

발간등록번호

11-1543000-001465-01

수입대체 및 한·중 FTA 대비 고품질 봄 당근 F1 품종 개발 최종보고서

2016. 12. 12

주관연구기관 / 상명대학교 천안산학협력단
협동연구기관 / 씨앗과사람들

농 립 축 산 식 품 부

제 출 문

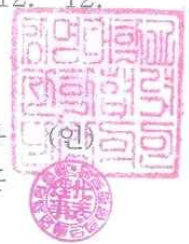
농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “수입대체 및 한중 FTA 대비 고품질 봄 당근 F1 품종 개발”(개발기간 : 2012. 8. ~ 2016. 8.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2016. 12. 12.

주관연구기관명 : 상명대학교 천안산학협력단
협동연구기관명 : 영농조합법인 씨앗과사람들

(대표자) 김 기 봉
(대표자) 박 태 훈



주관연구책임자 : 형 남 인
협동연구책임자 : 박 태 훈

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제고유번호	112025-4	해당 단계 연구 기간	2015.08.10 -2016.08.09	단계 구분	(4 단계) / (4 단계)
연구 사업명	중 사업명	농생명산업기술개발사업			
	세부 사업명				
연구 과제명	대 과제명				
	세부 과제명	수입대체 및 한·중 FTA 대비 고품질 봄 당근 F1 품종 개발			
연구 책임자	형납인	해당단계 참여 연구원 수	총: 9명 내부: 5명 외부: 4명	해당단계 연구 개발비	정부:130,000천원 계:162,500천원
		총 연구기간 참여 연구원 수	총: 37명 내부: 20명 외부: 17명	총 연구개발비	정부:520,000천원 계:650,000천원
연구기관명 및 소속부서명	상명대학교 천안산학협력단			참여기업명	영농조합법인 씨앗과사람들
위탁 연구	연구기관명:			연구책임자:	
요약 당근의 약배양 기술과 육종기술을 결합하여 고순도 고품질 신품종을 개발할 수 있는 기술을 개발하고자 연구를 수행하였다. 당근의 약배양 기술을 개발하였고, 이를 기반으로 배가 반수체 식물체를 대량으로 생산하였다. 그리고 당근의 유전자원을 수집하고 계통성능검정, F1 조합능력검정 등의 과정을 거쳐 선발된 우량 계통의 지역적응성 검정을 거쳐 3개의 신품종을 개발하여 품종보호출원을 완료하였다.				보고서 면수 155	

요 약 문

	코드번호	D-01
연구의 목적 및 내용	<input type="checkbox"/> 연구목표 · 수입대체 및 한·중 FTA 대비 고품질 봄 당근 F1 품종 개발 <input type="checkbox"/> 연구내용 · 당근 약배양 기술 개발 · 당근 계통 육성 · 당근 약배양 유래 DH 계통 육성 · 약 배양 유래 계통을 이용한 F1 조합 작성 및 평가 · 당근 신품종 보호 출원 국내·외 2건 이상	
연구개발성과	<input type="checkbox"/> 약배양 기술 체계 개발 · 당근 약배양 유래 식물체 생산을 위한 배양 조건 확립과 기외순화 및 온실 재배 기술 확보 등 당초 목표였던 약배양 기술 체계를 개발하였음 <input type="checkbox"/> 약배양을 통한 유래 DH 계통 다량 생산 · 당근의 29,613개 약배양을 거쳐 699계통의 식물체를 얻었으며, 이중 313계통의 775개 식물체를 협동연구팀으로 전달하였음 <input type="checkbox"/> 약배양 유래 식물체의 ploidy 검정 · 약배양 유래 식물체를 대상으로 ploidy 검정을 실시하여 DH 계통을 성공적으로 선별하였음 · 약배양 유래 식물체의 배가반수체를 확인할 수 있는 SSR 마커를 개발하였음 (추가 연구수행) <input type="checkbox"/> 우량 배가반수체 계통 증식 · 약배양 유래 우량 및 특이 계통의 뿌리 조직배양 이용 식물체 재생 및 381계통의 기내 증식을 성공적으로 수행하였음 <input type="checkbox"/> 유전자원 수집 및 계통성능검정 · 유전자원 58점을 국외에서 수집하였고, 약배양 유래 계통, 유지계, 고정계, 합성계, F1 조합 등을 포함한 1,529계통의 계통성능검정을 수행함 <input type="checkbox"/> F1 조합능력검정 · 고령지에서 26품종, 98조합 및 하우스에서 30품종, 188조합의 성능검정을 실시하여 S&P3106 등 우수 성능의 계통을 선발함 <input type="checkbox"/> 계통교배육성 및 F1조합작성 · MS 및 유지계, 약배양 유래 식물체(456계통, 775점), 임성분석 등 1,221계통의 육성을 실시함 <input type="checkbox"/> 지역적응성 검정 및 품종 등록 · 고령지 대관령과 경남지역에서 5조합의 지역적응성 시험을 하였고, 우수계통 3개를 품종등록신청 하였음	

<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 당근에서 약배양 유래 배가반수체 식물체를 이용한 F1 잡종 신품종 개발 기술은 세계적으로 보고가 되지 않은 고효율 원천 기술로 향후 국내외적으로 품종개발을 위한 모델시스템으로 활용될 것임 · 당근의 품종 개발과정에서 약배양을 이용하여 우량 고정 계통을 생산하면 육종연한이 단축되므로, 단기간내에 소비자의 다양한 기호와 함께 다양한 작형에 알맞은 맞춤형 신품종 개발에 적용이 가능함 · 신규 개발된 고품질 당근 품종의 보급으로 현재 국내 당근의 봄 작형에서 우점하고 있는 일본 수입 품종을 일정 부분 대체하여 수입품종 도입 비용으로 유출되고 있는 외화를 절감할 수 있을 것임 · 동시에 당근의 재배 면적이 세계에서 가장 많은 중국에 국내 개발 당근 신품종 종자를 수출할 수 있는 기회를 제공할 것임 · 개발된 고품질의 신품종은 생산량 증대로 기존의 당근 종자의 수입을 대체하고 한중 FTA 체결시에도 적극적 대응을 가능하게 할 것이며, 동시에 국내의 당근 소비 증대를 통하여 농가의 소득 증대에도 기여할 것임 				
<p>중심어 (5개 이내)</p>	<p>봄당근</p>	<p>약배양</p>	<p>배가반수체</p>	<p>육종</p>	<p>품종</p>

< SUMMARY >

		코드번호	D-02
Purpose& Contents	<input type="checkbox"/> Purpose · Development of high quality spring carrot F1 cultivars for import substitution and Korea-China FTA <input type="checkbox"/> Contents · Development of anther culture system in carrot · Breeding Lines in carrot · Breeding of DH lines derived from anther culture in carrot · Evaluation of F1 combination using lines derived from anther culture · Application of new carrot variety protection more than 2 cases in Korea and foreign nations		
Results	<input type="checkbox"/> Development of anther culture system · We developed efficient anther culture system for the production of regenerated plants derived from anther culture <input type="checkbox"/> Mass production of DH lines derived from anther culture · Through 29,613 anther culture, we produced 699 lines and delivered 775 plants of 313 lines to co-research team <input type="checkbox"/> Ploidy analysis of regenerated plants derived from anther culture · Using ploidy analysis, we selected DH lines from anther culture derived plants · We developed SSR marker for the identification of double haploids <input type="checkbox"/> Multiplication of elite DH lines · Elite 381 lines derived from anther cultures were multiplied through the in vitro root cultures <input type="checkbox"/> Collection of genetic resources and pedigree ability test · We collected 58 genetic resources from foreign nations and tested pedigree ability with 1,529 lines <input type="checkbox"/> F1 combination ability test · We tested combination ability with 56 cultivars and 286 combination and selected elited lines of S&B3106 <input type="checkbox"/> Cross breeding and generation of Fi combination · We crossed and generated 1,221 lines with MS and maintenance lines and anther culture derived lines (456 lines, 775 plants) <input type="checkbox"/> Region adaptability test and variety registration · We tested region adaptability with 5 combination and registered 3 elite to new varieties		
Expected Contribution	· F1 hybrid variety development system based on double haploid derived from anther culture of carrot is the source technology for variety breeding · The breeding technology could be applied to develop designer varieties with optimal characteristics for consumer and grower · Carrot F1 hybrid varieties with high quality could substitute the import of seeds from Japan and could give the chance to export the seeds to china · The carrot new variety derived from anther culture could increase the consumption of carrot roots and profits of farmers.		
Keywords	spring carrot	anther culture	double haploid breeding cultivar

CONTENTS

Chapter 1. Introduction	8
Chapter 2. Current R&D status in Korea and abroad	21
Chapter 3. Contents and results of the project	23
Chapter 4. Achievement and contributions	143
Chapter 5. Products and employment planning	146
Chapter 6. The R&D informations collected	148
during the project	
Chapter 7. References	154

< 목 차 >

제 1 장. 연구개발과제의 개요	8
제 2 장. 국내외 기술개발 현황	21
제 3 장. 연구수행 내용 및 결과	23
제 4 장. 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	143
제 5 장. 연구결과의 활용계획 등	146
제 6 장. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보	148
제 7 장. 연구개발성과의 보안등급	149
제 8 장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비현황	150
제 9 장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적	151
제 10 장. 연구개발과제의 대표적 연구실적	152
제 11 장. 기타사항	153
제 12 장. 참고문헌	154

제 1 장. 연구개발과제의 개요

코드번호

D-03

제 1 절. 연구개발 목적

○ 최종목표

- 당근 약배양 기술 체계 확립 및 이를 활용한 수입대체 및 한·중 FTA 대비 고품질 봄 당근 F1 품종 개발

○ 주요 내용

- 당근 약배양 기술 개발
- 당근 계통 육성
- 당근 약배양 유래 DH 계통 육성
- 약 배양 유래 계통을 이용한 F1 조합 작성 및 평가

제 2 절. 연구개발의 필요성

1. 당근의 생산현황 및 문제점

- 당근(*Daucus carota* L.)은 우리나라에서의 재배 역사가 비교적 짧은 채소 작물이지만 비타민 A의 중요한 공급원이 되는 베타카로틴(β -carotin) 등의 항산화 물질이 풍부하게 함유하고 있어 특정 암 및 심장병을 예방 또는 억제하고, 피부노화를 방지하는 등의 효과를 가지고 있는 기능성이 우수한 채소이며 **최근 경제 성장과 더불어 소비가 점차 증가하고 있는 채소**이다(Stein과 Nothnagel, 1995).
- 당근은 전 세계 재배 면적이 1,164,574ha에 이르고 있으며, 이웃 중국은 전 세계 재배면적의 40%인 465,600ha를 차지하여 최근 경제 성장과 더불어 당근 수요가 확대되고 있음을 알 수 있다(FAO. 2010).
- 우리나라의 당근 재배면적은 1994년 6,022ha를 정점으로 하여 1999년까지 꾸준히 5,000ha 내외에서 재배되어져 왔으나 IMF를 겪으면서 2000년부터 감소하기 시작하여 2011년 현재 2,849ha에 이르고 있다.
- 국내 재배면적이 감소한 것은 국내 소비의 감소로 인한 것이 아니라 중국으로부터의 수입 증가로 인하여 나타난 것이며, 국내 채소 전체 자급률이 90%를 상회하는데 반하여 당근은 거의 절반 가까이를 수입에 의존하여 우리나라 주요 채소 중 수입 비중이 가장 높은 작물이다(농림수산식품부 통계).

표 1. 당근의 재배면적 및 종자 시장 규모

년도	1997	2007	2008	2009	2010	2011
면적(ha)	5,997	2,267	2,766	2,827	2,711	2,849
금액(백만원)	1,200	2,091	2,833	2,907	2,840	3,316

(출처: 농림수산식품부, 한국종자협회, 품종과 종자 왜 중요한가, 박효근 외, 1997)

- 한편, 국내 당근 종자 시장은 재배면적이 감소하였음에 불구하고 시장규모가 오히려 표 1과 같이 크게 증가하였는데, 그 이유는 당근 종자 시장에서 가장 부가가치가 높은 하우스 봄당근 시장에서 다국적기업인 일본계 사카타종묘사의 베타리치 등과 같은 고순도, 고품질계 F1 품종의 보급이 확대되었으며, 이들 종자의 가격이 지속적으로 상승하였던 것이 주요인으로 작용하였기 때문이다.
- 전술한 바와 같이 우리나라의 당근 산업은 국내 재배면적의 감소와 함께 중국산 당근의 시장 점유율이 확대되고 있을 뿐만 아니라 그나마 유지하고 있는 주산지에서의 가장 고부가가치 시장인 봄하우스 작형에서 수입종자에 대한 의존도가 극히 높아 최대 위기에 봉착한 상황이다.
- 아울러 향후 전개될 중국과의 FTA는 앞으로 우려와 기회가 동시에 수반된다. 만약 국내 당근 육종이 현 단계에서 한계점을 극복하지 못한다면 그나마 지키고 있는 시장도 내주어야 하며, 중국에서 당근의 재배에 사용되는 종자조차도 다국적 기업이 제공한 종자로 재배되어 국내로 수입될 것이기 때문에 이를 최종 소비하는 우리 국민들은 정체성에 심각한 혼란을 겪게 될 것이다.
- 즉, 소프트웨어와 같은 종자는 일본 등의 다국적 기업에서 제공하고, 하드웨어와 같은 생산물은 중국의 토양과 기후 등 재배환경에서 재배된 당근이 우리의 식탁에 오르게 될 것이기 때문이다.
- 하지만 기회의 요인도 있다. 본 연구팀에 참여기업으로 수행하게 될 당근 육종팀의 박태훈 대표이사는 과거 중국 수입량이 확대 될 시기에 현재 국내 종자시장 점유율 1위인 (주)농우바이오 산형백합팀을 이끌며, 비바리흑전, 시그마 당근 등 당시 최고의 품종을 육성하여 소속사의 중국 현지법인을 통하여 보급한 실적이 있는데, 수입되는 당근의 대부분이 본 과제의 연구팀에 참여하는 박태훈 대표가 육성한 전술한 품종이었다.
- 이러한 현상은 다소 축소되기는 하였지만 현재까지도 당근 수입에 있어서 대부분의 수입량에 국내에서 육성되어진 품종이 중국에서 재배되어 국내로 수입되고 있는 상황이다.
- 이러한 상황에서 본 연구팀에서 그동안의 당근 육성 경험을 살려 생명공학적인 기법 중 하나인 약배양 기술을 활용한 고품질의 신품종을 육성한다면, 국내에서 당근 종자의 고부가가치 시장에서의 수입 대체는 물론 중국 생산 한국 수입 구조에서도 최소한 우리가 육성한 소프트웨어를 사용한 당근이 수입되게 될 것이다.

- 나아가 세계인의 먹거리 공급기지 역할을 수행하고 있는 중국 시장에서의 국내 육성 당근 종자의 점유율을 높임으로서 외화 획득은 물론 우리의 수준 높은 소프트웨어가 중국인은 물론 세계인의 식탁에 오르는 기회를 가질 수도 있다고 판단된다.

2. 약배양 기법을 통한 당근의 1대 잡종품종 육성의 필요성

- 한편 당근은 타식성이 강하여 순수한 계통 육성 및 유지가 어려운 작물이다. 당근의 유전 양상은 매우 복잡하고, 관여하는 인자가 많아 타 작물에 비하여 안정된 고정 계통육성이 매우 어려웠던 것이 사실이다.
- 이러한 이유로 그 동안 국내 당근 품종 육성에 있어서 양적으로는 활발하게 교배종 품종 육성이 이루어져 왔으나 질적으로는 선진국 수준과 비교할 때 균일성이 미흡하여, 당근 종자 산업의 고부가가치 시장인 봄 하우스당근 시장에서 일본 사카타종묘에서 개발 보급하는 베타리치를 비롯한 다수의 품종들에게 시장의 거의 전부가 종속되는 결과를 가져왔다.
- 봄 하우스 작형 이외에 노지 터널, 가장 재배 면적이 많은 제주 월동시장에서도 다국적 기업들이 시도하고 있는 고순도, 고품질 F1 교배종이 자리를 잡게 된다면 당근 종자 시장에서 국내산 종자의 점유율은 급격히 감소할 것으로 예상되며, 국내산 당근 품종 육성에 이에 대응한 기술 개발이 시급히 요청되고 있다.
- 채소작물은 다른 원예작물에 비하여 1대 잡종 품종의 순도가 그 품종의 우수성을 가늠하는 매우 중요한 척도가 되기 때문에, 당근 1대잡종 품종육성에서는 우수한 F₁조합을 만들 수 있는 웅성불임계통, 유지친과 화분친계통의 육성이 필요하다.
- 당근은 자식약세 현상(Peterson과 Simon, 1986)이 강한 작물 중의 하나로 계통의 순도를 높이기 위해 자식할 경우 지상부인 잎이나 지하부인 뿌리의 발육이 현저하게 떨어지는 문제가 발생하여 계통의 분리 고정을 어렵게 한다. 지금까지는 다년간에 걸친 웅성불임계통의 여교잡과 화분친의 자식과정을 거쳐 실용상 지장이 없을 정도의 순도를 갖는 1대 잡종이 육성되어 왔다(Simon, 2000; Stein과 Nothnagel, 1995). 그러나 이러한 양친 계통도 계속적인 형매 교잡과 자식에 의한 증식 과정에서 형질의 분리가 일어나 몇 년이 지난 후에는 그 품종이 최초로 육성되었던 본래의 것과는 상당히 다른 형질이 나타나게 되어 우수한 1대 잡종 품종을 개발하는데 큰 장애 요인이 되어 왔다.
- 또한 웅성불임계통의 육성 및 내병성계통, 내충성계통, 고품질계통 등 우수한 화분친의 육성에 7-10년의 장기간이 소요되고 있는데 이러한 문제점은 당근 육종에서의 기술개발 지원과 투자 지원을 초래하고 있다(Kiszczak *et al.* 2010).

- 이러한 문제점을 해결하기 위하여서는 완전한 동형접합성을 갖는 모본이 되는 양친 계통의 육성이 필요한데, 이를 위해서는 조직배양 기술의 도입이 절대적으로 요구되며 특히 당근에서 약배양을 통한 배가반수체(double haploid, DH) 식물체 생산은 단기간 내에 다양한 동형접합성인 계통 육성을 가능하게 하는 핵심기술이라고 할 수 있다(Luitel et al. 2012; Maraschin et al, 2005; Wang et al. 2000).
- 따라서 본 연구팀에서는 이미 다른 채소작물 즉 고추를 비롯하여, 무, 배추, 토마토, 양배추, 브로콜리 등 많은 작물에서 상용화된 기술로서, 품종 육종 연한 단축에 크게 공헌을 하고 있는 식물조직배양 분야의 약배양(anther culture) 기술을 당근 품종 육성에 적용하고자 하였다.
- 당근의 경우 복산형화서 상의 소화들이 매우 작아 약배양이 매우 어려운 것으로 알려져 있지만 약배양 기법을 이용하면 단세대(단기간)내에 유전적으로 고정된 계통을 얻을 수가 있어 타식성 작물인 경우 교잡육종에서 6-7세대 이상의 자식을 거쳐야만 형질고정을 시키는데 비해 1-2세대만으로 순계를 획득 할 수 있어 품종의 육성 연한을 크게 단축시킬 수가 있다(Aruge와 Nakajima, 1985)
- 그러나 당근 품종 개발에 있어 국내에서는 실제 품종 육성적인 측면으로 응용된 연구는 매우 적은 상태이고, 대개 기초 연구 단계에 머물러 있는 수준이어서 DH 식물체가 생산되었다 하더라도 생산된 DH의 계통으로서의 가치나 특정 형질을 갖는 계통육성 등에 관한 연구는 현재까지 이루어진 바가 없는 실정이다.
- 따라서 본 연구에서는 당근에서 기존의 전통 육종 기술에 조직배양기술을 접목하여, 약배양을 통해 얻어진 DH 식물체를 이용한 새로운 계통 육성을 실시하여 전통 육성기술로는 얻기 어려운 고정 계통을 얻고, 이를 조직배양 기술을 이용하여 증식함으로써 품종 육성 기간을 단축하고 고순도를 가진 고부가가치 당근 신품종을 개발하고자 한다.

제 3 절. 연구개발 범위

1. 1차년도 (2012-2013년)

연구 범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
○ 당근 약배양 기술 개발	○ 약배양 기술체계 확립	- 소포자 발달단계 검정 : FAA solution, squash preparation, haematoxylin 사용 - 약배양 실험의 각 단계별 체계 (배형성, 식물체 분화, 식물체 기외순화)구명 - 재료의 화아분화와 추대를 위한 조건 구명(저온처리시 적정온도와 배양기간, 고온장일처리시 장일기간과 온도)
	○ 반응성이 우수한 유전형 선발	-기 확립된 약배양 체계를 적용하여 공시재료 20여계통의 유전형 스크린(각 계통당 500개 약배양 실시)
	○ 재생식물체의 ploidy 검정	-Flow cytometer를 이용한 재생식물체의 ploidy 검정(기외순화가 완료된 식물체를 대상으로 대조구(diploid, $2n=2x=18$)를 external reference standard로 사용하여 histogram형식으로 분석)
○ 고품질 봄 당근 F1 품종 개발	○ 유전자원 수집 및 계통 성능검정	-수집된 유전자원 및 기 보유 inbreed line의 특성 검정
	○ F1 조합 능력 검정	-봄 고령지(대관령), 봄 하우스 검정(경남) -선행 연구기간동안 작성된 교배조합을 공시하여 우수 F1 조합 선발
	○ 계통교배육성 및 F1 조합 작성	-MS 6계통, 화분친 28계통 등을 이용하여 F1 조합작성 및 계통 분리, 순화
	○ 지역적응성 검정	-선행연구에서 선발된 2조합의 주산지에 공시하여 최종 목적에 부합하는 F1 조합의 선발

2. 2차년도 (2013-2014년)

연구범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
○ 당근 약배양 기술 개발	○ 약배양 효율 최적화: 고효율 약배양 시스템 확립	- 우수모본 계통 유전형 스크린에서 선발된 계통 대상 약배양 실험의 단계별 실험에서의 조건(광, 온도, 배지조성 등)을 달리하여 효율성을 증진시키기 위한 실험들을 수행 : 배형성 조건 구명, 식물체 분화 조건 구명, 재생 식물체의 기외순화조건 구명
	○ 약배양을 통한 DH 식물체 다량생산	- 제1협동에서 공급받은 유망 우량 계통을 대상으로 DH 식물체 다량생산 : 계통당 500개의 약배양 실험
○ 고품질 봄 당근 F1 품종 개발	○ 유전자원 수집 및 계통 성능검정	- 수집된 유전자원 및 기 보유 inbreed line의 모본 선발을 위한 특성 검정
	○ F1 조합 능력 검정	- 봄 고령지(대관령), 봄 하우스 검정(경남) - 1차년도 작성된 교배 조합을 공시하여 최종목표에 부합하는 F1 조합의 선발
	○ 계통교배육성 및 F1 조합 작성	- 2차년도 계통성능검정에서 선발된 모본을 이용한 교배 조합의 작성 및 계통분리, 순화 작업
	○ 지역적응성 검정	- 1차년도 선발된 F1 조합을 주산지(대관령, 경남)에 공시하여 최종 목표에 부합하는 F1 조합의 선발

3. 3차년도 (2014-2015년)

연구범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
○ 당근 약배양 기술 개발	○ 약배양을 통한 DH 식물체 다량생산	- 제1협동에서 공급받은 유망 우량 계통을 대상으로 DH 식물체 다량생산 : 계통당 500개의 약배양 실험
	○ 재생식물체의 ploidy 검정 및 계통 선별	- Flow cytometer를 이용한 재생 식물체의 ploidy 검정(기외순화가 완료된 식물체를 대상으로 대조구 (diploid, 2n=2x=18)를 external reference standard로 사용하여 histogram형식으로 분석 - 활착된 DH식물체를 선별하여 제1협동에게 전달
	○ DH 식물체 증식체계 확립	- 당근의 체세포배 형성을 통한 기내증식 기초조건 확립 ①당근뿌리로부터 체세포배형성 캘러스 유도 ②당근캘러스로부터 체세포배 형성을 통한 식물체 재생 ③ 재생 식물체의 기외순화
	○우수 DH 식물체 기내증식	- 우수 DH 계통의 당근의 체세포배 형성을 통한 기내증식
○ 고품질 봄 당근 F1 품종 개발	○ 유전자원 수집 및 계통 성능검정	-수집된 유전자원 및 inbreed line의 모본 선발을 위한 특성 검정
	○ F1 조합 능력 검정	-봄 고령지(대관령), 봄 하우스 검정(경남) -2차년도 작성 교배 조합 공시하여 최종목표에 부합하는 F1 조합의 선발
	○ 계통교배육성 및 F1 조합 작성	-3차년도 계통성능검정에서 선 발된 모본 이용 교배 조합 작성 및 계통분리, 순화 작업
	○ 지역적응성 시험 및 품종 보호출원	-2차년도 선발된 F1 조합을 지역 적응성 시험에 공시하여 최종 목표에 부합하는 F1 조합 선발 -품종보호출원

4. 4차년도 (2015-2016년)

연구범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
○ 당근 약배양 기술 개발	○약배양을 통한 DH 식물체 다량생산	- 제1협동에서 공급받은 유망 우량 계통을 대상으로 DH 식물체 다량생산 : 계통당 500개의 약배양 실험
	○재생식물체의 ploidy 검정 및 계통 선별	- Flow cytometer를 이용한 재생 식물체의 ploidy 검정 - 활착된 DH식물체를 선별하여 제1협동에게 전달
	○우수 DH 식물체 계통 대량 증식	- 우수 DH 계통별 당근의 체세포 배 형성을 통한 대량 기내증식 - 증식된 DH식물체를 활착하여 제1협동에게 전달
○ 고품질 봄 당근 F1 품종 개발	○ 유전자원 수집 및 계통 성능검정	-수집된 유전자원 및 inbreed line의 모본 선발을 위한 특성 검정
	○ F1 조합 능력 검정	-봄 고령지(대관령), 봄 하우스 검정(경남) -3차년도 작성된 교배 조합 공시하여 최종목표에 부합하는 F1 조합의 선발
	○ 계통교배육성 및 F1 조합 작성	-4차년도 계통성능검정에서 선발된 모본 이용 교배 조합 작성 및 계통분리, 순화 작업
	○ 지역적응성 시험 및 품종 보호출원	-1, 2, 3차년도 선발된 F1 조합을 지역 적응성 시험에 공시하여 최종 선발된 조합을 품종보호출원

제 2 장. 국내외 기술개발 현황

코드번호	D-04
<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내외에서 당근에서 약배양을 통하여 배가반수체(double haploid, DH)를 얻고 이를 교배에 이용하여 품종 개발에 성공하였다는 보고는 이루어진 바 없다. ○ 국외에서 약배양을 통한 DH 식물체 육성에 대한 보고가 일부 이루어진 바 있으나 DH 식물체를 품종 육성과 연계시키는 단계에는 미치지 못하고 있으며, 국내에서는 약배양을 통한 DH 식물체 육성에 대한 보고가 2-3건에 불과한 실정이다. ○ 국외의 약배양 연구 결과를 보면, 당근의 약배양을 통하여 DH 식물체를 얻는 과정은 첫 번째 단계로 배(embryo)의 유기가 가장 기본적으로 필요하나, 배형성이 지나치게 품종 특이적이고 약배양 효율이 낮은 수준에 머물러 있다. ○ 두 번째 단계로, 약배양 유래 배로부터 식물체를 분화시키는 과정인데, 일반적으로 유기된 배가 이 과정에서 식물체로 분화되지 않거나 죽기 때문에(Gorecka, 1998; Mollers와 Iqbal, 2009) 이 단계에서 많은 문제점에 부딪치게 된다. ○ 또한 당근의 약배양을 통한 식물체 재생에 있어 Adamus와 Michalik (2003)은 소포자 유래 배로부터 식물체 분화율이 1%였다고 보고한 바 있으며, 이로 보아 약배양을 통한 DH 식물체의 생산 효율은 매우 낮은 수준이다(Flehinghaus <i>et al.</i> 1991). ○ 당근의 약배양을 통한 배형성(embryogenesis)에 관한 국외 연구에서 당근 약배양의 효율에 품종이 가장 큰 영향을 끼친다고 하였고(Andersen <i>et al.</i> 1990; Gorecka <i>et al.</i> 2005), 배형성은 소포자의 발달단계에 의해 정해진다고 하였다(Tyukavin <i>et al.</i> 1999). ○ 최근에는 당근의 약배양시 너무 작은 크기의 꽃봉오리와 약의 크기, 그리고 화사가 포함되는 어려움으로 인하여 소포자 배양이 일부에서 시도되고 있긴 하나 소포자 배양에서 빈번하게 발생하는 오염문제 등으로 인하여 지금까지의 연구결과는 소포자 배양보다는 약배양이 보다 효율적이라는 결론이다(Ferrie <i>et al.</i> 2010). ○ 한편, 미국, 유럽 및 일본의 종묘회사에서는 당근 품종 개발에 조직배양기술을 활용하고 있는 것으로 알려지고 있으나 보안상 공개되지 않고 있으며, 제한된 정보인 특허나 논문 등의 문헌정보는 검색되지 않고 있어 그 수준이나 규모에 대해서는 정확하게 파악하기 어려운 상태이다. ○ 당근의 약배양을 통한 식물체 재생은 직접 배형성(Gorecka <i>et al.</i> 2005; Yoo, 2010) 또는 캘러스 단계를 거치는 간접 배형성(Cho <i>et al.</i> 2003; Kim, 2009)의 경로를 통하여 이루어지는데, 유전형에 따라 배형성 경로(Anderson <i>et al.</i> 1990) 및 배형성 효율에 차이를 나타낸다고 보고되었다. 	

- 국내의 약배양 연구에서는 약으로부터 캘러스를 형성하였다는 보고가 있었고(Kim, 2009), 약배양 유래 캘러스로부터 식물체를 분화시켰다는 보고가 있었다(Cho, 2003).
- 당근 약배양에서의 배형성은 약에서 캘러스를 유도하여 간접적으로 배를 유기시키는 체계를 사용하였는데 식물체 분화율이 일정 수준에 이르는 경우도 있었으나, 식물체가 기외로 순화되는 과정이 순조롭지 못하였거나 활착이 성공했다라도 포장에서 재배가 이루어지지 못하였다. 또한 DH 식물체가 생산되었다 하더라도 생산된 double haploid 식물체가 순도 높은 계통으로 고정되거나 실질적으로 품종개발에 적용될 수 있었던 사례는 보고되지 않았다.
- 또한 당근의 품종개발에 있어 약배양 기술 등의 조직배양 기술을 도입하여 활용한 경우는 없는 것으로 추정되며, 이에 관한 국내연구 또한 특허나 논문은 전무한 실정이다.
- 이와 같이 국내의 연구는 주로 당근 약으로부터 간접 체세포배형성을 통한 식물체 재생 시스템을 사용하였음을 알 수 있다. 그러나 국내의 연구에서는 약배양 유래 식물체를 생산하는 수준에 머물러 기외순화 이후의 품종 개발을 위한 교배 연구에는 이르지 못한 상황이라 하겠다.
- 국내외적으로, 당근의 약배양 기법을 이용한 품종개발과 관련된 현재까지의 연구 결과를 볼 때 초기 단계의 연구가 진행되고 있으며, 실용화 단계에는 이르지 못하고 있음을 알 수 있다.
- 다른 작물에서는 식물의 육종 프로그램에서 순수 동형접합성의 식물을 획득하는 방법이 광범위하게 적용되어 오고 있으나 당근에서는 그 기법이 일반적으로 활용되지 못하고 있다(Kielkowska와 Adamus, 2010).
- 따라서 당근 작물에서도 약배양 기법을 비롯한 조직배양기술을 이용한 품종 개발이 필요하지만, 현재까지는 기초 단계의 연구가 이루어진 상황으로 품종 개발 및 상용화 단계에 이르기까지는 극복해야 할 과제들이 많이 남아 있어 앞으로 추가적인 연구 개발이 필요함을 알 수 있다.

