \pm 16.8	994 \pm 124	12 \pm 1.0
W	190110	68 \pm 8.6	511 \pm 64	14 \pm 1.2
X	199733	34 \pm 6.5	353 \pm 44	11 \pm 1.0
Y	Goldenball	37 \pm 5.8	374 \pm 47	12 \pm 1.1
Z	209416	38 \pm 0.9	770 \pm 96	10 \pm 0.7
a	190120	22 \pm 3.5	504 \pm 63	7 \pm 0.8
b	Boksubak	69 \pm 3.6	626 \pm 78	12 \pm 1.3

^z Mean \pm SE

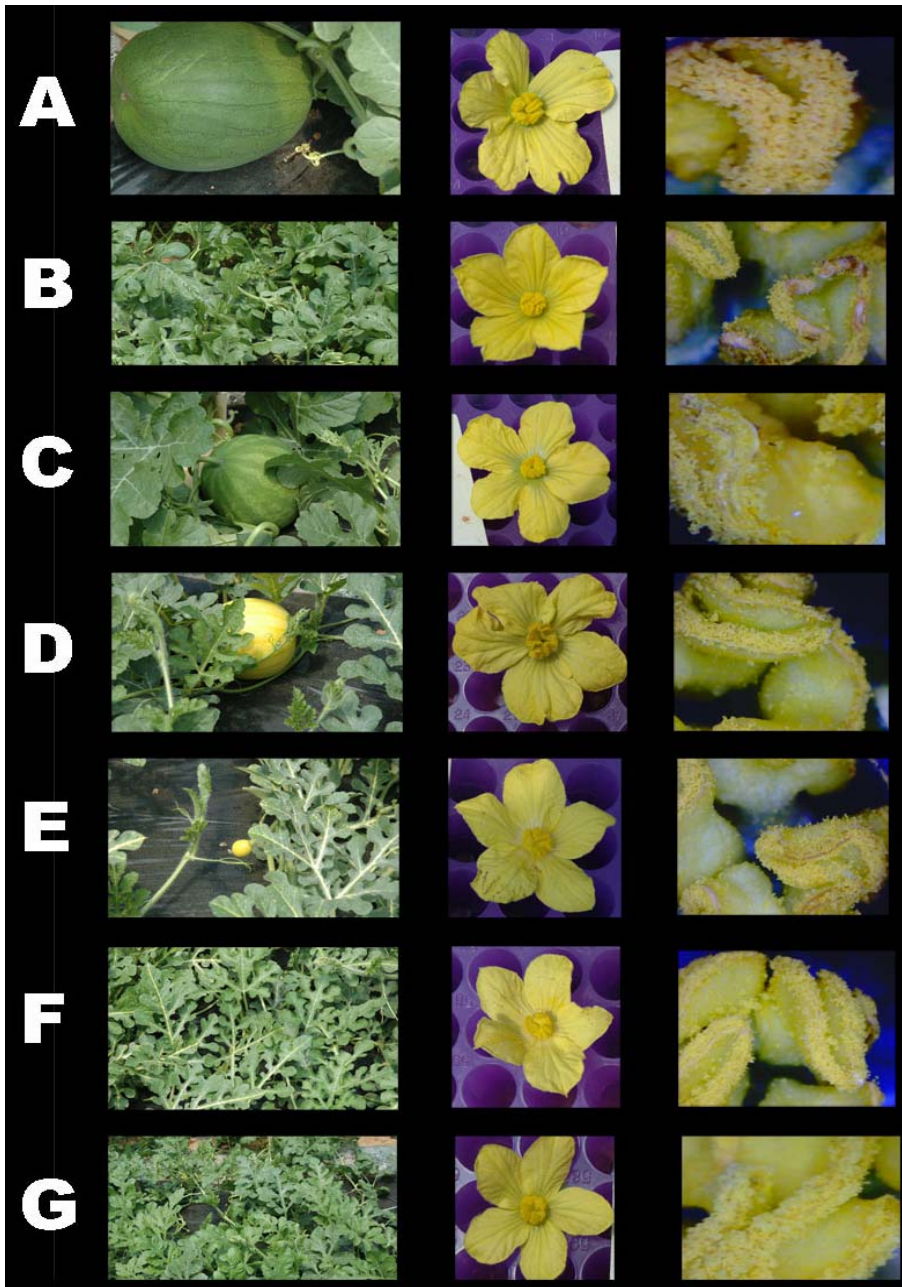
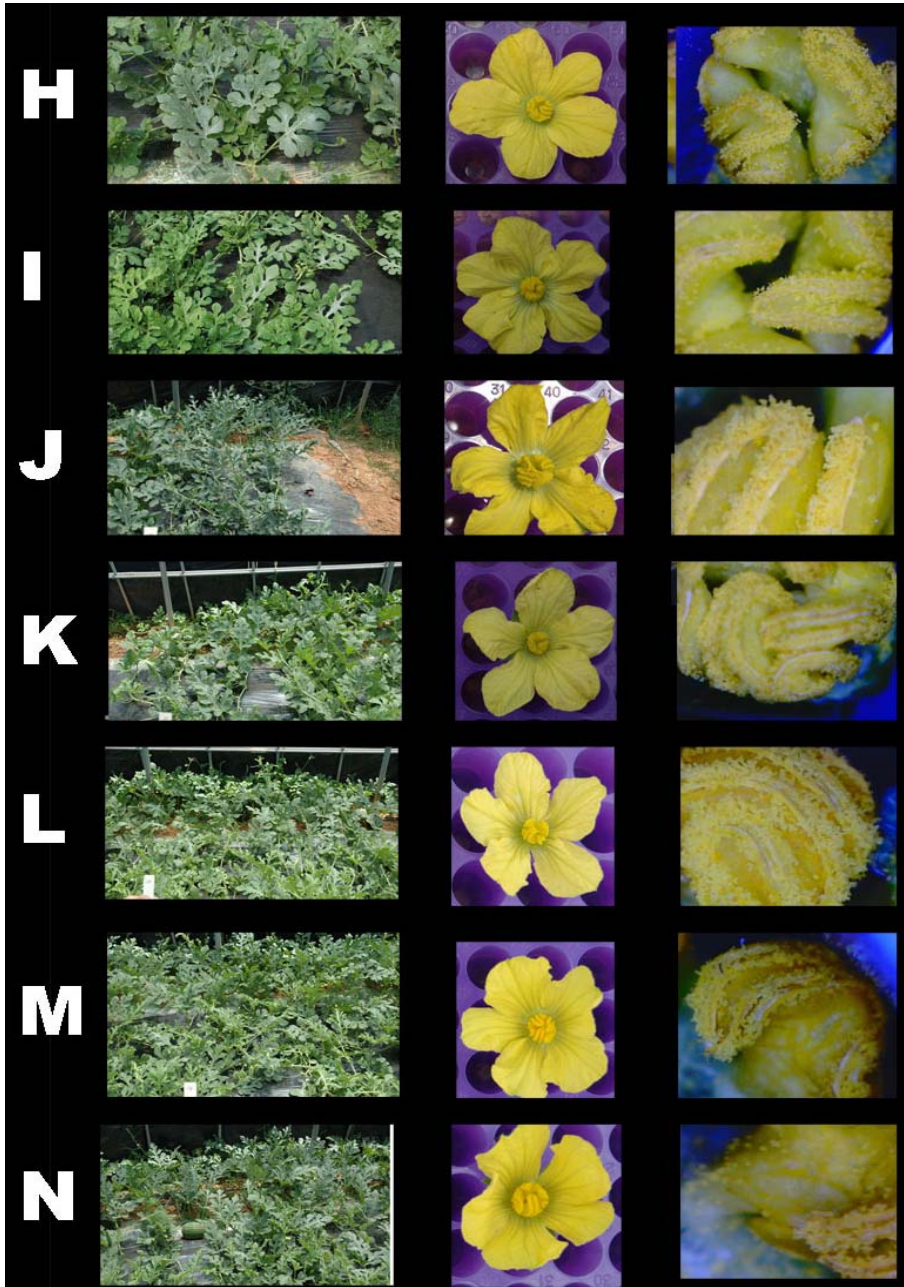
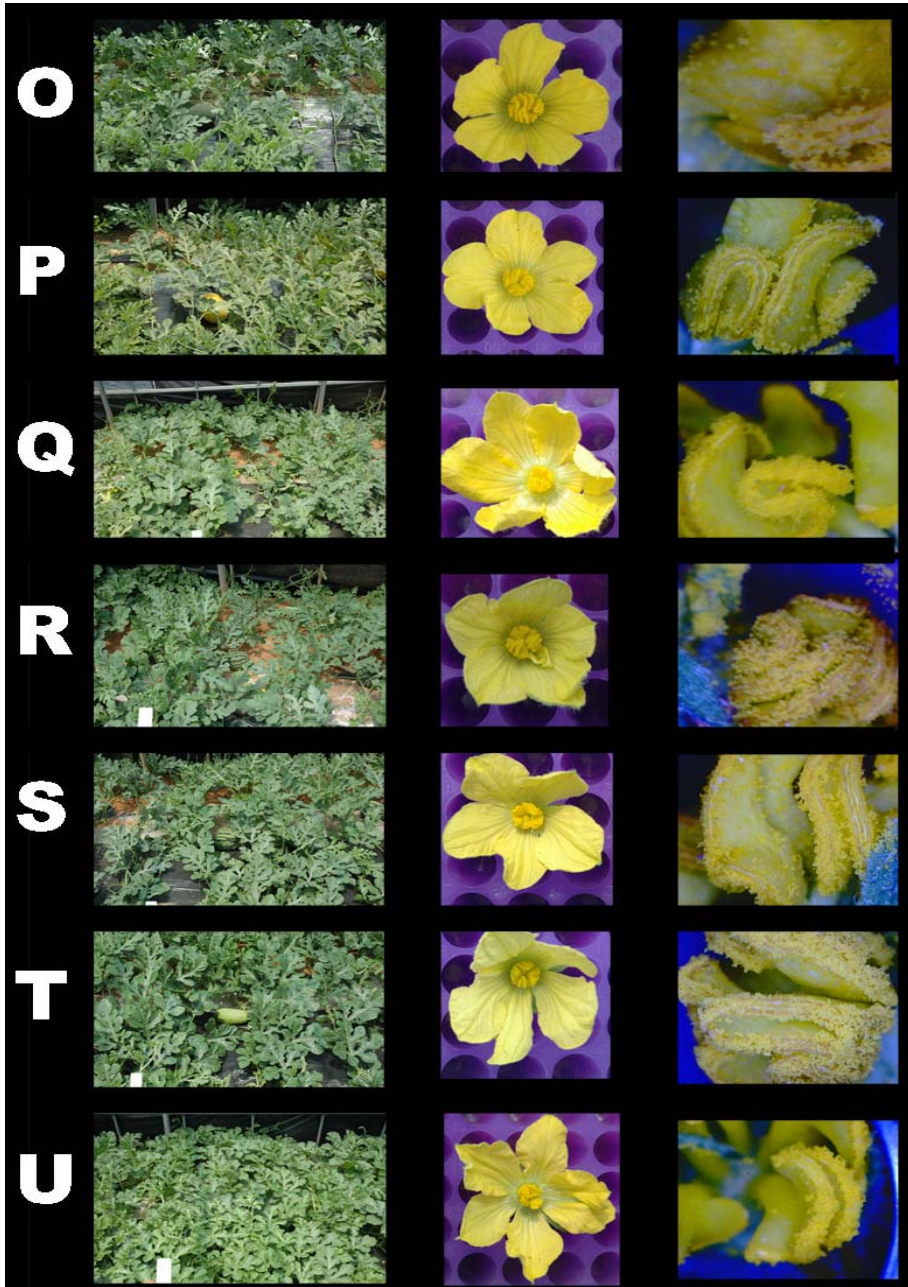


