

11
-1541000
-001499
-01

발 간 등 록 번 호

11-1541000-001499-01

수출용
바이러스
및
흰가루병
저항성
멜론
품종
육성

수출용 바이러스 및 흰가루병 저항성 멜론 품종 육성
Breeding of virus and powdery mildew resistant
variety to expand export

바이러스 저항성 멜론 품종 육성
Development of melon cultivars
resistant to virus

흰가루병 저항성 참외형멜론의 육성
Development of powdery mildew
resistant melon cultivars of which
shape and color are similar to oriental
melon

멜론바이러스 특성 구명 및 정밀진단 시스템 개발
Characterization of MNSV isolates and
development of virus detection
methods

주 의
(편집순서 8)

(15 포인트 고딕계열)

↑
6cm
↓

농림수산식품부

(주) 대연육종연구소

농 립 수 산 식 품 부

제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “수출용 바이러스 및 흰가루병 저항성 멜론 품종 육성” 과제(세부과제 1 “흰가루병 저항성 참외형 멜론품종 육성. 세부과제 2. 멜론 바이러스의 특성 구명 및 정밀진단시스템 개발”)의 보고서로 제출합니다.

년 월 일

주관연구기관명 : (주)대연육종연구소

주관연구책임자 : 최 정 학

세부연구책임자 : 최 정 학

연 구 원 : 김 회 태

연 구 원 : 예 진 걸

연 구 원 : 추 혜 리

협동연구기관명 : 경남과학기술대학

협동연구책임자 : 채 윤 석

협동연구기관명 : 국립농업과학기술원

협동연구책임자 : 최 홍 수

I. 제목

수출용 바이러스 및 흰가루병 저항성 멜론 품종 육성

II. 연구개발의 목적 및 필요성

멜론종자는 아직까지 수입 의존도가 높은 품목이어서 해마다 많은 양의 종자가 수입되고 있다. 대연육종연구소에서는 1999년부터 자체 개발한 종자를 생산농가에 보급하기 시작하여 멜론종자의 자급도 향상에 기여하여 왔으며, 국내 최초로 일본에 수출을 시도하여 얼마간의 성과를 거두고 있으나 멜론의 종자를 통하여 감염되는 바이러스가 종자수출을 제약하는 요인이 되고 있다. 주요 수출대상국인 일본은 특히 그런 면에서 기준이 엄격하여 검역이 까다롭다. 본 연구소에서도 수출용 멜론종자에서 MNSV 또는 SqMV가 검출되어 종자의 전량이 폐기되는 피해를 경험한 사례가 있기 때문에 수출증대를 위해서는 무병종자는 반드시 해결해야 될 문제인데 MNSV와 SqMV에 대해서는 아직 종자소독의 효율성이 낮기 때문에 저항성품종을 육성하는 것이 가장 확실한 해결책이다.

따라서 본 과제는 MNSV와 SqMV의 특성을 구명하여 저항성육종의 기초를 마련하고, 동시에 이 병해에 대한 저항성품종을 육성하여 멜론종자의 자급률을 향상시킴과 동시에 수출량 증대를 달성하고, 대미수출 가능성이 있는 참외의 흰가루병에 대한 내병성과 수송성을 강화시킨 참외형 멜론을 육성하여 대미 수출품목으로 개발하고자 하였다.

III. 연구개발 내용 및 범위

품종육성 면에서는 우리나라에서 시판하고 있는 멜론품종 중에 아직 MNSV에 대한 저항성을 가지는 품종이 없기 때문에 이 병에 대해 저항성이면서 당도 등 품질이 우수한 품종을 육성하는 것이며, 참외형 멜론은 흰가루병에 대한 내병성을 강화시키고, 과실의 저장성을 높여서 장거리수송에 적용할 수 있는 품종을 육성하는 것이 목표이다.

멜론재배와 종자생산에 있어서 MNSV와 SqMV에 효과적인 대응책을 세우기 위해서는 먼저 정밀진단 시스템이 수립되어야 한다. 특히 이러한 바이러스 병 저항성 품종육성을 위해서는 건전한 교배친을 생산하여 유지하는 것이 필수적이므로 이를 위해 국내에 분포하는 바이러스의 특성을 구명한 후 바이러스의 정밀진단법을 개발하고 저항성 검정 시스템을 확립하는 것이 목표이다.

IV. 연구개발결과

1. 바이러스 저항성 멜론품종 육성

재배농가의 멜론 바이러스 피해를 줄여서 생산안정성을 높이고 개발된 종자의 일본 수출량을 늘릴 목적으로 멜론괴저반점바이러스(MNSV)에 저항성이면서 흰가루병에도 내병성을 가지는 품종을 육성했다. 육성된 품종은 초세가 강하고 초형이 직립성이어서 멜론재배에서 많이 발생하는 덩굴마름병의 발생을 줄일 수 있고, 과실의 네트발현이 안정되어 재배하기가 쉬운 특징이 있다. 여름재배(하작)에 적응한다. ‘얼스 섬머뷰’이라고 명명하여 2011년도에 신품종보호 출원을 하였으며 현재 심사

중에 있다. 이 품종은 우리나라에서는 처음으로 육성된 MNSV저항성 품종이며, 수출대상국인 일본의 시험포장에서 재배한 결과 긍정적인 평가를 받고 있어서 종자의 수출가능성이 높다.

또한 이 과제를 통해 개발된 ‘얼스 루시스’ 품종은 MNSV에 저항성이고 과실이 크며, 당도가 높은 특징이 있다. 직립성 초형을 가지며 초세가 강하다. 하작용 품종으로 멜론 생산판매신고를 하였으며 2012년도에 일본의 현지포장에서 시험재배를 하고 있는 중이다. 시험결과에 따라 신품종보호출원을 계획하고 있다. 이 외에 MNSV에 저항성인 계통으로 형질이 고정된 ‘AR 1’ 등 16계통을 육성하였는데 이들 계통은 늦봄에서 초가을 재배용의 MNSV저항성 품종개발에 유용하게 이용될 것으로 기대된다.

2. 흰가루병 저항성 참외형멜론 육성

기존의 참외 품종은 저장기간이 짧고 흰가루병에 약한 결점이 있다. 기존 참외에 비해 과실의 유통기간이 길고 흰가루병에 강한 품종이 개발되면 미국의 교포사회를 중심으로 새로운 시장을 개척할 수 있을 것으로 생각하여 본 과제를 수행했다.

본 과제수행을 통해 ‘대산1호’에서 ‘대산7호’까지 7계통을 육성하였는데, 육성된 계통들은 참외에 비해 당도가 상당히 높고 과실의 육질이 치밀하여 저장성이 뛰어난 특징이 있다. 현재, 육성 계통을 이용하여 교배조합능력 검정과 생산력 검정시험을 수행 중이다. 육성된 계통들은 흰가루병에는 중간정도의 내병성을 가진다. 그래서 새로운 유전자형의 흰가루병 저항성 유전자원을 도입하고 이 유전자원을 이용하여 흰가루병 저항성을 보완하고 있는 중이다.

3. 멜론 바이러스 특성 및 정밀진단 시스템 개발

우리나라 남부지방의 멜론 주산지에서 큰 피해를 주고 있는 멜론의 바이러스에 효과적으로 대처하기 위해 MNSV와 SqMV의 발생실태를 조사하여 MNSV에서 33 분리주를 확인하였으며 분리주의 계통을 분석하였다. 또한 MNSV, SqMV 전체 염기서열 분석을 통하여 정밀진단용 프라이머를 개발 하였다.멜론 MNSV와 SqMV에 대한 저항성품종 육성을 위해 멜론종자의 MNSV와 SqMV의 간이 검정법을 확립하여 저항성 개체선발을 효율적으로 수행할 수 있게 하였으며, 저항성검정에 이용되는 항혈청의 대량 생산방법을 개발하였고 멜론의 모든 조직에 범용으로 사용할 수 있는 프라이머를 선발하여 효율적인 MNSV 및 SqMV의 RT-PCR진단법을 확립하였다.

V. 연구성과 및 성과활용 계획

본 과제를 통해 개발된 네트멜론 ‘얼스 썸머봄’ 품종은 국내에서 처음으로 육성된 멜론피저반점바이러스(MNSV)에 저항성인 품종으로 큰 의의가 있다. MNSV피해가 큰 남부지역의 멜론 주산지에 보급하면 재배안정성이 크게 증대될 것으로 기대된다. 또한, 멜론종자의 수출대상국인 일본에서의 현지적응시험에서도 긍정적인 평가

를 받고 있어서 종자의 수출을 증대시킬 가능성이 매우 높다. 네트멜론 ‘얼스 루시스’ 품종 역시 MNSV에 저항성이며, ‘얼스 썸머봄’에 비해 과실이 크고 당도가 높다. 이 품종은 2012년도에 일본 현지포장에서 시험재배 중이지만 호평을 받을 것으로 기대되어 종자수출의 전망이 밝다. 이 2품종은 여름작형에 적응하는 하작용 품종이지만 이 외에 늦봄에 적응하는 계통과 초가을에 적응하는 계통 등 다수의 계통을 육성하였으므로(‘AR 1’ 등 16계통) 이들 재료를 활용하면 춘작용 품종에서 추작용 품종까지 다양한 특징을 가진 MNSV 저항성 품종을 육성할 수 있을 것으로 기대된다.

참외형 멜론계통으로 개발된 ‘대산1호’에서 ‘대산7호’까지 7계통은 참외에 비해 당도가 상당히 높고 과실의 육질이 치밀하여 저장성이 뛰어나며, 과피색과 과육색이 다양하다. 현재 시판용 품종의 개발단계이지만 이들 육성재료의 장점을 살린 시판용 품종이 개발되면 소비자의 선택폭을 늘려서 새로운 수요를 창출할 수 있을 것이며 미국의 교포사회를 중심으로 새로운 시장을 개척할 수 있을 것으로 기대된다.

멜론 바이러스에 관한 연구에서는 멜론 MNSV 및 SqMV 수집 및 특성 구명을 통해 멜론 바이러스병 확산 방지를 위한 정보를 제공 하였고, MNSV, SqMV 저항성 개체의 선발효율을 높여 저항성품종 육성에 기여하였다. 또한 MNSV, SqMV 전체 염기서열 분석을 통하여 정밀진단용 프라이머를 개발 하였다. 이러한 결과는 MNSV 및 SqMV 연구에 필수적인 감염벡터 제작의 토대가 될 수 있을 것이라고 사료된다.

SUMMARY

Melon (*Cucumis melo* L.) is an important crop in Korea, but the amount of seed import is annually increasing due to less developed melon breeding system in Korea. However, Daeyeon Breeding Institute began to contribute melon seed supply in Korea since 1990s when our institute developed melon cultivars using our own technology. In addition, our institute has tried to export melon cultivars to Japan, but melon seeds contaminated with virus have been a limiting factor for seed export. Since regulations of quarantine in Japan is so strict that all melon seeds must be discarded if any seed contaminated with MNSV or SqMV were found in imported seeds. For this reason, production of virus-free seeds is a prerequisite for seed export. Since seed disinfection from virus such as MNSV and SqMV by using chemical or heat treatment in melon is not so efficient, breeding of resistant cultivars is the most effective method for production of virus-free melon seed. In this project, we try to study inheritance of resistance to MNSV and SqMV and develop resistant melon cultivars for minimizing farmers' yield loss from virus infection and for increasing melon seed export. In addition, we try to develop resistant oriental melon cultivars to powdery mildew and to develop cultivars with long shelf-life for exploring potential U. S market.

We developed two melon F1 hybrid cultivars which are resistant to MNSV and powdery mildew and 16 elite inbred lines which can be used as potential parental lines for F1 hybrid development. One of F1 hybrids, 'Earls Summerboom', has desirable characteristics such as strong vegetative growth, erect growth pattern, resistance to black rot, and stable musk development. This hybrid is optimal for summer cultivation. We applied for a protection of new variety for this hybrid and estimation is currently underway by Korea Seed & Variety Service. This F1 hybrid is the first resistant cultivars to MNSV bred in Korea and results of field test in Japan showed promising data for seed export to Japan.

Meanwhile, the other F1 hybrid, 'Earls Ruisis', developed in our institute showed desirable traits such as large-sized fruit, high soluble solid contents, and resistance to MNSV, erect growth pattern, and strong vegetative growth. This hybrid is also optimal for summer cultivation. We applied for registration of new variety for seed production and sales in 2012 and a field test is currently underway in Japan. We will also apply for protection of new variety for this hybrid depending on field test results. Furthermore, we developed 16 MNSV-resistant inbred lines including 'AR1' which can be used to develop cultivars optimal for cultivation from late spring to early fall.

Most oriental melon cultivars have pitfalls such as short shelf-life and

susceptibility to powdery mildew, but there might be high potential for exploring U. S. market on the basis of regions where many Korean-American reside if we developed cultivars with long shelf-life and resistance to powdery mildew. We developed seven melon inbred lines which showed fruit shape and color similar to oriental melon. All developed inbred lines showed higher soluble solid contents and higher storability than common oriental melons. We are currently carrying out combining ability tests and field performance tests. Developed inbred lines showed only intermediate resistance to powdery mildew. Therefore, we introduced new germplasm showing high degree of resistance and integration of this strong resistance into our elite lines is underway in our institute.

To develop efficient disinfection methods for MNSV which caused severe damage to melons cultivated in southern parts of Korea, we surveyed occurrence of MNSV and SqMV infection in these regions and sampled 33 isolates for further characterization. Based on characterization of virus nucleotide sequences, we developed primer sets for sophisticated identification of virus infection. Detection methods of MNSV and SqMV contaminated on the seed enabled melon breeders to select resistant individuals easily. In addition, we developed a method for large-scale production of antibody for these virus and specific primer sets for detection of MNSV and SqMV from any plant tissue using RT-PCR. These results might be used in construction of infection vectors which are required to study MNSV and SqMV infection and resistance mechanism.

CONTENTS

I. Introduction of Research and Development

Chapter 1. Objective and Necessities of Research Development

Chapter 2. Research Scope

II. Present Situation of Technology in Korea and Foreign Countries

III. Contents and Result of Research Project

Chapter 1. Development of melon cultivars resistant to virus

1. Introduction and propagation of melon germplasm
2. Evaluation of MNSV resistance and development of resistant lines
3. Selection of MNSV resistance using a molecular marker
4. Performance of combining ability tests and registration of new varieties

Chapter 2. Development of powdery mildew resistant melon cultivars of which shape and color are similar to oriental melon

1. Collection of germplasm and design of hybrid combination for F1 hybrid development
2. Evaluation of powdery mildew resistance and development of resistant lines
3. Classification of powdery mildew races
4. Performance of combining ability test

Chapter 3. Characterization of MNSV isolates and development of virus detection methods

1. Evaluation of occurrence of MNSV and SqMV infection
2. Detection of melon seeds contaminated or infected with MNSV and SqMV
3. Development of detection method for SqMV and MNSV infection

IV. Achievement of proposed goals and contribution of the project to related research and industry

Chapter 1. Achievement of proposed goals

Chapter 2. Contribution of the project to related research and industry

V. Results of the project and planned schedules of result application

VI. Information collected abroad during performance of the project

VII. Reference

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 목적 및 필요성

제 2 절 연구개발의 범위

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 바이러스 저항성 멜론 품종 육성

1. 유전자원의 도입 및 증식
2. MNSV 저항성 검정 및 저항성 계통 육성
3. 분자표지를 이용한 MNSV 저항성 검정
4. 육성계통간의 조합능력검정과 품종 등록

제 2 절 흰가루병 저항성 참외형 멜론 육성

1. 육성재료의 도입과 교배조합의 작성
2. 흰가루병 검정과 저항성 계통의 육성
3. 흰가루병의 레이스 분화 검정
4. 육성계통을 이용한 조합능력 검정

제 3 절 멜론바이러스 특성 구명 및 정밀진단 시스템 개발

1. 멜론 MNSV 및 SqMV의 발생실태조사 및 특성 검정
2. 멜론 종자의 MNSV 및 SqMV 오염률 및 감염률 조사
3. SqMV 및 MNSV의 정밀진단 시스템 개발

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1 절 목표달성도

제 2 절 관련분야에의 기여도

제 5 장 연구개발 성과 및 성과 활용 계획

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학 기술정보

제 7 장 참고문헌

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 목적 및 필요성

멜론은 1950년대 중반에 우장춘박사가 새로운 작물의 소개 차원에서 동래의 원에 시험장에서 재배한 것이 시초였다. 당시의 품종은 온실재배용으로 일반농가에는 보급이 어려웠다. 그러던 중 품종의 개량에 의해 플라스틱하우스에서도 상품성 있는 재배가 가능한 품종이 개발되면서 재배가 일반화되었고 현재는 농가의 주요 소득 작물로 자리매김하는 단계에 이르고 있다. 멜론종자는 초기에는 전량을 일본에서 수입하여 재배하였으나 지금은 국내에서도 다수의 종묘회사와 개인육종가들의 노력으로 종자의 자급률이 50%를 상회하고 있다. 그러나 생산자들은 여전히 일본 품종에 대한 선호도가 높은 것이 또한 현실이다.

대연육종연구소에서는 1999년부터 자체 개발한 종자를 국내 최초로 일본에 수출하기 시작하여 점차 수출량을 늘려가고 있으며, 최근에는 수출시장의 다변화를 위해 참외의 생산량이 거의 없어서 상대적으로 종자수출의 가능성이 높은 미국에 참외 종자와 무네트멜론의 시제품을 보내어 미국 시장 내 교두보를 확보하고자 시도하고 있는 중이다. 그러나 수출에는 과실의 품질과 특성 외에 다른 여러 가지 갖추어야 할 조건이 있다. 그 중 중요한 것이 종자의 안전성이다. 종자를 통해 전염되는 병해충이 없어야 한다. 주요 수출대상국인 일본은 특히 그런 면에서 기준이 엄격하여 검역이 까다롭다. 본 연구소에서도 수출용 멜론종자에서 MNSV 또는 SqMV가 검출되어 종자의 전량이 폐기되는 피해를 경험한 사례가 있기 때문에 무병종자는 반드시 해결해야 될 문제인데 MNSV와 SqMV에 대해서는 아직 종자소독의 효율성이 낮기 때문에 저항성품종을 육성하는 것이 가장 확실한 해결책이다.

종자와 토양을 통해 전염되는 *Melon necrotic spot virus* (MNSV)는 세계적으로 피해지역이 확산되고 있으며 국내에는 2001년 이미 보고되었고 2004년에 담양, 나주, 곡성 등 멜론 주산지에서 크게 문제가 된 이후 여러 지역에서 발생하고 있어 대책이 시급하다. MNSV에 대해서는 효과적인 토양소독약제가 없기 때문에 세계 각국 연구기관에서는 저항성 유전자원을 탐색하는 노력이 이루어 졌고 프랑스 연구 그룹에서 한국에서 수집된 멜론 유전자원 (PI161375)에서 저항성 유전자를 발견하였고 유전분석을 통하여 저항성은 1개의 열성유전자에 의해서 결정됨을 밝혔다. 본 연구소에서는 일본으로부터 MNSV 저항성 중간모본을 도입하여 육성소재로 활용하였다.

SqMV 역시 학계에 공식적으로 보고되지는 않았지만 나주 등지에서 발생하고 있는 것을 확인하였으며, 역시 수출용종자에서 검출될 경우 전량 폐기당하는 것은 물론이고, 아직 이 병의 증상과 피해정도에 대한 인지도가 낮아서 피해를 호소하는 사례가 적었지만 대책을 세우지 않으면 앞으로 국내의 생산 현장에서 민원이 발생할 가능성이 매우 크다.

참외 및 참외형 멜론은 재미 교포사회를 중심으로 소비량이 신장하고 있는 중인데, 대미 수출 과정에서 국내의 품종이 흰가루병에 약하고 수송성이 낮다는 평가를 받고 있다. 다행히 이 과제가 시작되고 난 이후에 국내의 종묘회사에서 흰가루병에 다소 강한 품종을 육성하였으나 수출용으로 이용하려면 아직 흰가루병에 대한 저항성이 미흡한 면이 있고 품질도 보완되어야 한다는 생각이다.

종자 산업은 농업분야의 IT산업이라고도 표현한다. 그만큼 부가가치가 높고 노력여하에 따라서는 잠재적인 발전가능성이 매우 크다. 정부에서도 종자 산업을 농업분야의 신 성장산업으로 육성하기 위해 금년부터 Golden Seed Project를 계획하여 우리나라의 품종육성 역량을 제고함과 동시에 세계의 종자시장을 선점하겠다는 확고한 의지를 천명하고 있다. 본 과제는 이런 시대적인 사명에 부응하는 것으로 과제수행을 통해 거양한 성과를 보고하는 바이며 아직 미흡한 부분에 대해서는 계속 추진하여 종자수출의 증대에 기여하고자 한다.

제 2 절 연구개발의 범위

품종육성 면에서는 우리나라의 시판하고 있는 멜론품종 중에 아직 MNSV에 대한 저항성을 가지는 품종이 없고, MNSV 저항성은 열성으로 유전하는 것이 밝혀져 있으므로, 이 병에 대해 저항성이면서 당도, 과실크기, 육질, 초형 등 실용적인 재배형질을 가지는 계통을 바이러스의 유묘검정과 수확기에 선발을 통하여 형질을 고정시켜 나가는 것이고, 다음은 저항성이 고정된 육성 계통간의 조합능력을 검정하여 농가에 보급 가능한 교배종을 육성하는 것이다. SqMV는 종자로서만 전염되기 때문에 무병종자를 획득하여 무병계통간의 교배조합을 작성하면 종자로부터 전염되는 막을 수 있다. SqMV 검정체계를 확립하여 기존에 보유하고 있는 계통의 바이러스 감염여부를 확인하는 내용이 된다.

우리나라의 참외품종은 착과가 쉽고, 저온환경에 비교적 강하며, 덩굴마름병에 강한 유용한 특성이 있다. 그러나 당도가 재배환경의 영향을 많이 받고, 저장성이 떨어지며, 흰가루병에 대한 저항성이 부족하다. 무엇보다 과실형태나 과육질의 다양성이 없어서 수출상품으로 육성하기에는 부족한 점이 있다. 이러한 결점을 보완하기 위해서 첫째, 흰가루병에 대한 저항성을 강화시키고, 과실의 저장성이 있어서 장거리수송에 적응할 수 있으며, 형태와 과육질의 다양성을 높이는 것이 이 과제의 목표이다.

멜론재배와 종자생산에 있어서 MNSV와 SqMV에 효과적인 대응책을 세우기 위해서는 먼저 정밀진단 시스템이 수립되어야 한다. 특히 이러한 바이러스 병 저항성 품종육성을 위해서는 건전한 교배친을 생산하여 유지하는 것이 필수적이므로 이를

위해 국내에 분포하는 바이러스의 특성을 구명한 후 바이러스의 정밀진단법을 개발하고 저항성 검정 시스템을 확립하는 것이 목표이다.

제 2 장 국내외 기술 개발 현황

○ 바이러스(MNSV, SqMV) 저항성 품종 육성은 아직 국내에서 시도되지 않았고, 외국에서는 저항성 유전자원 탐색이나 저항성 유전자 마커에 관한 연구가 상당히 진행되고 있다. 일본에서는 이를 바탕으로 MNSV 저항성품종 육성에 관한 국가 차원의 대형 프로젝트가 진행 중이다.

○ 흰가루병 저항성 참외형 멜론품종 육성은 국립원예특작과학원에서 멜론과 참외를 대상으로 연구가 진행되어 멜론에서는 일부 성과가 있었으나 참외에서는 성공하지 못하였다. 이 과제가 시작되고 난 이후 국내의 종묘회사에서 흰가루병 저항성 참외품종을 발표하였으나 재배시기에 따라 저항성 정도에 차이가 크다. 외국에서는 참외의 재배면적이 거의 없으므로 참외육성에 관한 연구는 한국이 유일할 것으로 생각된다.