제 3 장. 연구수행 내용 및 결과

		코드번호	D-05
--	--	------	------

제 1 절. 당근의 약배양 기술 체계 확립

1. 당근 약배양을 위한 기초 조건 확립

가. 약배양 재료 확보를 위한 화아분화와 추대 유도 조건 구명

(1) 연구내용

약배양 재료를 연구 확보할 수 있는 체계를 확립하고자 당근 뿌리의 적정 저온 처리 방법 및 기간에 대한 실험을 수행하였다.

당근 뿌리의 저온 처리를 위하여 모래를 이용한 층적 저장 방법과 신문지 포장 저장 방법을 비교하였다. 층적 저장은 상자에 당근을 15°경사로 눕어서 놓은 후 모래로 4cm 두께로 덮어 3단 층적한 후 부직포로 덮고 저장하였으며, 신문지 포장 저장은 당근 날개를 신문지로 감싼 후 종이상자 안에 넣어 저장하였다. 저장 기간중 온도 5℃의 냉장고에 저장하였고 한 달에 1회씩 물을 스프레이 하여 습도를 유지하였다.

저온저장 30일, 60일, 90일 후 당근 뿌리를 꺼내어 화분 당 1개씩 식재하여 고온 장일 조건에서 추대를 유도하였다. 고온 장일 조건으로 제어 온실의 온도는 주간온도 20-25℃, 야간 온도 10-12℃로 조절하였고, 일장은 인공조명등으로 보광하여 낮의 길이가 14-18시간으로 조절하였다. 고온 장일조건에서 추대가 이루어지다가 꽃봉오리가 열리기 시작하는 개화기 및 화분이 비산하는 만개기를 조사하였으며, 약배양 적정시기를 기반으로 식재로부터 약배양 적기까지의 소요기간을 산출하였다.

(2) 결과 및 고찰

당근은 이년생 온대성 작물로 종자를 과중하여 당근 뿌리가 형성된 후 일정기간 저온에 노출이 되어야만 화아분화와 개화가 유도된다. 당근의 약배양은 추대 후 개화 초기의 꽃으로부터 얻어진 약을 사용하여 이루어지게 되기 때문에, 연중 약배양 재료를 확보할 수 있는 당근 뿌리의 적정 저온 처리 방법 및 기간을 구명하고자 하였다.

당근 식재 후 추대가 진행되는 과정은 당근의 가운데 일부분이 줄기의 일부분처럼 솟아오르면서 성장하였는데 이 때 당근을 절단해 보면 그림 1과 같았다.

저온저장 기간에 따른 당근의 재배 및 추대와 약배양 가능시기, 개화시기까지의 소요일자는 표 2에 나타내었으며, 각 시기마다 식물의 상태는 그림 2와 같았다. 당근의 저온 저장

방법으로는 신문지포장 저장보다 모래를 이용한 층적 저장이 적합한 것으로 나타났다. 신문지포장 저장은 모래 저장보다 추대 유도 시 추대가 늦거나 꽃대의 길이가 작아지는 경향이 있었다. 모래 층적 저장에서는 저온저장 후 추대까지 정식 후 약 35일이 소요되었고, 이후 약배양 시기까지 약 15일, 그리고 만개기까지 약 15일이 소요되었다. 그러므로 정식 이후 약배양 시기까지 약 50일이 소요된다는 것을 알 수 있었다.



그림 1. 당근의 식재 후 추대 모습. 절단 후 현미경 촬영

표 2. 당근의 저온 저장 방법 및 기간에 따른 추대 및 약배양 적기까지의 소요기간

당근의 상태 및 소요기간	저온 저장 기간					
	30일		60일		90일	
	모래 층적 저장	신문지 저장	모래 층적 저장	신문지 저장	모래 층적 저장	신문지 저장
저장 후 당근 상태 ²	+++++	+++++	++++	+++	+	+
추대 소요기간 (일)	30.0	35.0	37.5	42.5	40.0	45.0
약배양 적기 소요기간 (일)	45.0	50.0	42.5	52.5	52.5	65.0

²저장후 당근 상태 : +++++ 우수, +++ 보통, + 미흡

약배양 재료를 확보하기 위해 저온저장을 거쳐 추대를 유도하였다. 저온저장 기간은 조생종이 45일, 중생종이 75일, 만생종이 105일이었으며, 저온 처리 후 온실에서 재배하여 화아분화를 유도하였다. 저온저장 후 정식하여 추대까지 약 35일이 소요되었고, 이후 약배양 적기까지 15일이 소요되었으며, 그 이후 만개기까지 다시 15일이 더 소요되었다. 즉, 정식 후 약배양 적기까지 약 50일, 만개기까지 65일 정도가 소요되었다(그림 2).

당근 식물체의 4℃ 저온저장 가능 기간은 만생종에서 최장 130일이었는데, 120일간까지는 식물체의 상태가 비교적 양호하였으며 그 이후부터는 당근의 뿌리 끝부분이 물러 괴사하는 경우가 있었기 때문에 당근 식물체의 적정 저온저장 기간은 120일로 판단된다.



그림 2. 당근 추대와 개화. A : 저온저장 후의 당근, B : 식재 후 30일 경과(추대), C : 50일 경과(약배양시기), D : 63일 경과(만개시기)

나. 당근 유전형에 따른 약배양 효율 비교 및 적정 소포자 발달 단계 구명

(1) 연구내용

추대가 완료된 미개화 상태의 산형화를 선택하여 화퇴를 채취한 후 약을 크기별로 식물체로부터 분리하여 FAA 용액에 3일간 고정한 다음 헤리스 헤마톡실린(Harris hematoxylin, Sigma) 염색을 하여 소포자의 발달단계를 검정하였다.

약배양에 적합한 약과 소포자의 발달 단계를 파악하기 위하여 약을 염색하여 소포자의 발달단계를 검정하였다. 약배양을 할 때 하나의 꽃에 있는 5개의 약 가운데 4개의 약을 배양에 사용하고 1개의 약을 FAA 고정액에 넣어 보관한 후, 약배양을 통해 반응을 보인 동일한 꽃의 약을 선택해 헤마톡실린 염색을 거쳐 소포자 검정을 실시하였다. 소포자 검정시 하나의 약으로부터 10개의 소포자 세포를 관찰하여 발달 단계를 구분하였다.

(2) 결과 및 고찰

(가) 소포자 발달단계 검정 및 약배양에 적합한 소포자 발달 단계 확인

당근의 화퇴를 채취하여 약을 분리한 후, 헤마톡실린 염색을 하여 소포자를 관찰하였으며, 소포자 발달단계는 그림 3과 같이 총 6단계(A-F)로 분류하였다.

A는 4분자기 상태이며 B는 1핵기 전기 상태로 액포가 나타나지 않고 핵이 하나로 보이는 단계이고 C는 1핵기 중기 단계로서 핵이 가운데로 위치하고 액포가 세포의 양쪽 끝에 있는 상태였다. D는 1핵기 후기 단계로서 핵이 액포에 의해 세포의 한쪽으로 치우쳐져 있으며, E는 2핵기 전기 단계로서 생식세포가 한쪽으로 치우치고 영양세포가 가운데에 위치해 있었다. F는 2핵기로서 생식세포와 영양세포가 원래 세포 안에서 반씩 나뉘어 있는 단계였다.

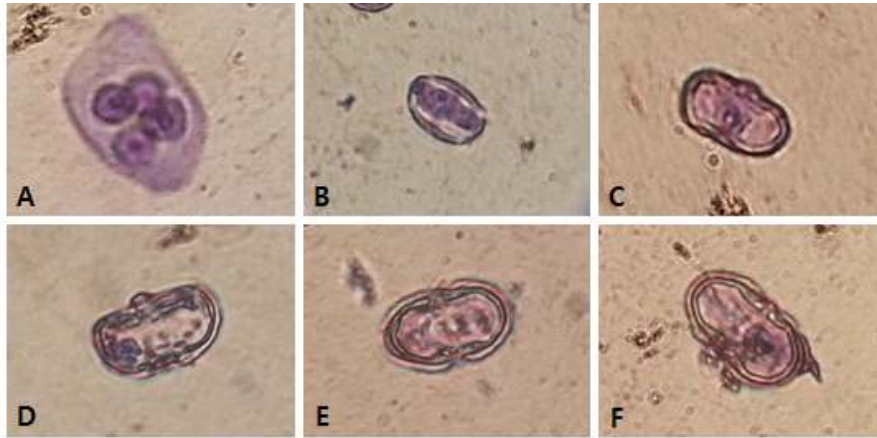


그림 3. 헤마톡실린 염색분석을 통한 소포자 발달단계. A : 사분자기, B : 1핵기 전기, C : 1 핵기 중기, D : 1핵기 후기, E : 1핵기 말기, F : 2 핵기

(나) 약배양에 적합한 소포자 발달 단계 확인

당근의 약배양에 적합한 약과 소포자의 발달 단계를 파악하기 위하여 약배양 효율이 높았던 유전형 0624-1의 약을 염색하여 소포자의 발달단계를 검경하였다. 10개의 약을 고정액에서 꺼내어 염색을 한 후, 1개의 약 당 10개의 세포를 관찰하여 총 100개 세포의 소포자 발달 단계를 검경한 결과는 표 3과 같았다. 사분자기와 2핵기에 해당하는 세포는 발견되지 않았으며, 1핵기 전기가 12%, 1핵기 중기가 65%를 차지하였고, 1핵기 후기가 19%, 2핵기 전기가 4%의 비율로 관찰되었다. 1핵기 중기의 발달단계를 보인 소포자가 65%로 가장 높게 나타난 것으로 볼 때 당근의 약배양에 가장 적합한 소포자 발달 단계는 1핵기 중기라고 판단된다.

표 3. 약배양 효율이 높은 약의 소포자 발달 단계 검경²

약의 순서	사분자기	1핵기 전기	1핵기 중기	1핵기 후기	1핵기 말기	2핵기
1	0	0	6	2	2	0
2	0	3	6	1	0	0
3	0	3	3	4	0	0
4	0	1	6	3	0	0
5	0	2	5	3	0	0
6	0	0	8	1	1	0
7	0	0	6	3	1	0
8	0	2	8	0	0	0
9	0	1	8	1	0	0
10	0	0	9	1	0	0
계	0	12	65	19	4	0

²1개의 약 당 10개의 세포 관찰

2. 당근의 고효율 약배양 시스템 확립

가. 약배양에 적합한 성장조절제 농도 선정

(1) 연구내용

제1협동과제 연구팀으로부터 전달받은 당근을 공시재료로 사용하여, (1) 약배양으로부터 배형성, (2) 식물체 재생, (3) 재생 식물체의 기외 순화에 이르는 3단계에 있어서 배지조성, 광도, 온도의 적정 조건을 구명하고자 실험을 수행하였다.

제1협동과제 연구팀으로부터 전달받은 유전형 '1613', '1824', '2342' 당근을 저온 처리를 마친 후, 화분에서 재배하여 추대를 유도하였다. 추대된 식물체의 개화 이전의 약 배양 적기에 해당하는 화퇴를 사용하여 약배양을 실시하였다.

미개화 상태의 산형화로부터 소산형화를 분리하여 70% 에탄올에 3분간 소독 후 멸균수로 3회 세척한 다음, clean bench에서 실체현미경을 이용하여 약을 분리하여 배형성 배지가 들어있는 페트리디쉬(100mm x 40mm)에 20개씩 치상하였다.

배형성 배지는 B5 배지에 글루타민 500mg/L, 세린 100mg/L, 자당 100g/L, 한천 6.5g/L을 첨가한 기본 배지를 사용하였으며, 약배양에 적합한 성장조절제 농도를 알아보기 위하여 2,4-D와 NAA를 조합한 6개 처리를 실시하였다(표 4, 표 5). 배지에 치상한 약은 암조건, 27°C에서 배양하였으며, 배가 형성될 때까지 새 배지로 옮기지 않았다. 배양 6주 후부터 18주까지 2주마다 배 발생 또는 캘러스 형성 여부를 현미경 관찰을 통해 조사하였다.

(2) 결과 및 고찰

(가) 약배양에 적합한 성장조절제 농도 선정

약배양에 적합한 성장조절제 및 당 농도를 알아보기 위하여 유전형 2계통을 대상으로 2,4-D와 NAA 4가지 처리에 당농도 2가지를 포함 총 6처리를 두고, 1320개의 약배양을 수행하였다.

6가지 처리구 중 가장 효율이 높았던 처리구는 2,4-D와 NAA가 각각 0.1mg/L의 농도로 조합된 처리구였으며 두 유전형 모두 캘러스 형성율이 2.0%, 배 형성율은 1계통 유전형에서 1.0%를 나타내었다(표 4). 유전형 1613, 1824 모두 8주차부터 캘러스가 형성되기 시작하여 배양 24주 후에는 유전형 1613과 1824에서 모두 2.0%의 캘러스가 형성되었으며, 유전형 1824에서는 8주차에 1.0%의 배가 형성되었다. 2,4-D와 NAA를 각각 1.0mg/L의 농도로 조합하였을 때에는 두 유전형에서 각각 1.0, 2.0%의 캘러스가 형성되었으나 배는 형성되지 않았다. 한편 당농도를 5%로 줄였을 때에도 두 유전형에서 각각 10주차에 1.0%의 캘러스 형성율을 보였으며, 이로 보아 당 농도에 따른 영향은 크지 않은 것으로 보인다.

한편, 유전형 1613에서 발생한 켈러스는 2,4-D와 NAA의 혼용조합 4가지 처리구와 재생배지로 옮겨 식물체 분화를 유도하였는데, 8주 이전부터 켈러스로부터 1차 배가 형성되기 시작하여 12주 후에는 1차 배가 발아하면서 식물체가 재생되는 모습을 관찰할 수 있었으며 1차 배로부터 계속해서 2차 배가 발생하였다. 이러한 결과는 약으로부터 직접적으로 배가 발생하지 않더라도 발생한 켈러스로부터 간접적으로 배를 유도할 수 있음을 보여주었다.

표 4. 식물생장조절제 2,4-D와 NAA 그리고 자당 농도에 따른 당근 유전형 '1623'과 '2342'의 약배양 효율

유전형	처리 ^z			약배양 수	켈러스 수	켈러스 형성율 (%)	배의 개수	배 형성율 (%)	반응약 개수	반응율 (%)
	2,4-D (mg/L)	NAA (mg/L)	자당 (g/L)							
1613	0.1	0.1	100	200	4	2.0	0	0	4	2.0
	0.1	1.0	100	100	0	0	0	0	0	0
	1.0	0.1	100	120	0	0	0	0	0	0
	1.0	1.0	100	100	0	0	0	0	0	0
	0.1	0.1	50	100	1	1.0	0	0	1	1.0
	0.1	0.1	150	100	1	1.0	0	0	1	1.0
계				720						
1824	0.1	0.1	100	100	2	2.0	1	1.0	2	2.0
	0.1	1.0	100	100	0	0	0	0	0	0
	1.0	0.1	100	100	0	0	0	0	0	0
	1.0	1.0	100	100	2	2.0	0	0	2	2.0
	0.1	0.1	50	100	1	1.0	0	0	1	1.0
	0.1	0.1	150	100	0	0	0	0	0	0
계				600						
총계				1320						

^z B5 배지에 글루타민 500mg/L, 세린 100mg/L, 한천 6.5g/L 첨가

(나) 약배양에 있어서 성장조절제 처리에 따른 경시적 변화

당근 유전형 '2342'의 약배양에 있어서 6가지 성장조절제 처리를 실시한 후 배양 기간에 따른 경시적 변화를 알아보려고 실험을 수행하였다.

약배양 6주부터 12주까지 2주일 간격으로 성장조절제 처리에 따른 반응을 조사하였는데, 배형성에 사용한 성장조절제 조합에 따라 배 형성 및 켈러스 형성율이 다르게 나타났다.

약으로부터 배형성이 가장 많았던 성장조절제 조합은 2,4-D 0.1mg/L + NAA 0.1mg/L 및 2,4-D 1.0mg/L + NAA 0.1mg/L 처리이었으며, 두 처리에서 배 형성율은 2.0%이었고 2개의 약으로부터 3개의 배가 형성되었다. 켈러스 형성율이 높았던 성장조절제 처리는 2,4-D

1.0mg/L 단독처리 및 2,4-D 1.0mg/L + NAA 0.1mg/L 이었는데, 캘러스 형성율이 10% 이상이었으며 배가 동시에 형성되었다. 특히 2,4-D 1.0mg/L + NAA 0.1mg/L 처리는 캘러스 형성율 14%, 배 형성율 2%를 나타내었는데, 이는 캘러스 형성율이 두 번째로 높았고 배 형성율이 가장 높게 나타나 약배양에 가장 적합한 처리라고 판단된다.

2,4-D와 NAA를 각각 1.0mg/L씩 사용하였을 경우는 캘러스는 11%가 형성되었지만 배는 형성되지 않았다(표 5). 약으로부터 발생한 배는 직접 발생한 것으로 보이며, 캘러스는 그 색과 성질이 다양하였다(그림 4).

표 5. 당근 유전형 '2342'의 약배양에서 2,4-D와 NAA 처리에 따른 경시적 변화

처리(mg/L)			배양기간에 따른 캘러스 및 배형성 효율(%) ²							
			6 주		8 주		10 주		12 주	
2,4-D	NAA	약배양 수	캘러스	배	캘러스	배	캘러스	배	캘러스	배
0.1	-	100	-	1.0(1/1)	-	1.0(1/1)	1.0(1/2)	1.0(1/2)	1.0(1/2)	1.0(1/2)
0.1	0.1	100	1.0(1/1)	1.0(1/1)	2.0(2/2)	2.0(2/2)	2.0(2/2)	2.0(2/3)	2.0(2/2)	2.0(2/3)
0.1	1.0	100	1.0(1/1)	1.0(1/2)	1.0(1/1)	1.0(1/2)	2.0(2/2)	1.0(1/4)	2.0(2/2)	1.0(1/5)
1.0	-	100	7.0(7/7)	-	9.0(9/9)	-	12.0(12/14)	1.0(1/1)	18.0(18/25)	1.0(1/1)
1.0	0.1	100	5.0(5/6)	-	12.0(12/18)	-	14.0(14/24)	1.0(1/1)	14.0(14/29)	2.0(2/3)
1.0	1.0	100	5.0(5/5)	-	8.0(8/8)	-	10.0(10/16)	-	11.0(11/19)	-

²괄호안 좌 : 반응 약의 수; 우 : 반응한 약으로부터 발생한 배 또는 캘러스의 개수

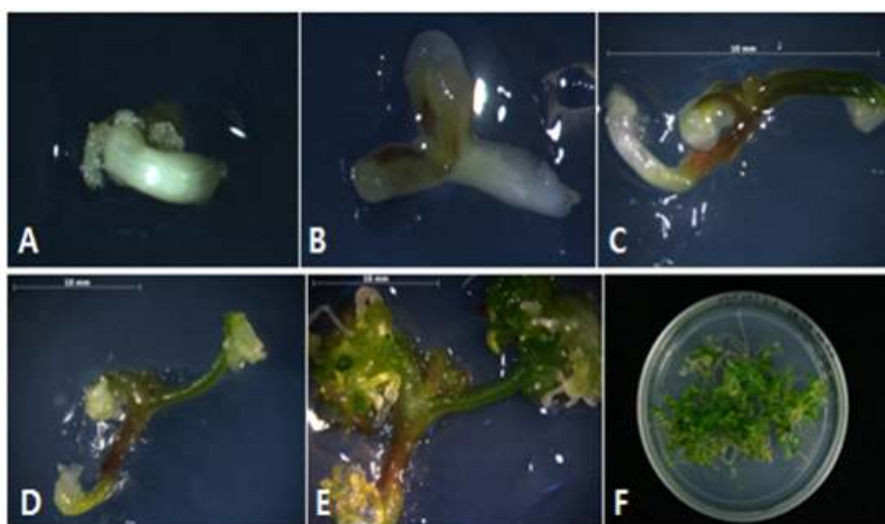


그림 4. 당근의 약 유래 배발생과 식물체 분화. A : 1차 배발생, B : 1차배 발달, C : 1차배 발아, D : 2차 배발생, E : 2차배 발달, F : 식물체 재생

약배양으로부터 배(1차배) 발생 이후, 1mm이상 발달한 배를 골라 27°C, 30 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 조명 하에서 2주간 배양하여 초록색의 배를 고른 다음 식물체 재생배지(B5 배지, 자당 20g/L, 한천 6.5g/L)로 옮겨 주었을 때 1차배로부터 2차배가 발생하였다. 2차배는 다시 받아하여 유식물체로 분화 하였다.

나. 당근의 약배양 유래 식물체의 기내생장에 적합한 적정광도 선정

(1) 연구내용

약배양으로부터 얻어진 유식물체로 분화된 것 중 자엽이나 본엽이 2매 이상이며 길이 2-4cm의 유식물체를 식물 재료로 사용하였다.

광도는 광합성 광량자속밀도를 광도계(Quantum Meter, USA)로 측정하여 성장상 공간상의 위치에 따라 10, 30, 100, 150 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 4단계로 분류하였다. 기내에서 재생된 유식물체는 50ml의 재생배지가 담긴 페트리디쉬(100×40mm)에 10개체씩 치상하고, 처리당 3반복을 실시하여 처리 당 30개체의 유식물체를 사용하였다. 성장상에서 20°C의 온도에서 16/8 광주기로 3주간 배양하였다.

(2) 결과 및 고찰

(가) 약배양 유래 식물체의 기내 생장에 적합한 적정 광도

기내 소식물체를 배양하였을 때, 3주 후 4단계의 광도 조건하에 성장하는 소식물체들의 생존율과 성장상태를 조사한 결과, 광도에 따라 성장상태의 차이가 큰 것으로 나타났으며, 100 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 조건 하에 배양된 소식물체들의 생장이 가장 양호하였다(표 6).

모든 처리구에서 생존율은 100%이었지만, 소식물체의 성장상태는 ‘매우 양호’를 5로 나타내었을 때, 100 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 조건하에서 4.5를 보였다. 식물체들은 곧바로 기외로 활착하기에 적합하도록 생장이 왕성하였다. 처리 전과 비교하였을 때 식물체의 길이는 약 7-8배 신장하였으며, 특히 본엽의 생장이 두드러졌다. 150 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 의 처리구에서는 식물체들의 신장이 100 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 처리구와 비슷하게 신장하고 본엽이 가장 넓게 전개되어 생장이 가장 왕성해 보였으나, 줄기부분이 높은 광도에 의해 일부 갈변되고 마르는 듯한 모습이 관찰되었다(그림 5). 30 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 의 처리구 식물체들의 생장은 비교적 보통이었으나, 곧바로 기외 활착을 시도하기에는 줄기부분이 약해보이고 초장은 처리전에 비해 2-3배 정도만 신장되어 전체적으로 활착하기에는 적합하지 않는 것으로 보였다. 10 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 의 처리구에서는 식물체들의 줄기가 도장되는 듯 보였고 엽색이 처리 전 보다 도리어 옅어지는 경향을 나타내어 생장이 전체적으로 미흡하였다. 따라서, 당근의 약배양 유래 식물체의 기외 활착을 위해서는 약 70-100 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 의 광도가 적합할 것으로 판단되었다.

표 6. 광도가 당근의 기내 유식물체의 성장에 미치는 영향

광도($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	생존율(%)	성장상태 ^z
10	100	2.8
30	100	3.3
100	100	4.5
150	100	4.2

^z기내 식물체의 성장상태: 1 불량, 2 미흡, 3 보통, 4 양호, 5 매우 양호

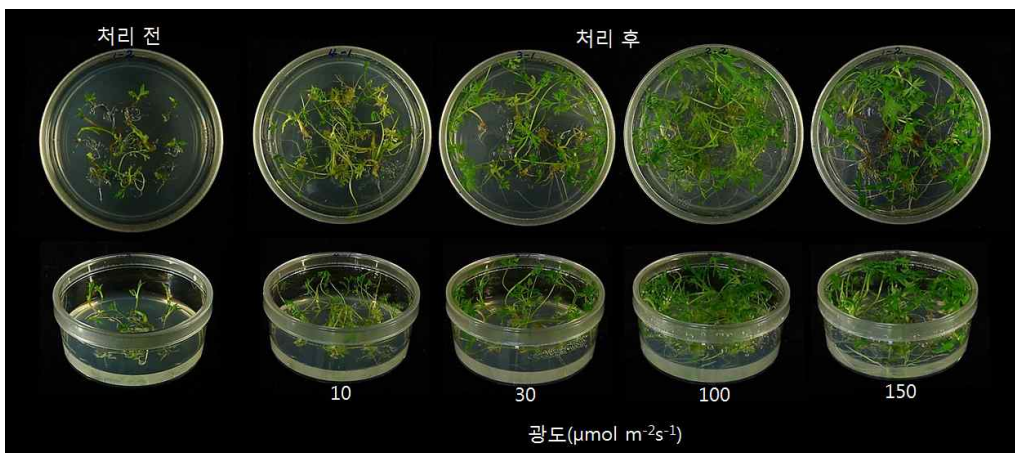


그림 5. 약배양 유래 소식물체의 광도 처리에 따른 성장상태 (3주 배양).

다. 당근의 약배양 유래 식물체의 기외 활착에 적합한 온도 및 광도 선정

(1) 연구내용

식물재료는 약배양 유래 배 또는 켈리스로부터 재생된 기내식물체 중 본엽이 4매 이상이며 초장이 5cm인 식물체를 선별하여 뿌리를 물에 세척한 후 범용 원예상토가 담긴 육묘판에 이식하여 다용도 재배용기(32.5×22.5×14.0cm, 아시아종묘)안에서 활착을 유도하였다. 육묘판은 1구의 크기가 3.5×3.5cm인 것을 사용하여 1구에 식물체 한 개를 이식하도록 하였고, 1개의 다용도 재배용기 안에 24개의 식물체를 사용하여 1개의 처리구로 사용하였다. 온도처리 3처리구와 광도처리 3처리구에 총 144개의 식물체를 사용하였다.

활착 후 순화기간의 온도처리는 $100\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 의 광도조건을 기본으로 제공하고 3개의 성장상을 이용하여 온도를 15, 20, 25°C로 제어하여 3가지의 처리구를 두었다. 광도처리는 성장상안의 높이에 따라 상단, 중단, 하단으로 구분한 뒤 각 위치에서 광도를 측정 한 후, 측정된 값으로 처리구를 두었는데, 상단의 광도는 $100\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, 중단은 $50\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$,

하단은 $20\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 이었다. 광도 처리구의 기본 온도는 일반적으로 당근생장의 적합한 온도로 알려져 있는 20°C 조건으로 실시하였다.

모든 온도 및 광도 처리구의 습도는 다용도 재배용기 안에서 상대습도 80% 이상을 유지하여 주었으며 2주간 처리하였다.

(2) 결과 및 고찰

(가) 기외 활착에 적합한 온도 선정

분화된 식물체를 기내에서 약 4-8주간 성장시킨 후 기외로 꺼내어 활착을 유도하는 과정에서 주변의 온도와 광도조건에 따라 활착성공 여부가 영향을 받게 된다. 활착 시도 후 순화기간 동안 온도를 제어하여 기외활착에 적합한 환경을 구명하고자 수행하였다.

2주간의 처리 후 활착율과 식물체의 성장상태를 조사한 결과, 온도처리의 경우 15°C 조건에서 활착율은 79.2%, 성장상태는 3.7로서 가장 양호하였고, 그 다음이 20°C 의 처리구로 75.0%의 활착률과 3.5의 성장상태를 나타내었다. 25°C 처리구는 활착율은 75%로 20°C 처리구와 같았지만, 식물의 성장상태는 3.1로, 20°C 의 경우보다 약간 낮았으며(표 7) 처리구 중 식물체의 줄기가 상대적으로 다소 휘어져 있었다. 반면 15°C 조건에서의 식물체들은 줄기가 비교적 곧고 튼튼해 보였으며, 생장이 왕성해 보이는 식물체가 가장 많았다(그림 6).

표 7. 약배양 유래 당근 식물체의 기외활착에 미치는 온도의 영향

온도($^{\circ}\text{C}$)	활착율(%)	성장상태 ²
15	79.2	3.7
20	75.0	3.5
25	75.0	3.1

²기내 식물체의 성장상태: 1 불량, 2 미흡, 3 보통, 4 양호, 5 매우 양호

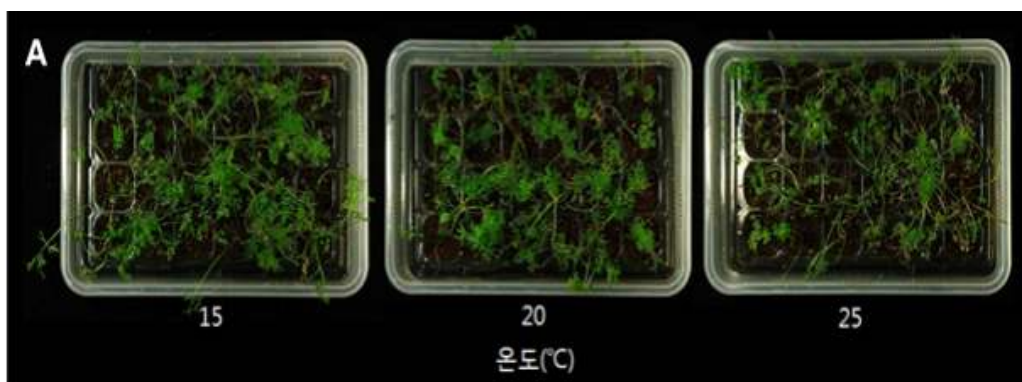


그림 6. 약배양 유래 식물체의 온도 처리에 따른 활착 후의 성장상태 (2주 배양)

(나) 기외 활착에 적합한 광도 선정

약배양 유래 소식물체를 활착시키는데 적합한 광도를 알아보기 위하여 실시한 광도처리의 결과를 보면 $100\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 처리구가 70.8%의 활착율과 3.5의 성장상태를 나타내어 가장 양호한 반응을 나타내었고, $50\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 의 처리구는 2주간의 기간에 활착율이 $100\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 의 처리구보다 약 14% 감소한 56.3% 이었고, $20\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 의 경우는 활착율이 25%로 감소하였고, 성장상태도 미흡하였다(표 8).