Fig. 3-17. Comparison of growth, flower shape and pollen production as affected by cultivars (See Table 3-8 on page 139)







6. 인터넷 홈페이지 구축

가. 홈페이지 구성

고품질의 생력화된 수박의 생산을 위한 과정 중 수정은 생산량과 생산과실의 품질을 결정짓는 중요한 작업 중 하나이다. 점차 재배작형이 저온기로 당겨지고 있는 실정이다. 저온기 재배에서 문제점 중 인공수분을 통한 고품질 착과 및 생산이 가장 문제가 되고있다. 고품질의 산물을 생력화 생산을 위해 인공수분에 요구되는 여러 가지 인적, 시간적, 물적 투자를 감소시킬 수 있는 효율적인 물류관리를 위해 인공수분에 필요한 화분의 생산과 여러 가지 컨설팅 창구를 인터넷 홈페이지를 통하여 구현하고자 홈페이지를 구축하였다. 기존의 배, 키위의 화분은행과 연동하여 이용할 수 있도록 구성하였다. 보다 쉽게 농가들과 접촉할 수 있도록 현실성있는 대화의 창구를 개설하였고, 실시간으로 많은 정보를 쉽게 공유할 수 있는 장소가 될 수 있도록 다양한 게시판을 운영하였다. 화분의 공급체계와 홈페이지 구성내용은 그림 3-19와 같다. 주요내용은 연구기관 소개, 연구현황, 연구기술 및 재배기술 소개, 수박의 재배 현황 및 수요전망 예측, 보도자료, 기술상담, 화분은행 등이 있다.