○ 멜론 바이러스 특성 구명 및 정밀진단 시스템 개발

멜론괴저반점바이러스(*Melon necrotic spot virus*, MNSV)는 멜론에 치명적인 병이며, 분류학적으로 *Tombusviridae*과 *Carmovirus* 속이며 ssRNA 핵산을 갖는 구형 바이러스이다(Brunt 등, 1996; Hibi 등, 1985). MNSV는 종자전염을 하며 토양 중에 서식하는 곰팡이 (*Olpidium bonovanus*)에 의하여 전염되는 바이러스이며 물리적 안정성이 높아 접촉전염이 잘되는 특성이 있다(Avgelis, 1989; Bos 등, 1984; Furuki, 1981; Gonzalez-Garza 등, 1979; Kishi, 1966; Campbell, 1996; Campbell 등, 1996). 멜론에 괴저반점, 기형 및 괴사 병징을 야기하고 있는 MNSV의 주요 발병 지역은 일본, 미국, 네덜란드, 그리스 등 세계적으로 퍼져 있으며, 멜론 재배지에 가장 큰 문제로 대두가 되고 있다(Kishi, 1966; Gonzalez-Garza 등, 1979; Bos 등, 1984; Avgelis, 1989). MNSV에 감염되면 어린잎에는 모자이크 병징이 나타나고 하위엽에서는 큰 괴저반점이 나타나고 생육 중 후기에는 식물체가 고사하여 흔히 세균병으로 오인하기도 하였다. 우리나라에서 MNSV 발생은 2001년 전라남도 나주 지역에서 일본에서 종자를 수입하여 재배한 멜론에서 최초로 발생하였으며, 나주 지역의 연도별발생 조사 결과 2001년에는 70%까지 발생한 농가도 있었다. 2002년에는 0.5~10%, 2003년에는 3~26%로 낮게 발생하였으나, 2004년도 곡성, 담양 등 수출멜론 주산지의 62농가 28,000평에서 대발생하여 막대한 피해를 초래하였다.

호박모자이크바이러스(*Squash mosaic virus*, SqMV)는 식물검역에서 관리급의 바이러스이며, 분류학적으로 *Comoviridae*과 *Comovirus*속이며 ssRNA 핵산을 갖는 직경 28nm의 구형 바이러스이다. SqMV는 잎벌레과(딱정벌레)에 의한 비영속전염을 하고 즙액접종이 잘되며, 더불어 멜론에서 10%, 호박에서는 35%의 종자전염을 하는 특성을 가지고 있다(Alvarez and Campbell, 1978; Nolan and Campbell, 1984). 호박모자이크바이러스는 종자를 통하여 중국, 일본, 미국, 이스라엘 등 세계적으로 퍼져있으며, 호박, 오이, 멜론 등 박과류를 중심으로 모자이크, 원형반점 및

기형 증상이 보인다(Brunt 등, 1996). 우리나라에서는 아직 발생에 관한 기록이 공식적으로는 보고되지 않았다.

제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

제 1 절 바이러스 저항성 멜론품종 육성

1. 유전자원의 도입 및 증식

<1차년도>

가. 저항성 품종의 도입

2007년 2월에 일본에서 MNSV 저항성 재료를 6계통 도입하였다

- UA-203B 하계
- SK8-079 춘추계
- SK7-074 초하계
- SK7-076 성하계
- SK7-072
- UA-313 춘하계

이 재료들은 아직 형질이 고정되지 않은 분리 중의 세대이지만 저항성 유전자원을 이용하는 것보다는 육성기간을 단축할 수 있을 것으로 판단하여 이들 재료를 육성재료로 활용하였다.

나. MNSV 저항성 유전자원의 증식

도입한 MNSV 저항성 재료 UA203B 등 6계통을 2007년. 3. 19일 파종하여 7월상순에 수확하여 검정 및 선발에 필요한 종자를 확보하였다.

2. MNSV 저항성 검정 및 저항성 계통 육성

가. MNSV 이병개체의 채집과 증식

농촌진흥청 국립농업과학원이 국내에서 채집한 여러 계통의 MNSV 이병개체 중에서 병원성이 강한 계통을 이용하였으며 순수분리를 위해 멜론에서 3차례의 단일병반 분리를 하였다. 순수 분리된 바이러스를 멜론에 즙액으로 접종하여 바이러스를 증식하였다. 이렇게 증식된 바이러스를 당 연구소에서 분양받아 국립농업과학원의 지도하에 접종원으로 사용하였다.

나. MNSV 저항성 검정

1차 재배에서 증식한 종자를 '07. 9. 7일에 계통별로 파종하여 토양으로부터의 감염을 피하기 위해 직경 20cm의 플라스틱 용기에 1주씩 정식하였다. 멜론의 본엽이 3매정도 자랐을 때 멜론의 전개된 잎에 증식된 바이러스를 즙액 접종하였으며 접종 후 10-14일경에 잎에 발현한 병징으로 MNSV 저항성 여부를 검정하였다.

다. 주요 결과

(1) 공시계통의 전 개체가 MNSV에 대해 저항성으로 나타났다.

<2차년도>

가. MNSV 저항성 계통 선발

1) 1차 선발

가) 공시재료: UAFR-1 등 6계통 485개체

나) 접종일시: '08. 3. 4일 본엽3매시의 묘에 접종(카보란담법)

다) 재배법: 직경 20cm의 플라스틱포트에서 재배함.

- 과중: '08. 2. 4일

- 정식: '08. 3. 19일

- 수확: '08. 6. 18일

라) 저항성 계통 선발

표 1. 1차 재배에서 선발된 계통의 주요 특성

도입명	BN (2008. 춘)	계통명	MNSV 저항성	흰가루병내병성	과중 (g)	당도 (°Brix)	
						내	외
UA-203B 하계	08 VMA 1	UAFR-1-1	○	강	1,620	15.0	12.5
	1	" -1-4	○	"	1,740	14.5	12.0
	1	" -1-5	○	"	1,400	16.5	12.3
	2	" -2-2	○	"	2,160	16.0	13.6
	2	" -2-4	○	"	1,850	15.5	12.0
	2	" -2-9	○	"	1,650	16.5	13.0
SK8-079 춘추계	35	SKFR-1-4	○	강	1,680	14.0	11.5
	39	" -1-9	○	"	1,780	15.0	12.0
	55	" -5-5	○	"	1,250	17.0	13.0
SK7-074 초하계	61	" -7-1	○	강	1,900	15.0	10.0
	68	" -7-8	○	"	1,780	14.5	11.0
	69	" -7-9	○	"	1,520	16.0	12.0
SK7-076 성하계	91	" -10-1	○	"	1,440	15.6	13.4
	96	" -10-6	○	"	1,520	15.0	12.5
	98	" -10-8	○	"	1,240	16.0	12.8
	101	" -11-1	○	"	1,680	15.0	12.6
	106	" -11-6	○	"	1,400	15.4	10.2
SK7-072	121	" -13-1	○	강중	2,730	14.0	11.0
	124	" -13-4	○	"	1,820	16.4	"
	129	" -13-9	○	"	2,100	13.5	9.5
	135	" -14-5	○	강	1,700	14.5	11.0
	136	" -14-6	○	중	1,500	17.0	13.0
	140	" -14-10	○	강	2,240	15.5	12.0
	141	" -15-1	○	"	1,620	16.5	13.0
	146	" -15-2	○	"	1,880	16.0	12.7
	148	" -15-8	○	"	2,060	"	13.0
149	" -15-9	○	"	1,500	17.0	12.0	

UA-313 춘하계	156	UAFR-16-6	○	강중	2,820	14.5	11.5
---------------	-----	-----------	---	----	-------	------	------

1차재배(춘작)에서는 흰가루병 저항성과 과실 중량, 당도에는 개체간 차이가 심했으나 MNSV에 대해서는 전 개체가 저항성을 보였다. 표 1에서와 같이 UAFR계통에서 6개체 등 모두 28개체를 선발하였다.



그림 1. MNSV의 접종 전경





사진 2. 봄작형에서의 선발 계통

2) 2차 선발

가) 공시재료: UAFR-1-1 등 28계통 595개체

나) 접종일시: '08. 8. 12일 본엽3매시의 묘에 접종(카보란담범)

다) 재배법: 직경 20cm의 플라스틱포트에서 재배함.

- 파종: '08. 7. 18일
- 정식: '08. 8. 12일
- 수확: '08. 11. 13일

라) 저항성 계통 선발

표 2. 2차 재배에서 선발된 계통의 주요 특성

도입명	BN (2008. 추)	계통명	MNSV 저항성	흰가루병	과중 (g)	당도 (°Brix)	
						내	외
UA-203B 하계	08 VMB 1	UAFR-1-1-3	○	강	700	12.0	9.0
	" 8	" -1-4-2	○	"	580	13.0	11.0
	" 10	" -1-5-1	○	"	840	11.5	9.5
	" 21	" -2-2-5	○	"	660	13.0	11.0
	" 27	" -2-4-2	○	"	600	11.0	8.5
	" 33	" -2-9-1	○	"	520	13.5	9.3
SK8-079 춘추계	" 50	SKFR-4-5-3	○	중강	840	12.5	10.0
	" 56	" -4-9-1	○	"	1,020	11.5	9.5
	" 72	" -5-5-5	○	"	740	13.0	11.0
SK7-074 초하계	" 76	" -7-1-2	○	강중	660	14.0	12.0
	" 81	" -7-8-4	○	"	600	13.2	10.5
	" 85	" -7-9-1	○	"	860	13.0	11.0
SK7-076 성하계	" 93	" -10-1-1	○	강	880	11.5	9.5
	" 94	" -10-6-1	○	중	1,420	10.0	8.5
	" 99	" -10-8-3	○	강중	920	13.0	9.5
	" 101	" -11-1-1	○	"	1,100	12.5	10.0
	" 102	" -11-6-2	○	강	1,000	12.0	9.0
SK7-072	" 103	" -13-1-1	○	강중	1,020	13.0	11.0

	"	105	"	-13-4-4	○	"	1,060	12.5	10.5
	"	111	"	-13-9-1	○	"	1,300	11.5	9.0
	"	113	"	-13-9-5	○	"	980	12.0	9.5
	"	118	"	-14-5-3	○	강	1,060	13.0	11.0
	"	119	"	-14-6-3	○	중	1,020	11.0	9.0
	"	124	"	-14-10-4	○	강	860	12.5	8.5
	"	131	"	-15-6-6	○	"	740	13.5	11.5
	"	136	"	-15-8-4	○	중	880	11.5	9.5
	"	137	"	-16-9-1	○	강	900	13.0	11.0
UA-313	"	150	UAFR-16-6-1	○	약	1,300	12.5	10.5	
춘하계	"	152	"	-16-6-5	○	"	1,280	12.0	10.0

MNSV 접종결과 춘작, 추작 모두 이병성 개체는 없어서 MNSV저항성은 거의 고정된 것으로 판단된다. 과실은 1차 재배에서는 크고 네트발생도 우수한 개체가 많았으나 2차 재배(추작)에서는 1차 재배에 비해 과실이 작고 네트발생이 불량하여 선발된 계통들이 봄작형에 더 적응하는 것으로 생각된다. 표 2와 같이 UAFR-1-1-3등 29개체를 선발하였다.





사진 3. 가을작형에서의 선발 계통

<3차년도>

가. MNSV 저항성 계통 선발

1) 1차 선발

- 가) 공시재료: UAFR-1-1-3 등 29계통 150개체
- 나) 접종일시: '09. 4. 6일 본엽3매시의 묘에 접종(카보란담법)
- 다) 재배법: 직경 20cm의 플라스틱포트에서 재배함.
 - 파종: '09. 4. 6일
 - 정식: '09. 5. 8일
 - 수확: '09. 8. 상순
- 라) 저항성 계통 선발 및 시험 교배조합 작성

표 3. 1차 재배에서 선발된 계통의 주요 특성

BN	품종명	계통명	MNSV	흰가루병	과중 (g)	당도 (°Brix)
09 VMA 1	UA 203 B	UAFR-1-1-3-1	저항성	약	1,560	13.6
4		-1-4-2-2	"	중	1,160	9.6
6		-1-5-1-2	"	"	1,280	14.2
9		-2-2-5-1	"	약	1,500	14.4
11		-2-4-2-2	"	"	1,080	13.0
12		-2-8-2-4	"	중	1,100	12.5
14		-2-9-1-2	"	중	1,100	10.8
19		SK 8-079	SKFR-1-5-3-4	"	"	1,700
22	-1-9-1-1		"	"	1,000	14.4
29	-5-5-5-3		"	"	1,600	15.4
30	SK 7-074	-7-1-2-2	"	약	1,960	12.0
33		-7-8-4-4	"	중	1,780	12.8
36		-7-9-1-3	"	"	720	13.8
41	SK 7-076	-10-1-1-1	"	"	820	15.0
42		-10-6-1-2	"	"	1,260	11.8

45		-10-8-3-3	"	약	1,900	11.6
46		-11-1-1-1	"	중	1,060	11.3
47		-11-6-2-2	"	"	1,500	15.0
48		-13-1-1-1	"	약	1,400	12.4
49		-13-4-4-1	"	"	1,480	8.4
53		-13-9-1-1	"	"	900	12.8
55		-13-9-5-1	"	중	1,040	10.0
58		-14-5-3-2	"	"	1,120	12.4
59	SK 7-072	-14-5-3-3	"	"	1,920	12.0
60		-14-6-3-3	"	약	840	10.0
61		-14-10-4-4	"	중	1,200	13.6
62		-15-6-6-2	"	"	1,300	16.6
68		-15-8-4-3	"	중약	840	15.4
69		-15-9-1-3	"	중	760	15.0
75	UA 313	UAFR-16-6-1-1	"	약	1,900	14.0
77		-16-6-5-1	"	"	2,100	13.6
대비	리빙 하계	시판 품종	이병성	중	1,840	16.4
"	얼스엘리트	"	"	약	2,120	17.4

- MNSV 검정결과 공시계통 모두 이병성 개체는 없어서 선발계통의 MNSV저항성은 거의 고정된 것으로 판단되었다. 대비품종(2품종)은 모두 이병성으로 나타나서 검정방법의 신뢰성이 인정되었다.

- MNSV에 저항성이며 흰가루병에 내병성을 나타낸 계통 중 31계통을 선발했다.

- 흰가루병은 춘작보다 추작에서 발병정도가 심하였다.

- 3차년도 1회작(춘작)에서는 우수계통간의 조합능력을 검정할 목적으로 다음과 같은 검정용 교배조합을 2조합 작성 하였다.

SKFR-7-9-1-3/SKFR-15-8-4-3(09VMB 14)

SKFR-11-6-2-2/SKFR-7-9-1-3(09VMB 47)

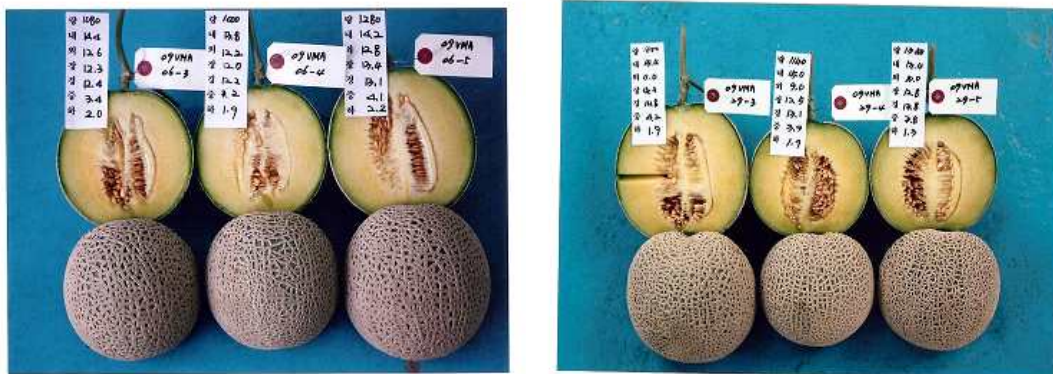


사진 4. 3차년도의 춘작 선발 계통

1) 2차 선발

가) 공시재료: UAFR-1-1-3-1 등 31계통 145개체

나) 집종일시: '09. 8. 9일 본엽3매시의 묘에 집종(카보란담법)

다) 재배법: 직경 20cm의 플라스틱포트에서 재배함.

- 과중: '09. 7. 24일
- 정식: '09. 8. 20일
- 수확: '09. 11. 상순

라) 저항성 계통 선발

표 4. 2차 재배에서 선발된 계통의 주요 특성

BN	품종명	계통명	MNSV	흰가루병	과중 (g)	당도 (°Brix)
09 VMB 1	UA 203 B	UAFR-1-1-3-1-1	저항성	약	1,380	12.6
4		-1-4-2-2-3	"	중약	1,200	11.0
6		-1-5-1-2-3	"	"	1,100	12.2
9		-2-4-2-2-1	"	약	920	10.2
11		-2-8-2-4-4	"	극약	820	7.4
12		-2-9-1-2-2	"	중	950	11.0
19	SK 8-079 (春秋系)	SKFR-4-5-3-4-1	"	"	1,080	13.8
22		-4-9-1-1-5	"	중	620	5.6
29		-5-5-5-3-3	"	약	860	10.6
29		-4-10-7-1-1	"	중	900	10.8
29		-5-2-3-2-3	"	중	850	9.0
29		-6-4-4-1-1	"	중	830	8.8
30	SK 7-074 (初夏系)	-7-1-2-2-6	"	"	780	8.0
33		-7-8-4-4-3	"	강	700	11.6
36		-7-9-1-3-4	"	약	820	9.0
41	SK 7-076 (성하계)	-10-1-1-1-3	"	"	1,460	12.2
42		-10-6-1-2-5	"	중약	680	10.6
45		-10-8-3-3-2	"	"	740	16.0
46		-11-1-1-1-4	"	"	820	13.4
47		-11-6-2-2-1	"	"	1,040	12.2
48		-13-1-1-1-1	"	약	620	10.6
49	SK 7-072	-13-4-4-1-2	"	"	1,040	12.8
53		-13-9-1-1-3	"	중약	940	10.4
55		-13-9-5-1-5	"	약	960	13.2
58		-14-5-3-2-2	"	"	1,000	11.0
59		-14-5-3-3-4	"	"	940	7.2
60		-14-6-3-3-4	"	"	"	12.8
61		-14-6-3-3-5	"	"	1,240	13.6
62		-15-1-1-4-2	"	"	1,040	13.4
68		-15-8-4-3-5	"	중약	1,280	10.8
69		-15-9-1-3-2	"	"	1,040	12.0
75		UA 313 (春夏系)	UAFR-16-6-1-1-1	"	약	920
77	-16-6-5-1-2		"	"	1,060	9.8
대비	리빙 하계	시판 품종	이병성	중	2,480	14.2
"	얼스엘리트	"	"	약	2,160	16.0

- MNSV에 대해서는 모든 공시계통이 저항성을 나타냈고 대비품종은 이

병성이었다.

- 흰가루병에 대해서는 강한 계통과 극히 약한 계통 등 계통 간 차이가 심하였다.

- 1회작(춘작)에 비해 2회작(추작)에서 과실크기가 작고 당도가 낮으며, 흰가루병도 더 많이 발생하는 경향이였다.

- MNSV에 저항성인 계통 중에서 교배친으로 이용가치가 있는 33계통을 선발했다.



사진 5. 3차년도도의 추작 선발 계통

<4차년도>

가. MNSV 저항성 계통의 세대진전

1) 1차 선발

가) 공시재료: UAFR-1-1-3-1-1 등 31계통, 계통당 10주 공시

나) 접종일시: '10. 5. 30일 본엽3매시의 묘에 접종(카보란담법)

다) 재배법: MNSV 오염포장에서 재배함.

- 과종: '10. 5. 10일

- 정식: '10. 6. 5일

- 수확: '10. 8. 16일

라) 저항성 계통 선발

표 5. MNSV저항성 계통의 선발과 품질특성

BN	품종명	계통명	MNSV	흰가루병	과중(g)	당도	비고
10	VMA 1	UAFR-1-1-3-1-1-3	저항성	중	1,570	13.5	
2		-1-4-2-2-3-1	"	"	1,200	12.9	
3		-1-5-1-2-3-2	"	약	1,250	14.2	
4	UA203B	-2-4-2-2-1-5	"	중	1,500	14.0	
5		-2-8-2-4-4-3	"	"	1,100	13.0	
6		-2-9-1-2-2-1	"	"	1,150	11.8	
9		SKFR-4-5-3-4-1-5	"	중~강	1,200	13.5	
11		-4-9-1-1-5-7	"	"	700	12.2	
13	SK8-079	-5-5-5-3-3-3	"	중	850	11.5	
17	(春秋系)	-4-10-7-1-1-2	"	"	1,100	12.0	
20		-5-2-3-2-3-1	"	중~강	1,300	13.0	
21		-6-4-4-1-1-5	"	"	900	10.0	
23		-5-5-5-3-2-7	"	중	1,150	12.5	
25		SKFR-7-1-2-2-6-1	"	"	1,300	13.0	
27	SK7-074	-7-8-4-4-3-2	"	약	790	11.0	
30	(初夏系)	-7-9-1-3-4-3	"	중	750	12.0	09VMB14 ♀ 09VMB47 ♂
32		-7-9-1-3-4-5	"	중~강	850	11.5	
33		SKFR-10-1-1-1-3-7	"	약	1,450	12.2	
34	SK7-076	-10-6-1-2-5-5	"	중	750	11.5	
35	(盛夏系)	-10-8-3-3-2-11	"	"	800	15.0	
36		-11-1-1-1-4-3	"	"	850	13.5	
37		SKFR-11-6-2-2-1-1	"	중약	950	12.0	09VMB47 ♀
39		-13-1-1-1-1-5	"	"	1,100	11.0	
41		-13-4-4-1-2-1	"	중	1,150	12.5	
42	SK7-072	-13-9-1-1-3-2	"	"	1,300	11.0	
43		-14-5-3-2-2-1	"	"	1,250	12.0	
45		-15-1-1-4-2-3	"	약	900	14.0	
48		-15-8-4-3-5-5	"	중	1,100	11.0	09VMB14 ♂
50		-15-9-1-3-2-7	"	"	1,050	12.5	
51	UA313	UAFR-16-6-1-1-1-10	"	약	1,300	11.5	
53	(春夏系)	-16-6-5-1-2-7	"	"	1,450	12.0	
대비품종		솔라 하계 (시판종)	이병성	"	2,450	14.5	
		얼스엘리트(")	"	극약	2,200	15.0	

* 병 저항성 검정 기준

- MNSV는 전년도(2009년)에 준비한 MNSV 오염포장에 정식하여 검정하였고, 흰가루병은 포장 저항성으로 검정하였다.
- MNSV는 잎에 나타난 병반 유무로 판단(병반 무: 저항성, 병반 유: 이병성)
- 흰가루병은 착과절 상위엽의 포자퇴 형성 수로 달관적으로 판단하였다.

강: 수확기의 신초에 약간 형성

중: 생육기 중반부터 이병 시작

약: 육묘기부터 이병 시작

극약: 잎 뒷면까지 포자퇴가 심하게 형성

선발계통은 외형상 형질이 고정된 것으로 판단되어 MNSV에 대한 저항성과 품질을 기준으로 31계통을 선발하였다. 이들 계통 중 내병성과 품질 외에 초형, 잎과 엽병장 길이, 초세유지 정도 등을 기준으로 하여 육성소재로서의 활용가치가 크다고 생각되는 16계통에 대해서 아래의 표 6과 같이 새로운 품종명을 부여하였다.

표 6. 육성계통의 품종명 부여

BN	도입명	계통명	MNSV	흰가루병	과중(g)	당도	품종명
1	UA203B	UAFR-1-1-3-1-1-3	저항성	중	1,570	13.5	AR 1호
2		-1-4-2-2-3-1	"	"	1,200	12.9	AR 2호
4		-2-4-2-2-1-5	"	중	1,500	14.0	AR 3호
5		-2-8-2-4-4-3	"	"	1,100	13.0	AR 4호
9	SK8-079 (春秋系)	SKFR-4-5-3-4-1-5	"	중~강	1,200	13.5	AR 5호
11		-4-9-1-1-5-7	"	"	700	12.2	AR 6호
20		-5-2-3-2-3-1	"	중~강	1,300	13.0	AR 7호
25	SK7-074 (初夏系)	SKFR-7-1-2-2-6-1	"	"	1,300	13.0	AR 8호
30		-7-9-1-3-4-3	"	중	750	12.0	AR 9호
33	SK7-076 (成夏系)	SKFR-10-1-1-1-3-7	"	약	1,450	12.2	AR 10호
35		-10-8-3-3-2-11	"	"	800	15.0	AR 11호
36		-11-1-1-1-4-3	"	"	850	13.5	AR 12호
37	SK7-072	SKFR-11-6-2-2-1-1	"	중약	950	12.0	AR 13호
45		-15-1-1-4-2-3	"	약	900	14.0	AR 14호
48		-15-8-4-3-5-5	"	중	1,100	11.0	AR 15호
53	UA313 (春夏系)	-16-6-5-1-2-7	"	"	1,450	12.0	AR 16호



사진 6. 오염 포장에서의 MNSV 저항성계통과 이병성계통의 차이

3. 분자표지를 이용한 MNSV 저항성 검정

가. 재 료 : UAFR-1-1-3-1 등 88계통

나. 검정일시 : '09. 8월 중순

다. 검정 이론과 방법

1) 개요

멜론 재배에 심각한 위협이 되는 멜론괴저바이러스(MNSV)의 피해는 현재 전 세계적으로 확대되는 추세에 있다. MNSV는 토양 또는 종자를 통해 감염되므로 약제 방제가 매우 어려워 저항성 품종 재배가 가장 효과적인 방법이다. 하지만 국내에 재배되는 멜론 품종에는 MNSV 저항성 품종이 없어 저항성 품종의 육성이나 도입이 절실하다.