온도 처리에서는 처리구간 차이가 크지 않았으나, 광도 처리에서는 처리구간에 활착율과 식물체의 성장상태에 상당한 차이가 나타났다(그림 7). 20°C 와 25°C 의 온도처리는 식물체의 성장상태가 약간 차이가 있었을 뿐, 활착율은 동일하였고, 15°C 처리구와는 10% 미만을 나타내었다. 광도처리의 경우는 $100\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 처리구의 경우만 양호하였고, $50\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 이하의 활착율과 식물체의 생장이 저조하였다. 당근의 기내식물체가 기외로 활착 후 순화기간동안의 온도는 $15\text{-}20^{\circ}\text{C}$ 가 적당하며 광도는 $100\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 이상이 적합하다고 판단된다.

표 8. 약배양 유래 당근 식물체의 기외활착에 미치는 광도의 영향

광도($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	활착율(%)	성장상태 ²
20	25.0	2.9
50	56.3	2.9
100	70.8	3.5

²기내 식물체의 성장상태: 1 불량, 2 미흡, 3 보통, 4 양호, 5 매우 양호

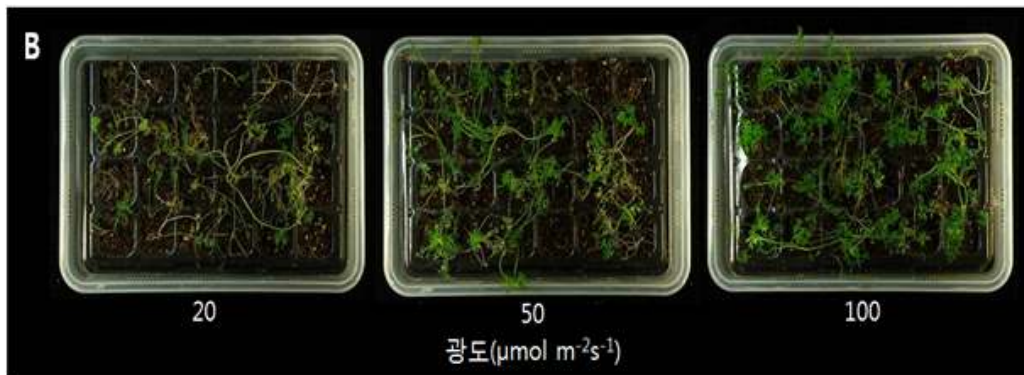


그림 7. 약배양 유래 식물체의 광도 처리에 따른 활착 후의 성장상태 (2주 배양)

제 2 절. 당근의 약배양을 통한 배가반수체(DH) 식물체 대량 생산

1. 1차 약배양

가. 연구내용

(1) 식물 재료 및 개화 유도

당근의 약배양 체계 확립을 위한 각 단계별 과정인 약으로부터의 배형성, 식물체 분화, 재식물의 기외순화의 체계 구명을 위하여 3차례의 약배양 실험을 수행하였다.

1차 약배양 재료는 5개 계통의 유전형으로 0224, 0252, 0294, 0443, 0624-1이었으며 제1협동과제 연구팀의 함안 농장에서 꽃을 채취, 저온 박스에 넣어 상명대학교로 운반한 후 개화 전 화뢰를 사용하여 실험을 수행하였다. 2차 및 3차 재료는 1508, 1509, 1510, 1511, 1513, 1514, 1516, 1517, 1526, 1613, 1713, 1716, 1724의 15계통의 유전형이었다.

노지에서 일정기간 저온에 노출시켰던 당근을 전달받은 후, 상명대학교에서 추가적으로 저온 처리하여 온실에서 추대를 유도하였고, 개화 전 화뢰를 사용하여 약배양을 실시하였다.

(2) 1차 약배양

미개화 상태의 산형화로부터 소산형화를 분리하여 70% 에탄올에 3분간 소독 후 멸균수로 3회 세척하였고, clean bench에서 실체현미경을 이용하여 약을 분리하여 배지가 들어있는 페트리디쉬(100mm x 40mm)에 20개씩 치상하였다.

배형성 배지는 B5 배지에 글루타민 500mg/L, 세린 100mg/L, 자당 100g/L, 한천 6.5g/L, 2,4-D와 NAA를 각각 0.1mg/L를 첨가한 배지를 기본 배지로 사용하였다.

배지에 치상한 약은 암조건, 27°C에서 배양하였으며, 배가 형성될 때까지 새 배지로 옮기지 않았으며 배양 6주 후부터 2주마다 배 발생 또는 캘러스 형성 여부를 현미경 관찰을 통해 조사하였다.

나. 결과 및 고찰

(1) 약배양으로부터 배 형성 유도

당근 유전형에 따른 약배양 효율을 알아보기 위하여 20개 계통에서 총 4,973개의 약배양을 실시한 결과, 7개의 유전형에서 캘러스 또는 배가 형성되어 0.9%의 반응율을 나타내었다. 캘러스 형성율은 0.6%, 배 형성율은 0.5%이었으며, 총 35개의 캘러스와 147개의 배가 형성되었다(표 9).

당근의 1차 약배양 실험(유전형 0224, 0252, 0294, 0443, 0624-1) 결과, 4개 계통에서는 반응이 없었으며 0624-1에서만 반응을 보였다. 0624-1에서는 2.0%의 높은 배형성율을 나타내었고, 16주 후 131개의 배를 얻을 수 있었다(표 10). 유전형 0624-1은 전체 20계통의 유전형 중 가장 약배양 효율이 높아 차후 고효율 약배양 시스템 개발을 위한 모델 유전형으로 사용하기에 적합하다고 판단되었다.

2차 및 3차의 약배양 실험(유전형 1508, 1509, 1510, 1511, 1513, 1514, 1516, 1517, 1526, 1613, 1713, 1716, 1724)에서는 유전형 1517이 켈러스 형성율 3.9%, 배형성율 0.4%로 가장 양호한 결과를 나타내었다. 또한 유전형 1511에서는 켈러스 형성율 2.5%, 배형성율 0.4%를 나타내었으며, 유전형 1614에서는 0.5%의 약에서 켈러스와 배가 형성되었다.

표 9. 당근의 1차 약배양으로부터 배 형성 효율

유전형	치상한 약의 수	형성된 켈러스 개수	켈러스 형성율 (%)	형성된 배의 개수	배 형성율 (%)	반응 개수	반응율 (%)
0224	90	0	0	0	0	0	0
0252	112	0	0	0	0	0	0
0294	175	0	0	0	0	0	0
0443	801	0	0	0	0	0	0
0624-1	1145	15	0.8	131	2.0	24	2.1
1508	280	1	0.4	0	0	1	0.4
1509	200	1	0.5	0	0	1	0.5
1510	200	0	0	0	0	0	0
1511	280	7	2.5	3	0.4	7	2.5
1513	110	0	0	0	0	0	0
1514	240	0	0	0	0	0	0
1516	20	0	0	0	0	0	0
1517	230	9	3.9	7	0.4	9	3.9
1526	220	0	0	0	0	0	0
1613	190	0	0	0	0	0	0
1614	220	1	0.5	6	0.5	1	0.5
1624	220	0	0	0	0	0	0
1713	40	1	2.5	0	0	1	2.5
1716	180	0	0	0	0	0	0
1724	20	0	0	0	0	0	0
계	4973	35	0.6	147	0.5	44	0.9

(2) 약배양 유래 배로부터의 식물체 재생

당근의 약배양을 통해 얻어진 1차 배 가운데 40계통(약배양 유래 independent line)을 선별하여 배양한 결과, 현재 1차 배로부터 2차 배가 발생한 계통이 33계통, 이로부터 배의 발아를 거쳐 식물체로 분화된 것이 30계통이었다. 이 가운데 기외순화가 된 계통이 25계통이었고, 저온처리 후 개화된 계통이 17계통이었다(표 10). 1차 배에서 2차 배가 발생하는 효율은 90%이상이었으며, 2차배가 식물체로 분화되는 효율도 90%를 상회하였다. 2차 배로부터 재생된 식물체는 재생 후 2개월 후부터 기외 활착이 가능하였고, 활착을 거쳐 정상적인 식물체로 발달하는 효율도 90% 이상이었다.

식물체 재생은 약으로부터 직접 배형성 과정을 거치거나 캘러스가 형성된 후 1차배가 형성되는 간접 배형성의 2가지 과정을 거쳤으며 형성된 배로부터 2차 배가 형성, 발아하여 식물체로 분화하였다.

당근의 꽃으로부터 분리된 약을 배지에 치상하여 배양하면, 직접배 형성의 경우 약의 내부로부터 1차 배가 분화되었고, 이들 1차 배를 재생배지로 계대 배양하면 하나의 1차 배로부터 다수의 2차 배가 발생되었으며, 2차 배를 발아시키면 별도의 과정 없이 바로 식물체로 전환시킬 수 있었다.

당근의 약배양 체계는 크게 4 단계로 나눌 수가 있는데, 첫 번째는 당근 재료의 저온처리와 추대유도이며, 두 번째는 약배양을 통한 1차 배의 유도, 세 번째가 1차 배로부터의 2차 배 유도와 식물체 분화, 마지막으로 재생식물체의 기외순화와 재배과정이다. 각 단계별 체계를 그림으로 나타내면 그림 8과 같았다.

표 10. 당근의 1차 약배양 유래 배로부터의 식물체 재생

유전형	약배양 유래 식물체의 독립계통의 수					
	1차 배	2차 배	배의 발아	식물체 발 달	기외순화	개화
0624-1	17	17	17	17	17	17
1511	3	3	3	3	1	0
1517	7	7	7	7	5	0
1613	2	2	2	0	0	0
1614	5	0	0	0	0	0
1824	6	4	3	3	2	0
계	40	33	32	30	25	17



그림 8. 당근의 1차 약배양으로부터 배형성을 경유하는 식물체 재생 체계. 위로부터 당근의 저온처리와 추대, 약배양을 통한 1차 배 유도, 1차배로부터 2차배 유도와 식물체 분화, 식물체의 기외순화와 재배

2. 2차 약배양

가. 연구내용

(1) 약배양 재료 분양

주관기관인 상명대학교의 2차년도 약배양 재료 공급을 위해 월동 전 합성계통 위주로 선발된 계통을 2012년 11월 26일 협동기관 씨앗과사람들로부터 공급 받았다(표 11, 그림 9). 분양 재료는 극조생 1계통, 조생종 9계통, 중생종 15계통, 만생종 12계통, 극만생종 7계통 등 총 44계통이었다(표 11).

표 11. 당근 2차 약배양 분양 재료 (재료 분양일 : 2012. 11. 26; 총 44계통)

계통명	샘플수	개화시기	비고	계통명	샘플수	개화시기	비고	계통명	샘플수	개화시기	비고
2332	4	조		2411	3	극만		2457	4	만	
2333	3	조		2414	3	극만		2462	4	만	
2337	3	조		2417	4	극만		2464	5	만	
2338	3	조		2420	3	극만		2466	4	만	
2339	3	중		2428	3	중		2468	3	중	
2340	3	중		2430	3	중		2472	3	만	
2342	3	조		2431	3	중		2483	3	만	
2343	3	조		2435	3	중		2484	2	만	
2345	3	조		2436	4	중		2485	3	만	
2348	4	조		2441	3	중		2495	3	극조	
2351	3	조		2443	3	중		2501	3	극만	
2402	3	중		2445	3	중		2508	3	극만	
2404	3	중		2447	3	만		2510	3	극만	
2406	3	중		2450	3	만		2524	3	중	
2409	3	만		2456	5	만		44계통		뿌리	12.12.26



그림 9. 당근 2차 약배양 분양 재료

(2) 저온처리 및 개화 유도

제1협동과제 연구팀으로부터 전달받은 조생종, 중생종, 만생종들로 구분한 공시재료 45계통을 기 확립된 화아 분화와 추대 조건을 적용하여 모래를 이용하여 저온처리를 실시하였다.

저온 저장을 마친 당근을 화분에서 재배하여 추대를 시킨 다음, 개화 이전의 약 배양 적기에 해당하는 화퇴를 사용하여 약배양을 실시하였는데, 본 과제에서 확립된 약배양 체계를 바탕으로 실험을 수행하였다(그림 10).

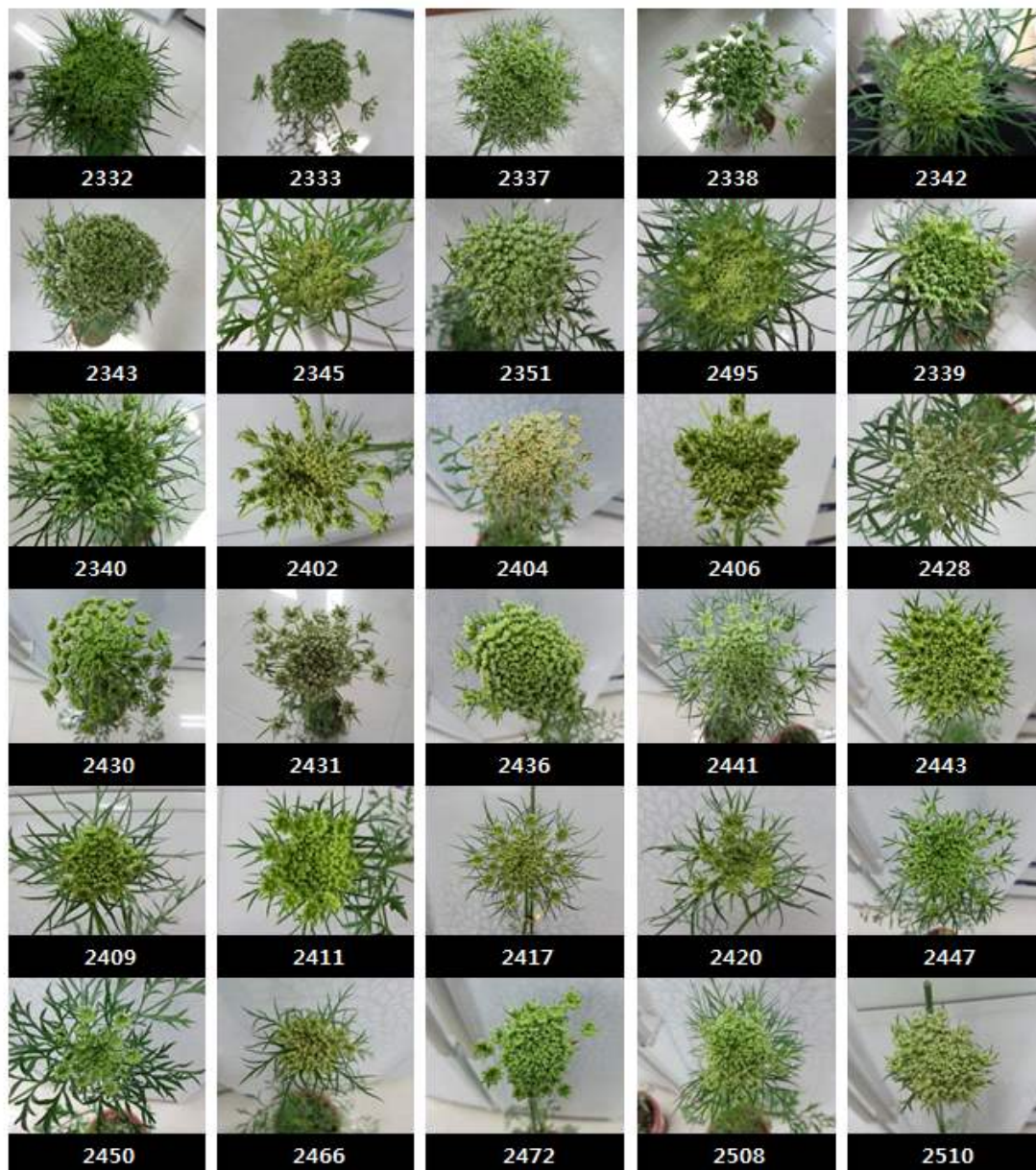


그림 10. 당근 2차 약배양에 사용된 유전형별 화퇴의 모습

(3) 2차 약배양

조생종 9계통, 중생종 11계통, 만생종 10계통 등 총 30계통을 이용하였으며, 계통당 500개 (2계통은 300개)씩 총 14,800개의 약을 배지에 치상하였다. 당해 연도 3월 11일부터 조생종을 시작으로 5월 24일까지 만생종의 약배양을 실시하였다(표 12).

약배양 배지는 B5배지, 자당 100g, 글루타민 500mg/L, 세린 100mg/L, 한천 6.5g을 첨가한 배지를 기본 배지하여, 2,4-D와 NAA을 0.1 또는 1.0mg/L씩 첨가 또는, 2,4-D 1.0mg/L 첨가 처리하였다. 약은 계통 당 500개를 기본으로 30계통에서 14,800개의 약을 치상하였다.

표 12. 당근의 2차 유전형별 약배양 현황

조생종					중생종					만생종				
유전형	처리(mg/L)		실험 일자	약의 개수	유전형	처리(mg/L)		실험 일자	약의 개수	유전형	처리(mg/L)		실험 일자	약의 개수
	2,4-D	NAA				2,4-D	NAA				2,4-D	NAA		
2332	0.1	0.1	3/18	300	2339	0.1	0.1	4/4	300	2409	0.1	0.1	5/1	300
	1.0	1.0	3/18	100		1.0	1.0	4/4	100		1.0	1.0	5/1	100
	1.0		3/18	100		1.0		4/4	100		1.0		5/1	100
계				500	계			500	계				500	
2333	0.1	0.1	4/3	100	2340	0.1	0.1	3/15	300	2411	0.1	0.1	5/20	300
	1.0	1.0	4/3	100		1.0	1.0	3/15	100		1.0	1.0	5/20	100
	1.0		4/3	100		1.0		3/15	100		1.0		5/20	100
계			300	계			500	계				500		
2337	0.1	0.1	3/25	300	2402	0.1	0.1	4/22	300	2417	0.1	0.1	5/16	300
	1.0	1.0	3/25	100		1.0	1.0	4/22	100		1.0	1.0	5/16	100
	1.0		3/25	100		1.0		4/22	100		1.0		5/16	100
계			500	계			500	계				500		
2338	0.1	0.1	3/28	300	2404	0.1	0.1	4/24	300	2420	0.1	0.1	5/23	300
	1.0	1.0	3/28	100		1.0	1.0	4/24	100		1.0	1.0	5/23	100
	1.0		3/28	100		1.0		4/24	100		1.0		5/23	100
계			500	계			500	계				500		
2342	0.1	0.1	3/12	220	2406	0.1	0.1	4/29	300	2447	0.1	0.1	4/26	300
	1.0	1.0	3/12	60		1.0	1.0	4/29	100		1.0	1.0	4/30	100
	1.0		3/12	40		1.0		4/29	100		1.0		5/13	100
계			320	계			500	계				500		
2343	0.1	0.1	4/1	300	2428	0.1	0.1	4/10	300	2450	0.1	0.1	4/29	300
	1.0	1.0	4/1	100		1.0	1.0	4/10	100		1.0	1.0	4/29	100
	1.0		4/1	100		1.0		4/10	100		1.0		4/29	100
계			500	계			500	계				500		
2345	0.1	0.1	4/10	300	2430	0.1	0.1	4/25	300	2466	0.1	0.1	5/6	300
	1.0	1.0	4/10	100		1.0	1.0	4/25	100		1.0	1.0	5/6	100
	1.0		4/10	100		1.0		4/25	100		1.0		5/6	100
계			500	계			500	계				500		
2351	0.1	0.1	3/13	300	2431	0.1	0.1	4/15	300	2472	0.1	0.1	5/14	300
	1.0	1.0	3/13	100		1.0	1.0	4/15	100		1.0	1.0	5/14	100
	1.0		3/13	100		1.0		4/15	100		1.0		5/14	100
계			500	계			500	계				500		
2495	0.1	0.1	3/17	300	2436	0.1	0.1	4/12	300	2508	0.1	0.1	5/9	300
	1.0	1.0	3/17	100		1.0	1.0	4/12	100		1.0	1.0	5/9	100
	1.0		3/17	100		1.0		4/12	100		1.0		5/9	100
계			500	계			500	계				500		
					2441	0.1	0.1	4/8	300	2510	0.1	0.1	5/8	300
						1.0	1.0	4/8	100		1.0	1.0	5/8	100
						1.0		4/8	100		1.0		5/8	100
				계			500	계				500		
					2443	0.1	0.1	5/7	300					
						1.0	1.0	5/7	100					
						1.0		5/7	100					
				계			500							
총계				4300	총계				5500	총계				5000

*B5 배지에 자당 100g/L, 글루타민 500mg/L, 세린 100mg/L, 한천 6.5g/L 첨가

나. 결과 및 고찰

(1) 약배양으로부터 배 형성 유도

제1협동과제 연구팀으로부터 2012년 11월 공급받은 31개 유전형 가운데 30계통을 대상으로 2013년 3-5월에 약배양을 시작하여 배양 29주 경과 후인 2013년 10-12월에 결과를 조사하였다. 총 31개 유전형에서 14,800개의 약을 치상하였는데, 30개의 유전형 중 26개의 유전형에서 켈러스 형성 또는 배 형성이 이루어져 84%의 유전형 계통에서 반응이 나타났다.

전체 30 유전형의 14,800개의 약 가운데 681개의 약에서 켈러스 형성 또는 배 형성이 이루어져 4.5%의 양호한 반응을 나타내었으며, 약으로부터의 켈러스 형성율은 3.6%, 배 형성율은 0.9%로서 총 619개의 켈러스와 242개의 배가 형성되었다. 배형성에 사용한 배지조성별 반응을 보면 2,4-D와 NAA를 각각 0.1mg/L 씩 첨가한 배지에서 상대적으로 배가 발생하였고, 그 외의 조성에서는 주로 켈러스가 많이 발생하였다.

약배양을 실시한 30개 유전형 가운데 유전형 2342에서 가장 양호한 결과를 나타내었으며, 켈러스 형성율 22.8%, 배 형성율 12.2%를 보여주었다(표 13). 그 다음이 유전형 2340으로 21.6%와 6.4%를 나타내었고, 유전형 2339는 13.4%와 2.2%이었다. 이 세 가지 유전형들은 다른 유전형에 비하여 배형성에 사용한 3가지 배지 모두에서 켈러스와 배가 형성되는 특징이 있었다.

당근 유전형의 생태형별 켈러스 및 배의 형성율을 보면 조생종과 중생종이 각각 4.1%와 1.2%, 4.5%와 1.1%를 나타내어 유사한 형성율을 보였고, 만생종은 2.4%와 0.4%를 나타내어 조생종과 중생종에 비하여 반응율이 약 50% 낮았다.

(2) 약배양 유래 배 및 켈러스로부터 식물체 재생

당근의 약배양을 통해 얻어진 배(1차배) 및 켈러스 799개 계통(약배양 유래 independent line)을 선별한 후 성장조절제가가 포함되지 않은 재생배지에 치상하여 배양하였을 때, 1차 배로부터 다수의 2차 배가 발생하였으며, 2차 배는 배양 기간이 경과함에 따라 배 발아 과정을 거쳐 식물체로 분화하였다.

1차 배를 통한 직접 재생에서는 354개의 계통 중 109개 계통의 식물체가 재생되었으며, 켈러스를 통한 간접 재생에서는 켈러스 445개 계통 중 51개 계통에서 식물체가 재생되어 총 160개 계통의 식물체가 재생되었다. 1차 배 계통으로부터의 식물체 재생율은 30.1%이었고, 켈러스 계통으로부터는 11.5%가 식물체로 재생되어 직접 1차 배를 통한 재생율이 켈러스를 통한 간접 재생율보다 약 3배 높았다. 이러한 이유는 켈러스는 일정시간이 경과한 후 1차배가 형성되고, 이로부터 2차배가 발생하므로 직접배를 통한 재생보다는 상대적으로 시간이 더 소요되기 때문인 것으로 파악되었다.

표 13. 당근의 2차 약배양을 통한 배와 켈러스 형성 효율

조생종					중생종					만생종				
유전형	호르몬 처리 ^z	약배양 개수	형성 효율(%) ^y		유전형	호르몬 처리	약배양 개수	형성 효율(%)		유전형	호르몬 처리	약배양 개수	형성 효율(%)	
			켈러스	배				켈러스	배				켈러스	배
2332	①	300	1.0(3/3)	2.0(6/13)	2339	①	300	7.7(23/29)	2.3(7/12)	2409	①	300	-	-
	②	100	7.0(7/10)	-		②	100	17.0(17/23)	1.0(1/1)		②	100	-	-
	③	100	3.0(3/3)	-		③	100	27.0(27/33)	3.0(3/3)		③	100	-	-
	계	500	2.6(13/16)	1.2(6/13)		계	500	13.4(67/85)	2.2(11/16)		계	500	-	-
2333	①	100	-	-	2340	①	300	10.0(30/31)	8.3(25/36)	2411	①	300	-	-
	②	100	-	-		②	100	39.0(39/49)	2.0(2/2)		②	100	-	-
	③	100	1.0(1/1)	-		③	100	39.0(39/49)	5.0(5/5)		③	100	-	-
	계	300	0.3(1/1)	-		계	500	21.6(108/129)	6.4(32/43)		계	500	-	-
2337	①	300	-	0.3(1/1)	2402	①	300	0.6(2/2)	0.3(1/1)	2417	①	300	-	-
	②	100	-	-		②	100	-	-		②	100	-	-
	③	100	-	-		③	100	3.0(3/3)	-		③	100	-	-
	계	500	-	0.2(1/1)		계	500	1(5/5)	0.2(1/1)		계	500	-	-
2338	①	300	0.3(1/1)	-	2404	①	300	-	-	2420	①	300	0.7(2/2)	-
	②	100	11.0(11/12)	-		②	100	-	-		②	100	7.0(7/7)	-
	③	100	10.0(10/11)	1.0(1/1)		③	100	-	-		③	100	4.0(4/4)	-
	계	500	4.4(22/24)	0.2(1/1)		계	500	-	-		계	500	2.6(13/13)	-
2342	①	220	13.6(30/33)	9.5(21/64)	2406	①	300	-	-	2447	①	300	3.3(10/10)	2.7(8/20)
	②	60	33.3(20/30)	18.3(11/15)		②	100	1.0(1/1)	-		②	100	11.0(11/12)	-
	③	40	57.5(23/29)	17.5(7/8)		③	100	1.0(1/1)	-		③	100	9.0(9/9)	-
	계	320	22.8(73/92)	12.2(39/87)		계	500	0.4(2/2)	-		계	500	6(30/31)	1.6(8/20)
2343	①	300	1.3(4/4)	-	2428	①	300	1.7(5/5)	2.7(8/12)	2456	①	300	-	-
	②	100	1.0(1/1)	-		②	100	-	-		②	100	-	-
	③	100	3.0(3/4)	-		③	100	-	-		③	100	1.0(1/1)	1.0(1/3)
	계	500	1.6(8/9)	-		계	500	1(5/5)	1.6(8/12)		계	500	0.2(1/1)	0.2(1/3)
2345	①	300	1.0(3/3)	-	2430	①	300	-	-	2450	①	300	-	-
	②	100	8.0(8/8)	-		②	100	1.0(1/1)	-		②	100	2.0(2/3)	-
	③	100	5.0(5/6)	-		③	100	-	-		③	100	-	-
	계	500	3.2(16/17)	-		계	500	0.2(1/1)	-		계	500	0.4(2/3)	-
2351	①	300	4.0(12/13)	1.0(3/10)	2431	①	300	1.7(5/5)	-	2466	①	300	0.3(1/1)	0.3(1/2)
	②	100	18.0(18/19)	-		②	100	3.0(3/3)	-		②	100	-	-
	③	100	3.0(3/3)	-		③	100	10.0(10/10)	-		③	100	-	-
	계	500	6.6(33/35)	0.6(3/10)		계	500	3.6(18/18)	-		계	500	0.2(1/1)	0.2(1/2)
2495	①	300	-	-	2436	①	300	-	-	2472	①	300	3.3(10/10)	2.3(7/8)
	②	100	-	-		②	100	-	-		②	100	17.0(17/18)	2.0(2/2)
	③	100	1.0(1/1)	-		③	100	-	-		③	100	26.0(26/26)	2.0(2/2)
	계	500	0.2(1/1)	-		계	500	-	-		계	500	10.6(53/54)	2.2(11/12)
					2441	①	300	1.3(4/4)	-	2508	①	300	3.3(10/10)	0.6(2/6)
						②	100	2.0(2/2)	-		②	100	2.0(2/2)	-
						③	100	3.0(3/3)	-		③	100	3.0(3/3)	-
						계	500	1.8(9/9)	-		계	500	3(15/15)	0.4(2/6)
					2443	①	300	4.7(14/14)	2.0(6/11)	2510	①	300	1.3(4/4)	0.3(1/2)
						②	100	15.0(15/15)	1.0(1/2)		②	100	5.0(5/5)	-
						③	100	7.0(7/7)	-		③	100	9.0(7/7)	-
						계	500	7.2(36/36)	1.4(7/13)		계	500	3.2(16/16)	0.2(1/2)
①	2420	2.2(53/57)	1.3(31/88)	①	3300	2.5(83/90)	1.4(47/72)	①	3300	1.1(37/37)	0.6(19/38)			
②	860	7.6(65/80)	1.3(11/15)	②	1100	7.0(77/94)	0.4(4/5)	②	1100	4.0(44/47)	0.2(2/2)			
③	840	5.8(49/58)	1.0(8/9)	③	1100	8.2(90/106)	0.7(8/8)	③	1100	4.6(50/50)	0.3(3/5)			
총계	4120	4.1(167/193)	1.2(50/112)	총계	5500	4.5(250/290)	1.1(59/85)	총계	5500	2.4(131/134)	0.4(24/45)			

^z ① 2,4-D 0.1mg/L + NAA 0.1mg/L; ② 2,4-D 1.0mg/L + NAA 1.0mg/L; ③ 2,4-D 1.0mg/L

^y 괄호안 좌 : 반응 약의 수; 우 : 반응한 약으로부터 발생한 배 또는 켈러스 형성 개수

표 14. 당근의 2차 약배양 유래 배와 캘러스로부터의 식물체 재생 효율

조생종			중생종			만생종		
유전형	Explant 수 및 식물체 재생효율(%) ^z		유전형	Explant 수 및 식물체 재생효율(%)		유전형	Explant 수 및 식물체 재생효율(%)	
	캘러스	배		캘러스	배		캘러스	배
2332	10	13	2339	50	14	2420	13	-
	10.0(1)	15.4(2)		0.0(0)	7.1(1)		7.7(1)	-
2333	1	-	2340	78	103	2447	28	20
	0.0(0)	-		6.4(5)	21.4(22)		0.0(0)	70.0(14)
2337	-	1	2402	3	1	2456	1	4
	-	0.0(0)		0.0(0)	0		0.0(0)	100.0(4)
2338	10	1	2406	2	-	2450	3	-
	10.0(1)	0.0(0)		0.0(0)	-		33.3(1)	-
2342	62	82	2428	5	12	2466	1	2
	11.3(7)	36.6(30)		60.0(3)	58.3(7)		0.0(0)	0.0(0)
2343	6	10	2430	1	-	2472	44	12
	33.3(2)	0.0(0)		0.0(0)	-		0.0(0)	0.0(0)
2345	10	-	2431	18	-	2508	15	6
	0.0(0)	-		50.0(9)	-		13.3(2)	33.3(2)
2351	24	13	2441	9	-	2510	16	2
	20.8(5)	76.9(10)		33.3(3)	-		12.5(2)	50.0(1)
2495	1	-	2443	34	58			
	0.0(0)	-		29.4(10)	27.6(16)			
총계	124	120	총계	200	188	총계	121	46
	12.1(15)	35.0(42)		15.0(30)	24.5(46)		5.0(6)	45.7(21)

^z 괄호안의 수 : 약배양 유래 캘러스 또는 약으로부터 재생된 식물체의 개수

3. 3차 약배양

가. 연구내용

(1) 약배양 재료 분양

주관기관의 3차년도 약배양 재료 공급을 위하여 월동 전 26계통, 월동 후에 만추대성 재료 중심으로 4계통을 선발하여 2차에 걸쳐 협동기관으로부터 전달 받았다(그림 11).