홈페이지 명은 “수박연구기관 (watermelonflower)”이며 domain은 “www.watermelonflower.re.kr”이며 홈페이지의 주 화면은 그림 3-20과 같다.

	1 꽃 채취(250개/100평) - 농민	HOMPAGE CONTENTS 1. 연구기관 및 과제책임자 소개 2. 연구내용 소개 및 현황 - 화분저장 기술 및 착과안정기술 - 수박의 재배실태 및 전망(수박시험장) - 재배 및 수요전망 3. 보도자료 4. 게시판 - 기술상담 등 5. 관련사이트 6. 기술상담 7. 수박가공 및 기능성(홍보) 8. 화분은행
화 분 공 급	2 약분리 (유기용매) - 수박시험장	
	3 화분저장 (저온건조) - 수박시험장	
	4 화분발아력 검정 - 수박시험장	
체 계	5 화분공급 - 농민	

Fig. 3-18. Methods of pollen supply and homepage contents

(<http://watermelonflower.re.kr>)

수박 시장은 연 7천 5백억원으로 추산되고 있으며, 유통비용까지 합하면 약 1조 3천억원으로 추정되고 있다. 수박재배는 노지에서 시설재배로, 가격이 높은 조기출하작형으로 전환되고 있다. 축성 및 반축성 재배가 약 30%정도를 점유하고 있는데 하우스 내 저온과 일조부족으로 인한 개화 및 화분의 개약이 저조하여 착과에 문제가 되고 있다. 12월부터 이듬해 3월에는 착과율이 70%이하이며, 인공수분시기의 온도가 14℃일때는 30%정도로 매우 낮은 착과율을 보인다. 특히 저온에서는 암꽃보다는 수꽃의 개화 및 개약이 불량하여 기형과 발생이 많고, 상품률이 70~80%로 낮으며 일시수확이 어려운 실정이다. 그러나 아직까지 화분이용은 과수작물에 국한되어 있으며 채소에서는 거의 이용되지 않고 있다. 수박은 1본 1착과 재배로 대과를 생산하는데 저온기나 일조조건이 부족한 장마기에는 개약률이 낮으므로 저장화분의 이용이 시급한 것으로 판단된다. 수박의 육종이나 씨없는 수박(3n) 생산시 수분수를 최소 10~25%정도 재식하여야 한다. 그러나 저장화분을 이용한다면 수분수없이 100% 씨없는 수박의 생산이 가능하므로 재배면적당 수익성이 증대될 것이다.



Fig. 3-29. Overall views of watermelon pollen website.

국내와 같은 수박재배 조건에서는 수박화분을 저장하여 수분 및 결실이 불량한 시기에 화분을 공급함으로써 착과율과 상품과율 등을 높일 수 있으며, 같은 시기에 환경이 불량한 지역으로 쉽게 이동 가능하므로 여러 지역에 걸쳐 고른 착과율과 상품과율을 기대할 수 있다.

지역에 분산된 화분의 생산과 물류의 통합과 소요량 조사 및 소요량 예측 등이 홈페이지를 통해 실시간으로 예측가능하도록 하는 일련의 운영 프로그램은 기존에 구축된 배, 참다래 화분은행 프로그램을 보완해서 이용가능토록 관련기관 간의 긴밀한 협조가 요구된다.



Fig. 3-20. Homepage contents.

홈 / 로그인 / 회원가입 / 공지사항 / 문의게시판

수박화분연구기관 수박화분연구기관 연구보고 보도자료 게시판

www.WatermelonFlower.re.kr

WatermelonFlower

연구보고

- 연구계획서 >
- 연구보고서 >
- 학회발표자료 >
- 연구관련사진 >
 - 개화사진
 - 수박사진
 - pollen

연구관련사진 개화사진 HOME > 연구보고 > 연구관련사진 > 개화사진

개화사진 [72시간]

개화사진 [72시간]

개화사진 [48시간]

개화사진 [36시간]

개화사진 [36시간]

개화사진 [24시간]

개화사진 [24시간]

NO IMAGE

[등록하기](#)

회원가입 HOME > 회원가입

아이디	<input type="text"/>	아이디중복검사 [4자~8자리 영문, 숫자]
이름	<input type="text"/>	
비밀번호	<input type="password"/>	* 비밀번호 확인 <input type="password"/>
주민등록번호	<input type="text"/>	
이메일	<input type="text"/>	
	* 비밀번호 분실시나 메일링서비스를 위해 필요합니다.	
주소	<input type="text"/>	우편번호찾기
전화번호	선택 <input type="text"/> - <input type="text"/> - <input type="text"/> ex : 063 - 525 - ****	
핸드폰	선택 <input type="text"/> - <input type="text"/> - <input type="text"/> ex : 011 - 234 - ****	
메일수신	<input checked="" type="radio"/> 수신 <input type="radio"/> 수신거부	

[등록하기](#) [추소하기](#)

- 연구계획서
- 연구보고서
- 학회발표자료
- 연구관련사진

- 개화사진
- 수액사진
- pollen



번호	제목	작성자	등록일	조회
10	건도보고서 3 [제 1 과제]	관리자	2006-02-28	33
9	건도보고서 1 ~ 2	관리자	2006-02-28	39
8	건도보고서	관리자	2006-02-28	38
7	수박학과 (6) 생식성장/영양성장	관리자	2006-02-27	18
6	수박학과 (5) 제초제도	관리자	2006-02-27	12
5	수박학과 (4) 수분과 학과제 시용	관리자	2006-02-27	11
4	수박학과 (3) 수박품종의 다양화	관리자	2006-02-27	12
3	수박학과 (2) 실험 수박 가격 폭락	관리자	2006-02-27	7
2	수박학과 (1) 우리나라 수박 조상근지..	관리자	2006-02-27	25
1	수박학과	관리자	2006-02-27	20

[1]

제목 검색하기

7. 적요

수박의 개화습성을 보면 주로 새벽에 개화하며, 오전에는 수정능력이 양호하지만 오후에는 갑자기 떨어진다. 수꽃의 수명은 약 1일 정도로 짧다. 암꽃은 초기에는 수직 방향으로 개화하다가 수정이 되면서 과경이 신장하고 지면으로 굽게된다. 수꽃의 화분이 암꽃의 주두에 충분한 양이 있어야 기형과의 발생율이 감소된다.