MNSV 바이러스 피해가 전 세계로 확산됨에 따라 세계 각국 연구기관에서는 저항성 유전자원을 탐색하는 노력이 이루어 졌고 프랑스 연구그룹에서 한국에서 수집된 멜론 유전자원 (PI161375)에서 저항성 유전자를 발견하였고 유전분석을 통하여 저항성은 1개의 열성유전자에 의해서 결정됨을 밝혔다. 그리고 이 저항성 유전자원을 이용하여 Map-based cloning과 멜론과 Arabidopsis 유전체 사이의 synteny를 이용하여 저항성 유전자(*nsv*)를 분리(cloning) 하였다. 분리된 유전자는 eukaryotic translation initiation factor 4E (*Cm-eIF4E*) 기능을 한다고 밝혔다 (그림 1). 그리고, 유전자 3' 말단에 있는 Histidine 아미노산이 Leucine으로 바뀌는 단 1개의 아미노산 서열의 변화에 의해서 이병성에서 저항성 유전자가 발생했다는 것을 입증하였다 (그림 2). 아울러 Nieto et al. (2006)은 1개의 아미노산 변이를 가져온 뉴클레오티드 변이에 기초에서 cleaved amplified polymorphic sequence (CAPS) 분자표지를 보고한 바 있다. 따라서, 본 연구에서는 국내에 도입된 MNSV 저항성 유전자원의 *nsv* 저항성 유전자가 보고된 유전자 염기서열과 일치하는지 확인하고 또한 보고된 분자표지가 국내 멜론 육종계통에도 적용이 가능한지 확인한 후 육종계통을 대상으로 저항성 검정을 진행하고자 하였다.

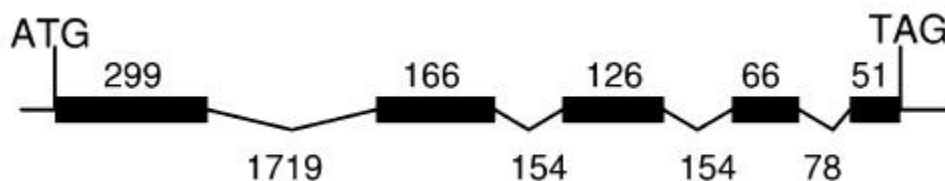


그림 1. 멜론 MNSV 바이러스 저항성 유전자 구조 (그림 출처: Nieto et al. 2006)

```

MVVEDSMKATSAEDLSNSIANQNPRGRGGD 30
EDEELEEGEIVGDDDLSSNLSASLVHQP 60
PLEHSWTFWFDNPSAKSKQATWGASIRPIY 90
      *
TFSTVEEFWSVYNNIHHPSKLAMRADLYCF 120
KHKIEPKWEDPVCANGGKWTVNFPRGKSDN 150
      *
GWLYTLLAMIGEQFDCGDEICGAVVNRSG 180
QDKISIWTKNASNEAAQASIGKQWKEFLDY 210
NESIGFIFHDDAKKFDRLHLAKNKYMV 235

```

그림 2. 멜론 MNSV 저항성 유전자의 저항성과 이병성 allele의 아미노산 서열 비교 (그림 출처: Nieto et al. 2006)

2) 육성된 MNSV저항성 계통과 감수성 품종을 대상으로 유전자 염기서열 비교
 육성된 저항성 계통과 감수성 품종을 대상으로 유전자를 PCR로 증폭시킨 다음 direct sequencing을 통하여 유전자의 염기서열을 확인한 결과 Nieto et al. (2006)이 보고한 염기서열과 일치하였으며 감수성을 저항성으로 바꾼 염기서열의 변이도 일치하는 것으로 확인 되었다 (그림 3).

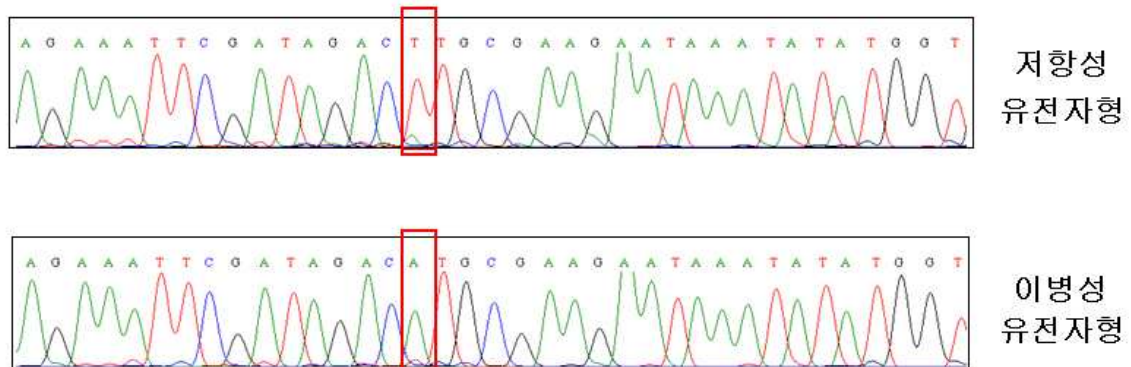


그림 3. 저항성 유전자원과 이병성 육종계통의 MNSV저항성 유전자 염기서열 분석. 감수성과 저항성을 결정하는 염기서열 변이는 네모박스로 표시하였다.

3) 육성된 MNSV 저항성 계통과 감수성 품종을 대상으로 분자표지 적용여부 확인

육성된 MNSV저항성 계통과 대비품종인 감수성 품종을 대상으로 Nieto et al. (2006)이 보고한 CAPS 분자표지가 적용되는지 확인한 결과 이병성 계통에서만

PCR로 증폭한 산물이 *Nla*III 제한효소로 절단 되었다 (그림 4). 저항성과 이병성 유전자의 염기서열을 PCR로 증폭 시킨 다음 *Nla* III 제한효소로 잘랐는데 이병성은 제한효소 인식부위(CATG)가 존재해서 잘려서 두 개의 밴드로 보이고 저항성 유전자형(CTTG)은 제한효소 인식부위가 없어 잘리지 않아 한 개의 큰 밴드로 보임 (그림 4).

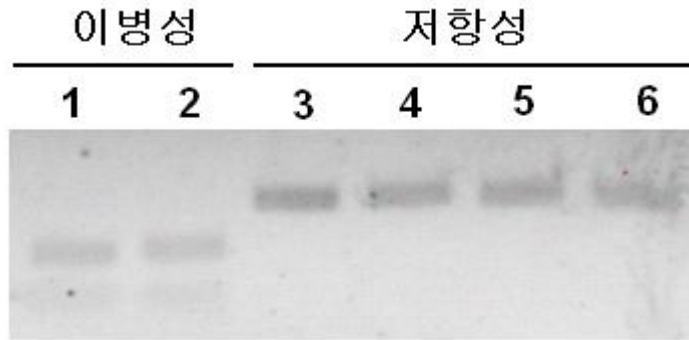


그림 4. 멜론 MNSV 저항성 판별용 CAPS 분자표지.

라. 검정 결과

1) 멜론 MNSV 저항성 판별용 분자표지를 이용한 육종계통 검정 적용성이 확인된 CAPS 분자표지를 가지고 총 88계통을 분석한 결과 85개의 계통은 모두 저항성으로 판별되었고 3계통만 감수성으로 판별되었다 (그림 5).



그림 5. 분자표지를 이용한 MNSV 저항성 판별 결과. 감수성으로 판별된 3개의 계통은 네모상자로 표기하였다.

표 7. 육성계통의 MNSV 저항성 내용

No.	품종명	계통명	MNSV	비고
1	UA 203 B	UAFR 1-1-3-1	저항성	
2	"	-9-5-1	"	
3	"	-3-2-3	"	
4	"	-4-2-2	"	
5	"	-5-1-1	"	
6	"	-5-1-2	"	
7	"	-6-2-2	"	
8	"	-8-6-2	"	
9	"	2-2-5-1	"	
10	"	-2-5-3	"	
11	"	-4-2-2	"	
12	"	-4-2-2	"	
13	"	-8-2-4	"	
15	"	3-4-1-2	"	
16	"	-5-1-3	"	
17	"	-5-2-4	"	
18	SK 8-079 (春秋系)	SKFR 4-2-1-1	"	
19	"	1-5-3-4	"	
20	"	4-5-6-2	"	
21	"	-7-1-1	"	
22	"	1-9-1-1	"	
23	"	4-10-7-1	"	
24	"	5-2-3-2	"	
25	"	-5-4-3	"	
26	"	-5-1-2	"	
27	"	-7-1-3	"	
28	"	6-4-4-1	"	
29	"	5-5-5-3	"	
30	SK 7-074 (初夏系)	7-1-1-2	"	
31	"	-7-1-2	"	
32	"	-8-1-1	"	
33	"	-8-4-4	"	
34	"	-9-2-3	"	
35	"	-9-1-2	"	
36	"	-9-1-3	"	
37	"	-8-3-1	"	
38	"	9-11-1-1		
39	"	-11-3-4	저항성	
40	"	-10-12-1	"	
41	SK 7-076 (성하계)	10-1-1-1	"	
42	"	-6-1-2	"	
43	"	11-7-2-1	"	
44	"	12-8-3-1	"	
45	"	10-8-3-3	"	
46	"	11-1-1-1	"	

47	SK 7-072	SKFR 11-6-2-2	저항성	
48	"	13-1-1-1	"	
49	"	-4-4-1	"	
50	"	-6-4-1	"	
51	"	-6-6-2	"	
52	"	-6-7-2	"	
53	"	-9-1-1	"	
54	"	-9-3-2	"	
55	"	-9-5-1	"	
56	"	-10-3-3	"	
57	"	14-5-1-3	"	
58	"	-5-3-2	"	
59	"	-5-3-3	"	
60	"	-6-3-3	"	
61	"	-10-4-4	"	
62	"	15-1-1-4	"	
63	"	-1-6-1	"	
64	"	-5-1-4	"	
65	"	-6-1-2	"	
66	"	-6-6-2	"	
67	"	-8-3-2	"	
68	"	-8-4-3	"	
69	"	-9-1-3	"	
70	UA 313 (春夏系)	UAFR 16-1-1-2	"	
71	"	-2-1-2	"	
72	"	-3-2-3	"	
73	"	-3-1-2	"	
74	"	-5-1-1	"	
75	"	-6-1-1	"	
76	"	-6-4-2	"	
77	"	-6-5-1	"	
78	"	17-1-1-1	"	
79	"	16-1-3-3	"	
80	"	-8-4-1	"	
81	"	-8-6-1	"	
82	"	-9-3-1	"	
83	"	-9-7-2	"	
84	"	-10-1-1	"	
85	"		"	
86	멜론친우 (대비품종)		이병성	일본 품종
87	판나 A (")		"	(MNSV에 약)
88	판나 B (")		"	"

4. 육성계통간의 조합능력 검정과 신품종보호 출원

<조합능력 검정: 1차>

가. 공시재료

- SKFR-7-9-1-3 × SKFR-15-8-4-3(09VMB 14)
- SKFR-11-6-2-2 × SKFR-7-9-1-3(09VMB 47)
- 대비(국내): 소나타 하계2호

솔라 하계

얼스 엘리트

(일본): 소나타 하계2호

나. 재배법

- 국내에서는 하작과 추작 2회에 걸쳐 조합능력 검정 및 생산능력을 검정함(표 8 참조)

- 일본에서는 타카야마 SEED의 농장에서 추작으로 현지 적응시험 실시

다. 주요 결과

표 8. 2009년도에 선발된 조합의 작형별 및 해외(일본)지역 적응성 검정 결과

작형	품종명	과중 (g)	당도	과육색	과피색	숙기	MNSV	비고
하작	09 VMB 14	2,320	14.0	황록	회백	54일	저항성	과중 2010. 3. 9. 정식 2010. 4. 12. 수확 2010. 7. 15.
	09 VMB 47	2,160	16.0	담록	"	55일	"	
	소나타 하계2호 (대비)	2,260	"	황록	"	"	"	
	솔라 하계(대비)	2,760	16.4	담록	회록	50일	이병성	
	얼스 엘리트(대비)	2,480	15.5	"	"	51일	"	
추작	09 VMB 14	1,800	17.2	황록	회백	55일	저항성	과중 2010. 7. 15. 정식 2010. 8. 9. 수확 2010. 11. 12.
	09 VMB 47	1,900	18.6	"	"	56일	"	
	소나타 하계2호 (대비)	1,660	16.8	황록	회백	56일	"	
	엘리트 하계(대비)	1,720	"	담록	회록	52일	이병성	
일본	09 VMB 14	2,000	16.4	황록	회백	55일	저항성	과중 2010. 7. 27. 정식 2010. 8. 15. 수확 2010. 11. 2.
	09 VMB 47	2,090	17.0	담록	"	57일	"	
	소나타 하계2호 (대비:일본시판종)	1,740	16.5	"	회록	57일	이병성	

본 과제에 이용한 계통은 육성 중인 계통을 도입하였기 때문에 2008년도 2회작에서의 선발 결과 계통에 따라서는 원예적 형질이 거의 고정된 것으로 판단되었다. 그래서 교배친으로 이용가치가 있을 것으로 생각되는 계통 간에 2009년도 춘작에서 조합능력 검정용 교배조합을 작성하여 채종하였다. 채종한 교배조합에 대해 2010년의 하작에서 특성검정을 한 결과 교배종으로서의 가치가 인정되어, 다시 추작에 공시함과 동시에 수출희망지역인 일본의 현지포장(타카야마 SEED)에서 생산력 검정을 하였다. 그 결과 09 VMB 47(SKFR-11-6-2-2×SKFR-7-9-1-3) 조합은 MNSV에 저항성이고 품질이 국내 시판종 및 일본의 시판종에 대해 손색이 없어서 ‘썸머분’으로 명명하였으며, MNSV저항성품종으로서 2011년 3월에 신품종보호 출원하였다 (출원번호: 2011-80). 09 VMB 47(SKFR-11-6-2-2×SKFR-07-9-1-3)조합은 2011년도에도 일본의 타카야마 SEED와 와타나베종묘의 농장에서 각각 2회에 걸쳐 현지 적응시험을 수행한 결과 과중, 당도 등 과실특성이 우수하거나 큰 차이가 없어서 이 조합의 일본 수출가능성을 밝게 하고 있다.

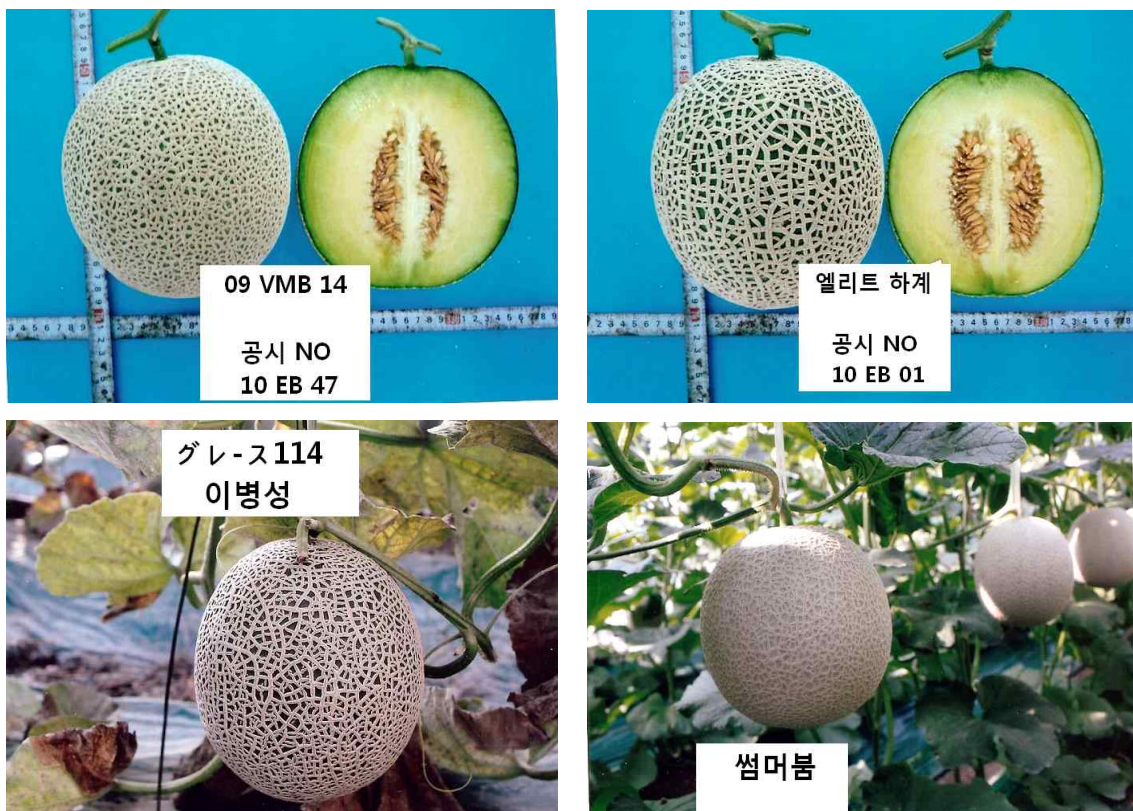


사진 7. 선발조합(썸머분.09VMB14)과 대비품종의 과실 비교

<조합능력 검정: 2차>

가 공시재료

SKFR-4-9-1-1-5-7 × UAFR-1-1-3-1-1-3 등 38조합

나. 재배법

(채종 재배)

- 파종 : 2010. 9. 8.
- 정식 : 2010. 10. 1.
- 수확 : 2010. 12. 28.

(조합능력 검정)

- 파종 : 2011. 2. 21
- 정식 : 2011. 3. 24
- 수확 : 2011. 6. 20

다. 주요 결과

1) 채종 내역

표 9. 선발계통을 이용한 교배조합 작성 및 채종 내역

BN	조합양친명	교배조합명	비고
1	UA203B×SK8-079	UAFR 1-1-3-1-1-3 × SKFR 4-5-3-4-1-5	
2	× "	1-4-2-2-3-1 × 5-5-5-3-3-3	
3	× "	1-5-1-2-3-2 × 6-4-4-1-1-5	
4	× "	2-4-2-2-1-5 × 4-9-1-1-5-7	
5	×UA-313	2-8-2-4-4-3 × UAFR 16-6-1-1-1-10	
6	×SK7-072	2-9-1-2-2-1 × SKFR 11-6-2-2-1-1	
7	SK8-079×UA-313	SKFR 4-5-3-4-1-5 × UAFR 16-6-1-1-1-10	
8	× "	5-5-5-3-3-3 × -5-1-2-7	
9	×UA203B	4-9-1-1-5-7 × 1-1-3-1-1-3	11E157 루시스
10	× "	5-2-3-2-3-1 × 2-8-2-4-4-3	
11	×SK7-072	" × SKFR 11-6-2-2-1-1	
12	× "	4-5-3-4-1-5 × 13-1-1-1-1-5	
13	×SK7-074	6-4-4-1-1-5 × SKFR 7-9-1-3-4-3	
14	×SK7-072	5-5-5-3-3-3 × 11-6-2-2-1-1	
15	× "	" × 15-1-1-4-2-3	
16	×SK7-076	4-10-7-1-1-2× 10-1-1-1-3-7	
17	× "	6-4-4-1-1-5 × 10-8-3-3-2-11	
18	× "	5-2-3-2-3-1 × 11-1-1-1-4-3	
19	SK7-074×UA203B	7-1-2-2-6-1 × UAFR 1-5-1-2-3-2	
20	×UA-313	7-8-4-4-3-2 × 16-6-1-1-1-10	
21	×SK8-079	7-9-1-3-4-3 × SKFR 4-5-3-4-1-5	11E13
22	SK7-076× "	10-1-1-1-3-7 × 5-5-5-3-3-3	
23	× "	10-6-1-2-5-5 × 6-4-4-1-1-5	
24	×SK7-072	10-8-3-3-2-11× 11-6-2-2-1-1	
25	×UA313	11-1-1-1-4-3 × UAFR 16-6-5-1-2-7	
26	SK7-072× "	11-6-2-2-1-1 × "	
27	×SK8-079	13-1-1-1-1-5 × SKFR 4-9-1-1-5-7	
28	×SK7-076	14-5-3-2-2-1 × 10-1-1-1-3-7	
29	×UA203B	15-1-1-4-2-3 × UAFR 1-1-3-1-1-3	
30	× "	15-8-4-3-5-5 × 2-4-2-2-1-5	

31	UA-313× "	UAFR 16-6-1-1-1-10×	1-1-3-1-1-3	
32	×SK8-079	16-5-1-2-7	× SKFR 4-5-3-4-1-5	11E189
33	× "	"	× 5-5-5-3-3-3	
34	×SK7-074	16-1-1-1-10	× 7-1-2-2-6-1	
35	× "	16-1-5-1-2-7×	7-9-1-3-4-3	
36	×SK7-076	"	× 10-1-1-1-3-7	
37	× "	16-1-1-1-1-10×	11-1-1-1-4-3	
38	×SK7-072	"	× 15-8-4-3-5-5	

MNSV에 저항성이고 생육 및 품질특성이 교배모본으로서 가능성이 있어 보이는 계통을 중심으로 하여 38개의 조합을 작성하고 채종하였다. 이들 조합은 차년도에 조합능력을 검정하여 우수조합은 생산력 검정시험을 거쳐 품종으로 등록할 예정이다.

2) 교배조합의 생육 및 과실특성 검정

표 10. 교배조합의 생육특성

BN	교배조합	잎 크기	엽 병장	초형	초세	후기 초세	MNSV	흰가루병
1	UAFR 1-1-3-1-1-3 × SKFR 4-5-3-4-1-5	대	중	약개장	강	중	저항성	강
2	" 1-4-2-2-3-1 × 5-5-5-3-3-3	대~중	단~중	직립	"	강	"	"
3	" 1-5-1-2-3-2 × 6-4-4-1-1-5	대	"	개장	"	"	"	"
4	" 2-4-2-2-1-5 × 4-9-1-1-5-7	"	"	직립	"	강~중	"	"
5	" 2-8-2-4-4-3 × UAFR 16-6-1-1-1-10	"	중	"	"	중	"	강중
6	" 2-9-1-2-2-1 × SKFR 11-6-2-2-1-1	"	"	"	"	강~중	"	중
7	SKFR 4-5-3-4-1-5 × UAFR 16-6-1-1-1-10	중	장	약개장	"	중	"	강
8	" 5-5-5-3-3-3 × 16-6-5-1-2-7	대	중	직립	"	강	"	"
9	" 4-9-1-1-5-7 × 1-1-3-1-1-3	중	중~단	"	"	강+	"	강+
10	" 5-2-3-2-3-1 × 2-8-2-4-4-3	대	중	개장	중~강	강~중	"	"
11	" × SKFR 11-6-2-2-1-1	"	장	약개장	"	강	"	강

12	" 4-5-3-4-1-5 × 13-1-1-1-1-5	"	"	"	중	"	"	"
13	" 6-4-4-1-1-5 × SKFR 7-9-1-3-4-3	"	"	"	강	중	"	"
14	" 5-5-5-3-3-3 × 11-6-2-2-1-1	"	중	"	"	"	"	"
15	" " × 15-1-1-4-2-3	대~중	"	"	중	"	"	"
16	" 4-10-7-1-1-2 × 10-1-1-1-3-7	"	단~중	직립	강	강~중	"	"
17	" 6-4-4-1-1-5 × 10-8-3-3-2-11	"	"	개장	"	"	"	"
18	" 5-2-3-2-3-1 × 11-1-1-1-4-3	중	중	"	"	"	"	"
19	" 7-1-2-2-6-1 × UAFR 1-5-1-2-3-2	대	"	"	중	강	"	강중
20	" 7-8-4-4-3-2 × 16-6-1-1-1-10	"	"	"	"	중	"	중
21	" 7-9-1-3-4-3 × SKFR 4-5-3-4-1-5	대~중	"	직립	강+	강+	"	강+
22	" 10-1-1-1-3-7 × 5-5-5-3-3-3	대	중~장	"	강	강	"	강
23	" 10-6-1-2-5-5 × 6-4-4-1-1-5	"	"	"	"	강~중	"	"
24	" 10-8-3-3-2-11 × 11-6-2-2-1-1	"	"	"	"	"	"	중
25	" 11-1-1-1-4-3 × UAFR 16-6-5-1-2-7	"	장	"	"	"	"	"
26	" 11-6-2-2-1-1 × UAFR 16-6-5-1-2-7	대~중	중~장	"	"	중	"	"
27	" 13-1-1-1-1-5 × SKFR 4-9-1-1-5-7	"	"	"	"	강	"	강
28	" 14-5-3-2-2-1 × 10-1-1-1-3-7	"	"	"	"	"	"	중
29	" 15-1-1-4-2-3 × UAFR 1-1-3-1-1-3	"	중	"	"	"	"	"
30	" 15-8-4-3-5-5 × 2-4-2-2-1-5	"	장	"	"	"	"	"
31	UAFR 16-6-1-1-1-10 × 1-1-3-1-1-3	대	중~단	"	"	"	"	"
32	" 16-6-5-1-2-7 × SKFR 4-5-3-4-1-5	중	"	"	"	강+	"	강+

33	" × "	5-5-5-3-3-3	대	중	개장	"	강	"	"
34	" × "	16-6-1-1-1-10 7-1-2-2-6-1	"	"	"	"	중	"	강중
35	" × "	16-6-5-1-2-7 7-9-1-3-4-3	중	"	"	"	"	"	"
36	" × "	10-1-1-1-3-7	"	중~단	직립	"	"	"	"
37	" × "	16-6-1-1-1-10 11-1-1-1-4-3	대~중	장	"	"	강	"	"
38	" × "	15-8-4-3-5-5	"	"	"	"	중	"	"
대비	얼스 엘리트		중~소	단	"	"	강~중	약	약

재배결과 교배조합에 따라 잎 크기는 큰 조합이 많았고, 엽병장은 짧은 것에서부터 긴 것까지 다양하게 나타났으며, 초형은 직립형이 많았다. 초세는 강한 것이 많았으나 후기에 약간 떨어지는 경향이였다. 생육특성으로 판단할 때, 현재 여름작형에서 가장 많이 재배되고 있는 ‘얼스 엘리트’와 비슷한 특성을 가진 조합은 BN 2, 9, 16, 21, 29, 32, 36이였고 그 중에서도 BN 9조합과 32조합이 우수한 것으로 나타났다. 대비품종인 ‘얼스 엘리트’가 MNSV와 흰가루병에 대해 이병성을 보인데 비해 시교조합은 모든 조합이 MNSV에 대해서는 저항성을 보였고, 흰가루병 내병성은 강한 것과 중간정도의 내병성을 나타냈다.