분양 재료는 극조생 1계통, 조생종 7계통, 중생종 6계통, 만생종 17계통 등 총 30계통이었다(표 15).

표 15. 당근 3차 약 배양 분양 재료 (재료 분양일 : 1차 2013. 12. 13; 2차 14. 3. 17)

계통명	샘플수	개화시기	비고	계통명	샘플수	개화시기	비고	계통명	샘플수	개화시기	비고
3212	3	만		3303	3	조		3339	3	만	
3217	3	만	2447	3304	3	조		3340	3	만	불입
3225	3	만		3323	3	조	2342	3341		중	
3247	3	만		3326	3	조		3342		중	
3279	3	만		3327	3	조		3345		중	불입
3280	3	만		3332	3	만	불입	3346		중	불입
3281	3	만		3333		만		3446		만	
3282	3	만		3337	3	중	불입	3451		조	
3283	3	만		3338	3	중		26계통	1차	뿌리	13.12.13
3245	5	만		3514	7	조		3703	5	만	
3766	5	만						4계통	2차	뿌리	14.3.17



그림 11. 당근 3차 약 배양 분양 재료의 모습 (2013. 12. 13)

(2) 저온처리 및 화아유도

제1협동과제 연구팀으로부터 2013년 12월 17일에 30개 유전형의 당근 뿌리를 전달받아, 조생종, 중생종, 만생종으로 구분한 후 화아 분화와 추대를 유도하기 위하여 모래를 이용한 저온처리를 실시하였다. 저온처리 기간은 조생종 30일, 중생종 50일, 만생종 50-70일이었으며, 저온처리를 마친 후, 화분에 정식하고 온실에서 재배하여 화아분화를 유도하였다(그림 12).



그림 12. 당근 3차 약배양에 사용된 유전형별 화퇴의 모습

(3) 3차 약배양

정식 후 약 50일 후, 개화 이전의 약 배양 적기에 해당하는 화퇴로부터 약을 분리하여 약배양을 실시하였다. 약배양은 본 과제를 통해 최적화된 약배양 체계를 바탕으로 제1협동과제 연구팀으로부터 2차에 걸쳐 전달받은 30개 유전형 가운데 정상적으로 개화한 25개 유전형을 선택하여 사용하였다. 약배양은 2014년 3월 10일부터 조생종을 시작으로 5월 2일까지 만생종을 완료하였다(표 16).

표 16. 당근 3차 유전형 별 약배양 현황

조 생 종				중 생 종				만 생 종			
유전형	처리(mg/L)		약의 개수	유전형	처리(mg/L)		약의 개수	유전형	처리(mg/L)		약의 개수
	2,4-D	NAA			2,4-D	NAA			2,4-D	NAA	
3303	0.1	0.1	200	3338	0.1	0.1	100	3212	0.1	0.1	200
	1.0		100		1.0		100		1.0		100
계			300	계			200	계			300
3304	0.1	0.1	100	3341	0.1	0.1	60	3217	0.1	0.1	100
	1.0		100		1.0		60		1.0		100
계			200	계			120	계			200
3323	0.1	0.1	100	3342	0.1	0.1	60	3225	0.1	0.1	200
	1.0		100		1.0		60		1.0		100
계			200	계			120	계			300
3326	0.1	0.1	60					3247	0.1	0.1	200
yellow	1.0		60						1.0		100
계			120					계			300
3326	0.1	0.1	100					3279	0.1	0.1	60
orange	1.0		100						1.0		60
계			200					계			120
3327	0.1	0.1	100					3280	0.1	0.1	60
	1.0		100						1.0		60
계			200					계			120
3451	0.1	0.1	200					3281	0.1	0.1	60
	1.0		100						1.0		60
계			300					계			120
								3282	0.1	0.1	60
									1.0		60
								계			120
								3283	0.1	0.1	200
									1.0		100
								계			300
								3333	0.1	0.1	200
									1.0		100
								계			300
								3339	0.1	0.1	100
									1.0		100
								계			200
								3446	0.1	0.1	200
									1.0		100
								계			300
								3245	0.1	0.1	200
									1.0		100
								계			300
								3514	0.1	0.1	200
									1.0		100
								계			300
								3703	0.1	0.1	200
									1.0		100
											300
								3766	0.1	0.1	200
									1.0		100
								계			300
총계			1520	총계			440	총계			3880

¹B5 배지에 자당 100g/L, 글루타민 500mg/L, 세린 100mg/L, 한천 6.5g/L 첨가

- 약배양 배지는 B5배지, 자당 100g, 글루타민 500mg/L, 세린 100mg/L, 한천 6.5g을 첨가한 배지를 기본 배지로 사용하였으며, 식물생장조절제 처리는 2,4-D와 NAA를 0.1mg/L씩 첨가하거나, 2,4-D 1.0mg/L를 첨가한 2개 처리구를 두었다. 약의 치상 개수는 약배양 유전형에 따라 120, 200, 300로 차등적으로 실시하였으며 총 25계통에서 5,840개의 약을 치상하였다. 또한, 약배양 적기 이후 약 2주가 경과하여 화뢰가 만개하였는데, 이 때 화분이 정상적으로 발달했는지를 알아보기 위해 각 모본계통의 소산형(그림 13)과 소화를 현미경으로 촬영하여 관찰하였다.

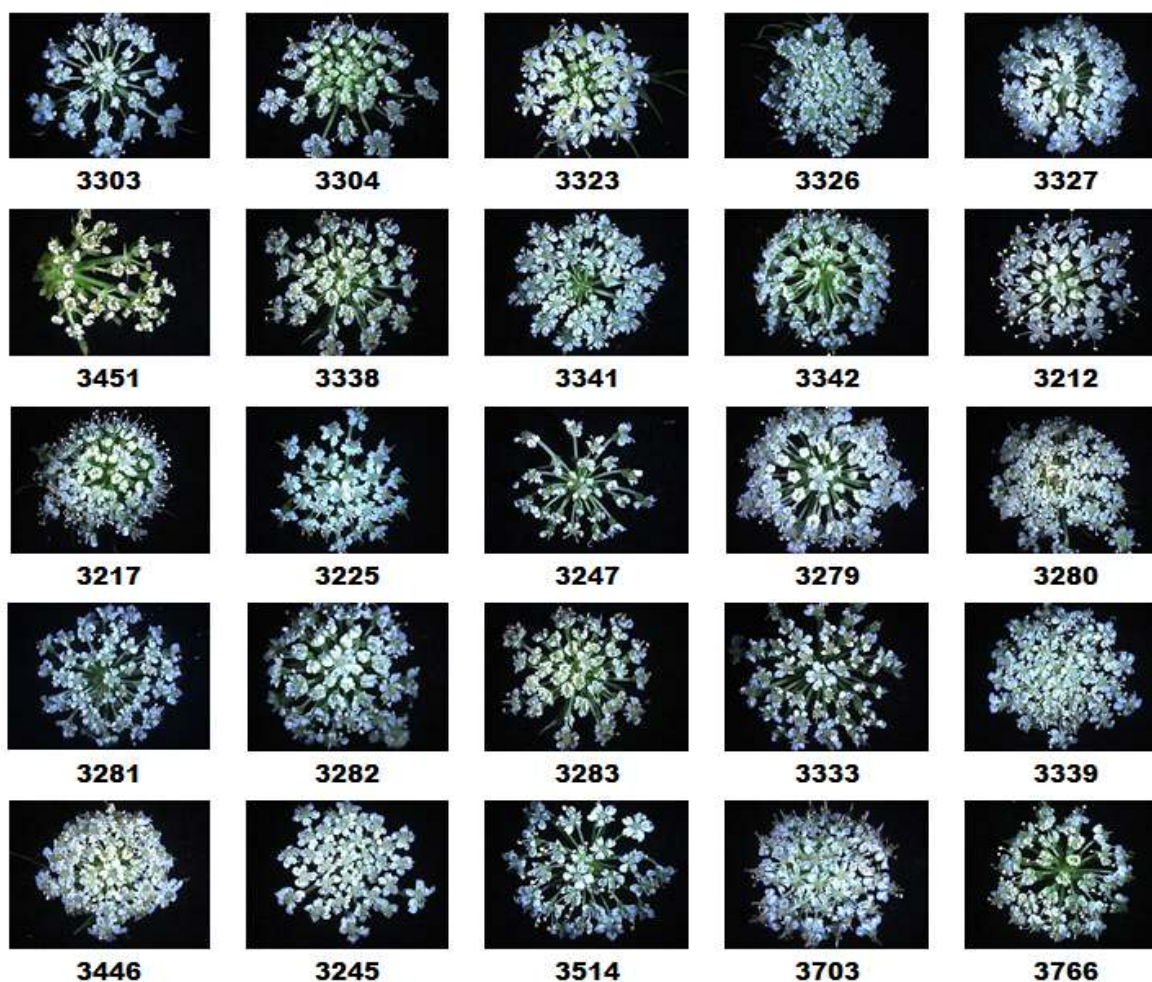


그림 13. 당근 3차 약배양에 사용된 유전형별 화뢰의 만개 모습

나. 결과 및 고찰

(1) 약배양으로부터 배 형성 유도

제1협동과제 연구팀으로부터 2014년 12월 전달받은 25개의 유전형(조생종 6개, 중생종 3개, 만생종 16개)을 대상으로 2014년 3월-6월에 걸쳐 약배양을 실시하였으며, 배양 32주

경과 후 결과를 조사하였다.

전체 25개 유전형에서 총 5,640개의 약을 치상하였으며, 이 중 23개 유전형에서 켈러스 또는 배 형성이 이루어져 92%의 유전형에서 반응을 보였다(표 17). 전체 5,640개의 약 가운데 23개 유전형의 519개 약에서 켈러스 또는 배 형성이 이루어져 9.2%의 약에서 반응이 나타났다. 약으로부터 373개의 약에서 454개의 켈러스가 형성되어 켈러스 형성율은 6.6%이었으며, 130개의 약에서 537개의 배가 형성되어 배 형성율은 2.3%이었다

S&P3304, S&P3451, S&P3341, S&P3703 등 5개 유전형에서는 켈러스만이 형성되었고, S&P3212, S&P3245 등 2개 유전형에서는 배형성만이 이루어졌으며, 나머지 16개 유전형에서는 켈러스와 배형성이 동시에 이루어졌다.

배형성에 사용한 배지조성 별 반응을 보면, 2,4-D 0.1mg/L+NAA 0.1mg/L 첨가 배지(①)에서는 켈러스형성율이 4.6%, 배형성율이 2.8%이었으며, 2,4-D 1.0mg/L 첨가 배지(③)에서는 켈러스형성율이 9.6%, 배형성율이 1.6%로 나타났다. 이로 보아 2,4-D 1mg/L 단독처리 배지에서는 켈러스형성이 많은 반면, 2,4-D와 NAA 조합처리 배지에서는 상대적으로 배형성율이 높은 것을 알 수 있었다. 반응을 보인 23개 유전형 가운데, 유전형 S&P3766에서 2,4-D 1.0mg/L 첨가 배지(③)에서 켈러스 형성율 29.0%, 2,4-D 0.1mg/L+NAA 0.1mg/L 첨가 배지(①)에서 배 형성율 17.0%를 나타내어 가장 양호한 결과를 보여주었다(표 17). 다음으로 S&P3283 유전형에서는 켈러스 형성율 20%, 배 형성율 8.7%를 나타내었고, S&P3342 유전형에서는 각각 21.7%와 5.0% 이었다.

한편, 당근 수확기에 따른 분류(조생종, 중생종, 만생종)에 따른 켈러스 및 배의 형성율을 보면 조생종과 중생종이 각각 8.3% 와 2.2%, 7.0%와 1.4%를 나타냈고, 만생종은 7.2%와 2.6%으로 유사한 결과를 보였다.

(2) 약배양 유래 배 및 켈러스로부터 식물체 재생

당근의 약배양을 통해 얻어진 1차 배 454개 계통 및 켈러스 537개 계통을 포함하여 총 991개 계통 가운데 1차 배 511개 계통과 켈러스 236개 계통을 선별한 후, 성장조절제가 포함되지 않은 재생배지에 치상하여 배양하였다. 약으로부터 형성된 1차 배는 직접 배형성 과정을 거쳐 다수의 2차 배를 형성하였다. 켈러스는 성장조절제 무첨가 재생배지에서 1차 배를 형성하였다. 이와 같이 형성된 배는 발아과정을 거쳐 식물체로 분화하였다.

1차 배를 통한 직접 재생에서는 336개 계통이 재생되어 식물체 재생율이 67.8%이었고, 켈러스로부터는 55개 계통이 재생되어 식물체 재생율이 10.9%로 나타났다. 식물체 재생 효율을 비교하였을 때, 직접 배형성을 통한 1차 배로부터의 식물체 재생은 켈러스를 통한 간접 배형성을 통한 재생율보다 약 6배 높게 나타나 효과적임을 알 수 있었다.

표 17. 당근의 3차 약배양으로부터 배 형성 효율

분류	유전형	호르몬 처리 ²	약배양 개수	형성 효율(%) ³		유전형	호르몬 처리	약배양 개수	형성 효율(%)		유전형	호르몬 처리	약배양 개수	형성 효율(%)	
				캘러스	배				캘러스	배				캘러스	배
조생종	3303	①	200	4.0(8/10)	3.5(7/26)	3304	①	100	2.0(2/2)	-	3323	①	100	0.5(1/3)	0.5(1/1)
		③	100	11.0(11/18)	6.0(6/23)		③	100	7.0(7/10)	-		③	100	13.0(13/14)	2.0(2/6)
		계	300	6.3(19/28)	4.3(13/49)		계	200	3.0(9/11)	-		계	200	4.7(14/15)	1.0(3/7)
	3326	①	60	3.3(2/2)	-	3327	①	100	5.0(5/7)	2.0(2/4)	3451	①	200	0.5(1/21)	-
		③	60	5.0(3/3)	-		③	100	10.0(10/12)	-		③	100	-	-
		계	120	4.2(5/5)	-		계	200	5.0(15/19)	0.7(2/4)		계	300	0.3(1/21)	-
중생종	3338	①	100	-	-	3341	①	60	1.7(1/1)	-	3342	①	60	13.3(8/8)	6.7(4/15)
		③	100	-	-		③	60	6.7(4/4)	-		③	60	30.0(18/18)	2.0(2/13)
		계	200	-	-		계	120	4.2(5/5)	-		계	120	21.7(26/26)	5.0(6/28)
만생종	3212	①	200	-	1.0(2/17)	3217	①	100	7.0(7/8)	6.0(6/30)	3225	①	200	1.5(3/4)	1.5(3/7)
		③	100	-	-		③	100	18.0(18/20)	1.0(1/1)		③	100	3.0(3/4)	2.0(2/13)
		계	300	-	0.7(2/17)		계	200	12.5(25/28)	3.5(7/31)		계	300	2.3(6/8)	1.7(5/18)
	3245	①	200	-	-	3247	①	200	6.5(13/13)	5.5(11/29)	3279	①	60	1.7(1/2)	1.7(1/1)
		③	100	3.0(3/3)	1.0(1/5)		③	100	13.0(13/13)	2.0(2/3)		③	60	1.7(1/1)	1.7(1/9)
		계	300	1.0(3/3)	0.3(1/5)		계	300	8.7(26/26)	4.3(13/32)		계	120	1.7(2/3)	1.7(2/9)
	3280	①	60	-	-	3281	①	60	1.7(1/1)	1.7(1/1)	3282	①	60	1.7(1/1)	1.7(1/1)
		③	60	3.3(2/2)	-		③	60	5.0(3/3)	1.7(1/1)		③	60	-	-
		계	120	1.7(2/2)	-		계	120	3.3(4/4)	1.7(2/2)		계	120	0.3(1/1)	0.3(1/1)
	3283	①	200	10.0(20/21)	5.5(11/39)	3333	①	100	-	-	3339	①	100	4.0(4/4)	1.0(1/1)
		③	100	40.0(40/43)	15.0(15/54)		③	100	-	-		③	100	23.0(23/23)	-
		계	300	20.0(60/64)	8.7(26/93)		계	300	-	-		계	200	13.5(27/27)	0.5(1/1)
	3446	①	200	-	-	3514	①	200	14.0(28/28)	5.0(10/83)	3703	①	200	1.5(3/3)	-
		③	100	8.0(8/11)	1.0(1/2)		③	100	5.0(5/5)	-		③	100	-	-
		계	300	2.7(8/11)	0.3(1/2)		계	300	11.0(33/33)	3.3(10/83)		계	300	1.0(3/3)	-
	3766	①	200	25.0(50/72)	17.0(34/140)										
		③	100	29.0(29/36)	1.0(1/1)										
		계	300	26.3(79/108)	11.7(35/140)										
총계	조생종	①	760	2.6(19/45)	1.3(9/29)	중생종	①	220	4.1(9/9)	0.9(4/15)	만생종	①	2440	5.4(131/157)	3.4(82/352)
		③	560	7.9(44/57)	1.1(8/29)		③	220	10.0(22/22)	0.9(2/13)		③	1440	10.3(148/164)	1.7(25/99)
		계	1320	8.3(63/102)	2.2(17/58)		계	440	7.0(31/31)	1.4(6/28)		계	3880	7.2(279/321)	2.6(107/451)

²호르몬 처리 : ① 2,4-D 0.1mg/L + NAA 0.1mg/L, ③ 2,4-D 1.0mg/L

³괄호안 좌 : 반응 약의 수; 우 : 반응한 약으로부터 발생한 배 또는 캘러스 형성 개수

식물체 재생에 미치는 배지의 효과를 비교해 보았을 때, 2,4-D 0.1mg/L+NAA 0.1mg/L 첨가 배지(①)에서 약으로부터 얻어진 1차 배는 390개 계통중 272개 계통에서 식물체로 재생이 이루어져 69.7%이었으며 2,4-D 1.0mg/L 첨가 배지(③)에서는 1차 배 121개 계통중 64개 계통인 52.9%만이 식물체로 발달하였다. 또한, 2,4-D 0.1mg/L+NAA 0.1mg/L 첨가 배지(①) 유래 캘러스는 96개 계통중 29개 계통에서 식물체 재생이 이루어져 30.2%이었으며 2,4-D 1.0mg/L 첨가 배지(③) 유래 캘러스는 18.6%가 식물체로 발달하였다. 이로 보아 2,4-D 1.0mg/L 첨가 배지(③)에 비해 2,4-D 0.1mg/L+NAA 0.1mg/L 첨가 배지(①)가 약으로부터 1차 배형성 및 캘러스 형성을 거쳐 식물체 재생을 유도하는데 효과적임을 알 수 있었다. 또한 약배양에 사용된 25개의 유전형(조생종 6개, 중생종 3개, 만생종 16개)가운데 16개 유전형(조생종 5개, 중생종 1개, 만생종 10개)에서 약으로부터 식물체가 재생되었다. 최종적으로 약배양으로부터 얻어진 1차 배 및 캘러스로부터 배 발아를 거쳐 식물체로 재생된 식물체는 총 391개 계통을 얻을 수 있었다. 배양에 사용된 5,640개의 약으로부터 391개의 식물체가 얻어져 식물체 재생에 대한 약배양 효율은 6.9%로 나타났다.

표 18. 당근의 3차 약배양 유래 배와 캘러스로부터 식물체 재생 효율

분류	유전형	Explant 수 및 식물체 재생효율(%) ²		유전형	Explant 수 및 식물체 재생효율(%)		유전형	Explant 수 및 식물체 재생효율(%)				
		캘러스	배		캘러스	배		캘러스	배			
조생종	3303	①	-	96.2(25/26)	3304	①	-	-	3323	①	100.0(3/3)	100.0(1/1)
		③	5.6(1/18)	56.5(13/23)		③	10.0(1/10)	-		③	14.3(2/14)	100.0(6/6)
	3326	①	-	-	3327	①	-	100.0(4/4)	3451	①	90.5(19/21)	-
		③	-	-		③	-	-		③	-	-
중생종	3338	①	-	-	3341	①	-	-	3342	①	-	66.7(10/15)
		③	-	-		③	-	-		③	-	-
만생종	3212	①	-	64.7(11/17)	3217	①	-	50.0(15/30)	3225	①	-	85.7(6/7)
		③	-	-		③	25.0(1/4)	23.1(3/13)		③	25.0(1/4)	53.8(7/13)
	3245	①	-	-	3247	①	-	51.7(15/29)	3279	①	-	-
		③	-	80.0(4/5)		③	-	-		③	-	44.4(4/9)
	3280	①	-	-	3281	①	-	33.3(1/3)	3282	①	-	-
		③	-	-		③	-	-		③	-	-
	3283	①	-	76.9(30/39)	3333	①	-	-	3339	①	-	-
		③	2.3(1/43)	61.1(33/54)		③	-	-		③	-	-
	3446	①	-	-	3514	①	-	69.9(58/83)	3703	①	-	-
		③	9.1(1/11)	50.0(1/2)		③	-	-		③	-	-
	3766	①	9.7(7/72)	71.4(100/140)								
		③	25.0(9/36)	100.0(1/1)								
총계	조생종	①	91.7(22/24)	96.3(26/27)	중생종	①	-	66.7(10/15)	만생종	①	9.7(7/72)	67.8(236/348)
		③	9.5(4/42)	65.5(19/29)		③	-	-		③	22.4(22/98)	48.9(45/92)
	계	39.4(26/66)	80.4(45/56)	계	-	66.7(10/15)	계	17.1(29/170)	63.9(281/440)			

²괄호안 좌 : 식물체가 재생된 캘러스 또는 배의 개수; 우 : 반응한 약으로부터 발생한 배 또는 캘러스 형성 개수

4. 4차 약배양

가. 연구내용

(1) 약배양 재료 분양

주관 기관의 4차년도 약배양 재료 공급을 위하여 모본 월동 후 1, 2차년도 실험에서 약배양 유래 DH 계통 확보가 되지 않았거나 효율이 낮았던 재료를 중심으로 S&P4403-1 등 46계통을 재 선발하여 협동기관으로부터 전달 받았다. 협동기관에서 선발하여 교잡 중인 모본 재료에서 미성숙 개화지 주화륜을 채취하여 수분을 적신 휴지로 감싼 상태로 주관기관으로 2차에 걸쳐 제공하였다(그림 14, 15).

표 19. 당근 4차 약배양 분양 재료 (재료 분양일 : 1차 2015. 5. 15; 2차 15. 6. 30)

계통명	샘플수	개화시기	비고	계통명	샘플수	개화시기	비고	계통명	샘플수	개화시기	비고
4403-1	1	만		4409-1	1	만	불량	4445-1	1	만	
4460-1	1	만		4463-2	1	만		4472-1	1	만	
4480-3	1	만	불량	4492-2	1	만		4497-1	1	만	불량
4500-3	1	만	불량	4502-1	1	만		4507-5	1	만	불량
4510-3	1	만		4513-4	1	만	불량	4520-1	1	만	불량
4521-2	1	만	불량	4525-2	1	만		4529-2	1	만	
4530-3	1	만	불량	4534-2	1	만	불량	4538-1	1	만	불량
4542-5	1	만	불량	4543-7	1	만	불량	4544-1	1	만	불량
4545-4	1	만	불량	4546-1	1	만	불량	4548-1	1	만	
4549-2	1	만	불량	4551-7	1	만	불량	4552-4	1	만	
4553-1	1	만		4554-3	1	만	불량	4559-5	1	만	불량
4562-1	1	만	불량	4563-2	1	만		4568-1	1	만	
4572-1	1	만		4601-1	1	만		4605-3	1	만	
4610-1	1	만		4612-1	1	만		4618-1	1	만	불량
4725-6	1	만	불량	4727-2	1	만	불량	4784-4	1	만	불량
4592-2	1	만						44계통	화퇴		15.5.15

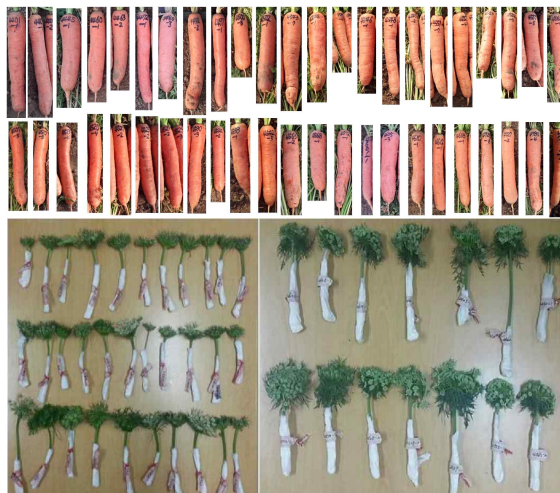


그림 14. 당근 4차 약배양 분양 재료의 모습

(2) 미성숙 개화지 주화륜의 개화 유도

제1협동과제 연구팀으로부터 2015년 5월에 46개 및 2015년 6월 전달받은 14개 유전형의 미성숙 개화지 주화륜을 전달받아 성장상에서 유지하면서 약의 발달단계를 조사하였다.

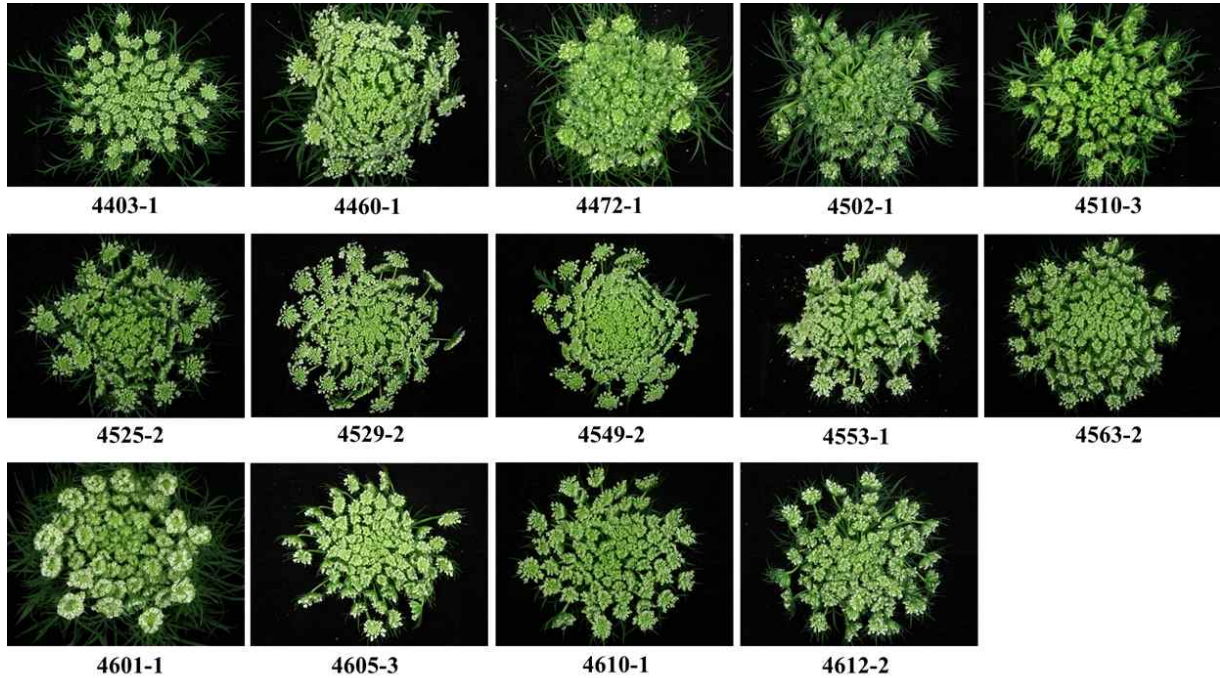


그림 15. 당근 4차 약배양에 사용된 유전형별 화퇴의 모습

표 20. 당근의 4차 약배양 현황

유전형	배지 ²	처리(mg/L)		약의 개수	유전형	배지 ²	처리(mg/L)		약의 개수	유전형	배지 ²	처리(mg/L)		약의 개수
		2,4-D	NAA				2,4-D	NAA				2,4-D	NAA	
4403-1	①	0.1	0.1	100	4460-1	①	0.1	0.1	100	4472-1	①	0.1	0.1	100
	②	1.0	1.0	100		②	1.0	1.0	100		②	1.0	1.0	100
	③	1.0		100		③	1.0		100		③	1.0		100
				300					300					300
4502-1	①	0.1	0.1	100	4510-3	①	0.1	0.1	100	4525-2	①	0.1	0.1	100
	②	1.0	1.0	100		②	1.0	1.0	100		②	1.0	1.0	100
	③	1.0		100		③	1.0		100		③	1.0		100
				300					300					300
4529-2	①	0.1	0.1	100	4549-2	①	0.1	0.1	100	4553-1	①	0.1	0.1	100
	②	1.0	1.0	100		②	1.0	1.0	100		②	1.0	1.0	100
	③	1.0		100		③	1.0		100		③	1.0		100
				300					300					300
4563-2	①	0.1	0.1	100	4601-1	①	0.1	0.1	100	4605-3	①	0.1	0.1	100
	②	1.0	1.0	100		②	1.0	1.0	100		②	1.0	1.0	100
	③	1.0		100		③	1.0		100		③	1.0		100
				300					300					300
4610-1	①	0.1	0.1	100	4612-2	①	0.1	0.1	100					
	②	1.0	1.0	100		②	1.0	1.0	100					
	③	1.0		100		③	1.0		100					
				300					300					
총계	①	0.1	0.1	1,400	총계	②	1.0	1.0	1,400	총계	③	1.0		1,400

²배지 : ① 2,4-D 0.1mg/L + NAA 0.1mg/L; ② 2,4-D 1.0mg/L + NAA 1.0mg/L; ③ 2,4-D 1.0mg/L

(3) 4차 약배양

약을 채취하여 소포자 발달단계를 분석하여 약배양 적기를 판단하였으며, 약배양 적기에 이르렀을 때 화퇴를 소독 후 약을 분리하여 6-7월에 걸쳐 약배양을 실시하였다(표 20), 약배양 배지는 B5배지, 자당 100g, 글루타민 500mg/L, 세린 100mg/L, 한천 6.5g을 첨가한 배지를 기본배지로 사용하였으며, 식물생장조절제 처리는 2,4-D와 NAA를 각각 0.1mg/L 또는 1.0mg/L씩 첨가하거나, 2,4-D 1.0mg/L를 단독으로 첨가하여 총 3개의 처리구를 두었다. 약의 치상 개수는 약배양 유전형에 따라 처리별로 100개씩 실시하여, 총 4200개의 약을 배지에 치상하였다(표 20).