씨없는 수박의 소비율은 점차 증가 추세에 있는데 여러 가지 방법을 통하여 씨없는 수박을 유도할 수 있다. CPPU를 이용한 씨없는 수박은 50 ppm 자방처리에서 착과 및 상품과율이 높았으며, 1000 ppm 처리에서는 거의 열과되는 현상을 보였다. 또한 CPPU 처리에서는 수확기가 무처리보다 5일가량 지연되는 경향을 보였으며, 과피 두께도 두껍게 나타났다.

Soft X-ray 조사화분을 이용한 씨없는 수박은 무처리 구에 비하여 당도가 1°Bx 정도 상승되었으나 오염으로 인해 종실률이 30%정도를 보였다. 처리별 과중은 초기에는 CPPU 처리에서 높은 경향이었으나 수확기에는 큰 차이가 없었다.

화분에 관련한 홈페이지는 www.watermelonflower.re.kr로 착과기술 및 수박의 영농상담이 이루어지고 있다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술 정보

제 7 장 참고문헌

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1 절 연구개발목표의 달성도

연구개발 목표	수행내용	달성도
■ 화분의 활력 증진 및 저장기술 확립		
▶ 화분의 특성	⇒ 화분의 적정 발아와 신장의 조건 구명 ⇒ 화분의 발아생리 탐구, 생리적 변화, 저장물질의 이동 및 변화	100
▶ 화분 활력 증진	⇒ 화분의 활력에 미치는 영향 조건 검토 (온도, 습도, 영양분)	100
▶ 유효수분 기간 증대	⇒ 화분, 암술의 활력 증대 조건 구명	100
▶ 화분의 저장 기간 비교	⇒ 품종간 저장력 비교, X-ray처리 화분, 4배체 수박화분 저장	100
▶ 화분의 저장력 증대방안 (저장조건)	⇒ 유기용매저장, 저온/ 건조저장	100
■ 화분의 채취 및 대량생산 기술개발		
▶ 화분채취기술 개발	⇒ 배, 참다래의 화분 채취기술 응용, 유기용매, 화분매개충을 이용한 화분 채취, 화분채취 방법 및 적기 구명	100
▶ 화분 생산량 증대 기술	⇒ 환경조건, 생장조절제, 재배방법	100
▶ 재배적 방법에 의한 화분의 저장력 증대 방안	⇒ 봉소 및 칼슘 시비, 온도	100
▶ 수분용 품종 선발	⇒ 화분 생산성, 활력, 저장성, 품질 등	100
▶ 인공수분기술 개발	⇒ 적정 증량제 및 현탁액 선발, 인공수분 방법 및 시간	100
■ 화분의 산업적 활용		
▶ 씨없는 수박 생산	⇒ x-ray 이용한 씨없는 수박 생산	100
▶ 화분종류와 양에 따른 과실의 영향	⇒ 씨없는 수박에 응용, 착과 과실의 영향 (공동과, 과신평평, 당도, 종자수 등)	100
▶ 산업적 이용을 위한 실태조사	⇒ 화분의 활용, 시장 조사,	100
▶ 인터넷을 통한 화분 은행 운영	⇒ 인터넷 홈페이지 제작 및 운영	100
▶ 농가실증 시험	⇒ 주산지역 현지포장시험	100

제 2절 관련분야의 기술발전예의 기여도

수박화분의 효율적인 저장방법 및 활력증진 기술을 개발하여 겨울철 저온기 재배에서 뿐만 아니라 강우 및 일조부족 등으로 인한 착과 불량기에 노동력 절감과 안정적인 수박생산 시스템을 확립하고자 한다. 또한 화분을 이용한 고품질의 씨없는 수박 생산을 통하여 농가 수익을 증대시키고, 화분의 저장기법 개발을 통한 육종 및 채종효율을 높여 국내 채종을 장려함으로써 해외채종으로 인한 외화 유출을 막을 수 있을 것이다.

수박은 1본 1착과 재배로 대과를 생산하는데 저온기나 일조조건이 부족한 장마기에는 개약률이 낮으므로 저장화분의 이용이 시급한 것으로 판단된다. 수박의 육종이나 씨없는 수박(3n) 생산시 수분수를 최소 10~25%정도 재식하여야 한다. 그러나 저장화분을 이용한다면 수분수없이 100% 씨없는 수박의 생산이 가능하므로 재배면적당 수익성이 증대될 것이다. 수박화분에 관련한 여러 가지 정보의 교환과 우수한 화분의 생산 및 교류에 대한 정보를 본 연구를 통하여 제작한 홈페이지에서 이루어질 수 있도록 하였다(www.watermelonflower.re.kr). 수박 화분에 관한 정보의 교환뿐만 아니라 착과기술 및 수박의 영농상담등 수박에 관한 종합적인 정보를 제공하고 있어 수박관련 농가 및 관련연구자들이 보다 효과적으로 정보교류를 할 수 있는 정보시장으로 이용될 것이다.