표 11. 교배조합의 과실 특성

BN	조합명	과중(g)	당도(°)		육색	네트형	과피색	선발
			내	외				
1	UAFR 1-1-3-1-1-3 × SKFR 4-5-3-4-1-5	2,000	15.4	12.0	황록	후	회백	
2	" 1-4-2-2-3-1 × 5-5-5-3-3-3	1,980	14.8	9.0	"	"	"	
3	" 1-5-1-2-3-2 × 6-4-4-1-1-5	1,900	16.0	10.0	"	"	"	
4	" 2-4-2-2-1-5 × 4-9-1-1-5-7	1,600	14.4	12.2	"	"	"	
5	" 2-8-2-4-4-3 × UAFR 16-6-1-1-1-10	2,280	16.0	13.0	담록	"	"	
6	" 2-9-1-2-2-1	2,500	15.0	10.2	"	"	"	

	× SKFR 11-6-2-2-1-1							
7	SKFR 4-5-3-4-1-5 × UAFR 16-6-1-1-1-10	2,440	16.4	10.8	"	"	"	
8	" 5-5-5-3-3-3 × 16-6-5-1-2-7	1,760	17.0	12.0	"	"	"	
9	" 4-9-1-1-5-7 × 1-1-3-1-1-3	2,600	"	12.4	"	중	"	◎
10	" 5-2-3-2-3-1 × 2-8-2-4-4-3	2,560	16.0	11.0	"	"	"	
11	" " × SKFR 11-6-2-2-1-1	2,340	15.5	10.0	"	"	회록	
12	" 4-5-3-4-1-5 × 13-1-1-1-1-5	2,480	16.5	12.0	"	"	"	
13	" 6-4-4-1-1-5 × SKFR 7-9-1-3-4-3	1,960	17.0	13.0	"	"	"	
14	" 5-5-5-3-3-3 × 11-6-2-2-1-1	2,180	16.2	11.2	"	"	"	
15	" × 15-1-1-4-2-3	1,820	16.8	13.2	"	"	"	
16	" 4-10-7-1-1-2 × 10-1-1-1-3-7	1,880	15.7	12.0	"	"	"	
17	" 6-4-4-1-1-5 × 10-8-3-3-2-11	1,340	14.0	13.0	"	"	"	
18	" 5-2-3-2-3-1 × 11-1-1-1-4-3	2,100	15.4	11.0	"	"	"	
19	" 7-1-2-2-6-1 × UAFR 1-5-1-2-3-2	1,820	16.0	11.5	"	"	회백	
20	" 7-8-4-4-3-2 × 16-6-1-1-1-10	1,620	15.5	11.0	"	"	"	
21	" 7-9-1-3-4-3 × SKFR 4-5-3-4-1-5	2,100	16.8	13.2	"	"	"	◎
22	" 10-1-1-1-3-7 × 5-5-5-3-3-3	1,760	15.7	11.0	"	후	"	
23	" 10-6-1-2-5-5 × 6-4-4-1-1-5	1,820	16.0	11.5	"	"	"	
24	" 10-8-3-3-2-11	1,740	15.5	11.0	"	"	"	

	× 11-6-2-2-1-1							
25	" 11-1-1-1-4-3 × UAFR 16-6-5-1-2-7	2,730	16.5	10.0	"	중	"	
26	" 11-6-2-2-1-1 × UAFR 16-6-5-1-2-7	2,460	16.4	11.0	"	"	"	
27	" 13-1-1-1-1-5 × SKFR 4-9-1-1-5-7	2,600	15.8	10.0	"	"	"	
28	" 14-5-3-2-2-1 × 10-1-1-1-3-7	1,140	"	11.0	"	후	"	
29	" 15-1-1-4-2-3 × UAFR 1-1-3-1-1-3	1,180	16.0	10.0	황록	"	"	
30	" 15-8-4-3-5-5 × 2-4-2-2-1-5	2,140	15.8	11.8	"	중	"	
31	UAFR 16-6-1-1-1-10 × 1-1-3-1-1-3	2,230	16.0	12.0	"	"	"	
32	" 16-6-5-1-2-7 × SKFR 4-5-3-4-1-5	1,900	16.4	10.0	담록	"	"	◎
33	" " × 5-5-5-3-3-3	1,730	16.2	12.0	"	후	"	
34	" 16-6-1-1-1-10 × 7-1-2-2-6-1	1,680	15.0	10.2	"	"	"	
35	" 16-6-5-1-2-7 × 7-9-1-3-4-3	2,180	16.4	10.4	"	"	"	
36	" × 10-1-1-1-3-7	1,380	12.0	8.0	"	"	"	
37	" 16-6-1-1-1-10 × 11-1-1-1-4-3	1,760	14.0	7.8	"	"	"	
38	" × 15-8-4-3-5-5	2,620	15.0	8.0	"	중	"	
대비	얼스 엘리트	1,780	16.4	12.0	"	후	회록	



사진 8. 선발조합의 재배 전경과 일본 수입업자의 포장 관찰

과실특성에서 평균과중은 1100g 정도에서 2700g까지 변이가 컸고, 당도는 14도에서 17도까지 분포했다. 과육색은 옅은 녹색과 황색이 비치는 녹색으로 나눌 수 있었고, 네트형태는 굵은 것(후)과 중간 형태가 많았다. 과피색은 밝게 보이는 회백색과 약간 녹색이 비치는 회록색으로 나눌 수 있었다. 여름작의 대표적인 품종인 ‘얼스 엘리트’가 과피색이 회록색인데 비해 공시 조합은 회백색이 많아 외관이 우수하였으나 네트형태는 ‘얼스 엘리트’에 미치지 못하였다. 생육특성과 내병성, 과실의 품질 등을 종합하여 판단할 때 SKFR-4-9-1-1-5-7 × UAFR-1-1-3-1-1-3(BN 9), SKFR-7-9-1-3-4-3 × SKFR-4-5-3-4-1-5(BN 21), UAFR-16-6-5-1-2-7 × SKFR-4-5-3-4-1-5(BN 32)조합이 우수조합으로 선발되었다.

3) 선발조합의 지역적응성 검증

가) 공시재료

- SKFR-4-9-1-1-5-7 × UAFR-1-1-3-1-1-3
- SKFR-7-9-1-3-4-3 × SKFR-4-5-3-4-1-5
- UAFR-16-6-5-1-2-7 × SKFR-4-5-3-4-1-5

나) 재배법

- 파종 : 2011. 3. 15
- 정식 : 2011. 4. 18
- 수확 : 2011. 7. 15

다) 주요 결과

표 12. 우수조합의 특성

BN	교배 조합 NO	MNSV	흰가루병	과중 (g)	당도(°)		육색	네트형	과피색	비고
					내	외				
9	SKFR-4-9-1-1-5-7 × UAFR-1-1-3-1-1-3	강	강+	2,200	16.6	10.4	담록	중~후	회백	얼스 루시스
21	SKFR-7-9-1-3-4-3 × SKFR-4-5-3-4-1-5	"	"	2,040	16.0	11.4	"	"	"	등록 예정
32	UAFR-16-6-5-1-2-7 × SKFR-4-5-3-4-1-5	"	"	2,080	17.0	11.0	"	"	"	등록 예정
대비	얼스 엘리트	약	약	1,520	17.6	12.0	"	후	회록	

우리나라에서 여름작형에 가장 많이 재배되고 있는 ‘얼스 엘리트’에 비해 3가지의 공시조합은 MNSV에 저항성이었고 흰가루병에도 강한 특성을 나타냈다. 당도와 네트발현은 대비품종인 ‘얼스 엘리트’가 우수했지만, 과피색은 선발조합들이 회백색으로 우수했다. 이들 공시조합은 하작용 품종으로 충분한 가치가 인정되어 먼저 SKFR-4-9-1-1-5-7 × UAFR-1-1-3-1-1-3조합은 ‘얼스 루시스’로 명명하고 품종의 생산판매등록을 하였으며 3품종 모두 신품종보호 출원을 예정하고 있다.



사진 9. 얼스 썸머뽀(신품종보호출원 중)

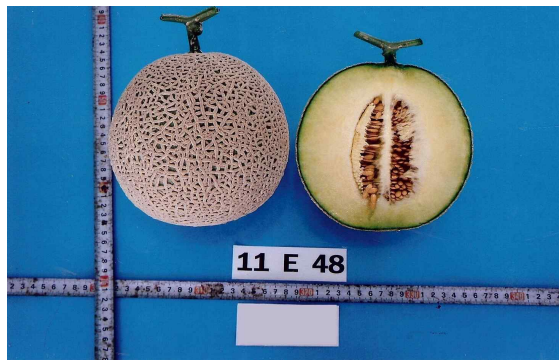


사진 10. 얼스 루시스(생산판매신고)

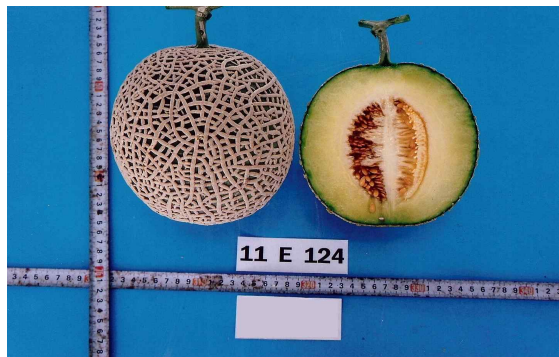


사진 11. BN21(품종보호출원 예정)

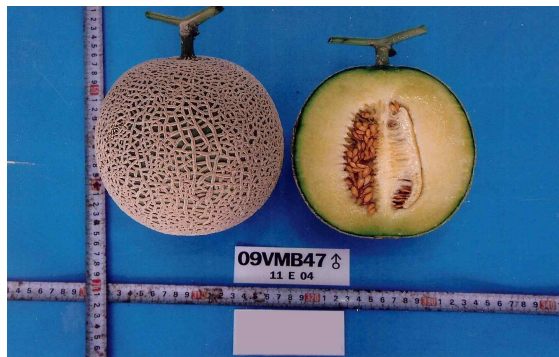


사진 12. BN32 (품종보호출원 예정)

제 2 절 흰가루병 저항성 참외형 멜론 육성

1. 육성재료의 도입과 교배조합의 작성

<1차년도 1회작(1)>

가. 육성 재료

1) 흰가루병 저항성품종 육성소재

2007년에 흰가루병 저항성 재료로 ‘부산928호’와 ‘부산936호’를 도입하였다. 이들 품종은 국립원예특작과학원에서 육성한 품종으로 경제적인 재배가치는 없으나 ‘부산928호’는 흰가루병과 덩굴마름병에 저항성이고 덩굴쪄김병에도 내병성이며 과피색이 담황색으로 과면에 열린 골이 있으며, 과육은 담록색으로 단단하여 저장성이 뛰어나다. ‘부산936호’는 흰가루병과 덩굴마름병에 저항성이며 과피색은 황색이고 과육은 적색이다. 이 품종도 과육이 치밀하여 저장성이 우수한 특성이 있다. 과제수행 중 이들 저항성 품종이 이병화됨에 따라 국내에 발생하는 흰가루병의 레이스를 확인할 목적으로 ‘MR1’ 등 흰가루병 표준품종을 체코, 헝가리, 프랑스등으로부터 13품종을 도입하였고, 2010년에는 시판 교배종인 ‘조은대’를 2011년에는 시판종인 ‘엔젤’을 타이완으로부터 도입하였다.

2) 품질개량을 위한 소재

2007년에 ‘부산909호’ 등 12품종을 도입하였다. (표 1). 이들 품종은 흰가루병에는 내병성이지만 당도, 육질 등 품질이 교배모본으로서 이용가치가 있고, 과형, 과육색이 다양하여 기존 참외품종과는 다른 새로운 형의 참외 육성에 이용가능성이 있다고 생각되는 11품종과 품질이 우수한 시판종 1품종을 도입하였다.

나. 교배조합 작성 및 채종

표. 1과 같이 2007년에는 계통분리용 재료로 이용하기 위해 부산909호/부산936호 등 22조합을 교배하여 채종하였고, 2009년에는 부산936호/MR1 등 8조합을 재배하여 채종하였다. 2010년에는 본 과제에서 육성된 계통인 ‘대산1호’ 등 3계통에 흰가루병에 내병성을 가진 ‘조은대’를 교배하여 채종하였으며, 2011년에는 대만에서 도입한 흰가루병 내병성 품종 ‘엔젤’과 ‘대산1호’ 등 3계통을 교배하여 채종하였다.

표 1. 흰가루병 저항성친 및 품질친과 교배조합명

도입년도	품종명	사용목적	계통분리용 교배조합 채종
2007	부산928호	저항성 재료	부산909호/부산936호 등 22조합 과종: '07. 8. 1일, 정식: 8. 19일,
	부산936호	"	
	부산906호	품질친	
	부산908호	"	
	부산909호	"	

표 2. 교배조합의 흰가루병 저항성 및 과실특성

BN	조합 및 계통명	흰가루병	과중 (g)	당도 (°Brix)	과피색	과육색	비고	선발 여부
1	928/GS	건전	780	16.0	담록	담록		
3	928/대황	"	420	15.6	황골	담록		
4	936/928	"	1,020	14.6	황골	담적		
5	936/대황	"	760	13.6	담황골	적	질김	
6	906/928	"	520	9.0	농황골	담록	초경육	
7	906/936	"	560	16.2	담황골	담적	경육	
10	934/928	"	560	18.0	담황골	녹적	경육, 낙과	
11	934/936	"	520	18.2	담황골	적	점질	
15	956/928	"	480	17.8	농황골	담록		
16	956/936	"	400	17.0	농황골	담록		
18	959/928	"	680	16.4	황골	담록	아삭	
19	959/936	"	800	16.0	농황골	백	열과심	
22	959/GS	이병	940	17.0	황	담황	열과	
23	909/928	건전	420	16.0	담황골	담록	반점	
24	909/936	"	600	17.0	황골	적		
26	912/936	"	560	17.0	담황골	적	발효	
27	937/928	"	800	18.0	담황골	담록	경육	
30	930/928	이병	840	15.4	황	담록		
31	908/936	건전	420	17.0	황골	담황		
36	911/936	"	520	16.5	황골	담황	열피	
40	금홍/936-2	건전	720	17.0	황골	적	저항성 분리	○
40	" -9	건전	800	17.8	담황	적	"	○
41	금홍/928-4	건전	640	15.0	황골	녹		○
41	" -9	"	800	17.8	담황	적	아삭	○
47	909	이병	420	15.0	황골	담황		
52	GS	이병	600	17.0	담황	담록		

* 흰가루병 발생여부는 포장검정으로 판정함.

흰가루병이 항상 발생할 수 있는 조건을 유지하기 위해 흰가루병의 유지 증식용 하우스를 설치하였다. 저항성 소재인 ‘부분928호’와 ‘부산936호’와의 교배조합은 대부분 흰가루 병에 저항성을 나타냈으나 ‘부산930호’와의 조합은 흰가루병에 이병되었다. 교배종인 ‘금홍’과의 교배조합 분리세대에서는 흰가루병 저항성이 분리되었다. 대부분의 조합이 과육의 당도는 높았으나 경도가 지나치게 높아서 선발에 제외하였다. 흰가루병 저항성 여부와 과피색, 과육의 경도 등을 검토하여 금홍/936 후대, 금홍/928 후대에서 각각 2개체씩 선발하였다.

2) 여교배 조합작성과 단성계통 유기용 교배조합 작성

원예적 유용형질의 집적속도를 높일 목적으로 흰가루병에 저항성인 조합에 품질친을 다시 교배한 부산928/GS//GS 등 여교배 조합을 7조합 작성하여 채종하였고, 품질친 ‘부산909호’와 ‘GS’의 단성화를 유기하기 위해 단성계통품종인 ‘부산959호’와의 교배조합을 채종하였다.



그림 1. 흰가루병 병원균의 유지 증식 하우스



그림 2. 우수조합선발 및 여교잡 작성.



그림 3. 교배 전경

<2차년도 1회작(3)>

가. 우수계통의 세대진전과 선발 및 여교배 조합(BC2) 작성

1) 공시재료

- 금홍/부산936-2등 2계통
- 928/GS//GS(928/GSBC1) 등 여교배 8조합
- 부산909호/부산956호 등 7조합

2) 재배법

- 파종: '08. 5. 30일
- 정식: '08. 6. 20일
- 수확: '08. 8월 중하순

나. 주요 결과

1) 흰가루병 저항성 검정

표 3. 유묘검정과 포장검정에서의 흰가루병 이병률 조사

BN	조합명	유묘검정		포장검정	
		접종주수	이병주수	정식주수	발병주수
108	928/GS//GS	56	0	38	34
109	934/936//934	160	0	30	10
110	956/928//956	9	0	9	6
111	959/928//959	53	0	30	22
112	959/936//959	64	0	30	8
114	912/936//912	47	0	30	21
132	909/936	40	0	8	0
133	금홍/936-2	50	0	50	4
134	금홍/936-9	64	0	48	19
대비	부산956호	-	-	8	8

* 1. 유묘검정은 낙분법을 이용함

2. 909/928//909조합(BN 113)은 발아불량으로 접종하지 못함

공시조합 대부분이 흰가루병의 유묘검정에서는 저항성으로 나타났으나 재배후기에 이병되는 개체가 많았다. 대비품종인 '부산956호'는 전 계체가 흰가루병에 이병되어 선발조합이 대비품종보다는 다소 강한 것으로 나타났다.

2) 우수조합 및 개체의 선발

표 4. 선발계통의 과실 특성

BN	조합 및 계통명	흰가루병	과중 (g)	당도 (°Brix)	과피색	과육색	비고
108	928/GSBC1(15)	건전	1440	13.0	황	담록	
"	" (30)	"	1850	13.0	"	"	
109	934/936BC1	"	1200	15.0	담황골	적	맛 우수
110	956/928BC1	"	840	12.4	황골	백	
112	959/936BC1(2)	"	1160	12.4	"	"	육질연함
"	" (20)	"	1320	15.4	"	"	"
114	912/936BC1(1)	"	910	14.3	"	담적	약분질
"	" (4)	"	680	14.5	"	"	"
"	" (28)	"	820	15.0	"	"	"
117	909/956(2)	이병	570	14.4	"	담황	
"	" (3)	"	660	14.0	"	"	
132	909/936	건전	900	12.8	"	백	

133	금홍/936-2-24	건전	800	15.1	"	백	과면오점심
"	" -43	건전	870	14.5	"	"	
134	금홍/936-9-6	건전	1200	15.0	"	적	

* '08. 5. 30일 파종, 6. 20일 정식, 8월 중하순에 수확

흰가루병에 강하고 과실특성이 우수한 계통 및 조합을 표 4와 같이 선발하였다. 5월에 수확한 전작에 비해 과실은 컸으나 당도는 낮았다. 공시 계통 대부분에서 흰가루병이 발생하였으나 공시계통 중 건전한 개체를 위주로 하여 채종하였다.

3) BC1, BC2세대 작성

2차년도 2회작에 공시할 재료로서 아래와 같이 여교배 조합을 작성하였다.

BN	계통명	채종수
108	928/GSBC2	2계통
109	934/936BC2	1 "
110	956/928BC2	1 "
112	959/936BC2	2 "
114	912/936BC2	3 "
117	909/956BC1	2 "
132	909/936BC1	1 "



사진 4. 흰가루병균의 접종

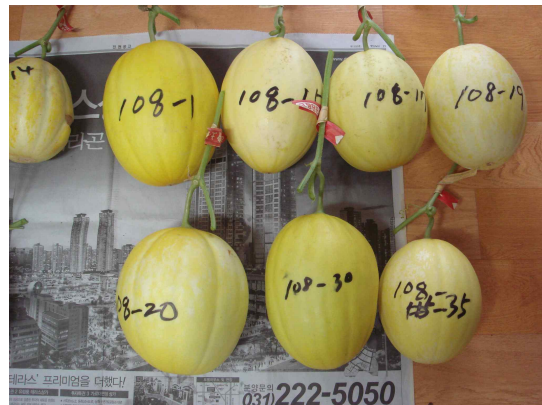


사진 5. BN 108계통의 분리형태

<2차년도 2회작(4)>

가. 우수계통 및 여교배 조합(BC2)의 계통선발

1) 공시재료

- 928/GSBC2 등 5계통
- 909/936BC1 등 2계통

- 금홍/부산936-2-24 등 3계통

2) 재배법

- 파종: '08. 9. 16일
- 정식: '08. 10. 11일
- 수확: '09. 1. 상순

나. 주요 결과

1) 흰가루병 저항성 검정

표 5. 유묘검정과 포장검정에서의 흰가루병 이병률 조사

BN	조합명	유묘검정		포장검정	
		접종주수	이병주수	정식주수	발병주수
177	928/GS/BC2	24	10	13	13
178	928/GS/BC2	61	26	35	35
179	956/928BC2	45	41	4	4
180	959/936BC2	64	31	30	30
181	912/936BC2	64	34	30	30
183	909/936BC1	61	16	44	44
188	금홍/936-2-24	16	0	14	14
"	금홍/936-2-43	16	0	16	16
"	금홍/936-9-6	14	0	14	14

가) 유묘검정에서는 흰가루병에 저항성 정도에 차이가 많아서 거의 발생하지 않는 계통도 있었고, 대부분 이병되는 있었으나 포장검정에서는 전공시주수가 이병되었다. 이는 1차년도와 2차년도의 시험결과와 매우 차이가 나는 것으로 국내에 흰가루병의 새로운 레이스가 유입되었기 때문인 것으로 추정된다.

나) 우리나라에서는 아직 흰가루병 race 분화에 대한 보고가 없어서 이에 대한 연구가 필요하다고 생각되어

다) 새로 분화된 흰가루병 race에 대한 저항성품종을 육성할 목적으로 2009년도에 다시 흰가루병 race 검정용 유전자원 13계통을 도입하여 시험용 종자를 증식하였다(3항의 흰가루병 레이스 분화 검정 참조).