나. 결과 및 고찰

(1) 약배양으로부터 배 형성 유도

약배양 8주 후부터 4주 간격으로 캘러스 및 배발생 여부를 관찰하고, 약배양이 진행된 순으로 실시하여 배양 32주 경과 후 결과를 조사하였다. 전체 14개 유전형에서 총 4,200개의 약을 치상하였으며, 이 중 9개의 유전형에서 캘러스 또는 배 형성이 이루어져 64.3%의 유전형에서 반응을 보였다(표 21).

전체 4,200개의 약 가운데 9개 유전형의 101개의 약에서 캘러스 또는 배 형성이 이루어져 3.7%의 약에서 반응이 나타났다. 반응을 나타낸 38개의 약에서 57개의 캘러스가 형성되었고, 63개의 약에서 155개의 배가 형성되어 형성율은 각각 1.4%, 3.7%이었다. S&P4612의 유전형에서는 캘러스만이 형성되었고, S&P4563 유전형에서는 배형성만이 이루어졌다. 나머지 7개 유전형에서는 캘러스와 배형성이 동시에 이루어졌다.

배형성에 사용된 배지는 2,4-D 0.1mg/L+NAA 0.1mg/L(①), 2,4-D 1.0mg/L+NAA 1.0mg/L(②), 2,4-D 1.0mg/L 배지(③)이며, 2,4-D 0.1mg/L+NAA 0.1mg/L 첨가 배지(①)에서는 캘러스형성을 3.4%, 배형성을 4.6%, 2,4-D 1.0mg/L+NAA 1.0mg/L(②)에서는 캘러스형성을 0.4%, 배형성을 1.3%, 2,4-D 1.0mg/L 첨가 배지(③)에서는 각각 0.3%, 1.1%로 나타났다. 이로부터 2,4-D 0.1mg/L+NAA 0.1mg/L(①) 배지에서 2,4-D 1.0mg/L+NAA 1.0mg/L(②) 또는 2,4-D 1.0mg/L 배지(③)보다 캘러스 및 배 형성이 높은 것을 알 수 있었다.

반응을 보인 14개 유전형가운데, S&P4548는 2,4-D 0.1mg/L+NAA 0.1mg/L 첨가 배지(①)에서 캘러스 및 배 형성율이 각각 6.0%, 17.0%를 나타내어 가장 양호한 결과를 보여주었다(표 21).

표 21. 당근의 4차 약배양으로부터 배 형성 효율

유전형	호르몬 처리 ²	약배양 개수	형성 효율(%) ¹		유전형	호르몬 처리	약배양 개수	형성 효율(%)		유전형	호르몬 처리	약배양 개수	형성 효율(%)	
			캘러스	배				캘러스	배				캘러스	배
4403	①	100	3(3/3)	4(4/12)	4460	①	100	5(5/7)	2(2/3)	4472	①	100	4(4/4)	10(10/17)
	②	100	1(1/1)	2(2/4)		②	100	-	-		②	100	-	-
	③	100	-	3(3/3)		③	100	-	10(10/11)		③	100	3(3/5)	7(7/10)
	계	300	4(4/4)	9(9/19)		계	300	5(5/7)	12(12/14)		계	300	7(7/9)	12(12/14)
4502	①	100	1(1/1)	1(1/2)	4510	①	100	-	-	4525	①	100	-	-
	②	100	-	-		②	100	-	-		②	100	-	-
	③	100	-	-		③	100	-	-		③	100	-	-
	계	300	1(1/1)	1(1/2)		계	300	-	-		계	300	-	-
4529	①	100	-	-	4548	①	100	6(6/7)	15(15/70)	4553	①	100	5(5/6)	3(3/5)
	②	100	-	-		②	100	-	-		②	100	3(3/5)	-
	③	100	-	-		③	100	-	-		③	100	-	-
	계	300	-	-		계	300	6(6/7)	15(15/70)		계	300	8(8/11)	3(3/5)
4563	①	100	-	3(3/10)	4601	①	100	2(2/2)	3(3/7)	4605	①	-	-	-
	②	100	-	-		②	100	-	-		②	-	-	-
	③	100	-	-		③	100	-	-		③	-	-	-
	계	300	-	3(3/10)		계	300	2(2/2)	3(3/7)		계	-	-	-
4610	①	100	-	-	4612	①	100	5(5/7)	-	합계	①	900	31(31/36)	41(41/127)
	②	100	-	-		②	100	-	-		②	900	4(4/6)	12(12/15)
	③	100	-	-		③	100	-	-		③	900	3(3/5)	10(10/13)
	계	300	-	-		계	300	5(5/7)	-		계	2700	38(38/48)	63(63/155)

(2) 약배양 유래 배 및 캘러스로부터 식물체 재생

당근의 약배양을 통해 만들어진 1차 배는 직접 배형성 과정을 거쳐 2차배를 형성하였고, 캘러스의 경우 성장조절제 무첨가 재생배지에서 1차 배를 형성하였다. 얻어진 1차 배 48개 계통 및 캘러스 155개 계통을 포함하여 총 208개 계통 가운데 1차 배 54개 계통과 캘러스 154개 계통을 선별한 후, 이와 같이 형성된 배는 성장조절제가 포함되지 않은 재생배지에 치상하여 발아과정을 거쳐 식물체로 분화하였다.

1차 배를 통한 직접 재생에서는 94개 계통이 재생되어 식물체 재생율이 65.7%이었고, 캘러스로부터는 24개 계통이 재생되어 식물체 재생율이 44.4%로 나타났다. 식물체 재생 효율을 비교하였을 때, 직접 배형성을 통한 1차 배로부터의 식물체 재생은 캘러스를 통한 간접 배형성을 통한 재생율보다 약 1.5배 높게 나타나 효과적임을 알 수 있었다.

식물체 재생에 미치는 약배양 배지의 효과를 비교해 보았을 때, 2,4-D 0.1mg/L+NAA 0.1mg/L 첨가 배지(①)에서 약으로부터 얻어진 1차 배는 126개 계통중 78개 계통에서 식물체 재생이 이루어져 61.9%이었다.

2,4-D 1.0mg/L+NAA 1.0mg/L 첨가 배지(②)에서는 1차배 4계통 중 3계통에서 식물체 재생이 75.0%, 2,4-D 1.0mg/L 첨가 배지(③)에서 얻어진 1차 배는 24개 계통중 14개 계통인 58.3%만이 식물체로 발달하였다. 또한, 2,4-D 0.1mg/L+NAA 0.1mg/L 첨가 배지(①)에서 약으로부터 얻어진 캘러스는 37개 계통중 16개 계통에서 식물체 재생이 이루어져 43.2%이었으며, 2,4-D 1.0mg/L+NAA 1.0mg/L 첨가 배지(②)에서는 7개 계통중 3개에서 식물체 재생이 42.9%로 나타났다. 마지막으로 2,4-D 1.0mg/L 첨가 배지(③)에서 얻어진 캘러스는 50.0%만이 식물체로 발달하였다. 이를 통해 2,4-D 1.0mg/L+NAA 1.0mg/L 첨가 배지(②) 또는 2,4-D 1.0mg/L 첨가 배지(③)에 비해 2,4-D 0.1mg/L+NAA 0.1mg/L 첨가 배지(①)가 약으로부터 1차 배형성 및 캘러스 형성을 거쳐 식물체 재생을 유도하는데 효과적임을 알 수 있었다.

표 22. 당근 4차 약배양 유래 배와 캘러스로부터 식물체 재생 효율

유전형	Explant 수 및 식물체 재생효율(%) ²		유전형	Explant 수 및 식물체 재생효율(%)		유전형	Explant 수 및 식물체 재생효율(%)				
	캘러스	배		캘러스	배		캘러스	배			
	①	33.3(1/3)	41.7(5/12)	①	42.9(3/7)	100(3/3)	①	25.0(1/4)	70.6(12/17)		
4403	②	100.0(1/1)	75.0(3/4)	4460	②	-	-	4472	②	-	-
	③	-	66.7(2/3)		③	-	54.5(6/11)		③	60.0(3/5)	60.0(6/10)
	①	100.0(1/1)	50.0(1/2)		①	71.4(5/7)	65.7(46/70)		①	33.3(2/6)	20.0(1/5)
4502	②	-	-	4548	②	-	-	4553	②	40.0(2/5)	-
	③	-	-		③	-	-		③	-	-
	①	-	60.0(6/10)		①	50.0(1/2)	57.1(4/7)		①	28.6(2/7)	-
4563	②	-	-	4601	②	-	-	4612	②	-	-
	③	-	-		③	-	-		③	-	-
	①	43.2(16/37)	61.9(78/126)								
	②	42.9(3/7)	50.0(2/4)								
총계	③	50.0(5/10)	58.3(14/24)								
	계	44.4(24/54)	61.0(94/154)								

²괄호안 좌 : 식물체가 재생된 캘러스 또는 배의 개수; 우 : 반응한 약으로부터 발생한 배 또는 캘러스 형성 개수

제 3 절. 당근 약배양 유래 재생 식물체의 Ploidy 검정과 계통 선별 및 SSR 마커 이용 검정

1. 약배양 유래 식물체의 ploidy 검정

가. 연구내용

당근의 배수성 검정은 약배양 유래 식물체를 이용하여 수행하였으며, 대조구(diploid, $2n=2x=18$)를 external reference standard로 사용하여 histogram형식으로 분석하였다. 배수성 검정에서는 High Resolution DNA Staining kit(Nucleus Extraction Buffer와 Staining Buffer) (PARTEC, Germany)를 사용하였다. 어린 잎을 절단하여 페트리디쉬(55 x 12mm)에 넣고 Nucleus Extraction Buffer 0.5ml를 첨가하여 면도날로 약 30번 chopping 한 후 1분간 상온에서 incubating시켰다. 반응 후 $30\mu\text{m}$ 의 일회용 필터(CellTrics®, PARTEC)로 여과시켜 3.5ml tube에 모은 다음 Staining Buffer 2ml를 첨가해 골고루 섞은 후 CyFlow® Ploidy Analyzer(PARTEC)를 사용하여 분석을 실시하였다.

나. 결과 및 고찰

(1) 1차 약배양 유래 식물체의 ploidy 검정

당근 약배양 유래 식물체의 ploidy을 알아보기로 하자, 유전형 0624-1, 1511, 1517, 1824의 약배양 유래 식물체 총 30계통을 사용하여 ploidy 검정을 수행하였을 때, 30계통중 반수체는 발견되지 않았으며, 2배체가 90%, 그리고 구분이 어려운 계통이 10%로 나타났다(그림 16, 표 23). 배수성 검정시 반수체 개체가 관찰되지 않은 것은 유전형-의존적 반응에 의한 것이거나 또는 반응을 보인 반수성 세포들이 colchicine 처리 없이 배수화되었기 때문이라고 판단되며 앞으로 다양한 유전형을 대상으로 한 검토가 필요하다고 판단된다.

표 23. 당근의 1차 약배양 유래 재생 식물체의 배수성 분석

유전형	재생 식물체	반수체 (%)	이배체 (%)	기타(%)
0624-1	17	0	16(94.1)	1(5.9)
1511	3	0	3(100.0)	0
1517	7	0	6(85.7)	1(14.3)
1824	3	0	2(66.7)	1(33.3)
계	30	0	27(90.0)	3(10.0)

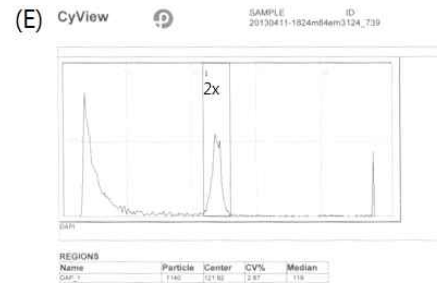
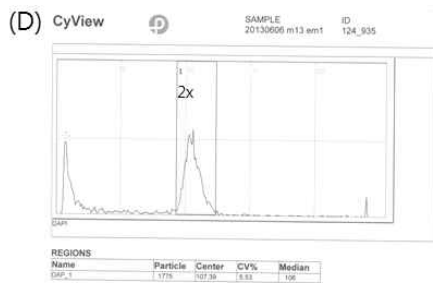
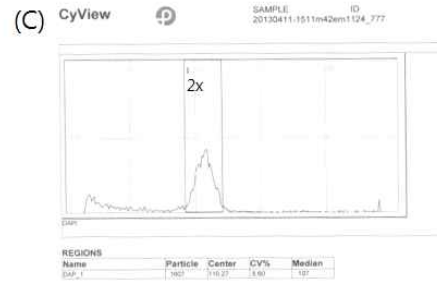
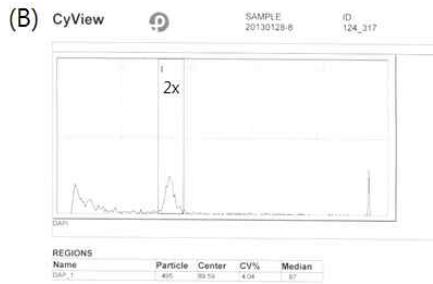
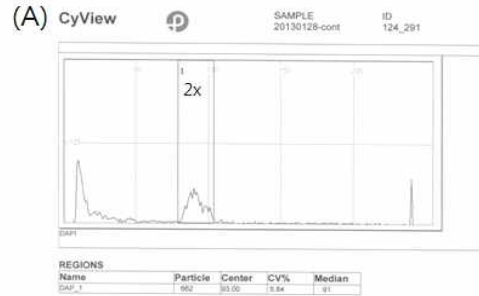


그림 16. 당근 1차 약배양 유래 재생 식물체의 유전형 별 ploidy 검정 결과. (A) 대조구, (B) : 0624-1, (C) : 1511, (D) : 1517, (E) : 1824

(2) 2차 약배양 유래 식물체의 ploidy 검정

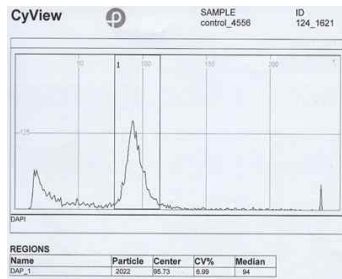
당근 약배양 유래 식물체의 ploidy 수준을 알아보려고 약배양 유래 식물체를 조생종, 중생종, 만생종으로 유전형을 구분하고 이들을 각각 직접 배형성을 거쳐 얻어진 배 유래 식물체와 간접 배형성을 거쳐 얻어진 캘러스 유래 식물체로 구분하여, 조생종 18계통, 중생종 21계통, 만생종 6계통을 사용하였고, 이들은 배 유래 식물체 18계통과 캘러스 유래 식물체 27계통 등 총 45계통을 분석하였다. donor plant(이배체, $2n=2x=18$)를 external reference standard로 분석을 실시하였는데, donor plant는 center value가 95.7이었다.

약배양 유래 식물체의 ploidy 수준을 분석하였을 때, 반수체, 2배체, 3배체, 4배체 등의 식물체가 관찰되었다(그림 17). Ploidy 분석 결과를 보면 캘러스 유래 식물체 1계통이 반수체로 3.7%이었으며, 캘러스 유래 18계통(66.7%) 및 배 유래 14계통(77.7%)은 2배체로 나타났다. 또한 캘러스 유래 4계통(14.8%)와 배 유래 3계통(16.7%)은 3배체로 밝혀졌고, 캘러스 유래 4계통(14.8%)와 배 유래 1계통(5.6%)가 4배체로 나타났다(표 24). 조생종에서는 캘러

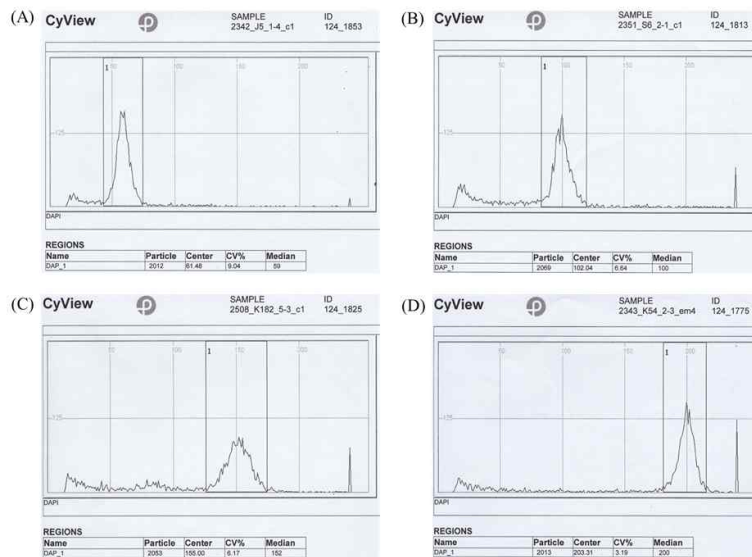
스와 배 유래의 식물체에서 2배체가 각각 63.6%, 71.4%였고 증생종에서도 83.3%, 88.9%로 가장 비율이 높았다. 이로 보아 켈러스 유래 식물체보다 배 유래의 식물체에서 안정적으로 2배체가 생산된다는 것을 알 수 있었다.

표 24. 당근의 2차 약배양 유래 재생 식물체의 배수성 분석

분류	구분	배수성 구분 개체수 (%)				합계
		n	2n	3n	4n	
조생종	callus	1 (9.1)	7 (63.6)	1 (9.1)	2 (18.2)	11 (100.0)
	embryo	-	5 (71.4)	1 (14.3)	1 (14.3)	7 (100.0)
중생종	callus	-	10 (83.3)	1 (8.3)	1 (8.3)	12 (100.0)
	embryo	-	8 (88.9)	1 (11.1)	-	9 (100.0)
만생종	callus	-	1 (25.0)	2 (50.0)	1 (25.0)	4 (100.0)
	embryo	-	1 (50.0)	1 (50.0)	-	2 (100.0)
총계	callus	1 (3.7)	18 (66.7)	4 (14.8)	4 (14.8)	27 (100.0)
	embryo	-	14 (77.7)	3 (16.7)	1 (5.6)	18 (100.0)



<대조구>



<약배양 유래 재생 식물체>

그림 17. 당근의 2차 약배양 재생 식물체의 DAPI 형광강도를 이용한 flow cytometric 히스토그램. 상: donor plant; 하: (A) 반수체(1n), (B) 2배체(2n), (C) 3배체(3n), (D) 4배체(4n)

(3) 3차 약배양 유래 식물체의 ploidy 검정

당근 유전형 S&P3283, S&P3514, S&P3323, S&P3303, S&P3766의 약배양 유래 식물체의 배수성 검정을 알아보기 위해 유세포분석기를 사용하여 배수성을 검정하였다.

당근 약배양 유래 식물체의 배수성 분석 결과, 유전형 S&P3283의 캘러스로부터 얻어진 간접배(캘러스) 유래 식물은 1개체로 반수체로 밝혀졌으며, 직접배(배) 유래 식물은 44개체 중 반수체가 97.8%, 3n이 2.2%로 나타났다(표 25).

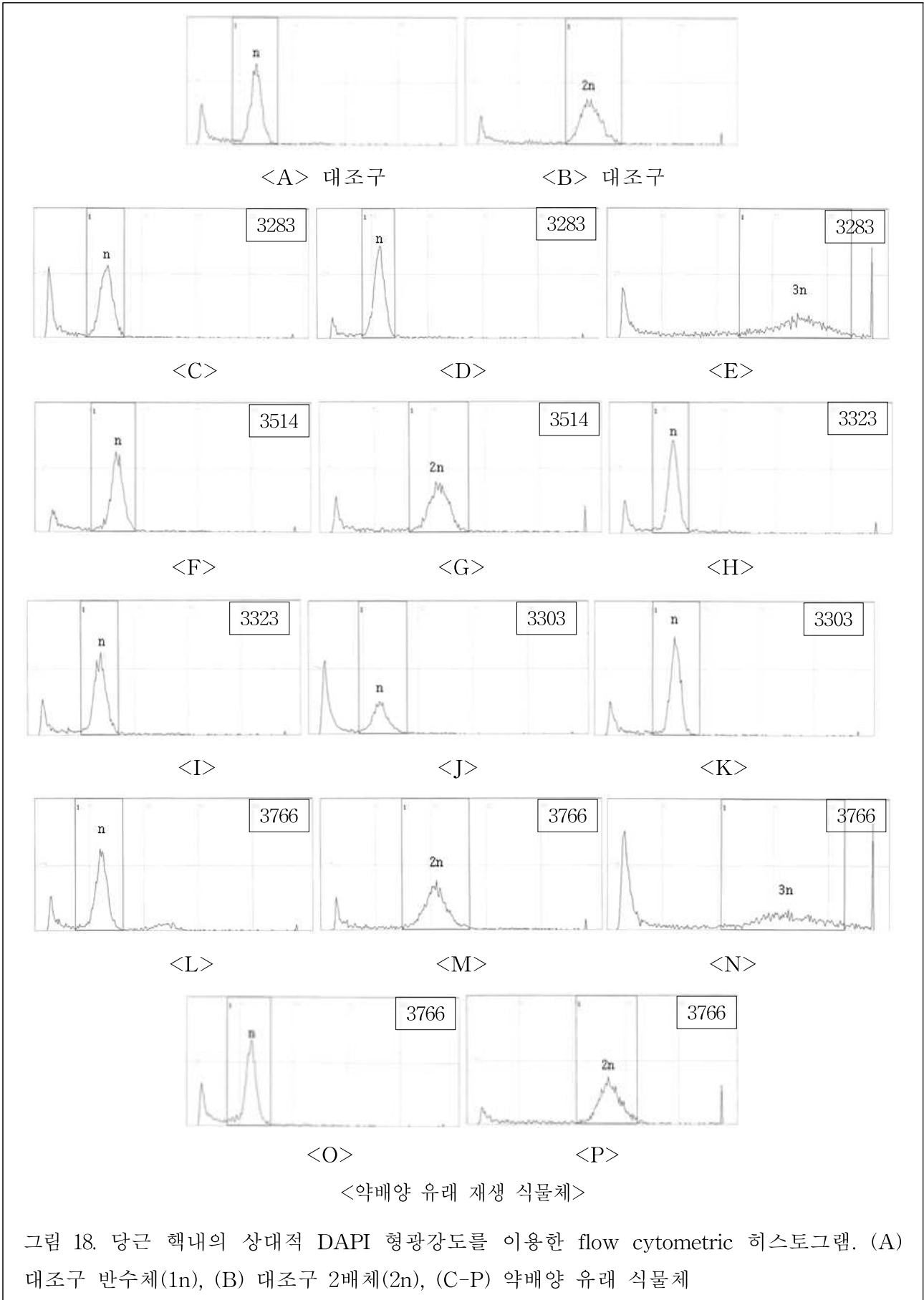
유전형 S&P3323과 S&P3303은 캘러스 유래 식물과 배유래 식물 모두 반수체였다. 그러나 유전형 S&P3514과 S&P3766에서는 2배체가 66.7%이상이었고, 일부 반수체와 3배체가 나타났다.

또한 전체적으로 보아 반수체는 2/3 정도이며, 2배체는 1/3정도이며, 3배체는 드물게 나타나는 것으로 보인다.

이로 보아 약배양 유래 당근 식물의 배수성은 유전형 계통에 의해 영향을 받는 것으로 판단된다.

표 25. 당근 약배양 유래 식물체의 배수성 분석

유전형	형태	식물체 수 (%)				합계
		배수성				
		n	2n	3n	4n	
3283	callus	1 (100.0)	-	-	-	1 (100.0)
	embryo	44 (97.8)	-	1 (2.2)	-	45 (100.0)
3514	callus	-	-	-	-	-
	embryo	3 (18.8)	13 (81.3)	-	-	16 (100.0)
3323	callus	8 (100.0)	-	-	-	8 (100.0)
	embryo	6 (100.0)	-	-	-	6 (100.0)
3303	callus	1 (100.0)	-	-	-	1 (100.0)
	embryo	14 (100.0)	-	-	-	14 (100.0)
3766	callus	2 (22.2)	6 (66.7)	1 (11.1)	-	9 (100.0)
	embryo	6 (20.0)	24 (80.0)	-	-	30 (100.0)
소계	callus	10 (58.8)	6 (35.3)	1 (5.9)	-	17 (100.0)
	embryo	73 (65.8)	37 (33.3)	1 (0.9)	-	111 (100.0)



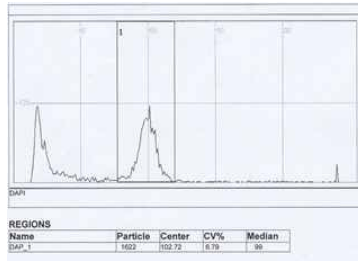
(4) 4차 약배양 유래 식물체의 ploidy 검정

당근 4차 약배양 유래 식물체의 ploidy 수준을 직접 배형성을 거쳐 얻어진 배 유래 식물체 28계통과 간접 배형성을 거쳐 얻어진 캘러스 유래 식물체 3계통 등 31계통을 이용하여 분석하였는데, 반수체, 2배체, 3배체 등의 식물체가 관찰되었다(그림 18, 그림 19).

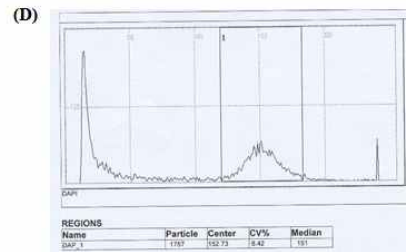
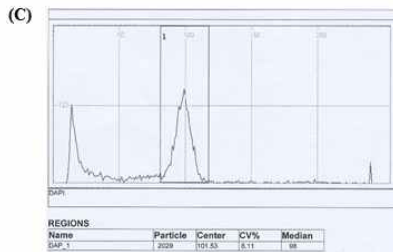
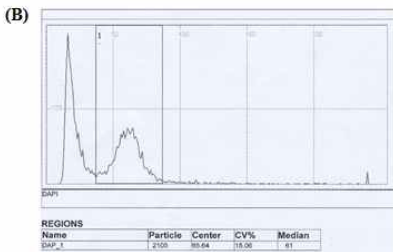
Ploidy 분석 결과 전체적으로 배 유래 식물체에서 반수체 1계통 (3.5%), 캘러스 유래 식물체 3계통 (100.0%) 및 배 유래 25계통(89.2%)은 2배체로 나타났다. 또한 배 유래 2계통 (7.1%)은 3배체로 나타났다(표 26).

표 26. 당근 약배양 유래 식물체의 배수성 분석

유전형	형태	식물체 수 (%)				합계
		n	2n	3n	4n	
4548	callus	-	3 (100.0)	-	-	3 (100.0)
	embryo	1 (3.5)	25 (89.2)	2 (7.1)	-	28 (100.0)



<대조구>



<약배양 유래 재생 식물체>

그림 19. 당근 핵내의 상대적 DAPI 형광강도를 이용한 flow cytometric 히스토그램. 상: donor plant; 하: (A) 반수체(1n), (B) 2배체(2n), (C) 3배체(3n)

2. 약배양 유래 식물체의 계통 선별

가. 연구내용

약배양을 실시하여 얻어진 기내 식물체의 활착을 실시하였다. 본엽이 4매, 초장이 10cm 이상인 식물체를 선별하여 범용 원예상토가 담긴 56구 육묘판에 이식하여 다용도 재배용기 (32.5×22.5×14.0cm, 아시아종묘) 안에 넣어 순화를 유도하였다. 육묘판은 1구의 크기가 3.5×3.5cm인 것을 사용하여 1구에 식물체 한 개를 이식하였고, 당근 생장에 적합한 20℃, 상대습도 80% 이상을 유지하여 16/8 광주기 하에서 2주간 순화시켰다.

식물체가 성공적으로 활착되어 지상부의 생장 발달이 이루어지는 것을 확인한 후 식물체들을 32구 육묘판으로 이식하였다. 육묘판에서 정상적으로 성장하는 식물체들을 화분에 정식한 후 온실에서 재배하였다. 당근 뿌리가 당근 뿌리가 10cm 이상 비대하였을 때 저온처리(4℃)를 시작하여 저온상태를 유지하면서 약 4개월간 재배하였다.

나. 결과 및 고찰

(1) 당근의 1차 약배양 유래 식물체

2012년 약배양을 통해 얻어진 식물체를 활착시켜 온실에서 재배하였고, 온실에서의 저온처리를 거쳐 화아분화가 이루어진 것으로 판단되는 식물체 15개체를 선별하였다. 그리고 2013년 4월 23일 제1협동과제 연구팀이 있는 ‘씨앗과 사람들’ 본사를 직접 방문하여 전달하였다(그림 20).

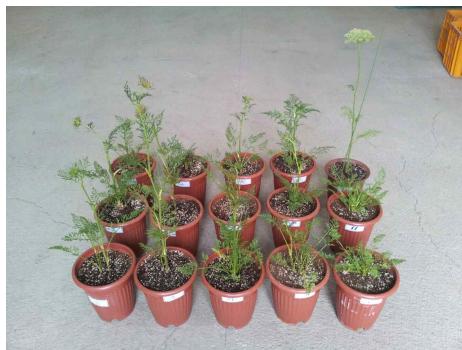


그림 20. 당근 1차 약배양 유래 식물체 전달 (2013년 4월 23일)

표 27. 당근 1차 약배양 유래 식물체 분양 재료 (14.4.8)

계통명	개화 시기	독립 계통수	총 개체수	계통명	개화 시기	독립 계통수	총 개체수	계통명	개화 시기	독립 계통수	총 개체수
0624-1	-	13	14	1517	-	1	1				
								2계통		14	15

(2) 당근의 2차 약배양 유래 식물체

(가) 활착 및 저온처리

2013년 약배양을 통해 얻어진 DH 기내 식물체를 2014년 7월 31일부터 8월 8일에 걸쳐 활착을 실시하였다. 9월 22일-25일에 식물체들을 32구 육묘판으로 이식하였고, 정상적으로 성장하는 식물체들을 2014년 11월 11일-13일에 화분에 정식한 후 온실에서 재배하였다.

전체적으로 약배양으로부터 재생된 식물체 가운데 조생종 6개 유전형에서 76계통, 중생종 5개 유전형에서 77계통, 만생종 5개 유전형에서 23계통 등 총 16개 유전형의 약배양에서 재생된 176계통, 512개 식물체를 활착 과정을 거쳐 화분에 정식한 후 온실에서 재배하였다 (표 28). 이어서 온실에서 저온상태를 유지하면서 저온처리를 실시하였다(그림 21).

표 28. 당근 2차 약배양 유래 식물체의 기외 활착 계통

분 류	기외 활착 계통		
	유전형 (donor plant)	약배양 유래 재생 계통	총 개체수
조생종	6	76	232
중생종	5	77	212
만생종	5	23	68
총 계	16	176	512



그림 21. 약배양 유래 식물체의 화아분화 유도를 위한 온실내에서의 저온처리 모습.

(나) 계통선별

화분에 정식한 후 저온처리를 거쳐 화아분화된 것으로 판단되는 당근 6개 유전형의 1차 및 2차 약배양으로부터 얻어진 식물체 14계통(16개 식물체)을 2014년 4월 8일 1차로 협동 연구팀으로 전달하였다(그림 29).

또한, 2014년 11월 11일-13일에 화분에 정식한 후 온실에서 정상적으로 성장한 조생종 64계통(114개 식물체), 중생종 62계통(96개 식물체), 만생종 18계통(29개 식물체) 등 총 144계통, 239개 식물체를 2014년 12월 4일에 제1협동과제 연구팀에 2차로 전달하였다(그림 22).