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

단위 결과를 유도하는 착과 촉진제가 토마토를 비롯한 일부 작물에 실용화되어 있으나 공동과나 기형과 발생이 높아 상품성을 떨어뜨린다. 이를 방지하기 위해 토마토 재배에 수정벌이나 진동수정을 이용해 수분·수정을 하는 농가가 늘고 있다. 수정벌을 이용해 생산한 토마토는 착과 촉진제를 이용한 것에 비해 공동과의 발생이 현저히 줄어들고 과실의 경도가 높아 저장성이 늘어나는 장점이 있다. 저장된 화분을 이용하여 저온기 수박재배에 사용한다면 벌을 이용하지 않고도 수정율을 높이고 과실의 품질을 향상시킬수 있을 것으로 보여진다. 수박 화분의 효율적인 저장방법 및 활력증진 기술을 개발하여 수꽃이 부족하고 화분 활력이 저하되는 저온기의 재배에서 뿐만 아니라 강우로 인한 착과 저조기에 안정적인 착과로 노동력을 절감하는데 사용할 수 있다. 또한 화분을 이용한 고품질의 씨없는 수박생산을 통하여 농가 수입을 증대시키고, 화분의 저장기법을 개발함으로써 육종에 있어서 작업을 생략화하고, 채종효율을 높임으로써 종자 등으로 인한 외화 유출을 막을 수 있다. 본 연구의 결과는 수박이외의 박과작물, 나아가서는 채소류의 화분에 적용될 수 있으며, 재배 뿐만 아니라 육종에 있어서도 교배시에 화분을 채취할 수 없는 불량한 환경이나, 교잡 대상이 원거리에 있거나, 개화기가 다를 때 효과적으로 이용할 수 있다.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술 정보

해당사항 없음

제 7 장 참고문헌

- Abeles, F.B. and Rubinstein.** 1964. Regulation of ethylene evolution by auxin. *Plant Physiol.* 39: 963-969.
- Adaniya, S.** 2001. Optimal pollination environment of tetraploid ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) evaluated by in vitro pollen germination and pollen tube growth in styles. *Scientia Horticulturae* 90: 219-226
- Aloni, B., M. Peet, M. Pharr, and L. Karni.** 2001. The effect of high temperature and high atmospheric CO₂ on carbohydrate changes in bell pepper (*Capsicum annuum*) pollen in relation its germination. *Physiologia Plantarum.* 112: 505-512.
- Arsky, V., D. Garrido, N. Eller, J. Tupy, O. Vicente, F. Schoffl and E. Heberle-Bor.** tobacco pollen embryogenesis by starvation. *Plant Cell Environ.* 18: 139-147.
- Arsky, V., V. Apkova, E. Hrabtova and J. Tupy.** 1985. Protein changes during pollen development in *Nicotiana tabacum* and L. *Biol. Plant.* 27: 438-444.
- Bang, C.S., C.Y. Song, J.S. Song, K.Y. Huh and H.K. Kim.** 1996. Effects of pretreatment, storage methods and preservative solution on vase life and quality of *Dianthus barbatus* "Kag Kwang". *RDA. J. Agri. Sci.* 38: 621-626.
- Baxter, P.** 1970. *The Flower Process- a New Theory.* Ed. C.J. Carr. Proc. 7th Int. Conf. Growth Subst. Canberra, Australia. Springer-Verlag. New York.
- Bergerth, F.** 1979. Calcium-related physiological disorder of plants. *Ann. Rev. Phytopathol.* 17: 97-122.
- Bradford, M.M.** 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* 17: 248-254.
- Brain, P. and J.J. Landsberg.** 1981. Pollination, initial fruitset and fruit drop in apples: Analysis using mathematical models. *J. Hort. Sci.* 56: 41-54.
- Brown, P.H. and H. Hu.** 1996. phloem mobility of boron is species dependent. Evidence for phloem mobility in sorbitol rich species. *Ann. Bot.* 77: 497-505.
- Brown, P.H. and B.J. shelp.** 1997. Boron mobility in plant *Soil* 193: 85-101.
- Brewbaker J.L and B.H. Kwack.** 1963. The essential role of calcium ion in pollen germination and pollen tube growth. *Amer. J. Bot.* 50:747-858.
- Bustan, A. and E.E. Goldschmidt.** 1998. Estimating the cost of flowering in a grapefruit tree. *Plant Cell Environ.* 21: 217-224.
- Callan, N.W., M.M. Thompson, and M.N. Westwood.** 1978. Effects on fruit set of Italian prune following fall foliar and spring B sprays. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103:253-257.
- Callan, N.W. and P.B. Lombard.** 1978. Pollination effects on fruit and seed

- development in 'Comice' pear. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103: 496-500.
- Chailakhyan, M.K.** 1968. Internal factors of plant flowering. Ann. Rev. Plant Physiol. 19: 1-36.
- Cheon, B.D., J.S. Kang, and Y.H. Choi.** 1999. Effect of sucrose, calcium, and boron added in the medium on pollen germination of peach (*Prunus persica* SIEB.). J. Agri. Tech. Dev. Inst. 3: 34-38.
- Cheon, B.D., J.S. Kang, and Y.H. Choi.** 1999. Effect of amino acid, polyanime, and flavonoid on the pollen germination of peach (*Prunus persica* SIEB.) under low temperature conditions. J. Agri. Tech. Dev. Inst. 3: 39-44.
- Cho, K.S.** 2000. Study on technique establishment for artificial pollination in pear (*Pyrus pyrifolia*). MS Diss., Sunchon Natl. Univ., Sunchon, Korea.
- Chrispeels, M.j., N.M. Crawford, and J.I. Schroeder.** 1999. Proteins for transport of water and mineral nutrients across the membranes of plant cells. Plant Cell 11: 661-675.
- Compton, M.E., Gray. D.J., Elmstrom, G.W.,** 1996. Identification of tetraploid regenerants from cotyledons of diploid watermelon cultured in vitro. Euphytica 87,165-172.
- Crane, J.C. and I.A. Shalan.** 1977. Carbohydrate and nitrogen levels in pistachio as related to shoot extension and yield. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102: 396-399.
- Davis. J.S., and Gander.** 1967. A re-evaluation of the Roe procedure for the determination of fructose. Anal. Biochem. 19: 72-79.
- Derksen, J., T. Ruttens, T. Amstel, A. Win, F. Doris, and M. Steer.** 1995. Regulation of pollen tube growth. Acta Bot. Neerl. 44: 93-119.
- DeGranof-Hoffman, G., S.A. Roth, and G.M. Lopper.** 1989. ALMOPOL: A cross-pollination and nut set simulation model for almond. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114: 170-176.
- Dickinson, D.B.** 1967. Germination of lily pollen: respiration and tube growth. Science. 150:1818-1819.
- Dorne, A.J., R. Kappler, U. Kristen and E. Heinz.** 1988. Lipid metabolism during germination of tobacco pollen. Biochemistry. 27: 2027-2031.
- Egea, J. and L. Burgos.** 1995. Doublekerneled fruit in almond (*Prunus dulcis* Mill.) as related to pre-blossom temperature. Ann. Appl. Biol. 126: 163-168.
- Fan, L.M., Y.F. Wand, H. Wang, and W.H. Wu.** 2001. In vitro Arabidopsis pollen germination and characterization of the inward potassium currents in Arabidopsis pollen grain protoplasts. J. Exp. Bot. 52:1603-1614.
- Feijo, J.A., R. Malho, and G. Obermeyer.** 1995. dynamics and its possible role during in vitro pollen germination and tube growth. Protoplasma 187: 155-167.
- Fleischer, A., C. Titel, and R. Ehwald.** 1998. The boron requirement and cell wall properties of growing and stationary suspension-cultured *Chenopodium album* L. cells. Plant Physiol. 117: 1401-1410.