2) 우수 계통의 선발

표 6. 선발계통의 과실특성

BN	계통명	과중 (착과수)	당도 (°Brix)	과형	과피색	과육색	육질
178	928/GSBC2-9	240(3)	14.0	원형	농황	담적	약경
"	928/GSBC2-14	500(2)	14.0	"	황	"	"

"	928/GSBC2-15	450(2)	16.0	"	황	"	"
"	928/GSBC2-16	450(2)	15.0	"	황	"	"
179	956/928BC2/928	230(2)	14.0	원통형	농황,골	백	
181	912/936BC2-3	260(2)	15.0	장원통	"	백	약분질
183	909/936BC1-1	420(1)	18.0	원통형	농황,골	담적	
"	909/936BC1-2	280(2)	18.0	"	"	담록	약경
"	909/936BC1-4	280(3)	15.0	"	황,골	담적	경
186	금홍/936-2-24-2	140(2)	14.5	"	황골	백	
187	금홍/936-2-43-1	200(1)	14.0	"	"	"	
188	금홍/936-9-6-1	280(1)	14.0	"	"	"	점질
"	금홍/936-9-6-9	240(1)	14.0	"	"	"	약경육
"	금홍/936-9-6-14	310(2)	16.5	"	"	담적	아삭

저온기인 10월 중순에 정식하였기 때문에 전체적으로 과실 크기가 매우 작았다. 초형, 착과력, 과피색, 과육색, 당도 등을 판단기준으로 하여 여교배 BC2세대에서 928/GSBC2-9 등 6계통, BC1 세대에서 909/936BC1-2 등 3계통, 금홍/936의 교배후대에서 5계통을 선발하였다.



사진 6. BN 183계통의 분리형태



사진 7. BN 177, 178계통 분리형태

<3차년도 1회작(5)>

가. 공시재료

1) 공시재료 :

- 928/GSBC2-9등 6계통
- 928/GSBC2 1계통
- 909/936BC1-1등 5계통
- 금홍/936-9-6-1등 3계통
- 고정계통: 부산 928호 등 6품종

2) 재배

- 파종: '09. 3. 8일
- 정식: '09. 4. 5일
- 수확: '09. 6월 중순

나. 주요 결과

1) 우수계통의 선발

표 7. 선발계통의 특성

BN	계통명	평균 과중 (g)	당도 (°Brix)	과형	과피색	과육색	육질
44	928/GSBC2-15-7	1,000(2과)	15.0	원형	황,골	담록	약 아삭
89	928/GSBC2-3	1,100(1)	15.2	"	농황	"	약점질
"	928/GSBC2-7	1,030(2)	16.0	고구형	황	녹	"
"	928/GSBC2-17	1,060(2)	"	원형	"	담록	"
"	928/GSBC2-42	1,320(2)	16.5	"	"	녹	약분질
47	956/928BC2-18	430(2)	16.3	장원통	농황	"	경육
48	909/936BC1-1-3	420(2)	15.7	단원통	황골	담적	아삭
"	909/936BC1-1-6	380(2)	17.0	장원통	농황	녹적	"
49	909/936BC1-2-10	470(3)	16.7	"	담황,골	담록	"
"	909/936BC1-2-14	610(3)	15.8	단원통	"	담적	경육
51	금홍/936-9-6-1-2	1,180(1)	17.0	고구형	담황	백	아삭
"	금홍/936-9-6-1-7	670(2)	15.6	"	"	"	"
52	금홍/936-9-6-9-5	760(2)	16.5	원형	황,골	"	"
53	금홍/936-9-6-14-6	500(1)	17.0	"	"	적	약점질
82	MR1	440	5.0		농록골	녹	분질

모든 공시계통이 흰가루병에 이병되어 품질을 위주로 우수 계통을 선발하였다. 928/GSBC2 계통의 9, 14, 16계통이 발아가 안 되어 4회작의 928/GSBC2 계통을 재파하여 공시하였다. 928/GSBC2의 후대는 과형과 육질이 멜론에 가깝고, 909/936BC 1-1 계통은 참외에 가까웠다.

2) 흰가루병의 레이스 분화

2차년도 2회작(전체 4회작)에서 대부분의 선발계통과 기존의 흰가루병 저항성계통(부산928, 부산936)에서 흰가루병이 발생하였기 때문에 5회작에서는 유묘검정은 의미가 없다고 판단하여 포장에서의 흰가루병 발생정도를 조사하였다. 포장에서의 저항성 검정결과 전 공시계통이 모두 흰가루병에 이병되어 흰가루병 새로운 레이스가 국내에 유입된 것이 확실한 것으로 판단되었다.

3) 새로 도입한 흰가루병 저항성을 이용한 교배조합 작성

전 계통이 흰가루병에 이병화됨에 따라 2009년에 도입한 흰가루병 저항성 유전자 원인 'MR 1'을 이용하여 부산928호/MR1 등 6조합을 다시 작성하여 채종하였다. MR1은 흰가루병에는 매우 강하고, 과실은 과피가 농록색인데 숙기가 지나면 황화하고 심하게 열과가 발생하였다. 당도가 매우 낮고 육질이 분질이었다.



<3차년도 2회작(6)>

가. 우수계통 선발

1) 공시재료 :

- 928/GSBC2-15-7
- 928/GSBC2-3 등 4계통
- 909/936BC1-1-3등 4계통
- 909/936BC1-2 등 2계통
- 금홍/936-9-6-1-2등 4계통
- 고정계통: 936 등 4품종
- 928/MR1 등 4조합

2) 재배

- 파종 : '09. 7. 13일
- 정식 : '09. 8. 1일
- 수확 : '09. 9. 28 ~ 10. 16일

나. 주요 결과

1) 우수계통의 세대진전

표 8. 선발계통의 특성

BN	계통명	평균과중 (g)	당도 (°Brix)	과형	과피	과육	육질
164	928/GSBC2-15-7-6	820(2과)	13.0	원형	황,골	담록	다소 아삭
"	928/GSBC2-15-7-17	1,400	14.0	"	황	"	"
165	928/GSBC2-3-1	860	15.6	"	황,골	"	약점질

166	928/GSBC2-7-6	1,470	15.0	고구형	황	"	"
"	928/GSBC2-7-7	580	"	원형	"	녹	"
167	928/GSBC2-17-17	800	14.4	"	"	담록	"
168	928/GSBC2-42-18	1,660	16.0	"	"	녹	약분질
170	909/936BC1-1-3-7	730(2)	16.9	단원통	황골	담적	아삭
"	909/936BC1-1-3-16	610(2)	15.2	"	"	"	"
171	909/936BC1-1-6-5	650(2)	15.5	장원통	농황,골	녹	"
"	909/936BC1-1-6-13	550(2)	14.5	"	"	담록	"
174	909/936BC1-2-1	690(2)	17.4	"	담황,골	담황	"
"	909/936BC1-2-2	460(2)	"	단원통	"	"	"
175	909/936BC1-60-5	650(2)	17.8	장원통	농황,골	"	약분질
"	909/936BC1-60-15	980	17.2	"	황,골	"	경질
180	금/36-9-6-1-2-2	1,040	15.4	고구형	"	백	아삭
182	금/36-9-6-9-5-1	690	15.2	원형	"	"	"
"	금/36-9-6-9-5-14	550	16.4	"	"	"	"
183	금/36-9-6-14-6-8	700	15.2	"	"	적	약점질
"	금/36-9-6-14-6-13	570	14.0	"	"	"	"
212	928/MR1	600	6.5	원형골	농록	녹	분질
213	936/MR1	640	10.8	"	녹	녹	분질
214	GS/MR1	800	10.0	원형	녹	담적	

가) 928/GSBC2 후대에서는 계통간 과중에 큰 차이가 있고, 과실에는 골이 있는 것과 없는 것으로 분리하였다. 흰가루병에는 초기에는 내병성을 보이나 후기에는 전부 이병되었다.

나) 909/936BC1 후대는 과형, 과피색, 과육색이 다양하게 나타났다. 당도는 높은 편이었다. 흰가루병은 심하게 발생하였으나 당도 등 품질이 육성소재로 요긴하게 이용될 수 있을 것으로 생각되어 선발하였다.

다) 금/36(금홍/936)조합의 후대는 흰가루병에는 다소 강하였다. 과실크기와 과형은 계통간 차이가 컸고 과육색은 백색과 적색으로 분리하였다.

2) 흰가루병 저항성 계통 육성

흰가루병에 강한 저항성을 보인 MR1과의 교배후대를 3계통 선발하였다.



<4차년도 1회작(7)>

가. 우수계통 선발

1) 공시재료 :

- 928/GSBC2-15-7-6등 7계통
- 909/936BC1-1-3-7등 7계통
- (금홍/936)-9-6-1-2-2등 4계통
- 928/MR1-1 등 3계통

2) 재배

- 과종 : '10. 2. 12일
- 정식 : '10. 3. 21일
- 수확 : '10. 6.11~28일

나. 주요결과

1) 우수계통의 세대진전 및 선발

표 9. 선발계통의 특성

BN	계통명	평균과중 (g)	당도 (°Brix)	과형	과피	과육	흰가루병 (1 ~ 9)
39	928/GSBC2-15-7-6-5	620(2과)	15.7	원형	황,골	담록	5
"	928/GSBC2-15-7-6-11	800(1)	16.8	"	"	"	5
40	928/GSBC2-15-7-17-7	780(1)	17.2	"	황	"	5
"	928/GSBC2-15-7-17-13	660(2)	16.6	"	"	"	5
44	928/GSBC2-17-17-4	540(2)	15.9	"	"	담록	5
"	928/GSBC2-17-17-11	600(2)	16.2	"	"	"	5
47	909/936BC1-1-3-16-4	560(2)	17.6	고구	"	담적	7
"	909/936BC1-1-3-16-15	510(2)	17.5	고구	"	"	7
"	909/936BC1-1-3-16-18	480(2)	18.6	"	"	"	7

48	909/936BC1-1-6-5-4	420(2)	17.2	장원통	농황,골	담록	7
"	909/936BC1-1-6-5-5	440(2)	16.7	장원통	농황,골	담록	7
49	909/936BC1-1-6-13-10	480(2)	18.5	"	"	담황	7
"	909/936BC1-1-6-13-13	500(2)	17.0	"	"	담황	7
50	909/936BC1-2-1-8	420(2)	17.4	"	"	담적	7
"	909/936BC1-2-1-9	520(2)	18.0	"	황,골	담적	7
51	909/936BC1-60-5-13	380(2)	17.0	장원통	농황,골	"	7
"	909/936BC1-60-5-14	520(2)	17.6	"	"	"	7
53	금/36-9-6-1-2-2-2	600(1)	18.0	"	황,골	백	7
53	금/36-9-6-1-2-2-8	620(1)	17.0	"	"	백	7
54	금/36-9-6-9-5-14-17	760(1)	16.4	"	"	"	7
55	금/36-9-6-14-6-8-8	600(1)	17.6	"	"	백	7
72	(928/MR)-1-8//G	860(2)	8.8	장원통	황	녹	2
73	(936/MR)-1-6	800(2)	16.0	원	녹황	적	1
"	(936/MR)-1-13	640(2)	12.2	원	담황,골	적	1
"	(936/MR)-1-23	600(1)	16.8	원	녹,골	적	1
"	(936/MR)-1-32	800(1)	16.0	원	백,골	적	1
"	(936/MR)-1-35	940(1)	14.0	고구	녹황	담적	1
"	936/MR-1-19//GS	920(1)	13.0	장원통	담황,골	적	1
74	(GS/MR)-1-9	760(1)	17.0	고구	황	적	3
"	(GS/MR)-1-21	1480(1)	14.0	원	황록	담록	3
"	(GS/MR)-3-10//GS	540(2)	15.8	고구	녹황,골	담록	3
"	(GS/MR)-4-15//GS	960(1)	12.0	편원	황	적	3

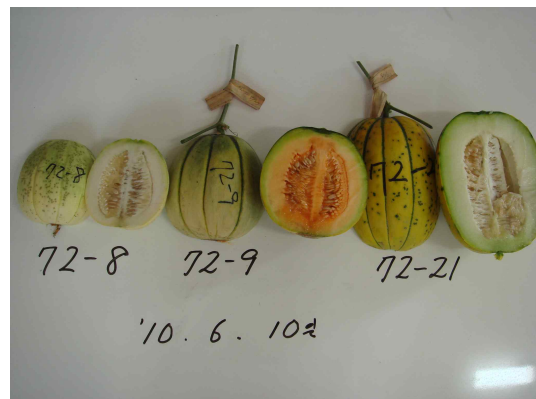
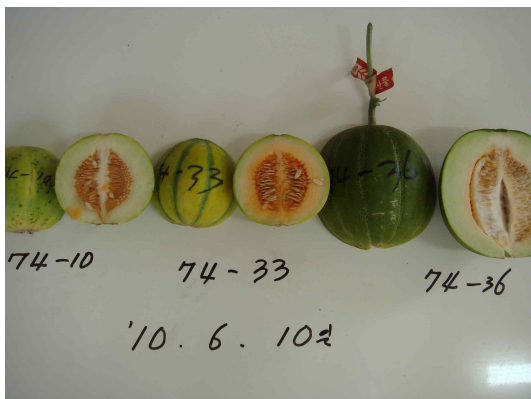
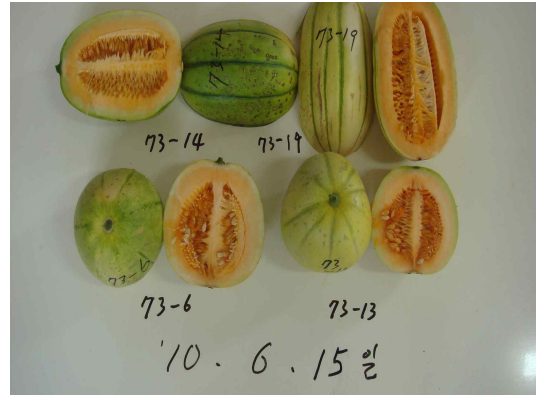
* 흰가루병 발병지수: 1(거의 발병하지 않음) ~ 9(심하게 발병함)

가)928/GSBC2의 후대에서는 과육색이 담록인 계통이 선발되었고, 흰가루병에는 중간 정도의 내병성을 나타냈다.

나)909/936BC2의 후대에서는 흰가루병에는 약했지만 당도가 높았고 과형의 변화가 다양했다.

다)금/36후대에서는 과육색이 백색인 것이 특징이었다.

라)MR1의 조합후대 중에서는 ‘부산936호’와의 교배조합(936/MR1) 후대가 흰가루병에 강한 저항성을 나타냈다.



<4차년도 2회작(8)>

가. 우수계통의 세대진전 및 선발

1) 공시재료

- 928/GS/BC2-15-7-6-5 등 6계통
- 909/936BC1-1-3-16-4 등 11계통
- 금홍/936-9-6-9-5-14-7 등 5계통
- 936/MR-1-6 등 5계통
- G/MR-1-9 등 2계통
- 928/MR-1-8//GS
- 936/MR-1-19//GS
- GS/MR-3-10 등 2계통

2) 재배법

- 파종 : '10. 7. 20일
- 정식 : '10. 8. 8일
- 수확 : '10. 10. 4 ~ 10. 22일

나. 주요 결과

1) 선발계통의 세대진전

표 10. 선발계통의 특성

BN	계통명	평균과중 (g)	당도 (°Brix)	과형	과피	과육	육질	흰가루병 (1~9)
89	928/GSBC2-15-7-6-5-6	1,600(1과)	13.8	원형	황,골	담적	다소 아삭	5
90	928/GSBC2-15-7-6-11-5	1,580(1)	13.4			"	"	5
91	928/GSBC2-15-7-17-7-9	1,400(1)	14.8	"	황	"	향기	5
93	928/GSBC2-17-17-4-13	910(2)	14.5	"	"	녹적	"	5
96	909/936BC1-1-3-16-15-3	760(2)	16.1	고구	황,골	담적	경육	7
97	909/936BC1-1-3-16-18-5	490(2)	18.2	"	"	"	"	7
98	909/936BC1-1-6-5-4-3	700(2)	16.0	장원통	농 황,골	담록	약분질	7
101	909/936BC1-1-6-13-13-4	520(2)	16.7	"	황,골	담적	경육	7
102	909/936BC1-2-1-8-1	1,020(1)	17.0	"	"	담적	아삭	7
105	909/936BC1-60-5-14-3	440(2)	17.0	"	농 황,골	담황	경육	7
107	금/36-9-6-1-2-2-8-5	630(2)	18.9	원	황,골	백	아삭	7
108	금/36-9-6-9-5-14-7-4	770(2)	16.8	"	"	"	"	7
121	(936/MR)-1-6-13	780(2)	15.3	편구	담록	담적		1
"	(936/MR)-1-6-15	920(2)	16.2	원	담황,골	담적	신맛	1
122	(936/MR)-1-13-3	1,040(2)	13.0	장원통	황,골	적		1
125	(936/MR)-1-35-18	1,040(1)	14.0	원	녹황	적	신맛	1
"	(936/MR)-1-35-19	590(2)	12.0	원	황	적		1
129	936/MR-1-19//GS	1,520(1)	13.0	고구	녹	적		1
대비	조은대 (F1)	590(2)	13.7	단원통	황,골	백	아삭	3

* 흰가루병 발병지수: 1(거의 발병하지 않음) ~ 9(심하게 발병함)

가) 2회작에서 흰가루병에 저항성인 계통 (936/MR)-1-6-13 등 6계통, 중간정도의 내병성을 나타내는 928/GSBC2-15-7-6-5-6 등 4계통, 흰가루병에는 약하지만

당도가 높아 교배모본으로서 가치가 있는 909/936BC1-1-3-16-15-3 등 7계통을 선발했다.

나) (936/MR)-1-6-13 등 흰가루병 저항성을 나타낸 6계통은 최근 보급되고 있는 시판품종 '조은대'에 비해 흰가루병에는 강하였다.



이병성

내병성

저항성

라) 흰가루병의 레이스 분화

현재 남부지방의 농가포장에서 발생하고 있는 멜론의 흰가루병은 이 과제를 개시할 때에 비하여 많은 레이스가 유입되었거나 분화되어(3차년도 결과보고서에 상세히 기술한 바 있음) 초기에 선발한 흰가루병 저항성 계통들이 대부분 이병화되고 있다. 그래서 다시 저항성 유전자원을 도입하여 계통분리를 하고 있으나 흰가루병에 저항성을 가진 실용계통을 육성하는 데에는 시간이 다소 더 소요될 것으로 예상된다.

<5차년도 1회작(9)>

가. 우수계통 선발

1) 공시재료

- 928/GS/BC2-15-7-6-5-6 등 4계통
- 909/936BC1-1-3-16-4-4 등 9계통
- 936/MR-1-35-18 등 6계통

2) 재배법

- 파종 : '11. 3. 5일
- 정식 : '11. 4. 3일
- 수확 : '11. 6. 14 ~ 7. 11일

나. 주요 결과

1) 선발계통의 세대진전

표 11. 선발계통의 특성

BN	계통명	평균과중 (g)	당도 (°Brix)	과형	과피	과육	육질	흰가루병 (1~9)
1	928/GS/BC2-15-7-6-5-6-9	1,140(1과)	16.8	원형	황,골	담적	다소아삭	5
2	928/GSBC2-15-7-6-11-5-9	420(1)	17.8			담황	"	5
4	928/GSBC2-17-17-4-13-9	680(1)	16.2	"	황	담록	"	5
5	909/936BC1-1-3-16-4-1-2	690(2)	16.5	고구	담황,골	담적	경육	7
6	909/936BC1-1-3-16-15-3-2	800(1)	17.0	"	담황,골	"	"	7
7	909/936BC1-1-3-16-1-8-5-2	720(2)	18.3	"	담황,골	"	"	7
8	909/936BC1-1-6-5-4-3-8	580(2)	18.0	단원통	농황,골	담록	연질	7
9	909/936BC1-1-6-13-1-3-4-8	590(2)	17.5	"	황,골	담황	약분질	7

10	909/936BC1-2-1-8 -1-6	360(1)	17.0	"	"	담적	점질	9
11	909/936BC1-60-5 -14-3-10	660(2)	16.7	"	농황,골	담황	경육	7
12	금/36-9-6-1-2-2- 8-5-4	960(1)	17.0	원	담황,골	백	아삭	7
13	금/36-9-6-9-5-14 -7-4-7	860(1)	17.0	"	황,골	"	"	7
31	(936/MR)-1-13-3-59	740(2)	13.0	원	황,골	적		1
"	(936/MR)-1-13-3-67	1,150(2)	11.5	"	"	"		1
32	(936/MR)-1-35-18-20	870(1)	15.0	원	황록,골	적		1
33	(936/MR)-1-35-19-12	920(1)	14.0	고구	황,골	적		1
대비	조은-2-10(F2)	810(2)	13.6	단원 통	농황,골	백	아삭	1

* 흰가루병 발병지수: 1(거의 발병하지 않음) ~ 9(심하게 발병함)

가) (936/MR)-1-13-3-59 등 흰가루병 저항성 계통은 다른 선발계통에 비해 당도가 낮고, 모두 과육색이 적색이었으나 흰가루병에는 매우 강한 특성을 나타냈다.

나) 육성계통의 품종명 부여

이번 작기(5년차 1회작: 통산 9회작)에서 선발 결과 선발된 계통은 원예적 형질이 거의 고정된 것으로 판단되었다. 그 중 당도가 높고, 기존의 품종과는 과형, 과육질, 초형 등에서 다른 특성을 나타내는 계통은 다음과 같이 품종명을 부여하고 새로운 형태의 참외 또는 참외형멜론의 육성소재로 이용하고자 한다(표 12).

표 12. 육성계통의 품종명 부여

BN	계 통 명	품종명	특 성
1	928/GS/BC2-15-7-6-5-6-9	대산1호	중과, 원형 황피 골, 품질양호, 내병성
4	928/GSBC2-17-17-4-13-9	대산호	소과, 원형 황피, 품질양호, 내병성
5	909/936BC1-1-3-16-4-1-2	대산3호	고구형의 담황피 골. 고당도, 과육우수
6	909/936BC1-1-3-16-15-3-2	대산3-1호	"
7	909/936BC1-1-3-16-18-5-2	대산3-2호	"
8	909/936BC1-1-6-5-4-3-8	대산4호	단원통 농황색에 골, 육질 연함
9	909/936BC1-1-6-13-13-4-8	대산5호	단원통. 황피 골, 과육 담적
12	금/36-9-6-1-2-2-8-5-4	대산6호	원형 담황 골, 고당도, 과육 후
13	금/36-9-6-9-5-14-7-4-7	대산7호	원형 농황 골, 고당도, 과육 후



<5차년도 2회작(10)>

가. 우수계통의 세대진전 및 선발

- 1) 공시재료 :
 - 대산1호 등 8품종
 - 909/936BC1-60-5-14-3-10 등 2계통
 - 936/MR-1-35-18-20 등 3계통
 - 조은-2-10 등 2계통
- 2) 재배
 - 파종 : '11. 8. 7일
 - 정식 : '11. 8. 22일
 - 수확 : '11. 11. 1 ~ 11. 10일

나. 주요 결과

- 1) 육성품종의 특성검정 및 선발계통의 세대진전

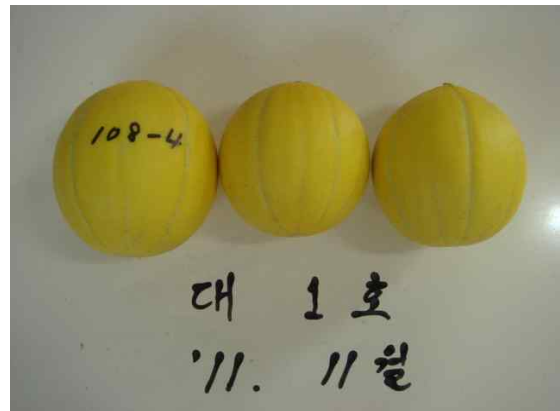
표 13. 육성품종과 선발계통의 특성

BN	계통명	평균과중 (g)	당도 (°Brix)	과형	과피	과육	육질	흰가루병 (1~9)
108	대산1호	670(2과)	13.3	원형	황,골	담록	다소 아삭	5
110	대산2호	550(2)	14.9	"	황	담록	"	5

111	대산3호	420(2)	13.1	고구	황,골	담록적	경육	7
113	대산3-2호	440(2)	14.8	"	황,골	담적	"	7
114	대산4호	410(2)	15.7	단원통	황,골	담록	연질	7
115	대산5호	490(2)	15.0	"	황,골	담황	약분질	7
117	909/936BC1-60-5 -14-3-10-8 → 대8호	440(2)	16.8	타원	황록,골	담황	경육	7
118	대산6호	800(1)	17.0	원	담황,골	백	아삭	7
119	대산7호	640(1)	15.0	"	황,골	"	"	7
133	조은-2-10-1(F3)	320(2)	15.0	단원통	농황,골	백	아삭	1
136	(936/MR)-1-35-18 -20-34	480(2)	15.2	고구	녹황,골	담적		1
137	(936/MR)-1-35-19 -12-20	880(2)	11.3	고구	황,골	담적		2
대비	부산909호	360(2)	14.5	장원통	황,골	담황	아삭	9

* 흰가루병 발병지수: 1(거의 발병하지 않음) ~ 9(심하게 발병함)

품종명을 부여한 ‘대산1호’ 등 9품종은 표 13과 같이 원형에서 타원형까지 다양하였고 당도는 13도에서 17도까지 분포하였다. 5차년도의 1회작(전작)에 비해 당도가 많이 낮았는데 이것은 이번 작기에서 검은점뿌리썩음병이 많이 발생하여 생육후기에 포기가 많이 시들었기 때문인 것으로 생각된다. 과피색은 대부분이 황색을 나타내었으나 과육색은 담록, 담적, 백색으로 차이가 많았다. 특히 과육은 단단한 계통이 많아서 저장성이나 수송적응성이 우수할 것으로 판단되었다.