당근 뿌리가 10cm 이상 비대하였을 때부터 2014년 11월부터 2015년 2월 말까지 약 4개월간의 저온처리(4℃)를 거쳐 화아분화 유도가 된 것으로 판단되는 식물체를 선별하여, 조생종 67계통(75개 식물체), 중생종 65계통(73개 식물체), 만생종 21계통(22개 식물체) 등 총 153계통, 170개 식물체를 2015년 3월 16일에 제1협동과제 연구팀에 3차로 전달하였다(그림 22). 3차년도에 조생종 74계통(189개 식물체), 69계통(169개 식물체), 23계통(51개 식물체) 등 총 166계통, 409개 식물체를 제1협동과제 연구팀에 전달하였다(표 30, 표31).

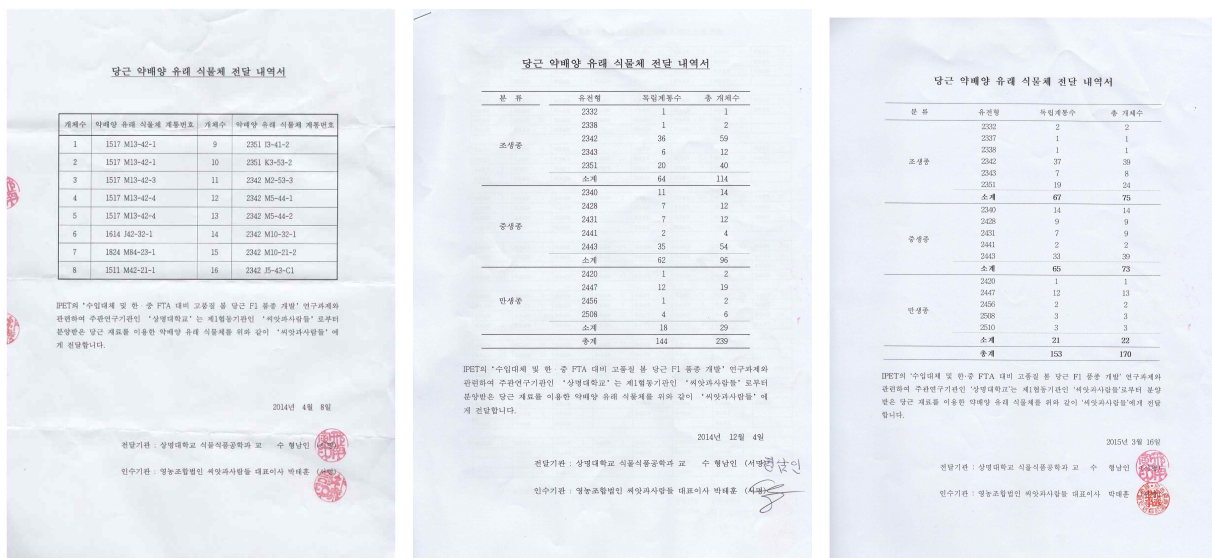


그림 22. 당근 2차 약배양 유래 식물체 3년차 1차 (2014년 12월 4일) 및 2차(2015년 3월 16일) 전달

표 29. 당근 1차 약배양 유래 식물체 1차 전달 (14.4.8)

계통명	개화 시기	독립 계통수	총 개체수	계통명	개화 시기	독립 계통수	총 개체수	계통명	개화 시기	독립 계통수	총 개체수
1511	-	1	1	1614	-	1	1	2342	조	6	6
1517	-	5	5	1824	-	1	1	2351	조	2	2
								6계통		16	16

표 30. 당근 2차 약배양 유래 재생 식물체 2차 전달 (14.12.4)

계통명	개화 시기	독립 계통수	총 개체수	계통명	개화 시기	독립 계통수	총 개체수	계통명	개화 시기	독립 계통수	총 개체수
2332	조	1	1	2340	중	11	14	2447	만	12	19
2338	조	1	2	2428	중	7	12	2456	만	1	2
2342	조	36	59	2431	중	7	12	2420	극만	1	2
2343	조	6	12	2441	중	2	4	2508	극만	4	6
2351	조	20	40	2443	중	35	54				
소계	5	64	114	소계	5	62	96	소계	4	18	29
								총계	16	144	239

표 31. 당근 2차 약배양 유래 재생 식물체 3차 전달 (15.3.16)

계통명	개화 시기	독립 계통수	총 개체수	계통명	개화 시기	독립 계통수	총 개체수	계통명	개화 시기	독립 계통수	총 개체수
2332	조	2	2	2340	중	14	14	2447	만	1	1
2337	조	1	1	2428	중	9	9	2456	만	12	13
2338	조	1	1	2431	중	7	9	2420	극만	2	2
2342	조	37	39	2441	중	2	2	2508	극만	3	3
2343	조	7	8	2443	중	33	39	2510	극만	3	3
2351	조	19	24								
소계	6	67	75	소계	5	65	73	소계	5	21	22
								총계	16	153	170

(3) 당근의 3차 약배양 유래 식물체

(가) 활착 및 저온처리

2014년 약배양을 통해 얻어진 DH 기내 식물체를 2015년 9월 2일-11일 활착을 실시하였다. 육묘판에서 정상적으로 성장하는 식물체들을 2015년 11월 23일-30일에 화분에 정식한 후 온실에서 재배하였다.

약배양으로부터 재생된 식물체 가운데 조생종 4개 유전형에서 39계통, 중생종 1개 유전형에서 6계통, 만생종 ,8개 유전형에서 100계통 등 총 13개 유전형의 약배양에서 재생된 145계통, 351개 식물체를 활착 과정을 거쳐 화분에 정식할 수 있었다(표 32).

표 32. 당근 3차 약배양 유래 식물체의 기외 활착 계통

분 류	기외 활착 계통		
	유전형 (donor plant)	약배양 유래 재생 계통	총개체수
조생종	4	44	125
중생종	1	6	12
만생종	8	100	214
총 계	13	150	378

(나) 계통선별

당근의 약배양 유래 식물체를 화분에 식재하여 온실에서 재배를 하다가 뿌리가 10cm 이상 비대하였을 때 저온처리(4℃)를 시작하여 2015년 11월부터 2016년 2월 말까지 약 4개월간 저온상태를 유지하였다.

온실에서 저온처리를 거쳐 화아분화 유도가 된 것으로 판단되는 식물체를 선별하여, 조생종 39계통(109개 식물체), 중생종 6계통(12개 식물체), 만생종 100계통(230개 식물체) 등 총 145계통, 351개 식물체를 2016년 3월 28일에 제1협동과제 연구팀에 전달하였다(그림 23).



2016년도 당근 약배양 유래 식물체 전달 내역서

분 류	유전번호	독립계통수	총 개체수
조생종	3303	13	27
	3323	23	75
	3327	1	4
	3451	2	3
	소계	39	109
중생종	3342	6	12
	소계	6	12
만생종	3212	7	18
	3217	1	4
	3245	3	9
	3225	15	40
	3247	5	13
	3283	27	53
	3514	23	50
	3776	19	43
	소계	100	230
	총계	145	351

RIPET의 '수입대체 및 한국 FTA 대비 고품질 품 당근 F1 품종 개발' 연구과제와 관련된 후원연구기관인 '상명대학교'는 제1필동기법인 '세앗커사람'으로부터 분양 받은 당근 재료를 이용한 약배양 유래 식물체를 위와 같이 '세앗커사람'에게 전달 합니다.

2016년 3월 28일

전달기관 : 상명대학교 식물신품종학과 교수 평남인

인수기관 : 영농조합법인 세앗커사람을 대표이사 박태훈

그림 23. 당근 3차 약배양 유래 식물체 전달 (2016년 3월 28일)

표 33. 당근 3차 약배양 유래 재생 식물체 전달 (16. 3. 28)

계통명	개화 시기	독립 계통수	총 개체수	계통명	개화 시기	독립 계통수	총 개체수	계통명	개화 시기	독립 계통수	총 개체수
3303	조	13	27	3342	중	6	12	3212	만	7	18
3323	조	23	75					3217	만	1	4
3327	조	1	4					3225	만	3	9
3451	조	2	3					3245	만	15	40
3514	조	23	50					3247	만	5	13
								3283	만	27	53
								3776	만	19	50
소계	5	62	159	소계	1	6	12	소계	7	77	187
								총계	13	145	351

3. SSR marker를 이용한 당근 약배양 유래 식물체의 검정

가. 연구내용

당근 유전형 S&P3514, S&P3766 약배양 유래 식물체의 배가반수체 여부를 확인하기 위하여 SSR marker를 이용한 분석을 수행하였다. Cavagnaro 등 (2011)의 논문을 참고하여 20개의 BSSR, GSSR 프라이머를 선발하였다(표 34). 선발된 20종의 SSR 프라이머를 이용하여 S&P3514, S&P3766 계통 당 각각 14개체, 9개체를 대상으로 유전분석을 수행하여 계통의 균일성을 검정하였고, SSR분석에 활용하였다.

약배양을 통해 재생된 당근 잎을 0.02g을 액체질소에 넣어 분말상태가 되도록 분쇄한 후, Macherey-Nagel사의 Nucleospin Plant II Kit을 이용하여 DNA를 추출하였다. DNA 증폭은 95°C에서 5분 동안 초기 denaturation 한 후, 95°C 30초 denaturation, 51-58°C 30초 annealing, 72°C 30초 extension을 35cycle 반복한 후, 최종적으로 72°C에서 2분간 extension하였다. 증폭된 DNA를 1% agarose gel을 이용하여 50분 동안 전기영동하고 UV로 확인하였다(그림 24).

표 34. 당근 약배양 유래 식물체의 배가반수체 확인을 위한 SSR 마커

SSR	SSR type*	SSR Motifs*	size (nt)*	Forward primer	Reverse primer	Optimal annealing temp. (°C)	Expected amplicon size (bp)	NCBI Accession number
GSSR4	p4	(TCTA)21	84	CAATCTTGCCACTAAAAGAGCA	CAGATACAATAGACAGGAAACATCG	55	314	FJ816114
GSSR6	c p6	(TC)9a(CT)11 (CAGTAG)4	41 24	TCTCCTCTTGATTCTTCTCGC	CCAATAAGCGTAAGCGTTTCTC	57	306	FJ816116
GSSR14	c	(AC)10(AO)18	56	CCACCTTGGACAAAGCAAAC	GCCCAGTCTCTCTTAATTGCAG	55	224	FJ816124
GSSR16	c	(TG)9tacgc(ATGT)3	35	ATGCAAACGACAATATCCACAG	GCCCAGCCACTTCCTAGAT	57	212	FJ816126
GSSR17	p3	(CTA)9	27	GGTCTCTTCCACACTCATGGAT	CCAGCATTCACTATGTCCACTC	54	216	FJ816127
GSSR19	c	(AGAC)4(AG)6	28	CCGAGTTGGATTTCGGAGAG	GTA AATTGAGGATTGCGAGTTG	58	231	FJ816129
GSSR31	p4 p4	(CAA)3 (GTTT)8	12 32	GGATTCTAACTGGCCTCAAACA	TGTATATTCCGCAACAAAGGC	54	381	FJ816141
GSSR42	c	(AC)8(CACACT)2	29	CAGCACTACTCGAAGATTGGC	ACCTAGTTCGTGCCAAAGTGCG	58	288	FJ816151
GSSR85	c	(TCTA)4ttatca(ATCT) 4gtctgcta(TCTG)3	60	TGACTCGGTGGATGAATTAAGA	CACTGCTTTGCCATTGTTTT	58	227	FJ816194
GSSR107	p4 p4	(ATAC)8 (ACAT)4	32 16	TTCTGGTCTTTTGACATGAAGG	CGGATTTGAGGTGAGTTGAATA	54	265	FJ816216
BSSR22	c	(ATAC)16atga(GT)7	82	GGTGTCTCAGTATCTCATAATAAA	AAAGAAAAGGCAAGATTCATG	51	175	FJ147928
BSSR34	p4	(TGCA)3	12	AGCTTACGACGTTGATAGATTGATTA	AAAGCCCTTAAAAATTCATGGAATAC	53	217	FJ148046
BSSR43	p2	(GT)6	12	CTTCTGATGCAAGTAACAACCCTAGT	AGTAATAGCTGGGCAAATGCTACAA	56	225	FJ148130
BSSR76	p3	(AAG)4	12	GGAGAGAAAAAGCCAGCAGAGAA	ATATCAGGGTGGACTTGCTCAAC	56	209	FJ148203
BSSR88	p2	(GT)7	14	CTGAATTTGGATAAGAATTTCAAGTG	TGGTATGAAACCAAAATACGC	50	193	FJ148753
BSSR89	p2	(AC)21	42	GCACAGAAATGTTATGTATCTCTGITT	AGGAGGAAAGGAGAATTCGAATG	53	320*	FJ148812
BSSR94	c	(TCTA)3(TC)6	24	TTTTCACTCACCTATAGCCACAAG	ATCCATTCTGTTGTGATGGTAATA	54	219	FJ149692
BSSR99	c	(TTGTGTA) 2at(TTGTGTA)	26	ATTGTTGGTTATTGGTTTGAATGAG	CAAGAGGGTTCAAGAATATGAAGAA	52	204	FJ147926
BSSR114	p6	(GAGGTG)3	18	AGTAGTAAAAGTGGCGGATGGTA	CCAACTCAGCCTCTTCTCTATC	57	240	FJ150107
BSSR128	p5 p5	(CCGAG)3 (CGAGC)3	15 15	GAATCCAAAATCTGCACAAAACACAC	TCGGCTCGGTTCCGGTCAAA	55	150	FJ149699

나. 결과 및 고찰

BSSR 10개와 GSSR 10개 프라이머를 이용한 PCR을 통하여 당근 동일 유전형의 약배양 유래 계통들 간의 DNA banding 패턴을 비교하였다. 20개의 GSSR4, BSSR89, BSSR94, BSSR99, BSSR128 프라이머를 이용한 PCR 결과, S&3514, S&P3766 계통 당 각각 14계통, 9계통 간에 유전적인 차이가 있음을 확인할 수 있었으며, 이로 보아 당근 약배양 유래 계통들은 DH 계통이라고 판단된다. 또한, 이들 마커는 추후 당근 계통을 구분하는데 유용한 DNA 마커로 활용될 수 있으리라 판단된다.

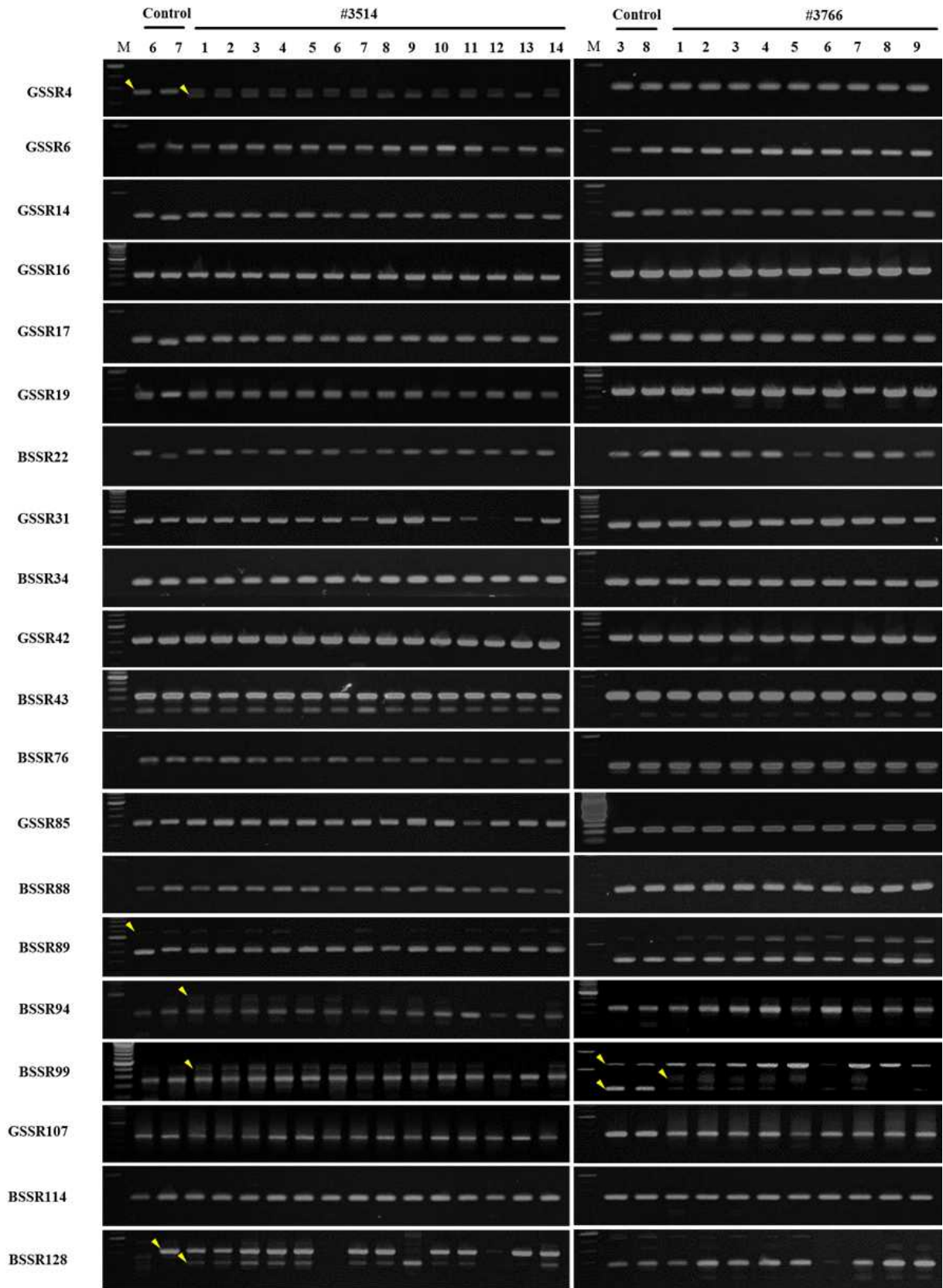


그림 24. SSR 마커를 이용한 당근 약배양 유래 계통간 비교 분석.

제 4 절. 당근의 약배양 유래 DH 식물체의 증식 체계 확립

1. 약배양 유래 식물체의 기내 증식

가. 연구내용

제1협동과제 연구팀으로부터 전달받은 유전형의 약배양을 실시하여 식물체를 유도하였다. 배형성 배지에서 발생한 배가 1mm이상 발달하였을 때, 27°C의 온도에서 $30\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 24시간 명조건에서 2주간 배양하였다. 명조건에서 배가 초록색을 띠면 식물체 재생배지(B5 배지, 자당 20g/L, 한천 6.5g/L)로 옮겨 식물체의 분화를 유도하였다.

나. 결과 및 고찰

당근의 1차 약배양을 통해 얻어진 S&P2351-7, S&P2351-9, S&P2351-19 계통등 3계통 및 당근 3차 약배양을 얻어진 13개 유전형으로부터 얻어진 145계통을 각각 기내 증식 재료로 사용하여 배양하였다(그림 25).

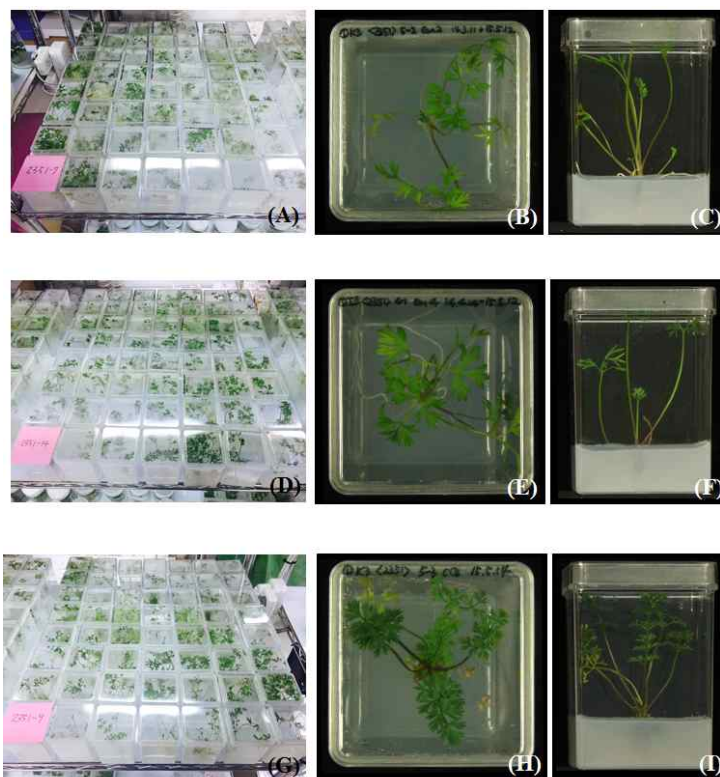


그림 25. 약배양 유래 식물체의 기내증식. A-C: S&P2351-7, D-F: S&P2351-19, G-I:S&P2351-9.

약배양을 실시하여 식물체 재생배지에서 약배양 유래 1차 배로부터 2차 배가 형성된 다음 발아 과정을 거쳐 소식물체로 분화를 유도하였다. 자엽이나 본엽을 2매 이상, 초장이 3cm 정도로 발달한 소식물체만을 선별하여 높이 7cm인 사각용기(72x72x100cm, SPL)로 이식한 후 4주간 성장상에서 20°C의 온도에서 16/8 광주기로 3주간 배양하였을 때, 본엽이 4매 이상 발달한 건전한 기내 묘를 얻을 수 있었다. 이를 통하여 기내 재생 배 또는 소식물체로부터 다수의 건전한 개체를 생산 할 수 있었으며, 이들은 건전한 기내 묘로 활착에 적합하다고 판단된다(그림 26)



그림 26. 당근의 2차 약배양 유래 우수 DH 계통 식물체의 기내증식.

2. 약배양 유래 식물체의 뿌리로부터 캘러스 형성을 통한 식물체 재생

가. 연구내용

당근의 약배양 유래 기내 식물체를 활착시켜 화분에 정식하여 온실에서 재배를 실시하였다. 뿌리가 10cm 이상 비대한 계통을 선별하여 증식 실험의 재료로 사용하였으며(표 35), 조생종 6계통, 중생종 12계통, 만생종 1계통 등 총 19계통을 실험에 사용하였다. 이로부터 체세포배형성을 통한 식물체 재생 시스템을 확립하고자 실험하였다.

재배하고 있던 식물체를 화분에서 꺼내어 지상부를 절단하여 제거한 다음, 뿌리 부분만을 분리하여 표면과 상단부를 약 1cm 정도씩 제거하였다. 준비된 당근 뿌리를 3-5cm 두께로 절단한 후, 70% 에탄올 용액에 2분간 침지하고 멸균수로 1분간 1회 세척한 다음,

Tween-20을 포함한 40% 차아염소산나트륨 용액에서 2시간동안 표면 살균하였다. 살균이 끝난 후 거품이 완전히 없어질 때까지 멸균수로 4회 이상 세척하였다.

이어서 당근 뿌리 절편체의 표백된 부위를 제거하고, 형성층이 포함되도록 하여 1mm 두께로 절단하여 배지에 치상하였다. 배지는 MS배지를 기본으로 sucrose 30g/L, agar 8g/L, 2,4-D 1.0mg/L(1: 2,4-D 0.5mg/L, 2: 2,4-D 1.0mg/L, 3: 2,4-D 0.5mg/L + NAA 0.1mg/L, 4: 2,4-D 1.0mg/L + NAA 0.1mg/L)을 첨가한 3종류의 배지를 사용하였다.

나. 결과 및 고찰

당근의 약배양 유래 식물체들은 제1협동과제 연구팀에서 고순도의 신품종을 생산하기 위한 재료로 사용하게 된다. 약배양으로부터 재생된 식물체를 이용하여 제1협동과제 연구팀에서 품종 육성을 위한 교배를 통하여 우량한 특성을 가지고 있는 것으로 평가가 나오게 되는 경우, 당근이 타식성 작물로 낮은 자식율을 나타내기 때문에 종자 생산이 어려운 상황이 발생하곤 한다. 이를 해결하기 위하여 우량 특성을 가진 식물 재료를 안정적이며 지속적으로 공급할 수 있는 체계의 확립이 필요하다.

기내에서 유지하고 있는 약배양 유래의 DH 식물체를 안정적으로 증식할 수 있는 체계를 확립하기 위하여 약배양 유래 식물체를 활착시켜 온실에서 얻어진 당근 뿌리를 이용해 동일한 유전적 성질을 가진 식물체를 증식할 수 있는 방법을 개발하고자 실험을 수행하였다.

당근 뿌리의 절편체를 배지에 치상하여 배양하였을 때, 암배양 6주 후 절편체의 형성층 부위 및 절단 부위에서 캘러스가 형성되었다. 이들을 뿌리 절편체로부터 분리하여 성장조절제를 포함하지 않은 MS배지를 기본으로 한 배지에 옮겨주었을 때, 정상적인 식물체로 발달하였다.

표 35. 당근 약배양 유래 식물체의 뿌리를 이용한 캘러스 유도 및 식물체 재생

분류	유전형	구분	총계
조생종	2338	체세포배	-
		캘러스	1
	2342	체세포배	1
		캘러스	1
	2343	체세포배	2
		캘러스	1
중생종	2340	체세포배	1
		캘러스	-
	2428	체세포배	1
		캘러스	1
	2431	체세포배	1
		캘러스	1
2441	체세포배	-	
	캘러스	2	
2443	체세포배	4	
	캘러스	1	
만생종	2508	체세포배	-
총계	9개 유전형	체세포배	10
		캘러스	9

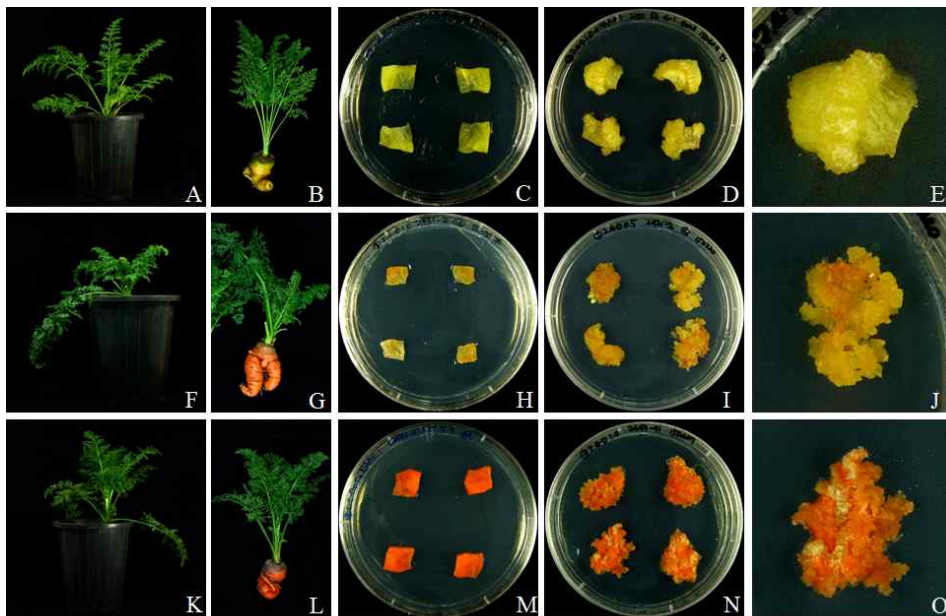


그림 27. 당근 약배양 유래 식물체의 뿌리를 이용한 식물체 재생. A-E: S&P2351-41, F-J: S&P2431-2, K-O: S&P2443-41. A, F, K: 온실에서 재배한 약배양 유래 식물체; B, G, L: 뿌리가 비대한 약배양 유래 식물체; C, H, M: 소독 후 절단된 뿌리 절편체; D-E, I-J, N-O: 암배양 6주 후 뿌리 절편체에 형성된 캘러스.

제 5 절. 유전자원 수집 및 계통성능검정

1. 제 1년차 (2012-2013년)

가. 유전자원 수집

유전자원의 수집은 미국 USDA 보존 유전자원 6점, 일본 SUMIKA에서 수입하여 국내시판중인 아이모리의 1점을 확보하였다.

미국에서 수집된 유전자원은 계통성능검정 과정이 완료되어 1차년도 후반기에 극소량 수집되어, 2차년도 화분에 과종 후 약배양 재료로 이용하거나 계통성능검정에 공시하고자 한다. 일본에서 수입된 2점은 강원도 고랭지 성능검정에 공시하였다.

표 36. 유전자원 수집 내역

NO.	Item NO.	품종명	수집국가	Lot	종자량	비고
1	32	Garga sark	Pakistan	88ncab01	32립	USDA
2	35	Zardak	Afghanistan	74ncai01	18립	"
3	36	Chanternay Red Core No. 36	Denmark	84ncai01	23립	"
4	41	Nantesa	Spain	85ncai01	17립	"
5	43	Flakheese	Netherlands	97ncei01	30립	"
6	48	Claudia (earliest Nantes)	France	93ncei01	21립	"
7	-	아이모리	Japan	-	18g	농가
8	-	후지모리	"	-	3m	" seed tape



그림 28. 미국 USDA 수집 유전자원(좌) 및 일본 수입 유통 자원(우)

나. 계통성능검정

(1) 공시 재료 ; 수집 유전자원, MS 및 유지계 각 12계통, 화분친 순화 및 고정계 163계통

(2) 경종개요

과 종	검정 및 모본선발	재식거리(cm)	면적(m ²)	장 소	비 고
2012. 8. 7	-	15×10	4,950	제주	단구제
2012. 9. 3	2013. 3상	15×10	1,980	경남	단구제

(3) 시험 결과

(가) 제주 검정은 발아초기 제주 지역에 큰 피해를 입힌 덴빈, 불라벤 등 300mm 이상의 폭우를 동반한 태풍으로 유실되어 검정에 실패하였다.

(나) 계통성능검정은 다양한 재료육성을 위하여 선행연구 결과에 의한 기 육성 계통 또는 새로이 수집되는 유전자원을 공시하고, 세대를 진전시키거나 분리 중인 계통을 개체 선발 또는 집단 선발을 통하여 용도에 적합하게 새로운 형태 또는 기능 별로 분리·고정시켜 교배모본의 양친으로 이용할 목적으로 실시하였다.

(다) 공시된 계통들은 조사항목별 생육 시기에 맞춰 포장 생육 특성 조사를 실시하였으며, 하우스에서 월동 후 3월 상순에 초세, 초자, 추근성, 근형, 근색, 근피, 근미 맷힘 등을 조사하고, 만추대 계통 선발을 위해 추대고의 위치 등을 파악한 후 각 계통별로 선발하였다. 선발된 모본은 선발 목적에 따라 분리하여 자식, 형매 교잡, 조합 작성에 이용하고, 1차년도 예비 선발된 조합의 양친은 원종증식과 함께 시교종 생산에 돌입하였다.

(라) 한편 주관 기관의 약배양 재료 공급을 위하여 월동 전 합성계통 위주로 선발하여 주관기관에 제공하였고, 선행연구에서 얻어진 약배양 식물체를 주관기관으로부터 인수받아 교배 중에 있으나 대부분 화분이 약하였다.