- Fogle, H.W.** 1977. Identification of tree fruit species by pollen ultrastructure. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 102: 548-551.
- Frankis Jr, R.C.** 1990. RNA and protein synthesis in germinating pine pollen. *J. Exp. Bot.* 41: 1469-1473.
- Franklin-Tong, V.E., G. Hackett, and P.K. Helper.** 1997. Ratio-imaging of Ca²⁺ ion in the self-incompatibility response in pollen tubes of *Papaver rhoeas*. *Plant J.* 12: 1375-1386.
- Freeman, D.C., and J.J. Vitale.** 1985. The influence of environment on the sex ratio and fitness of spinach. *Botanical Gazette* 146: 137-142.
- Garcia-Luis, A., F. Fornes, and J.L. Guardiola.** 1995. Leaf carbohydrates and flower formation in Citrus. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120: 222-227.
- Goldbach, H.E., J.B. Grill, N. Lendman, M. Porzelt, C. Hormann, B. Lupp, and B. Gessmer.** 1991. Influence of boron on net proton release and its relation to other metabolic processes. *Cur. Top. Plant Biochem. Physiol.* 10: 195-220.
- Goldschmidt, E.E., N. Aschkenazi, Y. Herzano, A.A. Schaffer, and S.P. Monselise.** 1985. A role for carbohydrate levels in the control of flowering in citrus. *Scientia Hort.* 26: 159-166.
- Gonzalez, M.V., M. Coque, and M. Herrero.** 1995. Stigmatic receptivity limits the effective pollination period in kiwifruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120: 199-202.
- Hanson, E.J.** 1991. Movement of boron out of tree fruit leaves. *HortScience* 26: 271-273.
- Hanson, E.J., M.H. Chaplin, and Breen.** 1985. Movement of foliar applied boron out of leaves and accumulation in flower buds and flower parts of Italian prune. *HortScience* 20: 747-748.
- Hayata, Y., Niimi, Y., Iwasaki, N.,** 1995. Synthetic Cytokinin-1-(2-chloro-4pyridyl) -3-phenylurea (CPPU) promotes fruit set and induces parthenocarpy in watermelon. *J. AM. Soc. Hort. Sci.* 120, 997-1000.
- Herrero, M.** 1992. From pollination to fertilisation in fruit trees. *Plant Growth Regul.* 11: 27-32.
- Heslop-Harrison, Y. and K.P. Shivanna.** 1977. The receptive surface of the angiosperm stigma. *Ann. Bot.* 41: 1233-1258.
- Heslop-Harrison, Y. and Heslop-Harrison.** 1992. Germination of monocot angiosperm pollen: Evolution of the actin cytoskeleton and wall during hydration, activation and tube emergence. *Ann. Bot.* 69: 385-394.
- Himelrick, D.G.** 1981. Determination of total and calcium in apple leaf and fruit tissues. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 106: 619-621.
- Hooker, H.D.** 1920. Seasonal changes in chemical composition of apple spurs. *Mo. Agr. Exp. Sta. Bull.* 40: 1-51.
- Hruba, P. and J. Tupy.** 1999. N-glycoproteins specific for different stages of microspore and pollen development in tobacco. *Plant Science* 141: 29-40.

- Hu, H. and P.H. Brown.** 1994. Localization of boron in cell wall of squash and tobacco and its association with pectin: Evidence for a structural roles of boron in the cell wall. *Plant Physiol.* 105:681-689.
- Ihova, L., V. apkoba and J. Tupy.** 1996. Changes in glycoprotein patterns associated with male gametophyte development and with induction of pollen embryogenesis in *Nicotiana tabacum* L. *J. Plant Physiol.* 147: 573-581.
- Ikeda, S., J.B. Nasrallah, R. Dixit, S. Press, and M.E. Nasrallah.** 1997. An aquaporin-like gene required for the Brassica self-incompatibility response. *Science* 276: 1564-1566.
- Jaffe, L.A., M.H. Weisenseel, and L.F. Jaffe.** 1975. Calcium accumulations within the growing tips of pollen tubes. *J. Cell Biol.* 67: 488-492.
- Kaneko, S.T., T. Ishii, and T. Matsunaga.** 1997. A boron rhamnogalacturonan II complex from bamboo shoot cell walls. *Phytochemistry* 44: 243-248.
- Keita, S. and M. Masami.** 2000. Production of seedless watermelon using soft-X-irradiated pollen. *Scientia Horticulturae.* 84:255-264.
- Kihara, H.** 1951. Triploid Watermelon. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 58, 217-230.
- Kihara, H.** 1958. Breeding of seedless fruits. *Seiken Ziho* 9, 1-7.
- Kihara, H. Nishiyama, I., 1947.** An application of sterility of autotriploids to the breeding of seedless watermelons. *Seiken Ziho* 3, 93-103(in Japanese with English summary).
- Kim, H.Y.** 1997. Effect of sucrose, GA₃, BA treatment on the vase life of cut flower of *Lilium × elegans* 'Pollyana'. *Tech. Review of Catholic Univ. of Taegu-Hyosung Korea.* 56: 145-152.
- Kim, H. T. and D. S. Park.** 1991. Effect of stored pollen and BA treatment on fruit set of watermelon (*Citrullus vulgaris*). *Res. Rept. RDA(H)* 33(3):29-34.
- Kim, J.K., H.C. Lee, I.K. Yoon, H.S. Park, and B.W. Moon.** 2001. Newly-Developed Pollen Extender Use for Artificial Pollination in Fruit Tree. *Kor. J. Hort. Sci. & Technol.* 19: 65.
- Kim, T.H. and B.H. Kim.** 1996. Ammonia microdiffusion and colorimetric method for determining nitrogen in plant tissues. *J. Korean Grassl. Sci.* 16: 253-259.
- Kim, W. S., S. H. Lee, K. H. Lim, Y. S. Cho, S. O. Oh, J. A. Cho, and J. A. Lee.** 2003. Studies of effective pollen production methods and utilization program by internet market in pear and kiwi fruit.
- Kobayashi, M., T. Matoh, and J. Azuma.** 1996. Two chains of rhamnogalacturonan II are cross linked by birate-diol ester bonds in higher plant cell walls. *Plant physiol.* 110: 1017-1020.
- Koch, K.E.** 1996. Carbohydrate-modulated gene expression in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 47: 509-540.
- Koch, K.E., K.D. Nolte, E.R. Duke, D.R. McCarthy, and W.T. Avigne.** 1992. Sugar levels modulate differential expression of maize sucrose synthase genes. *Plant Cell* 4: 59-69.