대산1호



대산2호



대산3호



대산4호



대산5호

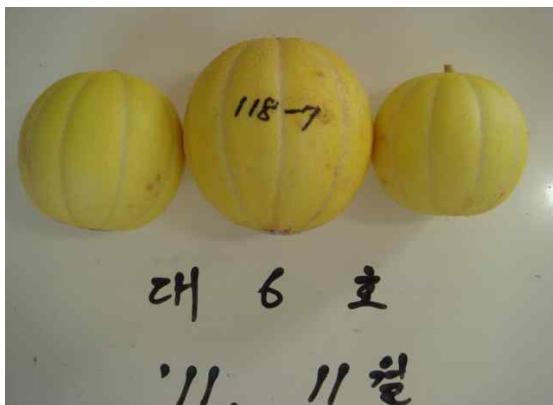


대산6호

대산7호



대산8호



3. 흰가루병의 레이스 분화 검정

가. 공시재료

1차: 흰가루병 표준품종: Vedrantaïs 등 8품종

2차: 흰가루병 표준품종: Vedrantaïs 등 9품종

936/MR1 등 4조합

나. 재배법

1차

- 파종 : '09. 3. 8일

- 정식 : '09. 4. 5일

- 수확 : '09. 6.10~20일

2차

- 파종 : '09. 7. 13일

- 정식 : '09. 8. 1일

- 수확 : '09. 9. 28 ~ 10. 16일

다. 주요 결과

표 14. 흰가루병저항성 표준품종의 흰가루병 발생상황

품종(계통)명	발생 여부	비 고
Vedrantaïs	이병성	이병성 품종과 차이 없음
PMR45	"	"
WMR29	"	"
Edisto47	"	"
MR1	저항성	전혀 병증이 없음
PI124112	"	초기에 약간 발생
PMR5	이병성	이병성 품종과 차이 없음
Nantais	"	"

2차년도 1회작(2008년 6월)에서 지금까지 흰가루병에 대한 저항성으로 알려졌던 계통 및 품종들이 모두 이병화됨에 따라 우리나라 남부지방에서는 새로운 흰가루병 병원균 레이스가 유입된 것으로 추정되었다. 그래서 새로 유입된 흰가루병의 레이스를 조사하고 새로운 레이스에 저항성을 가지는 품종을 육성할 목적으로 체코 등지에서 다시 저항성 유전자원과 흰가루병 저항성 표준품종을 도입(경북대)하고 재배포장에서 저항성 정도를 조사한 결과는 표 14와 같다.

즉 UPOV에서 인정하고 있는 멜론의 흰가루병 레이스 7계통에 대해 모두 저항성을 나타내고 있는 품종은 'MR1'과 'PI124112'뿐이었고, 이들 품종을 제외하고는 모두 저항성 정도에 차이를 파악할 수 없을 정도로 흰가루병이 발생하였다. 그래서 2차년도 2회작(2008. 9월)에 2차로 검정을 실시한 결과는 표 15에서 알 수 있는 바와 같이 1차 검정결과와 유사하여, 표준품종 중 현재까지 인정되고 있는 흰가루병의 모든 레이스에 대해 저항성인 것으로 밝혀진 'MR1'과 'PI124112', 'PI414723'의 3품

중은 저항성을 나타내었고, 'PMR45', 'WMR29', 'Edisto47'은 다소 강하였으나 실용적인 저항성은 없어 보였다. 강한 저항성을 나타낸 'MR1'과 기존의 흰가루병 저항성품종인 '부산928호', '부산936호'(레이스는 아직 구명되지 않았으나 2007년까지는 남부지역에서 흰가루병이 이병된 적이 없어서 저항성이라고 인정되었음)와의 교배조합에서는 초기에 약간의 흰가루병포자가 형성되었으나 흰가루병 이병성인 'GS'와 '시그널(F1)'과의 교배조합에서는 흰가루병 포자가 좀 더 많이 형성되어 흰가루병 저항성의 유전이 단순하지 않음을 나타내었다.

멜론이 보급된 초기에는 흰가루병 저항성품종의 저항성 정도는 봄과 가을에 차이가 있다는 것이 경험적으로 알려져 있어 봄에 발생하는 레이스와 가을에 발생하는 레이스가 다르다는 정도로 알고 있었으나 이번에 표준품종을 이용하여 흰가루병의 발생정도를 검정한 결과는 우리나라 남부지역에서 흰가루병의 레이스 분화가 상당히 진행되어 있어서, *Sphaerotheca fuliginea*균의 레이스 0에서 5까지, *Erysiphe cichoracearum*균의 레이스 0, 1까지 분포하는 것으로 추측된다. 우리나라와 지리적으로 인접한 일본에서는 *Sphaerotheca fuliginea*균에서만 7종류 레이스의 발생을 보고하고 있다(Tetsuya and Shinji 1999, Maki 등 2004). 그러나 멜론에 발생하는 흰가루병은 현재 남부지방과 중부지방에서 품종간 차이를 보이고 있고 또 레이스 판정은 이 분야를 전공한 전문가에 의해 판정되어야 정확할 것으로 사료된다. 참고로 표 16에는 UPOV에서 발표한 흰가루병의 레이스별 저항성품종을 나타냈다.

표 15. 흰가루병저항성 표준품종의 흰가루병 발생상황

품종(계통)명	흰가루병 발병지수 (1-9)	비고
Vedrantais	7	이병성 품종과 차이 없음
PMR45	5	포자형성이 다소 적음
WMR29	5	"
Edisto47	6	"
PMR5	8	이병성 품종과 차이 없음
Nantais	8	"
MR1	1	전혀 병증이 없음
PI124112	1	"
PI414723	1	"
928/MR1	2	재배 초기에 약간 발생함
936/MR1	2	"
GS/MR1	3	위의 2조합보다 많이 발생함
시그널/MR1	3	"

* 발병지수: 1(거의 발병하지 않음) ~ 9(심하게 발병함)



표 16. 멜론 흰가루병 레이스별 표준 품종 (Test guidelines of UPOV, 2006)

품종(계통)명	<i>Sphaerotheca fuliginea</i>					<i>Erysiphe cichoracearum</i>	
	0	1	2	4	5	0	1
Race	0	1	2	4	5	0	1
Iran H	S	S	S	S	S	S	S
Vedrantais	R	S	S	S	S	R	S
PMR45	R	R	S	S	S	R	S
WMR29	R	R	R	S	S	R	S
Edisto47	R	R	R	R	S	R	R
MR1	R	R	R	R	R	R	R
PI124112	R	R	R	R	R	R	R
Nantais	R	S	S	S	S	R	R

R: resistant(low sporulation). S: susceptible(high sporulation)

4. 육성계통을 이용한 조합능력 검정

가. 공시재료

부산909호/대1호(928/GS/BC2-15-7-6-5-6) 등 7조합

나. 재배법

- 파종 : '11. 8. 7일
- 정식 : '11. 8. 22일
- 수확 : '11. 11. 1 ~ 11. 10

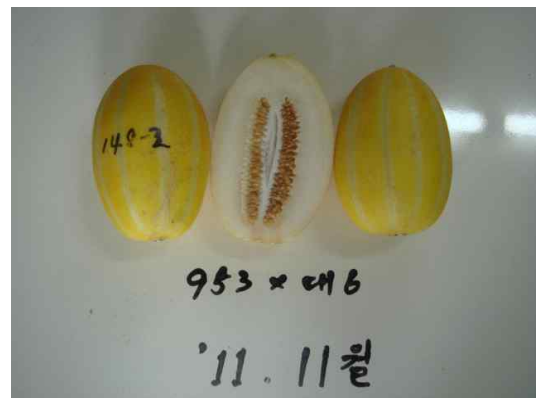
다. 주요 결과

표 17. 시교조합의 조합능력 검정

BN	교배조합명	과중 (g)	당도 (°Brix)	과형	과피색	과육색	육질	흰가루병
143	909/대1	520	15.4	단원통	황,골	담황	약분질	7
144	912/대1	610	13.6	장원통	황,골	적	아삭	7
146	956/대3	490	12.0	타원	황,골	담록	아삭	5
147	956/대6	700	12.5	타원	황,골	백	아삭	5
148	953/대6	660	15.0	타원	황,골	백	아삭	5
152	대3/대1	590	11.5	고구	황,골	적	아삭	5
153	대4/대1	570	14.0	장원통	황,골	담적	아삭	5

* 흰가루병 발병지수: 1(거의 발병하지 않음) ~ 9(심하게 발병함)

5차년도 1회작에서 형질이 거의 고정되었다고 판단되는 928/GS/BC2-15-7-6-5-6(→ '대산1호') 등 3계통에 대해 조합능력을 검토할 목적으로 품질친 '부산909호' 등 4품종과 7조합의 교배조합을 작성하고, 2회작에서 조합능력 검정을 하였다. 그 결과 표 17과 같이 부산909호/대1호 조합은 당도가 높고 과형이 단원통으로 좋고, 부산953호/대6호 조합은 과형과 과육이 참외와 유사하면서 당도가 높았으며, 대4호/대1호 조합은 당도도 높은 편이고 과육색이 옅은 적색이면서 과육질이 우수하여 우수조합으로 선발되었다. 앞으로 2회정도 생산력 검정시험을 거쳐 우수성이 인정되면 신품종으로 등록하고자 한다.



제 3 절 멜론 바이러스 특성 구명 및 정밀진단 시스템 개발

1. 멜론 MNSV 및 SqMV의 발생 실태 조사 및 특성 검정

가. 바이러스검정 및 계놈 분석 방법

1) 생물학적 검정

포장에서 채집한 시료로부터 바이러스를 분리하기 위하여 채집된 시료를 0.01M 인산완충액(pH 7.0)과 동량의 비율(1:5, W/V)로 넣고 막자사발에서 마쇄한 후, Carborundum(600 mesh)을 이용하여 *Chenopodium amaranticolor*, *Chenopodium quinoa*, *G. globosa*, *D. stramonium*, *P. floridana* 및 *N. tabacum* cv. Ky-57 등 지표식물에 즙액접종 후 4주간 관찰하였다.

2) 바이러스 검정

포장에서 채집한 시료의 바이러스 감염 여부는 ELISA 및 RT-PCR 검정법을 이용하여 검정하였다. 선발된 시료를 *N. tabacum* cv. X-nc, *Chenopodium amaranticolor* 등 바이러스별로 주요 지표식물에 접종한 후 순수 분리한 후, ELISA(Enzyme linked immunosorbent assay)를 이용하여 검정을 하였다(Clark 등, 1984). 또한 2007년 주요 멜론 재배 지역인 5지역에서 채집한 32점의 시료를 대상으로 RT-PCR 검정법을 확립 하였다. 각각의 분리주를 viral RNA/DNA extraction kit(Intron Co.)를 사용하여 total RNA를 뽑은 후(Choi 등, 2005; Riviere 등, 1990), RT-PCR로 바이러스 검정을 수행하였다

3) MNSV 및 SqMV 계놈 분석

MNSV 및 SqMV의 유전적인 변이를 분석하기 위하여 MNSV 및 SqMV의 전체 염기서열을 분석하였다. 프라이머는 기존에 보고된 염기서열을 참조하여 MNSV는 프라이머 4쌍을 제작하였다(표 1, 2 및 3; 그림 1), 호박모자이크바이러스(SqMV)는 RNA1은 8쌍을, RNA2는 4쌍을, RT-PCR 검정은 Choi 등(2005)에 의한 방법을 사용하였다. RT-PCR 결과 얻어진 산물은 QIAquick Gel Extraction kit (Qiagen)로 분리하여 pGEM-T vector(Promega)에 클로닝시켰다. Automated sequencer를 사용하여 sequencing하였으며, GenBank. BLAST program등의 방법을 사용하여 염기서열 분석을 하였다(Choi 등, 2005; Riviere 등, 1990).

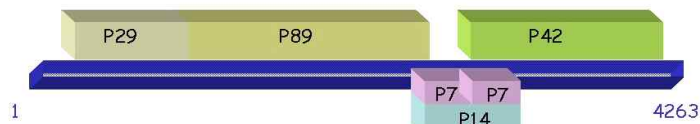


그림 1. MNSV 전체 계놈 구조

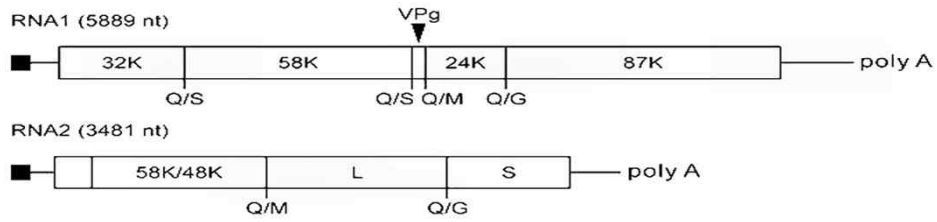


그림 2. SqMV 전체 게놈 구조

표 1. 멜론괴저반점바이러스(MNSV) 게놈 분석에 사용된 프라이머 염기서열

프라이머 이름	지역	염기서열	크기
MNSV 1-F	1-1070	5' ctctagccggatccccgactctctt 3'	1070bp
MNSV 1-R		5' cacaataactctctagetaacctt 3'	
MNSV 2-F	986-2167	5' agacacgcaaactgtattg 3'	1181bp
MNSV 2-R		5' gcttatccctcactggtggaat 3'	
MNSV 3-F	1920-3124	5' gacatggtaaggcactgga 3'	1204bp
MNSV 3-R		5' attgectctgttcttcc 3'	
MNSV 4-F	3040-4194	5' gtcgctattagtcggcga3'	1154bp
MNSV 4-R		5' cactctgtgtggggcgtgct3'	

표 2. 호박모자이크바이러스(SqMV) 게놈 분석에 사용된 RNA1 프라이머 염기서열

프라이머 이름	지역	염기서열	크기
SqMV 1F-10	120-748	5' ACGGCCCTGTGGTAGATTG 3'	628bp
SqMV 1R-10		5' TAATAACTCTCCACTGTCCA 3'	
SqMV 1F-20	615-1361	5' CTA CTGAGCTTGGGGTTCTGGT 3'	746bp
SqMV 1R-20		5' TGATACCCAAAGCTTCCCAGACG 3'	
SqMV 1F-30	1142-1911	5' TTTCAA AATCAGCCCCAGACC 3'	769bp
SqMV 1R-30		5' GCCATTGGAACAGGATAAGGAGT 3'	
SqMV 1F-40	1787-2818	5' TGGAGTGGGTATCGTCGTCAG 3'	1031bp
SqMV 1R-40		5' TGGGCCACGA ACTAACTCAC 3'	
SqMV 1F-50	2660-3616	5' GATATGCAGGCTCTTCACACC 3'	956bp
SqMV 1R-50		5' ACCTCCAATATGTATAACCAACGAT 3'	
SqMV 1F-60	3343-4306	5' TTGCTGGGATTGGGAGAAAAGTC 3'	963bp
SqMV 1R-60		5' GCGCAGAGGCAACTTTTCATC 3'	
SqMV 1F-70	4084-5054	5' ATCGTATTCCCTTAGCCACCTCTG 3'	970bp
SqMV 1R-70		5' TCTCCTCTGGTGAATCGTAAATGA 3'	
SqMV 1F-80	4828-5733	5' GAAATTGGTTACTTATGGGGATGA 3'	905bp
SqMV 1R-80		5' AAGCCTCATTCGTTTGTC 3'	

표 3. 호박모자이크바이러스(SqMV) 게놈 분석에 사용된 RNA2 프라이머 염기서열

프라이머 이름	지역	염기서열	크기
SqMV 2F-10	161-1199	5' CCAAATGTATGCATTTGCTTAATT 3'	1038bp
SqMV 2R-10		5' ATCAAAGAAAAGGGGGCC 3'	
SqMV 2F-20	1082-2005	5' ACCAGATTTCAATTTAGCGATGG 3'	923bp
SqMV 2R-20		5' AAGGCACATTTTGCCATTCA 3'	
SqMV 2F-30	1828-2746	5' TTCCAGAGAATACAGGTTGTGC 3'	918bp
SqMV 2R-30		5' CAGCAGCTTGGA ACTTATAATCC 3'	
SqMV 2F-40	2503-3339	5' ATCCTCAGAAGGATGGGTGCC 3'	836bp
SqMV 2R-40		5' AAGAGCTTGTTTTCTTTGATGCA 3'	

나. 멜론괴저반점바이러스(MNSV)

1) 멜론괴저반점바이러스(MNSV)의 주요 병징

멜론에서 멜론괴저반점바이러스(MNSV)의 재배초기의 감염주에서는 상위잎에서는 황화모자이크, 괴저반점 및 기형 잎이 나타난 반면, 하위엽에서는 뚜렷한 병징을 보이지 않으나, 시간이 지나갈수록 위축 및 괴사로 성장이 멈추게 된다(그림 3). 재배중기에 감염된 주는 감염부위부터 괴사반점, 기형 및 잎말림이 나타나고 과실이 작아지거나, 기형이 된 반면(그림 1), 재배후기에 감염된 주는 모자이크 및 황화모자이크 증상을 보일뿐 수량이나 품질에 큰 영향을 미치지 않았다.



그림 3. 멜론 MNSV의 주요 병징

2) 멜론괴저반점바이러스(MNSV) 발생실태 조사

연도별 및 지역별 MNSV의 특성을 조사하기 위하여, 2004년 곡성 및 나주 2지역에서 19점, 2005년은 곡성 및 나주지역에서 4점, 2007년에는 멜론 주요 재배 지역인

담양, 나주, 곡성, 하동 및 남원 등 5지역에서 32점 등 3년 동안 총 55점을 검정하였다. 기존에 채집된 2004년의 곡성 및 나주 지역에서 채집한 19점의 바이러스 유사증상 시료 중 9점에서 MNSV가 검출되었으며, 2005년에도 동일지역에서 채집한 4점의 시료 중 1점에서만 MNSV가 검출되는 것을 확인할 수 있었다. 2007년에는 조사된 5지역 중 곡성, 담양 및 하동 지역의 24점에서는 MNSV가 검출되었으나, 나주와 남원 지역의 5점 시료에서는 MNSV가 검출되지 않았다(표 4). 이는 채집시료 점수가 많지 않았기 때문이 아닌가 생각된다.

표 4. 연도별 및 지역별 멜론괴저반점바이러스(MNSV) 검정 결과

년도	지역	채집시료수	감염 시료수
2004	곡 성	11	5
	나 주	8	4
2005	곡 성	2	1
	나 주	2	0
2007	곡 성	4	2
	나 주	3	0
	담 양	3	2
	하 동	20	20
	남 원	2	0
전 체		55	34

3) 멜론괴저반점바이러스(MNSV) 계놈 분석

MNSV의 전체 염기서열을 분석하기 위한 시료는 멜론괴저반점바이러스(MNSV) 발생실태 조사에서 수집된 시료를 사용하였다. 2004년 곡성 및 나주의 2개 지역에서 5분리주, 2005년은 곡성지역에서 1분리주, 2007년에는 곡성에서 2분리주, 담양에서 2분리주, 그리고 하동지역에서 병정별 다소 차이를 보이는 24분리주 등 총 33분리주를 선발하였다(표 5).

표 5. 연도별 및 지역별 멜론괴저만점바이러스(MNSV) 계통분석

시료번호	채집지역	연도	시료번호	채집지역	연도	
2	곡성	2004	30	하동	2007	
3	나주		31	하동		
4	나주		32	하동		
5	나주		33	하동		
7	곡성		34	하동		
8	곡성		35	하동		
9	곡성		35	하동		
10	곡성		37	하동		
24	곡성		2005	38		하동
18	곡성		2007	39		하동
19	곡성	40		하동		
22	담양	41		하동		
24	담양	42		하동		
26	하동	43		하동		
27	하동	44		하동		
28	하동	45		하동		
29	하동	계		33분리주		

MNSV의 전체 계통의 크기는 3말단 및 5말단 지역을 제외하고 약 3.9kb이었다. 기존에 보고된 자료와 거의 동일하게 핵산 영역에서 분리주간의 상동성은 95%이상이었지만, 다른 계통과는 88-95%의 상동성을 보여 상대적으로 낮은 편이었다. 그리고, 유전적인 근원관계는 크게 5가지 계통으로 분류를 할 수 있으며, 특이하게 우리나라의 일부 MNSV 분리주는 독일, 스페인, 이스라엘 등 유럽계통과 유연관계가 높은 반면 일본 계통에 속하는 분리주는 찾을 수가 없었다. 또한 우리나라 독자적인 계통을 보이는 분리주가 우점을 차지하는 것으로 보아 우리나라에 MNSV가 유입된 이후로 자체적인 변이를 하고 있는 것으로 추정된다(그림 4). 이 중에서도 가장 많은 변이를 보이는 부위는 2~2.5kb 및 3.5~3.7kb 사이였으며, 이 부위가 유전적 변이에 관여하는 부위일 것으로 추정할 수 있다(그림 5). 또한 지역별 및 분리 연도별 전체 분리주의 계통을 대상으로 분석한 결과, 지역적인 차이보다는 분리연도에 의한 차이가 크게 나타남을 확인할 수 있었다. 결론적으로, 3년간 우리나라에 발생하는 MNSV 33 분리주는 크게 4가지 계통으로 분류를 할 수 있으며, 그 중 1계통만 유럽계통과 동일한 계통에 속한 반면 나머지 3계통은 우리나라 자체적으로 매년 조금씩 진화를 하는 것으로 추정되어진다.