그림 29. 제주 과종 광경(좌), 경남 수확광경(중), 모본 선발 광경(우)



그림 30. 주요 계통별 모본 선발 사진



그림 31. 주요 계통 별 집단 사진

표37. 약배양 유래 DH 식물체 재료 인수내역(재료 인수일 : 2013. 4. 23)

식물체수	모주	계통번호	식물체수		비고
			추대중	만개	
1	0624-1	3	2		
2	"	4	1		
3	"	5	1		
4	"	6	1		
5	"	7	1		
6	"	8	1		
7	"	9	1		
8	"	10	1		
9	"	11	1		
10	"	13	1		
11	"	14	1		
12	"	16	1		
13	"	19	1		
14	1517	20		1	
총계			14	1	

2. 제 2년차(2013-2014년)

가. 공시 재료 : 수집 유전자원 Stewart의 9품종, MS 및 유지계 각 14계통, 화분친 순화 및 고정계 235계통

나. 경종개요

과 종	검정 및 모본선발	재식거리(cm)	면적(m ²)	장 소	비 고
2013. 8. 31.	2014. 3. 4.~ 2014. 3. 9.	15×10	3,300	영 광	단구제

다. 시험 결과

(1) 유전자원 수집

미국으로부터 유기농 채소 종자 Martha의 4품종, 일본으로부터 Amane의 2점, 중국에서 황색계 齊頭黃의 1점을 수집하였다(표 38., 그림 32., 그림 33.).

수집된 유전자원은 계통성능검정에 공시하여 특성 평가 후 자식 또는 형매 교잡을 위하여 개체선발과 집단 선발을 병행하였으며, 선발된 모본은 교배하우스에 정식하였다.

수집 유전자원 중 일본으로부터 수집된 Picolo 및 Dr. carotin 5는 발아에 실패하여 모본 확보가 불가능하였다.

표 38. 유전자원 수집 내역

NO.	품종명	수집국가	종자량	구 분	비고
1	Martha	미국	2.5g	F ₁	
2	Nantes coreless	"	4.6m	F ₁	seed tape
3	Nutri-red	"	0.5g	F ₁	
4	Danvers #126	"	2g	F ₁	
5	Long imperator #58	"	2g	F ₁	
6	Amane	일본	20ml	F ₁	
7	Piccolo	"	8ml	F ₁	
8	Dr. carotin 5	"	450립	F ₁	Coating seeds
9	齊頭黃	중국	20g	OP	
10	神禾齊頭黃	"	"	OP	



그림32. 수집 유전자원의 종자 및 모본 선발 사진

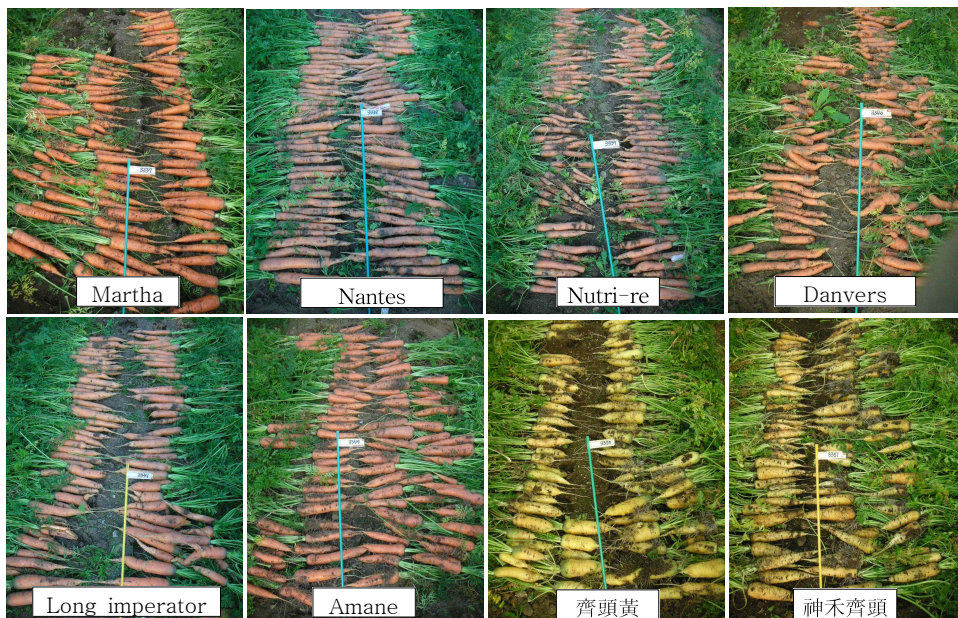


그림 33. 수집자원 자원별 수확 집단 사진

(2) 계통성능검정

(가) 계통성능검정은 다양한 재료육성을 위하여 1차년도 계통육성에서 획득한 기육성 계통 종자 또는 새로이 수집된 유전자원을 공시하고, 세대를 진전시키거나 분리 중인 계통을 개체 선발 또는 집단 선발을 통하여 용도에 적합하게 새로운 형태 또는 기능 별로 분리·고정 시켜 교배모본의 양친으로 이용할 목적으로 실시하였다.

(나) 공시된 계통들은 조사항목 별 생육 시기에 맞춰 포장 생육 특성 조사를 실시하였으며, 하우스에서 월동 후 3월 상순에 초세, 초자, 추근성, 근형, 근색, 근피, 근미 맷힘 등을 육안으로 조사하고, 만추대 계통 선발을 위해서는 추대고의 위치 등을 파악한 후 각 계통별로 선발하였다.

(다) 선발된 모본은 선발 목적에 따라 분리하여 자식, 형매 교잡, 조합 작성에 이용하고, 1차년도 하우스 및 2차년도 고랭지에서 선발된 조합의 양친은 원종증식과 함께 채종 시험을 실시하였다.

(라) 한편 주관 기관의 약배양 재료 공급을 위하여 월동 전 26계통, 월동 후에 만추대성 재료 중심으로 4계통을 선발하여 2차에 걸쳐 주관기관에 제공하였고, 선행연구 및 1차년도에 주관기관에 제공하여 유기된 DH line 식물체 16점을 다시 인수 받아 교배중에 있으나 1차년도와 마찬가지로 화아 분화가 일어나지 않거나 추대가 일어나도 식물체가 약하여 재배 중 고사하는 개체가 있었고, 화분 또한 개화 초기에는 MS 형태처럼 보이다가 화분이 잠시 나오는 것 등 다양한 화기 형태를 보여 주었다.

(마) 선행연구 및 1차년도에 주관기관에 제공하여 유기된 DH line 식물체 16점을 인수 받아 교배를 실시하였다. 약배양 유래 DH line 식물체들은 1차년도와 마찬가지로 화아 분화가 일어나지 않거나 추대가 일어나도 식물체가 약하여 재배 중 고사하는 개체가 있었고, 화분도 개화 초기에는 MS 형태처럼 보이다가 화분이 잠시 나오는 것 등 다양한 화기 형태를 보여 주었다.



그림 34. 모본 파종 광경(좌), 모본 생육 모습(중), 모본 수확 모습(우)

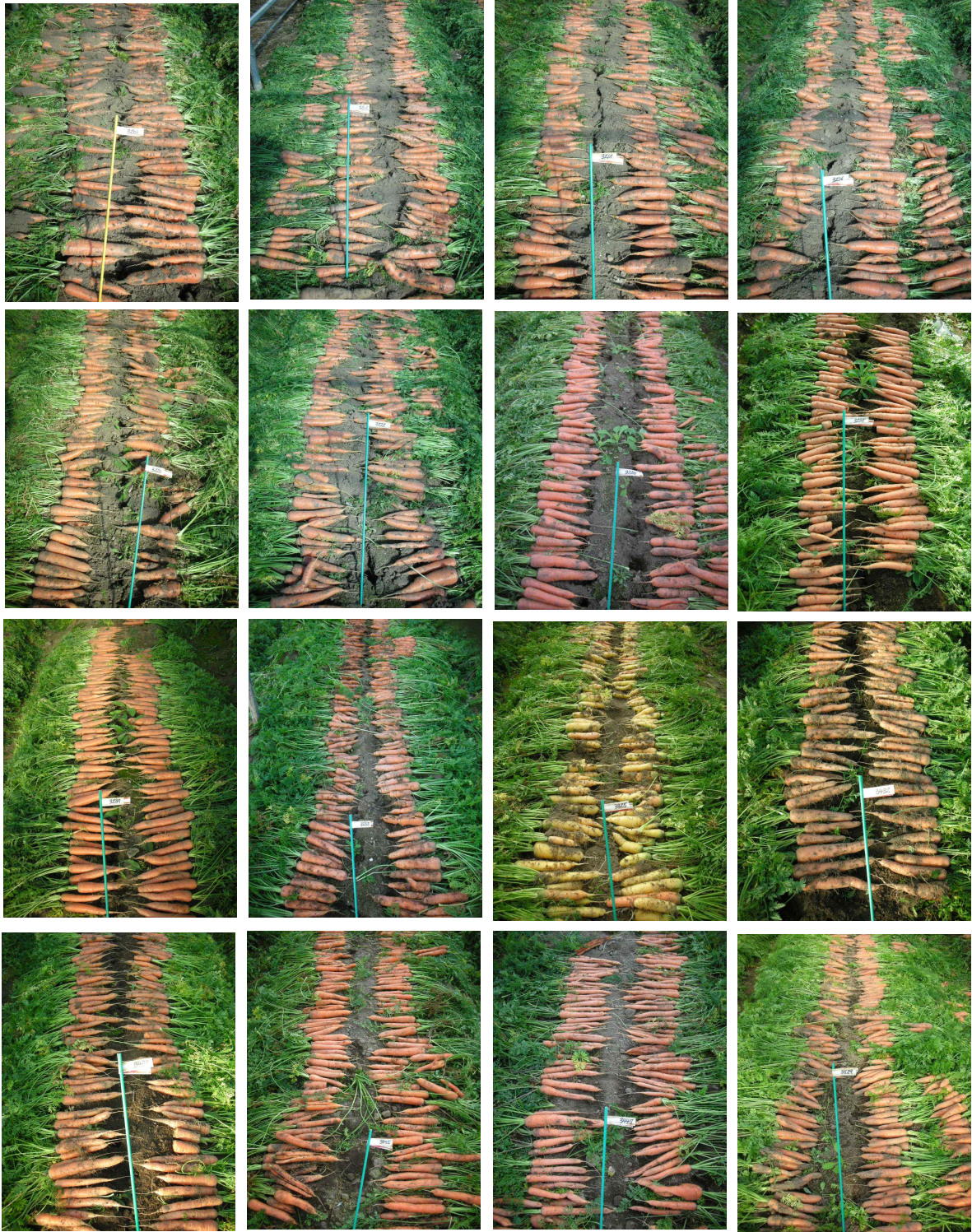


그림 37. 주요 계통 별 집단 사진

3. 제 3년 차(2014년)

가. 공시 재료 : 수집 유전자원 Bejo1070 외 24점, MS 및 유지계 각 31계통, 화분친순화 및 고정계 243계통, 약배양 유래 2계통, 임성분석 9조합, F₁ 143 조합

나. 경종개요

과 종	검정 및 모본선발	채식거리(cm)	면적(m ²)	장 소	비 고
2014. 8. 12.	2015. 2. 25. ~ 2015. 3. 1.	15×10	4,950	경 남	단구제

다. 시험 결과

(1) 유전자원 수집

화란으로부터 Bejo 1070, 중국으로부터 福美紅 외 2점, 일본에서 T1 외 2점, 스웨덴으로부터 NUN8861 외 2점, 독일로부터 Pariser Market 4 외 14점을 수집하였다(표 39, 그림 38, 그림 39).

수집된 유전자원은 계통성능검정에 공시하여 특성 평가 후 자식 또는 형매 교잡을 위하여 개체선발과 집단 선발을 병행하였으며, 선발된 모본은 교배하우스에 정식하여 개화 중에 있다. 수집 유전자원 중 독일에서부터 수집된 15계통은 모본 과종 시기 이후 수집되어 차년도 계통성능검정에 공시 할 것이다.



그림 38. 2차 수집 유전자원의 종자

표 39. 유전자원 수집 내역

NO.	품종명	수집국가	종자량	구 분	비고
1	Bejo 1070	화란	10g	F ₁	
2	福美紅	중국	5g	"	
3	盟德爾	"	10g	"	
4	紅天柱 2号	"	10g	"	
5	T1	일본	20g	"	
6	T2	"	20g	"	
7	T3	"	20g	"	
8	NUN8861	스웨덴	80g	"	
9	NUN03053	"	"	"	
10	NUN13067	"	"	"	
11	Priser Markt4	독일	3g	OP	
12	Nantaise 2	"	3g	"	
13	Herz 2	"	3g	"	
14	Rotin	"	3g	"	
15	Flyway	"	3g	F ₁	
16	Almaro	"	2g	OP	
17	Purple Haze	"	400립	"	Seed tape
18	Yellowstone	"	3g	"	
19	Nantaise 2/hilmar	"	20g	"	
20	Merida	"	"	"	
21	Mini	"	2g	"	
22	Rainbow	"	3g	"	Coating seeds
23	Ingot	"	3g	F ₁	"
24	Propeel	"	2g	OP	
25	Sugarsnax54	"	2g	F ₁	



그림 39. 1차 수집자원 자원별 수확 집단 사진

(2) 계통성능검정

(가) 계통성능검정은 다양한 재료육성을 위하여 2차년도 계통육성에서 획득한 기육성 계통 종자 또는 새로이 수집된 유전자원을 공시하고, 세대를 진전시키거나 분리 중인 계통을 개체 선발 또는 집단 선발을 통하여 용도에 적합하게 새로운 형태 또는 기능 별로 분리·고정 시켜 교배모본의 양친으로 이용할 목적으로 실시하였다.

(나) 공시된 계통들은 조사항목 별 생육 시기에 맞춰 포장 생육 특성 조사를 실시하였으며, 하우스에서 월동 후 2월 하순에 초세, 초자, 추근성, 근형, 근색, 근피, 근미 맷힘 등을 육안으로 조사하고, 만추대 계통 선발을 위해서는 추대고의 위치 등을 파악한 후 각 계통별로 선발하였다.

(다) 선발된 모본은 선발 목적에 따라 분리하여 자식, 형매 교잡, 조합 작성에 이용하고, 1, 2차년도 F₁ 조합능력검정에서 선발된 조합의 양친은 원종증식과 함께 채종시험을 하였다.

(라) 한편 주관 기관의 약배양 재료 공급을 위하여 모본 월동 후 1, 2차년도에 약배양 유도가 일어나지 않는 S&P4403-1 외 45계통을 재 선발하여 주관기관에 제공하였고, 선행연구 및 1차 년도에 주관기관에 제공한 계통으로부터 약배양을 통해 유기된 DH line 식물체 16점 중 2개 식물체에서 종자 획득에 성공하여 계통 성능검정에 공시하였다.

(마) 종자를 획득한 약배양 유래 2계통(동일 캘러스 유래)은 계통성능검정 결과 도너계통의 식물체 특성과 유사하나 두 계통 모두 확연하게 원 도너 계통보다 순도가 우수하고, 특히 전체적으로 근장이 긴 경향을 보여주었다. 배가반수체 검사가 이루어지지 않은 상태에서 인수받았기 때문에 앞으로 확인이 필요하겠지만, 현재로서는 체세포 유래 보다는 약배양 유래 계통으로 판단되어 이를 부계로 이용한 조합 작성이 기대된다(그림 41).

(바) 차년도 약배양을 위하여 1, 2차년도 약배양 유도에서 실패 또는 효율이 낮았던 재료를 중심으로 1, 2차년도와는 달리 협동기관에서 선발하여 교잡 중인 모본 재료에서 미성숙 개화지 주화륜을 채취하여 주관기관에 2차에 걸쳐 제공하였다(그림 42).



그림 40. 모본 수확 광경(좌), 모본 선발 모습(중), 모본 육색 및 심색 조사 모습(우)



그림 41. S&P1517-20 원 도너 계통(좌), 약배양 유래 계통(중, 우)

2015년 약배양 분양재료 및 서약서

BN	Sample 수	비고	BN	Sample 수	비고	BN	Sample 수	비고
S&P4403-1	1		S&P4409-1	1		S&P4445-1	1	
S&P4400-1	1		S&P4403-2	1		S&P4472-1	1	
S&P4480-3	1		S&P4402-2	1		S&P4497-1	1	
S&P4500-3	1		S&P4502-1	1		S&P4507-5	1	
S&P4510-3	1		S&P4513-4	1		S&P4520-1	1	
S&P4521-2	1		S&P4525-2	1		S&P4529-2	1	
S&P4530-3	1		S&P4534-2	1		S&P4538-1	1	
S&P4543-6	1		S&P4543-7	1		S&P4544-1	1	
S&P4545-4	1		S&P4546-1	1		S&P4548-1	1	
S&P4549-2	1		S&P4551-7	1		S&P4552-4	1	
S&P4553-1	1		S&P4554-3	1		S&P4559-5	1	
S&P4562-1	1		S&P4563-2	1		S&P4568-1	1	
S&P4572-1	1		S&P4601-1	1		S&P4605-3	1	
S&P4610-1	1		S&P4612-1	1		S&P4618-1	1	
S&P4725-6	1		S&P4727-2	1		S&P4784-4	1	
S&P4792-2	1							

1. 당근 약배양 및 분당근 품종 육성 IPET 연구과제와 관련하여 2015년 당근 약배양 재료 46계통을 분양합니다.

2. 인수기관은 본 연구 이외의 목적으로 사용할 수 없으며, 분양재료는 영농조합법인 씨앗과사람들의 재산이므로 외부로 유출 시키지 않도록 유념하여 주시기 바랍니다.

2015. 5. 15

분양기관 : 영농조합법인 씨앗과사람들 대표이사 박태훈 (인)

인수기관 : 상명대학교 식물식품공학과 교수 함남민 (인)

그림 42. 약 배양 분양 재료 내역서(재료 분양일 : 2015. 5. 15)



그림 43. 주요 계통별 모본 선발 사진



그림 44. 주요 계통 별 집단 사진

4. 제 4년 차(2015년)

가. 공시 재료 : 수집 유전자원 ZANAHORIA의 14점, MS 및 유지계 각 72계통, 화분 친 순화 및 고정계 344계통, 약배양 유래 55점, 합성계 5계통, 임성분석 5조합, F₁ 186 조합

나. 경종개요

과 중	검정 및 모본선발	재식거리(cm)	면적(m ²)	장 소	비 고
2015. 8. 9.	2016. 2. 28. - 3. 8.	15×10	6,600	경 남	단구제

다. 시험 결과

(1) 유전자원 수집

미국으로부터 ZANAHORIA 외 11점, 일본으로부터 2점, 중국, 화란으로부터 각 1점을 수집하였다(표 40, 그림 45). 수집된 유전자원은 계통성능검정에 공시하여 특성 평가 후 자식 또는 형매 교잡을 위하여 개체선발과 집단 선발을 병행하였으며, 선발된 모본은 교배하우스에 정식하였다.

표 40. 유전자원 수집 내역

NO.	품종명	수집국가	종자량	구 분	비고
1	ZANAHORIA	미국	3	F ₁	
2	Marketgartner	"	1.5	"	
3	Nantes escarlata	"	8	"	
4	Nantesa media lagar	"	5	"	
5	Tender sweet	"	5	"	
6	Little finger	"	5	"	
7	Scarlet Nantes	"	5	F ₁	
8	Atomic Red	"	5	"	
9	미라이	일본	20	F ₁	
10	다까하시	"	20	"	
11	Rainbow Blend	미국	3.5	OP	
12	Cosmic Purple	"	5	"	
13	Purple Nun89732	"	15	F ₁	
14	홍피PLK	중국	22	OP	
15	Y1105	화란	1.8	F ₁	



그림 45. 수집자원 자원별 수확 집단 사진

(2) 계통성능검정

(가) 계통성능검정은 다양한 재료육성을 위하여 3차 년도 계통육성에서 획득한 기 육성 계통 종자 또는 새로이 수집된 유전자원을 공시하고, 세대를 진전시키거나 분리 중인 계통을 개체 선발 또는 집단 선발을 통하여 용도에 적합하게 새로운 형태 또는 기능 별로 분리·고정 시켜 교배모본의 양친으로 이용할 목적으로 실시하였다.

(나) 공시된 계통들은 조사항목 별 생육 시기에 맞춰 포장 생육 특성 조사를 실시하였으며, 하우스에서 월동 후 2월 하순에 초세, 초자, 추근성, 근형, 근색, 근피, 근미 맷힘 등을 육안으로 조사하고, 만추대 계통 선발을 위해서는 추대고의 위치 등을 파악한 후 각 계통별로 선발하였다.

(다) 선발된 모본은 선발 목적에 따라 분리하여 자식, 형매 교잡, 조합 작성에 이용하고, 3차 년도 F₁ 조합능력검정에서 선발된 조합의 양친은 원종증식을 위해 확대 선발하고, 모본 정식하였다.



그림 46. 모본 월동 전경(좌), 모본 재배 전경(중), 모본 수확 및 조사 전경(우)

(라) 3차 년도에 획득한 약배양 유래 55점 중(7계통 유래) 계통성능검정 결과, 체세포 유래가 아닌 약배양으로 확연하게 추정되는 것은 S&P5330, S&P5368, S&P5389, S&P5508 모두 4점이었다. 이는 도너 계통의 순도와 근형을 비교하여 어느 정도 판단이 가능하였다.(그림 47.)



S&P5330도너계통



S&P2508 약배양유래

(계속)



S&P5368도너계통



S&P2428 약배양유래



S&P5389도너계통



S&P2443 약배양유래

(계속)



S&P5508도너계통



S&P2340 약배양유래

그림 47. 주요 도너계통과 약배양 유래 계통4 비교 사진(좌: 도너계통, 우 약배양 유래계통)

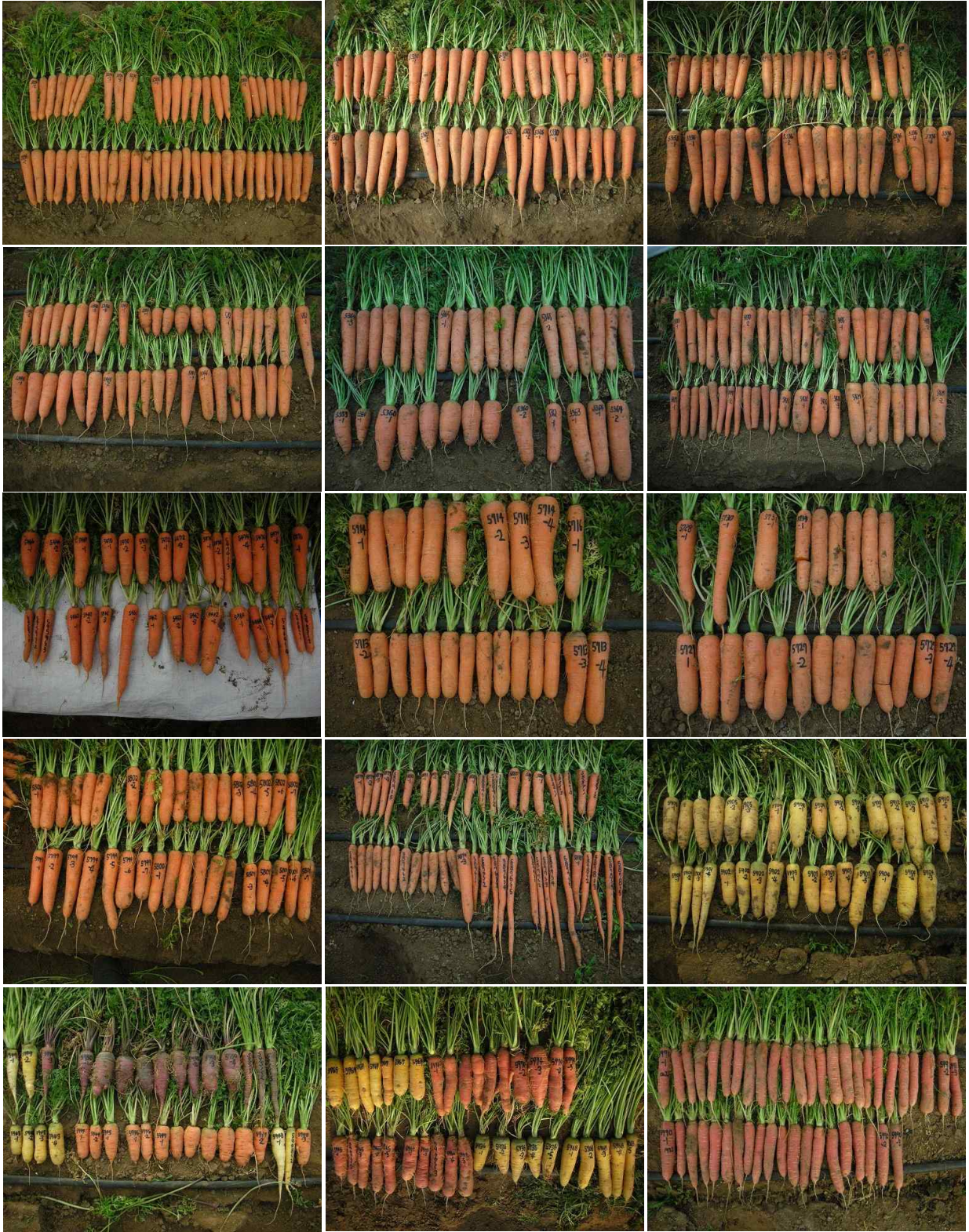


그림 48. 주요 계통별 모본 선발 사진

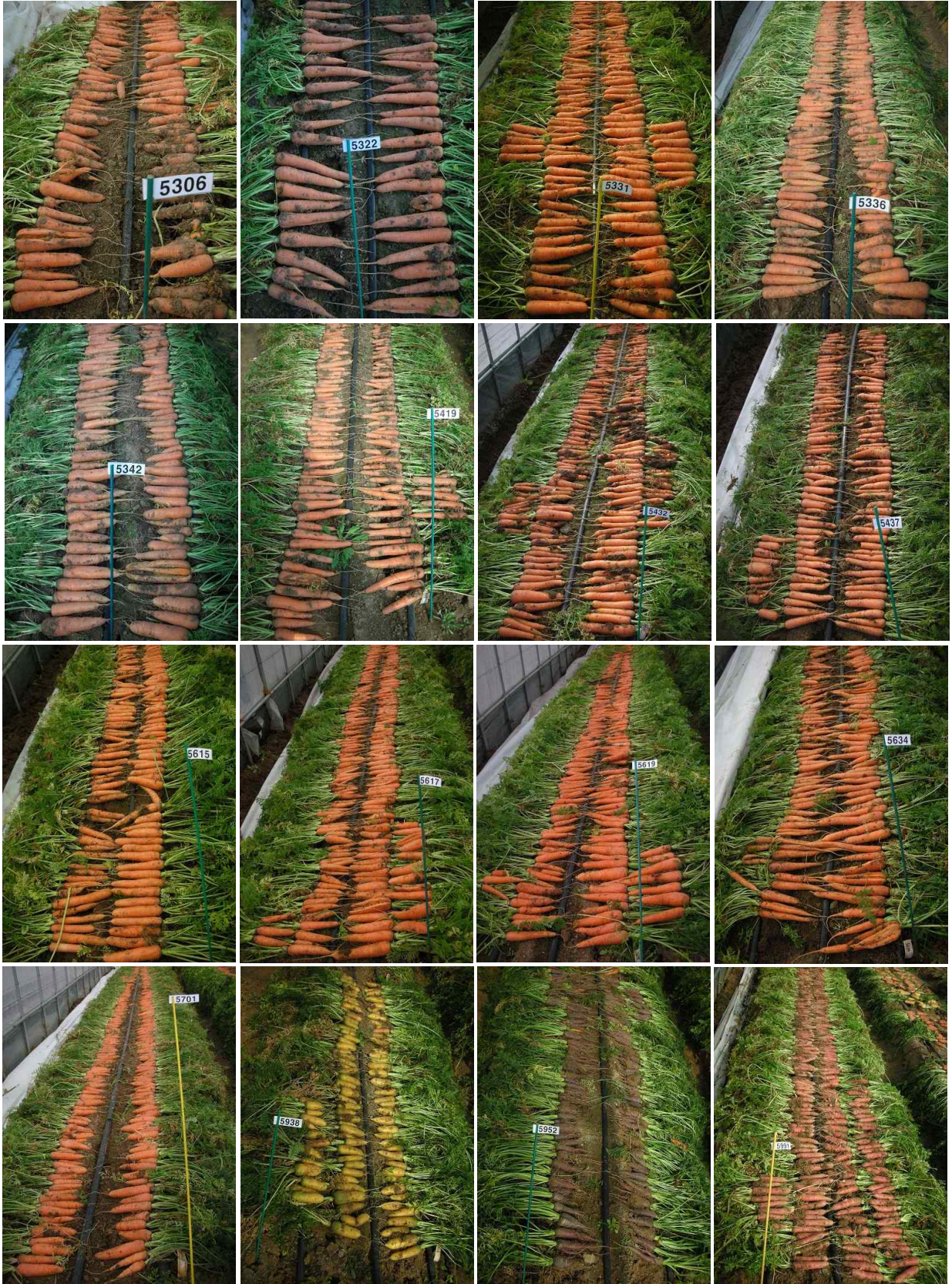


그림 49. 주요 계통 별 집단 사진

제 6 절. F1 조합 능력검정

1. 제 1년 차(2012=2013년)

가. 공시 재료

시험 1. 고령지 성능검정 : 5품종, 15조합

시험 2. 하우스 성능검정 : 5품종, 20조합

나. 경종개요

구분	과 종	특성 검정	재식거리 (cm)	면적 (m ²)	장 소	비 고
시험 1.	2012. 06. 08	2012. 10. 29	15×10	660	대관령	2 반복
시험 2.	2012. 12. 05	2013. 05. 14	15×10	495	경 남	"

다. 시험 결과

(1) 시험 1. 고령지 성능검정

- 최근 강원도 대관령 고령지 작황은 재배기의 고온 현상과 이상기후로 안정적이지 못하여 늦게 파종하는 만파 작형이 점차 증가 추세에 있으나 주로 진부 지역 보다는 해발이 더 높은 횡계 지역에서 늘어나는 추세이다.
- 본 시험도 강원도 평창군 대관령면 차항리에서 농가 일정에 맞춰 파종시기를 다소 늦은 시기인 6월 상순에 파종하여 10월 하순에 수확·평가하였다.
- 공시재료는 강원도 고령지 지역에 재배가 많은 국산품종인 “시그마”(농우)와 일본 수입 품종인 “슈퍼베타”(사카타)의 3품종과 S&P3106외 14조합을 공시하였다.
- 표 41 및 그림 50과 같이 대비 품종에 비해 비교적 우수한 S&P3106 조합을 예비 선발하였다.
- 예비 선발된 S&P3106은 초세가 강하여 흑엽고병에도 강한 경향이었고, 숙기가 비교적 빠르며, 근미 맷힘이 좋은 다수성 조합이나 청수현상이 다소 발생하고, 열근 현상도 8.8%로 일부 있어 차년도 농가 실증 시험에서 면적을 확대하여 성능을 확인하고자 한다.
- 선행연구에서 슈퍼베타 타입으로 예비 선발되었던 S&P9109는 근장이 길고, 비교적 순도가 고르나 선행 하우스검정과는 달리 근미 맷힘이 불량하였고, core경이 커 육경율이 낮

은 단점을 보였다.