- Koh, G.C., T.C. Kim, C.j. Yun, H.M. Cho, and J.H. Jeon.** 1993. Production of pollen grains from winter pruned twigs by water cutting in oriental pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai var. *culta* Nakai). RNA. J. Agri. Sci. 35: 471-475.
- Kondou, Y., Murozono, M.,** 1975. Study of artificial fruit setting watermelon. Abstr. Jpn. Soc. Hort. Sci. Autumn Meeting 44, 178-179(in Japanese).
- Kwack, B.H.** 1965. The effect of calcium on pollen germination. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 86: 818-823.
- Larcher, W.** 1980. Physiological plant ecology, 2nd ed. Springer-Verlag, New York.
- Lau, T.C. and A.G. Stephenson.** 1993. Effect of soil nitrogen on pollen production, pollen grain size, and pollen performance in cucurbita pepo(cucurbitaceae). Am. J. Bot. 80: 763-768.
- Lee, C.B.** 1993. Illustrated flora of Korea. Haungmoomsa, Seoul, Korea.
- Lee J.S., Y.A. Kim, Y.M. Sin.** 1995. Effects of harvesting stage, preservative, and storage method on vase life and flower quality of cut snapdragon. J. Kor. Hort. Sci. 21: 193- 197.
- Lewis, D.H.** 1980. Are there interrelations between the metabolic role of boron, synthesis of phenolic phytoalexin and the germination of pollen? New Phytol. 84: 261-270.
- Li, Y. and H.F. Liskens.** 1983. Wall bound proteins of pollen tube after self and cross pollination. Theor. Appl. Genet. 67:11-16.
- Loescher, W.H., T. McCamant, and J.D. Keller.** 1990. Carbonhydrate reserves, translocation and storage in woody plant roots. HortScience 25: 274-281.
- Loewus, F. and C. Labarca.** 1973. Pistil secretion product and pollen tube wall formation, p:175-193. In: F. Loewus (de.). Proc. Symp. biogenesis of plant cell wall polysaccharides. Academic press, New York.
- Loomis, W.D. and R.W. Durst.** 1992. Boron and cell wall. Cur. Top. Plant Biochem. Physiol. 10:149-178.
- Lukaszewski, K.M. and D.G. Blevins.** 1999. Boron function in IAA dependent growth. Plant Physiol. 119: 548.
- Magness, J.R.** 1927. Pruning investigations. Second Rept. Studies in fruit-bud formation. Oreg. Agr. Exp. Sta. Bull. 146.
- Mandaron, P., M.E. Niogret, R. Mache and F. Moneger.** 1990. In vitro protein synthesis in isolated microspores of *Zea mays* at several stages of development. Theor. Appl. Genet. 80: 134-138.
- Marcellan, O.N. and E.L. Camadro.** 1996. The viability of asparagus pollen after storage at low temperatures. 67: 101-104.
- Mascarenhas, J.P.** 1975. The biochemistry of angiosperm pollen development. Bot. Rev. 41: 259-314.
- Mato, T., S. Kawaguchi, and M. Kobayashi.** 1996. Ubiquity of a borate-rhamno-galacturonan II complex in the cell walls of higher plants. Plant Cell Physiol. 37: 636-640.

- McIlrath, W.J.** 1965. Mobility of boron in several dicotyledonous species. *Bot. Gaz.* 126: 27-30.
- Mercado, J.A., M. Martrigo, M.S. Reid, V. Valpuesta, and M.A. Quesada.** 1997. Effect of low temperature on pepper pollen morphology and fertility: Evidence of cold-induced exine alteration. *J. Hort. Sci.* 72: 317-326.
- Meynial-Salles, I. and D. Combes.** 1996. In vitro glycosylation of proteins: an enzymatic approach. *J. Biotech.* 46: 1-14.
- Mita, S., K. Suzuki-Fujii, and K. Nakamara.** 1995. Sugar-inducible expression of a gene for α -amylase in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Physiol.* 107: 895-904.
- Mo, Y., C. Nagel, and L.P. Taylor.** 1992. Biochemical complementation of chalcone synthase mutants defines a role for flavonols in functional pollen. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 89: 7213-7217.
- Nakamura K., M. Ohto, N. Yoshida, and K. Nakamura.** 1991. Sucrose-induced accumulation of α -amylase occurs concomitantly with the accumulation of starch and sporamin in leaf-petiole cuttings of sweet potato. *Plant Physiol.* 96: 902-909.
- Malho, R.** 1998. Pollen tube guidance : the long and winding road. *Sexual Plant Reproduction.* 11:242-244.
- Nishimura, Y., Sakaguchi, S.,** 1960. Studies on reciprocal Translocations of chromosomes in watermelon. *Bull. Fac. Agric. Niigata. Univ.* 12, 22-29.
- Noguchi, T.** 1990. Consumption of lipid granules and formation of vacuoles in the pollen tube of *Tradescantia reflexa*. *Protoplasma.* 156: 19-28.
- Nyomora, A.M.S., P.H. Brown, and M. Freeman.** 1997. Fall foliar-applied boron increases tissue boron concentration and nut set of almond. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 122: 405-410.
- Nyomora A.M.S. and P.H. Brown.** 1999. Rate and time of boron application increase almond productivity and tissue boron concentration. *HortScience* 34: 242-245.
- Nyomora A.M.S., P.H. Brown, K. Pinney, and V.S. Polito.** 2000. Foliar application of boron to almond trees affects pollen quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 125: 265-270.
- Oertli, J.J. and W.F. Richardson.** 1970. The mechanism of boron immobility in plants. *Physiol. Plant.* 23: 108-116.
- Oka, H., Watanabe, T., Nishiyama, I.,** 1967. Reciprocal Translocation as a new approach to breeding seedless watermelon. *Can. J. Genetics Cytol.* 9, 482-489.
- Oliveira, C. and C.A. Priestly.** 1988. Carbohydrate reserves in deciduous fruit trees. *Hort. Rev.* 10: 403-430.
- Park, M.Y., Y.S. Jo, H.S. Cho, Park, and T.D. Park.** 2001. Characteristics of natural pollen diluents for kiwifruit pollination and its effect on pollen germination and fruit development. *Kor. J. Hort. Sci. & Technol.* 19: 68.
- Ploito, V.S. and J.G. Luca.** 1988. Longevity of pistachio pollen determined by in