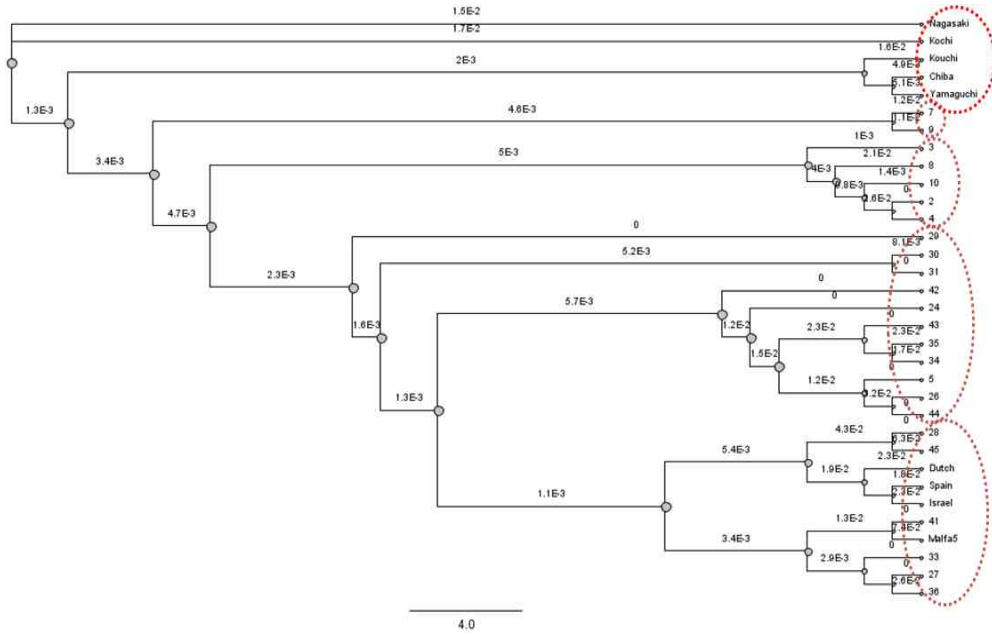


그림 4. MNSV 분리주의 계통 분석

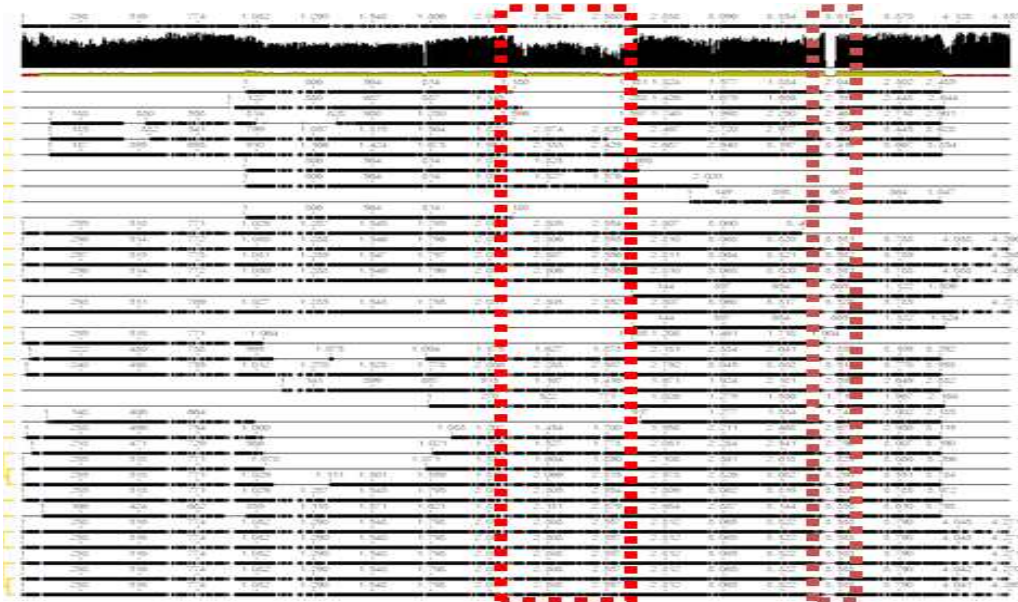


그림 5. MNSV 분리주의 핵산 분석

다. 호박모자이크바이러스(SqMV)

1) 호박모자이크바이러스(SqMV)의 병징

멜론에서 호박모자이크바이러스(SqMV)의 주요 병징은 초기 감염주나 후기 감염주간에 뚜렷한 차이를 보이지 않고 전반적으로 모자이크, 황화모자이크 및 엽맥 녹대 병징을 보이며, 과실에서도 뚜렷한 병징을 찾기는 쉽지 않았다. 즉, 호박모자이크바이러스(SqMV)는 멜론에서는 현재까지 모자이크, 황화모자이크 및 엽맥 녹대 병징을 보일 뿐 수량이나 품질에 큰 영향을 미치지 않는다고 생각된다. 그러나 추키니호박, 애호박, 호박 등의 호박종류에서는 SqMV의 발생 여부에 따라 병원성 및 변이로 인해 농가에 큰 피해를 입할 수 있는 가능성이 있는 것으로 생각된다.



그림 6. 멜론 SqMV의 주요 병징

2) 호박모자이크바이러스(SqMV) 발생실태 조사

호박모자이크바이러스(SqMV)의 발생실태를 조사하기 위하여, 2008년 나주, 곡성 및 창원 3지역을 대상으로 총 63점의 시료를 채집하여 ELISA 및 RT-PCR 검정을 한 결과, 창원지역에서만 19점 중 15점이 SqMV에 감염된 것을 확인하였다(표 6). 이는 호박모자이크바이러스(SqMV)가 아직 우리나라 전역에 발생된 것이 아니고 몇몇 지역에 한정되어 발생하고 있으며, 또한 동일한 일본산 종자만을 사용한 농가에 한하여 한정적으로 발생하고 있으므로 일본산 종자에 의한 일시적인 발생으로 추정된다.

표 6. 지역별 호박모자이크바이러스(SqMV) 검정 결과

조사시기	지 역	검정주수	이병주수
2008	나주	37	0
	곡성	7	0
	창원	19	15
	전 체	63	15

3) 호박모자이크바이러스(SqMV)의 특징

창원지역에서 채집한 15점 중 3분리주, 종자 감염된 감염시료 중 2분리주 총 5분리주를 *Chenopodium amaranticolor* 등 지표식물을 사용하여 생물검정한 결과, 애호박, 추키니호박, 수박 등에서 분리주간 차이를 보였다(표 7). 이는 바이러스의 계

높의 변이에 의해 호박모자이크바이러스(SqMV)의 분리주간에 병원성 차이를 보이고 있는 것으로 사료되어 SqMV 분리주간 전체 염기서열을 분석하였다.

표 7. 호박모자이크바이러스(SqMV)분리주의 생물학적 검정 결과

지표식물	분리주명				
	54	59	26-1	s23	s59
<i>Cucurbita pepo</i>	M*	—	M	M	—
<i>C. moschata</i>	—	—	—	M,RS	—
<i>Cucumis melo</i> var. <i>makuwa</i>	M	M,VB	M	M	—
<i>Cucumis melo</i>	M	M	M	M	M,VB
<i>Citrullus lanatus</i>	—	—	—	NL	—
<i>Lagenaria leucantha</i>	—	—	—	—	—
<i>Cucumis sativus</i>	—	—	—	l	—



* M, mosaic; VB, vein banding; RS, ring spot NL, necrotic local; l, latent; —, no infection

호박모자이크바이러스(SqMV)는 RNA1과 RNA2로 구성되어 있으며, RNA1의 염기서열은 약 5.7Kb인 반면, RNA2는 3.3Kb의 염기서열을 가지고 있다. 우리나라 SqMV 분리주는 RNA1 영역에서는 계통간 유연관계를 확인할 수 없는 반면, RNA2 영역에서는 유연관계를 확인할 수 있었는데, 유전적인 근원지는 일본으로 분류되었다(그림 7). 이 분석결과 RNA2보다는 변이가 많은 RNA1이 병원성에 관여하는 영역으로 추정되어 지며, 생물학적 검정결과도 이와 같다.

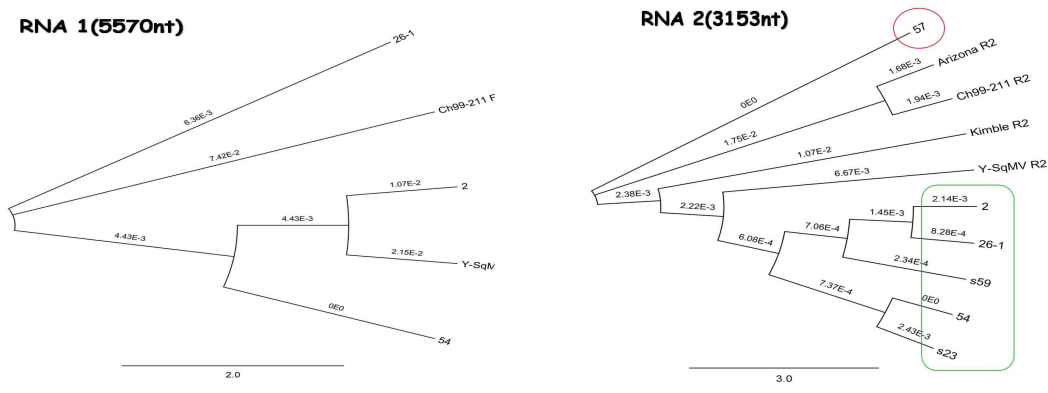


그림 7. 호박모자이크바이러스(SqMV) 계통분석

또한, 아미노산 영역에서 호박모자이크바이러스(SqMV)의 계통 분석을 비교한 결과, Co-pro 및 Replicase 영역에서 다소 차이를 보여, 이 영역이 호박모자이크바이러스(SqMV) 분리주간 병원성 차이를 보이는 영역으로 추정되어진다(그림 8).

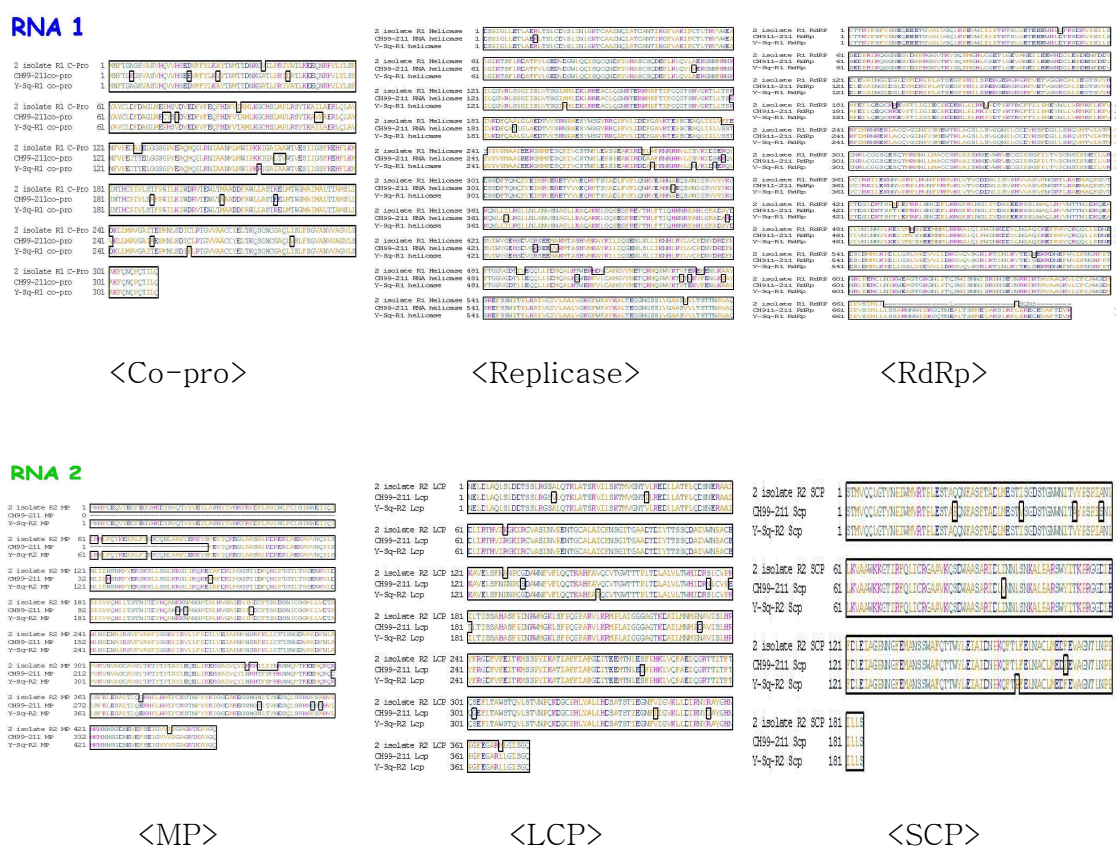


그림 8. 호박모자이크바이러스(SqMV) 아미노산 영역별 계통분석 결과

2. 멜론 종자의 MNSV 및 SqMV 오염률 및 감염률 조사

가. 2007년 이전의 멜론 품종 및 라인별 종자 MNSV 오염률 검정

제1과제를 수행한 대연육종연구소에서 2007년 이전에 생산된 멜론 5품종 7라인 40 lot 7,536종자의 MNSV 오염률을 1차 조사한 결과, ‘슈퍼 39L’, ‘하모니 추동계’, ‘얼스 하계’, ‘얼스 하계L’, ‘심포니’ 등 5품종 4,336립에서의 MNSV 오염은 없었으며, 또한 J-51 등 7라인 3,200립에서도 종자 오염은 전혀 없었다(표 8). 이는 2007년 이전에 생산된 종자는 건전한 종자로서 판매 및 품종화에 전혀 문제가 없음을 보여준 것이다.

표 8. 2007년 1차 멜론 품종 및 라인별 종자 MNSV 오염을 검정 결과(5품종 7라인 40 lot)

품종명	Lot No	이병주수/검정주수	품종명	Lot No	이병주수/검정주수
슈퍼 39L	A	0/1,000 (0%)	FOA 420	1	0/48 (0%)
	B	0/1,000 (0%)		2	0/48 (0%)
하모니 추동계	C	0/1,000 (0%)		3	0/48 (0%)
	02	0/1,000 (0%)		4	0/48 (0%)
			0/3,000 (0%)		
J-51	A	0/500 (0%)	얼스 하계	1	0/48 (0%)
	B	0/500 (0%)		2	0/48 (0%)
		0/1,000 (0%)		3	0/48 (0%)
			0/144 (0%)		
TG 901	B1	0/500 (0%)	얼스 하계 L	1	0/48 (0%)
	B2	0/500 (0%)	AR 740	1	0/48 (0%)
	1	0/48 (0%)		2	0/48 (0%)
	2	0/48 (0%)			0/96 (0%)
	3	0/48 (0%)	H.S	1	0/48 (0%)
4	0/48 (0%)	2		0/48 (0%)	
				3	0/48 (0%)
				4	0/48 (0%)
			5	0/48 (0%)	
			6	0/48 (0%)	
			7	0/48 (0%)	
			0/336 (0%)		
FOA 380		0/288 (0%)	심포니	1	0/48 (0%)
	1	0/48 (0%)		2	0/48 (0%)
	2	0/48 (0%)		3	0/48 (0%)
	3	0/48 (0%)	0/144 (0%)		
	4	0/48 (0%)			
	5	0/48 (0%)			
6	0/48 (0%)				
J-510	1	0/48 (0%)			
	2	0/48 (0%)			
			0/96 (0%)		

이후에 2007년에 생산된 멜론 6품종 10라인 58 lot 9,510종자의 MNSV 오염률을 2차 조사한 결과, ‘슈퍼 39L’, ‘하모니 추동계’, ‘얼스 하계L’ 등 3품종 5,128립에서의 MNSV 오염은 없었으나, ‘얼스 하계’, ‘심포니’, ‘리브쿨’ 등 3품종에서는 각각 61.1%, 50%, 97.9%의 오염률을 보였다. 또한 ‘F 308’ 등 10라인 4,100립을 검정한 결과, ‘J-51’ 및 ‘TG 901’ 라인에서의 종자 오염은 전혀 없는 반면 나머지 8라인은 22.8~50.0%의 오염률을 보였다(표 9). 그리고 ‘F 42’ 등 몇몇 품종에서는 lot 번호에

따른 차이가 컸는데, 이는 건전주와 이병주로부터 채종한 종자의 차이에 의한 요인 및 더 나아가서 채종 포장내의 토양에 의한 MNSV 오염 여부도 관련이 깊을 것으로 사료된다.

표 9. 2007년 2차 멜론 품종 및 라인별 종자 MNSV 오염률 검정 결과(6품종 10라인 58 lot)

품종명	Lot No	이병주수/검정주수	품종명	Lot No	이병주수/검정주수
슈퍼 39L	01	0/90 (0%)	FOA 420	1	0/48 (0%)
	02	0/90 (0%)		2	0/48 (0%)
	03	0/90 (0%)		3	40/48 (83.3%)
	04	0/90 (0%)		4	16/48 (33.3%)
	05	0/90 (0%)			56/192 (29.2%)
	A	0/1090 (0%)	얼스 하계	1	48/48 (100%)
	K	0/90 (0%)		2	8/48 (16.7%)
	0/1630 (0%)	3		32/48 (66.7%)	
F 308	P	18/90 (20.0%)			88/144 (61.1%)
	01	23/90 (25.6%)	얼스 하계L		0/48 (0%)
하모니 추동계		41/180 (22.8%)	J-510	1	24/48 (50%)
	01	0/90 (0%)		2	16/48 (33.3%)
	B	0/1090 (0%)		40/96 (41.7%)	
	C	0/1090 (0%)	AR 740	1	24/48 (50%)
	02	0/1090 (0%)		2	24/48 (50%)
03	0/90 (0%)			48/96 (50%)	
AR 74		0/3450 (0%)	H.S	1	48/48 (100%)
	B	75/90 (83.3%)		2	48/48 (100%)
	A	63/90 (70.0%)		3	48/48 (100%)
	01	30/90 (33.3%)		4	0/48 (0%)
	168/270 (62.2%)	5		0/48 (0%)	
F 42	01	0/90 (0%)		6	0/48 (0%)
	02	0/90 (0%)		7	0/48 (0%)
	A	54/90 (60.0%)		144/336 (42.9%)	
	B	58/90 (64.4%)	심포니	1	0/48 (0%)
	03	64/90 (71.1%)		2	40/48 (83.3%)
	176/450 (39.1%)	3		32/48 (66.7%)	
J-51	A	0/500 (0%)		72/144 (50%)	
	B	0/500 (0%)	B1	0/500 (0%)	
		0/1000 (0%)	B2	0/500 (0%)	
FOA 380	1	32/48 (66.7%)	TG 901	1	0/48 (0%)
	2	8/48 (16.7%)		2	0/48 (0%)
	3	24/48 (50.0%)		3	0/48 (0%)
	4	40/48 (83.3%)		4	0/48 (0%)
	5	0/48 (0%)			0/1192 (0%)
	6	0/48 (0%)	러브콜	A	88/90 (97.8%)
	104/288 (36.1%)			88/90 (97.9%)	

나. 멜론 라인 및 생산년도별 종자의 SqMV 및 MNSV 오염률 조사

1차와 2차의 검정에서 종자의 바이러스 오염률에 일정한 경향을 나타내지 않아 2005년과 2006년에 생산된 멜론 라인별 종자의 MNSV 및 SqMV 감염을 조사한 결과, 'TG 901' 라인의 종자 150립 중에서 SqMV는 70.7%가 오염된 반면 MNSV는 전혀 오염이 되지 않았고, 'H.S'라인 350립에서는 MNSV, SqMV 모두 종자 오염이 되지 않았다(표 10). 이는 육종재료에 따라서 종자의 바이러스 오염도에 큰 차이가 있을 수 있는 것을 의미한다.

표 10. 2008년 멜론 라인 및 생산 년도별 종자의 SqMV 및 MNSV 오염률 검정 결과

라인명	생산년도	번호	이병주수/검정주수(SqMV)	이병주수/검정주수(MNSV)
TG 901	2005	1	47/50 (94%)	0/50 (0%)
		2	10/50 (20%)	0/50 (0%)
		3	49/50 (98%)	0/50 (0%)
				106/150 (70.7%)
	2005	1	1/50 (2%)	0/50 (0%)
		2	0/50 (0%)	0/50 (0%)
				1/100 (1%)
H.S	2006	1	0/50 (0%)	0/50 (0%)
		2	0/50 (0%)	0/50 (0%)
		3	0/50 (0%)	0/50 (0%)
		4	0/50 (0%)	0/50 (0%)
		5	0/50 (0%)	0/50 (0%)
		6	0/50 (0%)	0/50 (0%)
		7	0/50 (0%)	0/50 (0%)
		0/350 (0%)	0/350 (0%)	

다. 2008년도 멜론 품종 및 라인별 종자 SqMV 및 MNSV 오염률 및 감염률 조사

2005년에 생산된 멜론 'TG 901' 라인이 오염되었으므로 바이러스 무병종자를 생산하기 위하여, 2008년산 6품종의 종자를 대상으로 SqMV 및 MNSV 오염률을 ELISA로 검정한 결과, 3개 품종에서는 오염률이 0%인 반면 나머지 3품종에서는 50~97.8%의 오염률을 보였다(표 11).

표 11. 2008년 멜론 품종별 종자 SqMV 오염률 검정 결과

품종	검정수	오염수	오염률(%)
A	1630	0	0
B	144	72	50.0
C	48	0	0
D	144	88	61.1
E	3450	0	0
F	90	88	97.8

2008년도의 시료 중에서는 F에서 오염률이 가장 높아서 F품종을 3반복으로 파종한 후, 발아 30일 후에 감염률을 조사한 결과, 총 284주에서 18주로 평균 6.3%의 종자 감염률을 보였으며, 반복간 차이가 심해 1.2~9.7%의 감염률을 보였다(표 12). 이는 종자 오염률과 감염률 간에 밀접한 관계가 있음을 나타내며, 병징이 심한 멜론 식물체에서 채종된 종자가 병징이 약한 식물체에서 채종한 종자보다 더 감염률이 높을 수 있는 것으로 추정된다.

표 12. 멜론 F1품종의 SqMV 종자 감염률 검정 결과

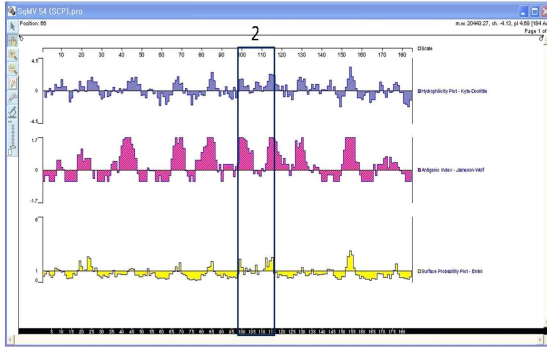
반복	검정 종자수	감염 종자수	감염율(%)
1	81	1	1.2
2	113	11	9.7
3	90	6	6.7
평균	284	18	6.3

3. SqMV 및 MNSV의 정밀진단 시스템 개발

가. MNSV 및 SqMV 진단용 혈청 생산

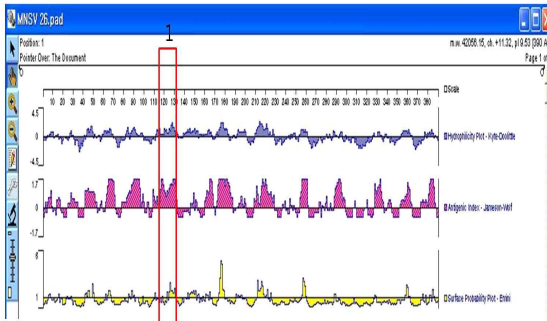
멜론의 MNSV 및 SqMV의 저항성개체 선발의 조건인 바이러스 감염여부를 검정하기 위하여는 MNSV 및 SqMV의 항혈청을 이용하여야 한다. 멜론종자와 같이 다량의 시료를 검정하려면 많은 항혈청이 소요되므로 다량 생산방법을 확립할 필요가 있다. MNSV 및 SqMV의 계놈을 분석한 후, 항체생산에 적합한 영역을 탐색한 결과 SqMV는 Small coat protein(SCP) 영역을, MNSV는 coat protein(CP)영역을 항체 생산에 적합한 영역으로 선발을 하였다(그림 9).

SqMV 54 에 대한 항원성 분석



MWHFCEQVYECFEGYHRDYSVQTVPEYLASHYIVNKRFP
 DPLAVLWLFCLGIWWEIQLHLHFQYKEPALFVGSQNLIA
 AFLIEKYSMEVIQKEGLAASALKDKERL TEKAVVNVQPLSN
 LIPHSNKMYERSKSLISGLKRGLIKQKEIAFDKLMGGSTIDF
 QHIPTGTLTPGENKVLDPVVPQHLLTSTNITDYHQANKKNA
 NGATALHVGAEVIMDCITSPDSNIOGGMLLVDTAHLNPD
 NAIRSVFVAFIIGGRPIRVLLFPDITLVEIAPNMNSRFKLLCTT
 SNGDVAPDFNLAMVKVNVAGCAVSLTKTYTPTAYLEQLI
 KEKGAIVQYLNRIITFSMHRNNQMTKEEMQKQRLSFRLES
 ALTLQEKHPLHATPCCKSTNFVYKGGDAKESNGNLTVNE
 SQLSSHSPSAHVLIHKIINNSGDNEVIESEKGVVPGAIGRTKA
 YGQNEIDL AQLSIDYSSLRKGTALQTKLATSRIILSKTMVG
 NTVLRDILLATFLQDSNBRAAIDLRTIIVIRGKIRCVASINV
 PENTGCALICFNSGHTGAADTIDVYTSQDAIWWNPACIK
 AVELITFNPNCGDAWNVFELQQIKAHFAVQCVTGTWTTPT
 LITDLALVLTWHIDRSLCVPKTITSSAHASEPIMRWGKLSF
 PQGPARVLKRMPLAIGGGAGTKDAILMMPNPAVISLHRYF
 RGDIFVETKMSPPYKATIAFFIATGDTIEMTNLESFPHKL
 VQFAEQGRITITITQSEFLTAWSTQVLSTVDPKDKGCPHL
 YALLHDSATSTIEGNFVIGVKLLDIRNRYAGHINPGEIGAR
 LLGHSQSTMVQQLGTYNFIWVWRITPLESTAAQNFASF
ADLMESTISGDSITGNWNTVYFSPIANLLKVAAWKKGIT
RFQLICRGAAVKQSDWAASARIDLINLNNKALPARSWY
ITKPRGDIIEFDLEIAGPNNGFEMANSSWAFTTWYLEI
AIDNPKQFTLFEIACLMEDFEVAGNTLNPPILLS

MNSV 26 CP 에 대한 항원성 분석



MAMVKRINNLPVTKLAKQALPLLTPNPK
 IVNKAIDVVPLVVQSGQKLSKAAKRLL
 GAYGGNISYTEGAKPGAISAPVAISRVR
 AGMKPRFVRSEGSVKIVHREFIASVLP
 NDLTVNNGDVNIGKYRVNPSNNALFT
 WLQQAQLYDMYRFTLRFYIPIPTGS
 TSTGRVSILWDRDSQDPLPIDRAAIISSYA
 HYADSAPWAENVLVVPCDNTWRYM
 DTNAVDRKLVDFGQFLFATYSGVGAIA
 HGDLYVEYAVEFKDPQPIAGMVMCFDR
 LVSFSEVGSITIKGVNYIADRDVITGGNI
 GVNINIPGTYLVTIVLNAISIGSLTFTGN
 SKLVGNSLNVTSFGASALITFTLNSTGVP
 NSTNSSFSVGTVVVALTRVRMITTRCSPE
 TAYLA

그림 9. MNSV 및 SqMV 항체 생산을 위한 특정 항원성 분석

이후에 멜론의 MNSV 및 SqMV 특이 항체 대량생산 체계를 구축하기 위하여, ELISA 검정시 항혈청의 최종 역가가 가장 높은 각 2계통을 선발하였다(그림 10). MNSV 및 SqMV 모두 0.9~1.1사이의 역가를 보였기 때문에 멜론의 MNSV 및 SqMV의 저항성 품종 선발 및 바이러스 감염 여부를 검정하기 위해 적합한 것으로 판단된다.

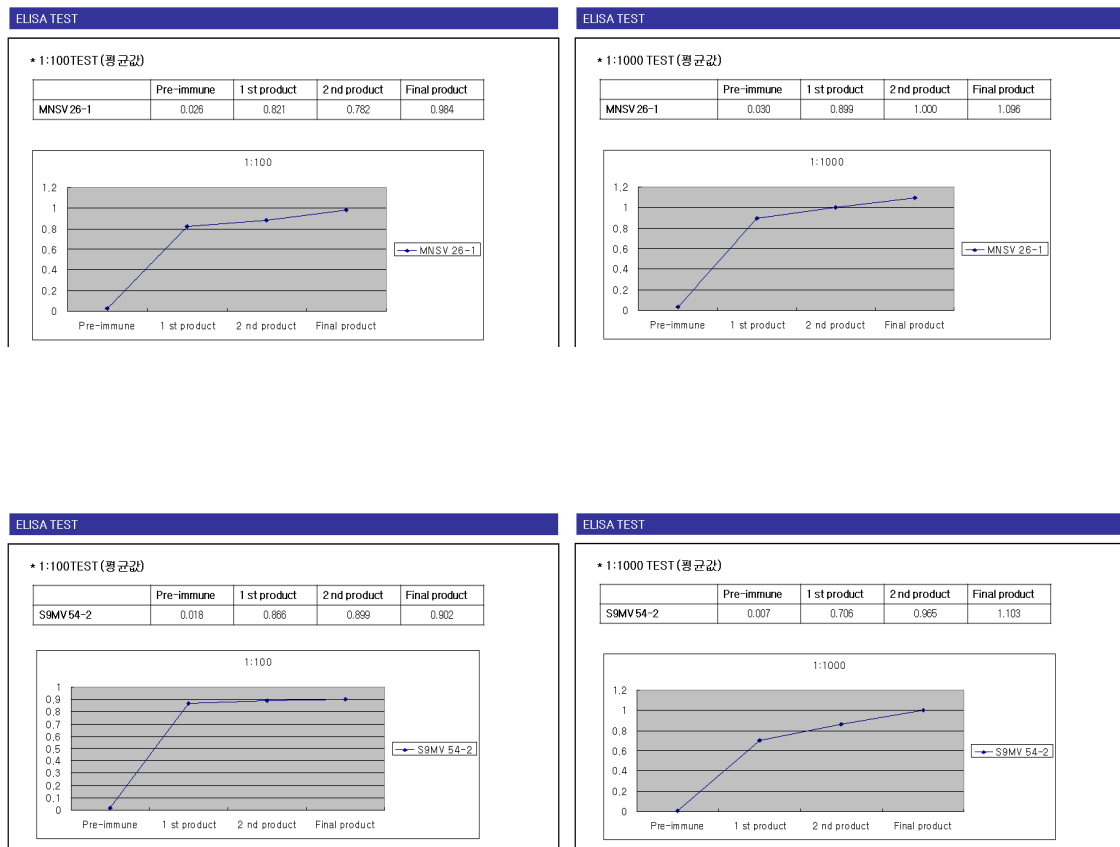


그림 10. MNSV(위) 및 SqMV(아래) 특이 항체 선발을 위한 ELISA 검정

나. 시료채취 부위별 멜론 바이러스 검정 결과

ELISA 검정시 식물체 조직즙액은 비특이 반응을 나타낼 때가 많다. 이런 경우 선발의 능률이 떨어지므로 다량의 시료를 검정해야 하는 멜론의 MNSV 및 SqMV의 저항성 개체 선발을 위해서는 간편하고 정밀한 실험법이 요구되어 진다. 이에 시료채취 부위별 효율적인 검정법을 확립하기 위하여 5개의 시료를 대상으로 멜론에 발생하고 있는 멜론괴저반점바이러스(*Melon necrotic spot virus*, MNSV), 호박모자이크바이러스(*Squash mosaic virus*, SqMV) 및 오이모자이크바이러스(*Cucumber mosaic virus*, CMV) 등 3종의 바이러스를 검정한 결과, 줄기즙액은 여러 바이러스 항체에 비특이 반응을 보이므로 3종의 바이러스 검정시 멜론 줄기 조직을 이용한 ELISA 검정은 부적합한 것으로 사료된다(표 13).

표 13. 시료채취 부위별 멜론 바이러스 검정 결과

시료		MNSV		SqMV		CMV	
51.줄기즙액	51.잎 마쇄	++	—	++	++	++	—
52.줄기즙액	52.잎 마쇄	++	—	++	++	++	—
53.줄기즙액	53.잎 마쇄	++	—	++	++	++	—
54.줄기즙액	54.잎 마쇄	++	—	++	++	++	—
55.줄기즙액	55.잎 마쇄	++	—	++	—	++	—
멜론A 잎	positive	—	++	—	++	—	++
멜론B 잎	마쇄버퍼	—	—	—	—	—	—

다. MNSV 및 SqMV의 RT-PCR 진단법 확립

표 13에서와 같이 시료의 부위별로 바이러스를 검정한 결과 멜론 줄기조직을 이용한 ELISA 검정은 효율적이지 못함을 밝혀졌다. 그래서 어느 조직을 이용하더라도 정확하고 신속한 저항성 검정을 수행할 수 있는 검정법을 확립할 목적으로 우리나라에서 확인한 분리주에서 분석된 게놈을 바탕으로 RT-PCR 진단용 프라이머를 개발하였다(표 14). 개발된 RT-PCR 진단법은 시료 채취 부위에 따라서도 차이가 없고, 종자에서도 검정결과에 차이가 없으며, 실험실 조건에 따라서도 차이도 없기 때문에 간편하고 쉽게 사용할 수 있는 방법이라고 사료된다.

표 14. MNSV 및 SqMV의 RT-PCR 진단용 프라이머

바이러스	프라이머	지역	염기서열	크기
MNSV	MNSV 3-F	1920-3124	5' GACATGGTAAGGCACTGGA 3'	1204bp
	MNSV 3-R		5' ATTGCCTCTGTTCTTCC 3'	
SqMV	SqMV 7F	2469-2915	5' ACGGCATGGTCTACACAGG 3'	446bp
	SqMV GR		5' GGCACCCCGACAAATAAG 3'	

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1 절 목표달성도

대연육종연구소에서는 약 10년 전부터 매년 일본에 약간의 멜론종자를 수출하여 왔으나 해에 따라서는 수출종자가 멜론괴저반점바이러스(MNSV)나 호박모자이크 바이러스(SqMV)에 오염되어 폐기되는 경우를 몇 차례 경험하였다. 이는 회사로서는 큰 손실이었으나 당시에는 MNSV와 SqMV에 대한 정보가 부족하고 종자소독으로서 MNSV나 SqMV를 완전히 제거하지 못해 고심하던 중에 전문연구기관과의 공동연구를 통해 대책을 수립하려는 목적으로 이 연구에 착수하였다.

우리나라에 MNSV가 발생한 것은 외국에서 채종한 오염종자가 국내에 유통되면서 종자를 통해 유입된 것으로 추정하고 있는데 당시로서는 발생경로와 방제 방법을 몰랐기 때문에 재배농가도 이 바이러스 때문에 막대한 피해를 입는 경우도 있었다. MNSV는 종자, 토양 및 접촉전염을 하고, SqMV는 종자전염과 접촉전염을 한다. 따라서 이들 바이러스에 오염되지 않은 종자를 생산하려면 무병개체를 선발하여 건전토양에서 채종하거나 저항성품종을 이용해야만 한다. 이 과제수행을 통하여 MNSV 및 SqMV에 대한 정밀검정 기술 개발 및 무병개체 선발방법을 확립하여 무병종자를 생산함으로써 종자수출상의 문제는 해결하였다.

바이러스 저항성 멜론품종 육성에서는 국내 처음으로 MNSV에 저항성인 품종을 육성하여 국내의 멜론주산지와 수출대상국인 일본에서 현지적응시험을 통하여 긍정적인 평가를 받아 국내보급은 물론 수출의 전망이 밝다. 육성된 ‘얼스 썸머뵘’은 신 품종보호출원 중이며 “얼스 루시스”는 생산판매신고를 마쳤다. 그밖에 선발한 3조합도 지역적응성검정과 생산력검정을 거쳐 신품종보호출원 예정을 계획하고 있다. 당초 연구계획에서는 SqMV에 대한 저항성품종육성도 포함시켰으나 연구수행 도중 SqMV는 토양전염은 하지 않고 종자전염과 이병주를 통한 접촉전염만 하므로 건전 개체에서 재배용 종자를 채종하면 농가재배포장이나 종자생산에서 아무런 문제가 없는 것으로 판단되어 SqMV에 대한 저항성품종육성은 제외시켰다.

멜론 바이러스 특성 및 정밀진단 시스템 개발에서는 MNSV와 SqMV의 전체 염기서열 분석을 통하여 정밀진단용 프라이머를 개발 하였다.멜론 MNSV와 SqMV에 대한 간이 검정법을 확립하여 저항성 개체선발을 효율적으로 수행할 수 있게 하였으며, 저항성검정에 이용되는 항혈청의 대량 생산방법을 개발하였고 멜론의 모든 조직에 범용으로 사용할 수 있는 프라이머를 선발하여 효율적인 MNSV 및 SqMV의 RT-PCR진단법을 확립하여 연구목표를 충분히 달성하였다고 생각한다.

흰가루병 저항성 참외형 멜론 육성에서는 ‘대산1호’에서 ‘대산7호’까지 7계통을 육성하였는데, 육성된 계통들은 참외에 비해 당도가 상당히 높고 과실의 육질이 치밀하여 저장성이 뛰어난 특징이 있다. 현재, 육성 계통을 이용하여 교배조합능력 검정과 생산력 검정시험을 수행 중이다. 육성된 계통들의 흰가루병 저항성 정도는 재배

시기에 따라 내병성 정도에 차이가 있었다. 이런 결과는 우리나라에도 흰가루병의 여러 가지 레이스가 분화되거나 유입된 것을 의미하므로 흰가루병 레이스 판별품종을 도입하여 검정한 결과 완전한 저항성을 가지는 것으로 밝혀진 MR1 등 2품종을 제외하고는 모든 판별품종에서 흰가루병이 비슷하게 발생하여 레이스를 판별하는 것이 어려웠다. 그래서 연구수행 중에 새로 도입한 MR1 등 현재 발생하고 있는 흰가루병에 저항성인 재료를 이용하여 흰가루병 저항성 계통을 육성하고 있는 중이며 지금까지 육성한 품종보다 더 강한 품종이 육성될 것으로 기대하고 있다.

흰가루병 저항성품종 육성은 미국시장을 개척하려는 목표아래 진행되었으므로 미국에서의 흰가루병 레이스 분화에 대한 검토가 필요하지만 아직 불충분한 단계에 있다. 다만 지금까지의 연구결과를 보아 UPOV에서 인정하고 있는 7가지 레이스에 대한 저항성 계통이 완성되면 미국에서도 충분히 저항성을 인정받을 수 있으리라 사료된다.

표 . 목표대비 실적달성도

내 용	계획 목표	연구성과 달성
바이러스 저항성 품종 육성	4품종 등록	- 2품종 등록 신품종보호출원: 1품종 생산판매 신고: 1품종 - 바이러스 저항성 16품종 육성
흰가루병 저항성 참외형 멜론 육성	1품종 등록	- 고당도, 저장성 참외형 멜론 7품종 육성
멜론 바이러스 특성구명 및 정밀진단 시스템 개발	특성 구명 진단법 확립	- 바이러스의 특성을 구명하고 MNSV와 SqMV 정밀진단용 프라이머를 개발 - MNSV와 SqMV의 간이 검정 법 확립 - MNSV 및 SqMV의 RT-PCR 진단법 확립

제 2 절 관련분야에의 기여도

현재 우리나라에서 MNSV는 이미 멜론 연작 재배지 토양에 정착되어 전국적으로 멜론 주요 재배지역에서 발생하고 있으며 국내 시판 멜론 품종의 대부분은 이병

성이므로 피해가 크다. 대책으로는 토양소독과 MNSV가 발병하지 않는 비 기주작물과의 윤작을 생각할 수 있는데 현실적으로 적당한 토양소독약제가 없고, 경지면적이 협소한 대부분의 멜론생산농가로서는 윤작방법을 채택하기가 어렵다. 따라서 저항성 품종의 이용이 가장 합리적인 대책이 될 것이다. MNSV 저항성 품종이 보급되면 생산의 안정성이 높아져 농가의 소득향상에 기여할 것이며, 식물체 및 생산종자의 바이러스 간이진단법 확립은 종자수출과정에서 발생할 수 있는 분쟁을 줄여 멜론종자의 수출증대에도 큰 도움이 될 것으로 기대된다.

참외는 우리나라의 주요 과채류이지만 미국에서도 극히 소면적이지만 재배가 되고 있다. 국내 생산단지에서 참외의 수출을 추진한 적이 있으나 저장성이 약한 것이 수출의 제약요인이 되고 있다. 이 과제를 통하여 육성된 계통들은 기존 참외에 비해 당도가 상당히 높고, 특히 육질이 단단하여 저장성과 수송적응성이 뛰어나다. 이들 육성계통들을 활용하면 외형이 참외와 유사하면서도 과육의 색깔 등 품질이 다양한 품종의 육성이 가능할 것으로 기대되는데, 재미 교포사회를 중심으로 참외에 대한 향수를 가지고 있는 소비층에 대한 과실의 수출과 재배농가를 대상으로 한 종자의 수출 등 새로운 시장을 개척하는데 큰 도움이 될 것으로 사료된다.

MNSV 에 대한 유묘기 검정시스템을 확립하여 MNSV 저항성 개체의 선발효율을 높여 저항성품종 육성에 크게 기여하였다. 또한 MNSV, SqMV 전체 염기서열 분석을 통하여 정밀진단용 프라이머를 개발 하였다. MNSV 및 SqMV진단기술은 본 과제의 저항성품종 육성에 매우 유용하게 이용되었고, 금후 이러한 결과는 MNSV 및 SqMV 연구에 필수적인 감염벡터 제작의 토대가 될 수 있을 것이라고 사료된다.

표 . 학술논문 발표

게재연도	논문명	저자			학술지명	Vol. (No.)	국내외 구분	SCI 구분
		주저자	교신저자	공동저자				
2007	Molecular analysis of <i>Melon necrotic spot virus</i> isolates		○		한국식물과학협회		국내	SCI
2008	Biological and molecular characterization of <i>Squash mosaic virus</i> isolated from melon in Korea		○		한국식물병리학회		국내	SCI

제 5 장 연구개발 성과 및 성과 활용 계획

본 과제를 통해 개발된 네트멜론 ‘얼스 썸머뵘’ 품종은 국내에서 처음으로 육성된 멜론괴저반점바이러스(MNSV)에 저항성인 품종으로 큰 의의가 있다. MNSV 피해가 큰 지역인 남부지역의 멜론 주산지에 보급하면 재배안정성이 크게 증대될 것으로 기대된다. 또한, 멜론종자의 수출대상국인 일본에서의 현지적응시험에서도 긍정적인 평가를 받고 있어서 종자의 수출을 증대시킬 가능성이 매우 높다.

네트멜론 ‘얼스 루시스’ 품종 역시 MNSV에 저항성이며, ‘얼스 썸머뵘’에 비해 과실이 크고 당도가 높다. 이 품종은 2012년도에 일본 현지포장에서 시험재배 중이지만 호평을 받을 것으로 기대되어 종자수출의 전망이 밝다. 이들 2품종은 여름작형에 적응하는 하작용 품종이지만 이 외에 늦봄에 적응하는 계통과 초가을에 적응하는 계통 등 다수의 계통을 육성하였으므로(‘ARI’등 16계통) 이들 재료를 활용하면 춘작용 품종에서 추작용 품종까지 다양한 특징을 가진 MNSV 저항성 품종을 육성할 수 있을 것으로 기대된다.

참외형 멜론계통으로 개발된 ‘대산1호’에서 ‘대산7호’까지 7계통은 참외에 비해 당도가 상당히 높고 과실의 육질이 치밀하여 저장성이 뛰어나며, 과피색과 과육색이 다양하다. 현재 시판용 품종의 개발단계이지만 이들 육성재료의 장점을 살린 시판용 품종이 개발되면 소비자의 선택폭을 늘려서 새로운 수요를 창출할 수 있을 것이며 흰가루병 저항성품종이 완성되면 미국에 대한 종자수출이 기대되며, 미국의 교포사회를 중심으로 한 새로운 참외형태의 멜론시장을 개척할 수 있을 것으로 기대된다.

멜론 바이러스에 관한 연구에서는 멜론 MNSV 및 SqMV 수집 및 특성 구명을 통해 멜론 바이러스병 확산 방지를 위한 정보를 제공 하였고, MNSV, SqMV 저항성 개체의 선발효율을 높여 저항성품종 육성에 기여하였다. 또한 MNSV, SqMV 전체 염기서열 분석을 통하여 정밀진단용 프라이머를 개발 하였다. 예전에는 프라이머 개발도 특허대상이 되었으나 현재는 프라이머 한 가지만으로는 특허권이 인정되지 않는 경향이다. 그러므로 개발된 MNSV 및 SqMV진단용 프라이머는 공개하여 필요한 사람이 이용하도록 할 계획이다. MNSV 및 SqMV진단기술은 본 과제의 저항성품종 육성에 매우 유용하게 이용되었고, 금후 이러한 결과는 MNSV 및 SqMV 연구에 필수적인 감염벡터 제작의 토대가 될 수 있을 것이라고 사료된다.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학 기술정보

일본에서 도입한 MNSV 저항성 유전자원 6계통은 분리 중의 계통이지만 이 과제 수행에 큰 도움이 되었다. 이를 활용하여 농가에 보급할 수 있는 MNSV 저항성 품종을 육성할 수 있었다. 체코, 헝거리 등지에서 도입한 13품종의 흰가루병 표준품종은 우리나라에서도 흰가루병의 여러 가지 레이스가 분화하고 있다는 것을 확인하는데 이용되었으며 이들 재료는 앞으로도 흰가루병 생태연구에 유용하게 활용될 것이다.

멜론괴저반점바이러스(Melon necrotic spot virus, MNSV) 입자는 직경이 30 nm 이고 4.3 kb +ssRNA로 구성되어 있는 *Tombusviridae*과 *Cucumovirus*속으로 분류되어 있으며, 토양균류인 *Olpidium bornovanus*에 의하여 매개된다. 바이러스 방제를 하기 위하여 토양소독 및 저항성품종 개발이 필요하다. 호박모자이크바이러스(Squash mosaic virus, SqMV)는 *Comoviridae*과 *Comovirus*속으로 분류되어 있고, 종자 및 딱정벌레(beetles)의해 전파되는 바이러스이다. 1956년 미국 호박(*Cucurbita pepo*)에서 처음 보고되었으며 그 후 일본, 중국 등에서 보고되었다.

제 7 장 참고문헌

- Avgelis A. 1989. Watermelon necrosis caused by a strain of melon necrotic spot virus. *Plant Pathology*. 38:618-622.
- Barron G. L. and E. Szuarto. 1986. A new species of *Olpidium* parasitic in nematode eggs. *Mycologia*. 78(6):972-975.
- Bos L., Van dorst, H. J., Huttinga, H. and Maat, D. Z. 1984. Further characterization of melon necrotic spot virus causing severe disease in glasshouse cucumbers in the Netherlands and its control. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 90:50-69.
- Brunt A. A., Crabtree, K., Dallwitz, M. J., Gibbs, A. J., Watson, L. and Zucher, E. J. 1996. Plant viruses online: description sand lists from the VIDE database version: 20th August 1996. URL <http://biology.anu.edu.au/Groups/MES/vide/>.
- Bustin S. A. 2000. Absolute quantification of mRNA using real-time reverse transcription polymerase chain reaction assays. *Journal of Molecular Endocrinology*. 25:169-193.
- Campbell R.N. 1996. Fungal transmission of plant viruses. *Ann. Rev. Phytopathol.* 34:87 - 108.
- Campbell R. N., Wipf-Scheibel, C., and Lecoq, H. 1996. Vector-assisted seed transmission of melon necrotic spot virus in melon. *Phytopathology* 86:1294-298.
- Choi H. S., Ko S. J., Kim M. K., Park J. W., Lee S. H., Kim K. H., Hassan K. W., Choi J. K. and Takanami Y. 2005. Characteristics of potato virus Y isolated from paprika in Korea. *Plant Pathol. J.* 21:349-354.
- Clark M. F. and Adams A. N. 1977. Characteristic of the microplate method of enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses. *J. Gen. Virology*. 34:475-483.
- Diaz J. A., J.J. Bernal, E. Moriones, and M. A. Aranda., 2003. Nucleotide sequence and infectious transcripts from a full-length cDNA clone of the carmovirus melon necrotic spot virus. *Arch. Virol.* 148:599-607.
- Furuki I. 1981. Epidemiological studies on melon necrotic spotvirus. Technical Bulletin 14. Shizuoka Agricultural Experiment Station, Shizuokaken, Japan.
- Gimenez C. M., J. M. Alvarea and M. L. Arteaga. 2003. Inheritance of resistance to symptom expression of melon necrotic spot virus(MNSV) in *Cucumis melo* L. 'Doublon'. *Euphitica* 134:319-324.
- Gonzalez-Garza R., Gumpf, D. J., Kishaba, A. N., and Bohn, G. A. 1979. Identification, seed transmission and host range pathogenecity of a California

isolate of melon necrotic spot virus. *Phytopathology* 69:340-345.

Gosalvez A., J. A. Navarro, A. Lorca, F. Botella, M.A. Sanchez-Pina, V. Pallas. Detection of melon necrotic spot virus in water samples and melon plants by molecular methods. *J. of Virological Methods* 113:87-93.

Hibi T. and Furuki I. 1985. Melon Necrotic Spot Virus. In: CMI: AAB. Description of Plants Viruses No. 302.

Jiang L. and C. Hiruki. 1996. Polymerase chain reaction amplification and restriction analysis of the ribosomal DNA of *Olpidium radicale* isolates. *J. of Microbiological Methods*. 16:87-93.

Kishi K. 1966. Necrotic spot of melon, a new virus disease. *Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.* 32:363-386.

Riviere C. J., and Rochon D. M. 1990. Nucleotide sequence and genomic organization of melon necrotic spot virus. *J. Gen. Virology*.71: 1887-1896.

Maki K, Kazutoshi Y. and Ken-o T. 2004. Melon breeding for resistance to powdery mildew in respect to its races. *Proceedings of Vegetable and Tea Science* No.1:39-43.

Nieto et al. (2006) An eIF4E allele confers resistance to an uncapped and non-polyadenylated RNA virus in melon. *The Plant Journal* 48: 452-462.

Rochon D., K. Kakani, M. Robbins, and R. Reade. 2004. Molecular aspects of plant virus transmission by *Olpidium* and *Plasmodiophora* vectors. *Ann. Rev. of Phytopathol.* 42: 211-241.

Sasaya T., H Koganezawa. 2006. Molecular analysis and virus transmission tests place *Olpidium virulentus*, a vector of *Mirafiori lettuce big-vein virus* and tobacco stunt virus, as a distinct species rather than a strain of *Olpidium brassicae*. *J. of Gen. Plant Pathol.* 72(1):20-25.

Tetsuya O. and Shinji S. 1999. Identification of *Sphaerotheca fuliginea* races on netted melon and screening of resistance materials to powdery mildew. *Res. Bull. Aichi Agric.Res. Ctr.* 31:71-74.