- vitro Germination. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 113: 214-217.
- Reiss, H.D. W. Herth.** 1985. Nifedipine-sensitive Ca^{2+} -channels are involved in polar growth of lily pollen tubes. *Journal of cell Science.* 76:247-254.
- Rosell, P., M. Herrero, and V.G. Saucó.** 1999. Pollen germination of cherimiya (*Annona cherimola* Mill.) in vivo characterization and optimization of in vitro germination. *Scientia Horticulturae* 81: 251-265.
- Ryugo, K.** 1988. Fruit culture. Jone Willy & Sons, Inc. New York, USA.
- Saitou, T.** 1974. Physiology and ecology of fruit set in cucumber. In: *The System of Agricultural Technology, Cucumber.* Soc. Cult. Agr. VILL. Press, Tokyo, p. 125-126 (in Japanese).
- Sanzol, J. and M. Herrero.** 2001. The "effective pollination period" in fruit trees. *Scientia Horticulturae* 90: 1-17.
- Sari, M., Abak, K., Pitrat, M., Rode, J.C., Dumas de Vaulx, R.,** 1994. Induction of parthenogenetic haploide embryos after pollination by irradiation pollen in watermelon. *Hort. Sci.* 29, 1189-1190.
- Sheen, J.** 1990. Metabolic repression of transcription in higher plants. *Plant Cell* 2: 1027-1038.
- Shelp, B.J., E. Marentes, A.M. Kitheka, and P. Vivekanandan.** 1995. Boron mobility in plants. *Physiol. Plant.* 94: 356-361.
- Shimizu, T., H. Torikata, and S. Torii.** 1978. Studies on the effect of crop load on the composition of Satsuma mandarin trees. V. Analysis of production processes of bearing and non-bearing trees on the carbohydrate economy. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 46: 465-478.
- Shimotuma, M.,** 1968. Synthesis of some multiple interchange strains of watermelons induced by X-rays. *Seiken Ziho* 20, 47-53.
- Shivanna, K.R. and J. Heslop-Harrison.** 1981. Membrane state and pollen viability. *Ann. Bot.* 47: 759-770.
- Song, J., K. Nada, and S. Tachibana.** 1999. Ameliorative effect of polyamines on the high temperature inhibition of in vitro pollen germination in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Scientia Horticulturae* 80: 203-212.
- Steer, M.W., and J.M. Steer.** 1989. Pollen tube tip growth. *New Phytol.* 111: 323-358.
- Sugiyama, K., Morishita, M.,** 1998. Storage ability of soft-X-ray irradiated pollens and effects of storage pollen on fruit characteristics in watermelon. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 67 (suppl. 2), 283 (in Japanese).
- Taylor, L.P., P.K. Hepler.** 1997. Pollen germination and tube growth *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 48: 461-491.
- Terada, J., Masuda, K.,** 1940. Parthenocarpy of watermelon by heteroauxin. *Agric. Hort.* 15, 458-468 (in Japanese).
- Terada, J., Masuda, K.,** 1941. Parthenocarpy of watermelon by single or complex application of plant hormones. *Agric. Hort.* 16, 1915-1917 (in Japanese).

- Terada, J. and K. Masuda.** 1943. Parthenocarpy of triploid watermelon. *Agric. Hort.* 18, 15-16(in Japanese).
- Usman, I.S., A.S. Mamat, H.S.Z.S. Mohd., H.S. Aishah, and A.R. Anuar.** 1999. The non-impairment of pollination and fertilization in the abscission of chilli (*Capsicum annum* L. Var. Kulai) flowers under high temperature and humid conditions. *Scientia Horticulturae* 80: 1-11.
- Vasilakakis, M. and I.C. Porlingis.** 1985. Effect of temperature on pollen germination, pollen tube growth, effective pollination period, and fruit set of pear. *Hortscience* 20: 733-735
- Vogt, T., P. Pollak, N. Tarlyn, L.P. Taylor.** 1994. Pollination or wound induced kaempferol accumulation in petunia stigmas enhances seed production. *Plant Cell* 6: 11:23
- Wang, C.S., T.D. Wu, Ch.K.W. Chung and E.M. Lord.** 1996. Two classes of pollen-specific, heat stable proteins in *Lilium longiflorum*. *Physiol. Plant.* 97: 643-650.
- Westwood, M.N. and J.S. Challice.** 1978. Morphology and surface topography of pollen and anthers of *Pyrus* species. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103: 28-37.
- Wetzstain, H.Y. and D. Sparks.** 1985. Structure and in vitro germination of the pollen of pecan. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 110: 778-781.
- Williams, R.R.** 1965. The effect of summer nitrogen applications on the quality of apple blossom. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 40: 31-41.
- Wolters-Arts, M., Lush, W.M., and Mariani, C.** 1998. Lipids are required for directional pollen tube growth. *Nature* 392: 818-821.
- Woodbridge, C.G., A. Venegas, and P.C. Crandall.** 1971. The boron content of developing pear, apple and cherry flower buds. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 96: 613-615.
- Worley, R.E.** 1979. Fall defoliation data and seasonal carbohydrate concentration of pecan wood tissue. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104: 195-199.
- Yamamuro, K.,** 1978. Effect of growth regulators on fruit setting of watermelon. *Bull. Ibaraki Hort. Expt. Sta.* 7, 1-15.
- Young, H.J. and M.L. Stanton.** 1990. Influences of environmental quality on pollen competitive ability in wild radish. *Science* 248: 1631-1633. 84(2000):252-264
- Yu, S.M., Y.C. Fang, M.T. Chan, S.F. Hwa, and L.F. Liu.** 1996. Sugars act as signal molecules and osmotica to regulate the expression of α -amylase genes and metabolic activities in cereal grains. *Plant Molecular Biology.* 30:1277-1289.