- S&P2135 조합은 수량성이 가장 높은 조합이나 열근에 민감한 단점을 보였고, S&P2143 및 S&P3121은 숙기가 빠르고, 근피가 깨끗하며, 근미 맷힘이 좋으나 근장이 다고 짧은 단원통의 근형을 보여 2차년도 검정에 재공시하고자 한다.
- 대비종으로 공시한 일본 수입품종인 슈퍼베타 및 베타리치는 순도가 우수하고, 근색이 짙으나 평지 하우스검정과 달리 각각 숙기가 늦으면서 비대성이 떨어져 수량이 적고, 근형이 안정적이지 못하여 재배환경 조절이 어려운 노지 고령지 지역에는 적합하지 않다는 평가를 받았다.
- 또 다른 일본 수입종인 “애홍”(SUMIKA)은 최근 국내 종묘회사로부터 수입되어 재배되기 시작한 품종으로 기근율 및 추대율이 각각 6.1%, 6.7%로 높아 상품율이 다소 낮으나 순도가 좋고, 추근 현상이 거의 없으며, 근피가 고와 상품성이 우수한 경향을 보였다.
- 국산품종으로 고령지 작형에 보급률이 높은 시그마는 개발 당시보다 순도가 다소 고르지 못하고, 근미 맷힘이 불량한 경향을 보였다.

표 41. F₁ 조합 능력검정 - 시험 1. 고령지 성능검정 시험 성적

품종명	초세	초자	숙성	순도	청수	근피	근미	근색	내후엽고병 (%)	기근율 (%)	열근율 (%)	추대율 (%)	근수경 (cm)	육경율 (%)	근장 (cm)	근경 (cm)			수량		평가
																상	중	하	근중 (g)	지수	
시그마	7	6	6	6	7	8	4	8	7	5.7	9.0	0.8	1.7	56.2	18.0	5.1	4.3	3.3	267	100	6
슈퍼베타	6	7	4	9	9	8	4	9	7	2.2	3.2	0	1.5	47.7	19.8	4.3	3.9	3.1	222	83	5
베타리치	6	5	8	8	7	8	9	7	5	3.1	15.9	2.3	1.6	57.4	17.8	5.7	4.8	3.7	306	115	6
愛紅	8	7	9	8	9	9	9	7	8	7.2	6.1	6.7	1.6	60.9	17.2	5.3	4.4	3.5	273	102	8
S&P3106	8	6	8	8	7	8	9	8	8	4.2	8.8	0.2	2	57.6	18.5	5.9	4.9	3.6	312	117	8
S&P9109	7	7	6	7	6	7	5	7	7	7.3	9.7	3.8	1.5	46.3	20.3	4.9	4.4	3.5	282	106	5
S&P2133	6	6	7	5	4	5	7	5	6	5.3	8.7	0.6	1.8	54.8	16.7	5.9	5.1	4.2	324	121	5
S&P2135	6	5	8	8	8	8	8	7	6	4.8	16.6	0.8	1.7	55.5	18	5.8	5.0	4.1	328	123	6
S&P2141	7	6	8	7	8	8	8	7	8	7.3	3.5	0	1.3	51.2	17.9	4.8	4.2	3.2	280	105	6
S&P2143	8	7	8	7	8	8	8	7	7	6.4	11.4	0	1.8	48	17.4	5.7	4.6	3.6	298	112	7
S&P3119	6	6	7	7	8	7	8	9	6	6.2	11.1	0	1.5	56	18.6	4.9	4.4	3.6	263	99	6
S&P3121	8	7	9	7	7	8	9	7	8	7.3	10.7	0.4	1.6	54.2	16.7	5.4	4.9	3.9	290	109	6

초세 : 1(약) ~ 9(강)

초자 : 1(개장) ~ 9(입성)

숙성 : 1(만) ~ 9(조)

순도 : 1(불량) ~ 9(양호)

청수 : 1(다) ~ 9(소)

근피 : 1(불량) ~ 9(양호)

근미 : 1(불량) ~ 9(양호)

근색 : 1(담홍) ~ 9(선홍)

내후엽고병 : 1(약) ~ 9(강)

육경율 : (근경 - core경)×100 / 근경

평가 : 1(불량) ~ 9(양호)



그림 50. 고령지 파종(좌), 생육(중) 및 수확 광경(우)



그림 51. 고령지 성능검정

(2) 시험 2. 하우스 성능검정

- 국내 당근 종자 시장에서 일본 수입종 점유비율이 가장 높은 본 작형은 1970~1990년대 후반까지 “이나리 5촌”(다끼이)이 대부분의 시장을 점유하여 왔으나 1990년대 후반 “베타리치”(사카타)가 국내에 수입되어 재배되기 시작하고, 추대에 안정적이면서 노지 토양적응성이 우수한 “시그마”, “사일오”(농우, 당시 협동연구기관 책임자 육성품종) 품종이 개발되어 농가에 보급이 시작되면서 하우스 작형은 “베타리치”외 사카타종묘, 노지터널 및 고령지 작형은 “시그마”와 후속품종인 “사일오”의 (주)농우바이오가 양분하여 점유하여 왔다.
- 본 작형의 국산 품종의 경쟁력은 비교 열위에 있는데, 주로 국내 품종이 순도, 근색, 근피 및 청수현상 등의 품질적인 측면에서 좀 더 보완된 품종 개발이 요구되고 있다.
- 1차년도 시험결과 하우스 검정은 예년과 달리 유묘기에 저온현상이 심하여 냉해 현상이 많았고, 발아가 균일하지 못하여 전반적으로 기근율이 높은 경향을 보였다.
- 표 42. 그림 52에서와 같이 전체적으로 근 비대가 좋았고, 근피는 깨끗하였으며, 시험 1. 고령지검정에서 예비선발되었던 S&P3106조합은 일본 수입종에 비해 근색이 다소 옅은 감이 있고, 청수가 다소 있으나 순도가 고르고, 근피가 매끄러우며, 근장이 21.4cm 길이 장원통형에 가까워 근형이 우수한 평가를 받았으며, 특히 수량이 많은 다수성 조합으로 선발되었다.
- 시험 2. 고령지검정에서 근장은 짧지만 숙기가 빠른 조생계이면서 근미 맷힘이 좋았던 S&P3121 조합은 본 검정에서는 근장이 비교적 길었으나 열근에는 민감한 경향을 보였다.
- 선행연구에서 선발되어 재공시한 S&P9109 조합은 근색이 짙은 선홍색이면서 공시재료 중 평균 근장이 가장 긴 24.2cm로 조사되어 마치 Flakee type과 유사하여 보였고, 근미 맷힘이 불량하여 선발에서는 제외하였다.
- 본 작형에서 특히 품질계 품종으로 인정받고 있는 “슈퍼베타”의 경우 숙기가 늦은 만생종이나 근색이 선홍색으로 짙고, 근 내부의 육색과 심색이 우수한 경향을 보였고, 근 상부 어깨가 좁고, 근장이 길어 장원통형에 가까웠다.
- “베타리치”는 안정적 수량성과 품질을 보여주었고, 조생종이면서 근미 맷힘이 탁월하여 수량이 많은 “골드리치”의 경우 근피에 주름이 잡히고, 열근율이 높다는 단점을 보였다.
- 국산 품종인 “시그마”, “사일오”의 경우 근미 맷힘이 늦고, 청수가 있으며, 순도가 다소 균일하지 못하여 수입종들과 경쟁하려면 계통 보완이 요구된다.

표 42. F1 조합 능력검정 - 시험 2. 하우스 성능검정 시험 성적

품종명	초	초	숙	순	청	근	근	근	기	열	추	근	육	근	근 경 (cm)			수 량		평
	세	자	성	도	수	피	미	색	(%)	(%)	(%)	(cm)	(%)	(cm)	상	중	하	근중 (g)	지수	
베타리치	9	8	8	8	8	8	8	8	4.7	3.5	0	1.7	58.8	20.1	5.0	4.0	3.1	247	100	8
슈퍼베타	9	9	5	9	9	9	5	9	10.5	0.5	0	1.5	59.9	21.8	4.3	3.5	2.6	207	84	7
골드리치	9	7	9	9	7	7	9	7	3.5	7.8	1.1	1.4	59.6	19.8	5.3	4.7	3.9	312	126	7
시그마	9	8	6	6	6	8	6	6	7.1	3.8	0	1.5	56.4	20.7	4.6	3.9	2.9	223	90	5
사일오	9	8	7	5	5	7	6	7	8	4.8	0	1.7	57.1	21.0	4.9	4.0	3.1	249	101	6
S&P3106	9	8	8	8	7	8	8	7	2.8	4.2	0	1.6	57.5	21.4	5.6	4.2	3.3	309	125	8
S&P3108	7	7	7	8	7	8	8	7	3.5	15.3	0	1.6	53.8	20.3	4.6	3.7	3.0	216	87	5
S&P3109	9	4	6	8	5	7	8	8	12.2	0	0	1.3	58.2	21.5	4.6	3.8	3.1	235	95	5
S&P3110	8	7	6	8	5	5	5	9	15.5	0	0	1.3	57.9	20.7	4.4	3.7	3.0	208	84	5
S&P9109	9	9	6	7	6	7	5	8	5.1	4.7	0	1.5	57.7	24.2	4.9	4.0	3.2	278	113	6
S&P3117	9	8	8	8	5	7	8	7	10.0	1.0	0	1.3	63.9	20.9	4.4	3.8	3.2	216	87	5
S&P3119	9	8	7	5	5	6	6	7	9.4	2.6	0	1.4	61.7	21.6	4.8	4.0	3.4	276	112	5
S&P3120	5	5	7	8	6	5	8	8	12.1	1.1	0	1.5	54.5	19.6	5.2	4.5	3.6	283	115	6
S&P3121	9	9	7	8	7	8	9	8	13.8	1.9	1.3	1.6	59	20.4	5.3	4.4	3.6	303	123	7
S&P3122	9	9	6	8	4	7	7	8	5.6	0	0	1.6	59	20.9	4.6	3.9	3.2	245	99	5

초세 : 1(약) ~ 9(강) 초자 : 1(개장) ~ 9(입성) 숙성 : 1(만) ~ 9(조) 순도 : 1(불량) ~ 9(양호)
 청수 : 1(다) ~ 9(소) 근피 : 1(불량) ~ 9(양호) 근미 : 1(불량) ~ 9(양호) 근색 : 1(담홍) ~ 9(선홍)
 육경율 : (근경 - core경)×100 / 근경 평가 : 1(불량) ~ 9(양호)



그림 52. 하우스성능검정 파종 전경(좌), 재배 전경(중), 수확 평가 전경(우)



그림 53. 하우스 성능검정

2. 제 2년 차(2013-2014년)

가. 공시 재료

시험 1. 고령지 성능검정 : 6품종, 18조합

시험 2. 하우스 성능검정 : 7품종, 22조합

나. 경종개요

구분	과 종	특성 검정	재식거리 (cm)	면적 (m ²)	장 소	비 고
시험 1.	2013. 05. 12	2013. 10. 2	15×10	330	대관령	2 반복
시험 2.	2014. 01. 08	시험 중	15×10	"	경 남	"

다. 시험 결과

(1) 시험 1. 고령지 성능검정

- 최근 강원도 대관령 고령지 지역에 일본에서 수입 재배되고 있는 ‘愛紅’ 및 국산 품종 중 재배 면적이 많은 ‘시그마’, ‘사일오’ 등 6품종을 대비종으로하여 고령지용으로 작성된 F₁ 조합 17조합과 전년도 예비 선발되었던 S&P3106을 공시재료로 사용하였다.
- 1 차년도에 예비 선발된 S&P3106이 시험 1. 고령지 시험에서도 성적이 가장 우수하였다.
- 선발된 S&P3106은 내흑엽고병에 강하고, 최근 수입종 중 농가 선호 품종인 ‘愛紅’에 비하여 추대가 훨씬 안정되었고, 근장이 긴 장원통이며, 근미 맷힘이 비교적 우수하고, 평균 근중이 314g으로 공시 재료 중 가장 수량성이 높아 우수하였으나 기근율 및 열근율이 각각 3.6%, 3.4%로 다소 많았다.
- S&P3107 조합은 고령지 여름 당근 재배에 가장 문제가 되는 흑엽고병에 강하여, 재배 후기까지 초세가 강하게 유지되는 특성을 보여 주어 안정적 수량 확보가 가능한 조합으로 판단됨에 따라 예비 선발하였다. 본 조합은 비 상품의 지표인 기근, 열근, 추대, 부패율이 낮고, 근색이 짙으면서 근피가 비교적 깨끗하며, 수량성 또한 평균 근중이 301g으로 높았다.
- 금년도 전체적인 고령지 당근 작황이 추대율이 높고, 흑엽고병이 심한 경향을 보였는데, 본 시험 1.에서도 ‘愛紅’, ‘시그마’, ‘사일오’, S&P2135, S&P2143, S&P3109, ‘S&P3110’ 등은 추대율이 높았다. 특히 최근 인기 있었던 ‘愛紅’이 22.9%로 가장 높아 근비대성, 근색, 근

피, 근미 맷힘 등이 우수함에도 불구하고, 예년처럼 선호 하지는 않을 것으로 판단되었다.

- 1차년도에 비교적 수량성이 좋아 재공시한 S&P2135 조합과 S&P2143 및 S&P3121은 열근율이 역시 높고, 추대에 민감하게 검정되어 선발에서 제외하였다.

- 남부지역 저온기 하우스 작형에서 가장 선호도가 높은 일본 수입 품종인 ‘슈퍼베타’ 및 ‘베타리치’는 1차년과 마찬가지로 흑엽고병에 약하여 비대가 불량하였다.

표 43. F₁ 조합 능력검정 - 시험 1. 고령지 성능검정 시험 성적

품종명	초			숙			순			청			근			내 흑 엽 고 병	기 근 율 (%)	열 근 율 (%)	추 대 율 (%)	부 패 율 (%)	근 수 경 (cm)	육 경 율 (%)	근 장 (cm)	근 경 (cm)			수 량		평 가
	세	차	성	도	수	피	미	색	병	(%)	(%)	(%)	(%)	(cm)	(%)									(cm)	상	중	하	근중 (g)	
愛 紅	7	6	8	8	8	8	8	8	8	4	2.9	2.9	22.9	0.0	1.2	61.4	18.9	5.6	4.6	3.5	305	100	8						
슈퍼베타	5	7	4	8	8	6	4	9	3	1.0	0.5	0.0	1.0	1.3	59.4	22.8	4.4	3.5	2.6	210	69	4							
베타리치	6	4	7	7	7	7	7	7	4	1.8	0.9	0.0	6.4	1.2	58.7	19.8	5	3.9	3.2	239	78	7							
시그마	6	6	6	5	7	5	5	6	6	1.9	1.9	12.1	1.3	1.5	57.9	18.5	5.2	4.1	3.1	237	78	5							
사일오	7	6	6	5	7	4	5	7	5	5.0	1.3	18.3	3.1	1.3	55.4	19.3	5.3	4.4	3.7	283	93	6							
S&P2135	6	6	8	8	7	8	8	7	6	7.5	9.1	20.7	5.3	1.5	58.2	18.3	5.4	4.3	3.4	308	101	5							
S&P2143	7	7	7	7	8	7	7	8	6	5.2	8.7	13.2	3.8	1.3	56.5	17.8	5.6	4.2	3.5	292	96	5							
S&P3106	8	6	7	7	7	7	8	7	7	3.6	3.4	0.0	0.5	1.4	54.7	20.9	5.5	4.4	3.5	314	103	8							
S&P3107	8	5	7	7	7	7	7	8	8	1.5	2.1	0.4	2.5	1.5	63.0	20.5	5.4	4.3	3.4	301	99	7							
S&P3109	5	7	4	7	7	7	7	7	5	1.4	2.4	11.4	1.9	1.2	67.0	20.7	4.6	3.6	2.8	213	70	5							
S&P3110	7	4	3	4	7	4	3	7	5	4.6	2.9	33.1	4.6	1.4	56.8	20.9	3.7	3.0	2.3	171	56	3							
S&P3114	7	4	3	5	2	4	4	7	5	5.6	0	1.3	5.0	1.5	55.4	21.3	4.1	3.4	2.6	188	62	4							
S&P3116	8	7	7	7	4	6	7	7	7	4.5	1.4	3.4	0.5	1.3	55.5	20.9	4.9	3.8	3.0	235	77	6							
S&P3121	8	7	8	7	7	7	8	6	7	6.0	6.8	11.2	5.5	1.5	56.6	17.8	5.5	4.3	3.1	280	92	5							
S&P3122	6	7	7	7	6	7	8	7	5	4.5	0.5	4.6	0.0	1.4	59.8	19.4	4.8	3.9	3.1	232	76	6							

초세 : 1(약) ~ 9(강) 초차 : 1(개장) ~ 9(입성) 숙성 : 1(만) ~ 9(조) 순도 : 1(불량) ~ 9(양호)
 청수 : 1(다) ~ 9(소) 근피 : 1(불량) ~ 9(양호) 근미 : 1(불량) ~ 9(양호) 근색 : 1(담홍) ~ 9(선홍)
 내흑엽고병 : 1(약) ~ 9(강) 육경율 : (근경 - core경)×100 / 근경 평가 : 1(불량) ~ 9(양호)



그림 54. 고령지 파종(좌), 생육(중) 및 수확 광경(우)

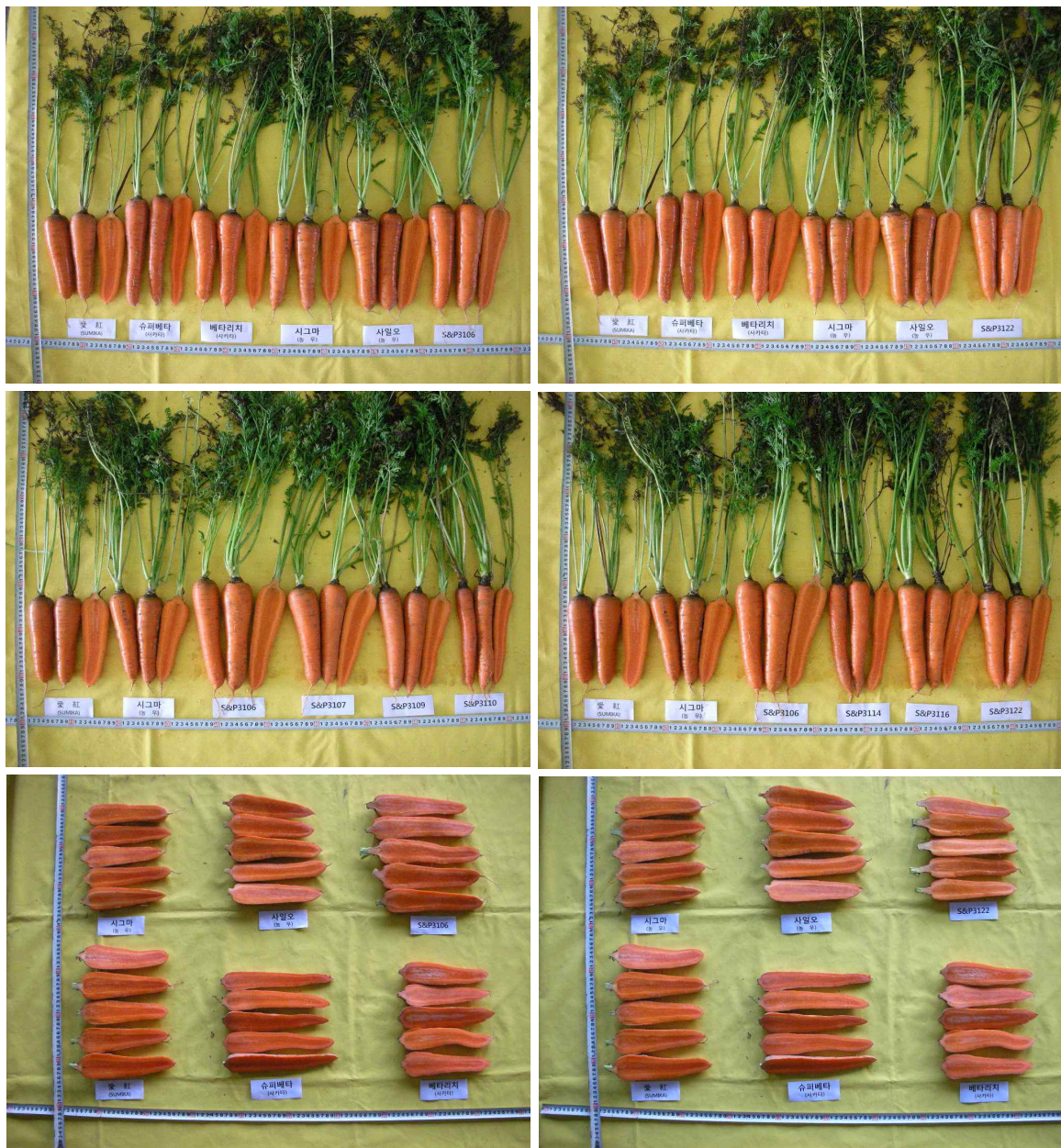


그림 55. 고령지 성능검정

(2) 시험 2. 하우스 성능검정

- 현재 농가들이 가장 선호하나 요구하는 양이 절대적으로 부족한 대조품종인 일본 수입종 ‘슈퍼베타’에 비하여 더 우수하다고 판단되는 조합은 없었다.
- ‘슈퍼베타’는 숙기는 다소 늦지만 청수 발생이 거의 없고, 순도, 근색이 특히 우수하며, 근장이 긴 장원통형으로 재배기간을 길게 가져가면 특히 우수하여 국내 뿐 만아니라 중국에서도 인기가 높다. 특히 중국 종자 보급 가격이 국내 보다 높아 국내 보급을 줄이고 중국에 보급량을 확대하고 있다.
- 1차 년도에 선발 되었던 ‘S&P3106’은 대조 품종인 ‘슈퍼베타’에 비하여 숙기가 빠르고, 평균 근중이 315g으로 115% 많아 다수성인 특성이 있으나 순도, 청수 발생, 근색은 비교 열위에 있었다.
- 그러나 또 다른 대조 품종인 동사의 ‘베타리치’에 비하여는 숙기는 다소 빠르고, 근색의 강도는 비슷하며, 순도, 근피, 청수 정도 등 다른 질적 형질도 비슷하였고, 수량성도 비슷한 경향을 보였다.

표 44. F₁ 조합 능력검정 - 시험 2. 하우스 성능검정 시험 성적

품종명	초세	초자	숙성	순도	청수	근피	근미	근색 (%)	열근율 (%)	추대율 (%)	근수경 (cm)	육경율 (%)	근장 (cm)	근경 (cm)			근중 (g)	수량	평가	
														상	중	하				
슈퍼베타	7	5	5	9	9	8	5	9	0.9	0.4	0.0	1.8	56.4	23.5	4.8	3.9	3.1	273	100	8
베타리치	7	7	6	7	8	7	6	8	0.8	1.2	0.0	2.1	51.2	21.1	5.7	4.3	3.2	320	117	7
골드리치	6	5	8	7	6	8	8	7	1.8	3.4	2.7	1.6	58.8	19.7	5.5	4.4	3.5	332	122	7
사일오	8	5	5	4	7	7	5	7	0.4	1.3	0.4	1.6	4.6	21.0	4.8	3.7	2.8	255	93	5
나가사키	6	4	6	5	7	5	6	7	0.4	2.1	2.5	1.8	53.3	20.8	4.8	3.8	2.9	262	96	6
S&P3106	7	6	7	7	7	8	7	8	0.4	1.7	0.0	2.2	52.2	22.2	5.3	4.3	3.5	315	115	7
S&P4116	8	7	5	7	6	8	6	7	0.8	0.0	1.3	2.0	47.6	21.4	5.4	4.2	3.4	288	105	6
S&P4120	6	7	4	6	5	6	5	7	0.0	0.8	0.0	1.9	48.8	21.6	5.0	4.0	3.1	274	100	5
S&P4123	8	4	5	7	7	7	4	7	1.6	0.8	0.8	2.0	47.8	20.4	5.1	4.2	3.3	282	103	5
S&P4125	8	7	6	7	7	7	7	7	1.2	0.4	0.0	1.8	54.7	21.3	5.2	4.2	3.4	296	108	7
S&P4126	6	4	6	5	7	7	5	6	0.4	2.2	2.7	1.8	50.0	21.0	5.1	4.4	3.4	285	104	5
S&P4129	7	4	5	6	8	6	5	7	1.4	2.3	1.4	1.7	53.3	20.3	5.2	4.6	3.5	283	104	6
S&P4130	6	5	6	7	8	7	6	7	0.8	1.3	0.0	2.1	43.9	19.1	5.0	4.1	3.4	270	99	5

초세 : 1(약) ~ 9(강) 초자 : 1(개장) ~ 9(입성) 숙성 : 1(만) ~ 9(조) 순도 : 1(불량) ~ 9(양호)
 청수 : 1(다) ~ 9(소) 근피 : 1(불량) ~ 9(양호) 근미 : 1(불량) ~ 9(양호) 근색 : 1(담홍) ~ 9(선홍)
 내후엽고병 : 1(약) ~ 9(강) 육경율 : (근경 - core경)×100 / 근경 평가 : 1(불량) ~ 9(양호)

- ‘골드리치’의 경우 추대율이 2.7%, 열근율이 3.4%로 다소 민감하나 근미 맺힘이 극히 우수하고, 수량이 많다는 장점이 있었고, 유일하게 미미하나마 본 작형에 보급 중에 있는 국내 품종인 사일오의 경우 순도가 불량하고, 수량성도 적었다.
- ‘S&P4125’의 경우 근형이 장원통형이면서 순도, 청수 발생 정도, 근피, 근미 맺힘이 비교적 우수하여 기 선발된 ‘S&P3106’과 유사하고, 수량성도 공시 조합 중 ‘S&P3106’에 버금가 예비 선발하였고, 차년도에 재 공시하고자 한다.



그림 56. 하우스 성능 검정 파종 광경(좌), 생육 상황(중), 수확 전경(우)



그림 57. 하우스 성능검정 선발 조합 비교 사진

3. 제 3년 차(2014-2015년)

가. 공시 재료

시험 1. 고령지 성능검정 : 7품종, 23조합

시험 2. 하우스 성능검정 : 7품종, 62조합

나. 경종개요

구분	과 종	특성 검정	재식거리 (cm)	면적 (m ²)	장 소	비 고
시험 1.	2014. 05. 13	2014. 9. 13	15×10	330	대관령	2 반복
시험 2.	2014. 12. 21	2015. 6. 1	15×10	990	경 남	"

다. 시험 결과

(1) 시험 1. 고령지 성능검정

- 본 작형은 봄 작형에서 최근까지 유일하게 국산 품종의 점유비가 높았으나 계속된 품질 저하 및 순도 불량으로 일본 수입종 시장으로 변화가 확대되고 있다.
- 국산 품종인 ‘시그마’, ‘사일오’와 최근 상인, 농가 재배 선호도 1위인 ‘후지모리’, ‘愛紅’ (스미토모)등 일본 수입 품종과 1, 2차년도에 선발된 ‘S&P3106’ 조합 외 고령지 작형에 적합한 17조합을 공시하여 다음과 같은 결과를 얻었다.
- 1, 2 차년도 2개년에 걸쳐 선발된 ‘S&P3106’ 조합은 본 시험에서도 성적이 가장 우수한 결과를 얻었다.
- 대조 품종으로 공시한 ‘후지모리’가 근색이 짙고, 비교적 순도, 청수 발생정도, 근피, 근미 맷힘이 우수하나 추대율이 6.5%로 높아 불안한 경향을 보였다.
- 반면 ‘S&P3106’ 조합은 초세가 강하여 고온기 흑엽고병에 건딜 수 있을 뿐만 아니라 순도, 근피, 근미 맷힘, 근색이 비교적 우수하고, 특히 추대율이 0%로 극히 안정되었고, 근피가 매끄러우며, 근장이 21.2cm로 긴 장원통형으로 근형이 우수하고, 평균 근중이 287g으로 ‘愛紅’을 제외한 대조 품종들에 비하여 높았다. 다만 열근율이 4.9%로 다소 높은 경향을 보여 이 부분에 대한 재배법 개선을 지도하면서 농가 보급을 추진하려 한다.
- 2차년도 하우스 검정에서 선발되었던 ‘S&P4124’ 조합은 청수 발생이 아주 적고, 순도, 근피, 근색이 우수한 장점이 많은 조합이었으나 내흑엽고병에 다소 약한 경향을 보이고 있고, 평균 근중도 253g으로 대조 품종에 비하여 90% 수준 밖에 되지 않아 차년도 하우스 검정에서 재 공시하고자 한다.

표 45. F₁ 조합 능력검정 - 시험 1. 고령지 성능검정 시험 성적

품종명	초세	초자	숙성	순도	청수	근피	근미	근색	내후엽고병 (%)	기근율 (%)	열근율 (%)	추대율 (%)	부패율 (%)	근수경 (cm)	육경율 (%)	근장 (cm)	근경 (cm)			수량 (g)	평가	
																	상	중	하			
후지모리	8	7	6	7	7	7	7	8	7	1.3	0.0	6.5	0.4	1.6	51.2	19.7	5.8	4.4	2.8	281	100	8
愛紅	8	7	8	8	8	8	8	8	7	0.5	6.1	8.5	3.3	1.8	58.0	18.5	5.9	4.7	3.6	302	107	7
슈퍼베타	7	7	5	9	7	7	6	8	6	11.6	3.7	0.0	0.5	1.4	52.0	22.4	4.5	3.9	3.2	248	88	7
베타리치	6	7	5	7	6	7	5	7	6	7.6	1.5	0.0	2.5	1.5	53.0	19.7	5.3	4.4	3.1	265	94	6
시그마	6	5	5	5	6	5	5	6	5	2.4	7.8	2.4	2.9	1.7	47.3	17.9	5.1	4.1	3.1	241	86	5
사일오	8	6	5	5	6	6	5	6	5	5.0	1.5	1.5	6.7	1.8	40.2	19.6	5.3	4.3	3.1	261	93	6
S&P3106	8	6	7	7	7	8	7	7	8	0.9	4.9	0.0	2.2	1.6	52.7	21.2	5.3	4.3	3.0	287	102	8
S&P4113	8	7	6	7	5	5	7	7	6	3.9	1.9	3.4	8.2	1.8	50.5	19.0	5.6	4.5	3.1	298	106	6
S&P4117	7	5	5	7	6	6	5	7	8	0.5	7.0	0.9	1.9	1.9	45.5	21.3	5.7	4.5	3.1	315	112	6
S&P4120	7	6	5	6	6	7	6	8	7	1.4	1.4	0.5	0.0	1.4	53.3	21.3	4.3	3.6	2.9	230	82	6
S&P4124	7	5	6	8	8	8	7	8	5	2.5	1.5	1.0	0.0	1.8	49.4	22.5	4.7	3.6	2.6	253	90	7
S&P4126	7	5	4	7	8	7	3	9	8	1.9	1.4	0.0	0.0	1.7	51.0	19.0	5.3	4.3	3.0	273	97	5
S&P4131	8	7	6	7	6	7	6	7	8	3.6	0.5	0.5	0.0	1.2	53.3	20.6	4.6	3.8	2.7	221	79	7
S&P4142	5	7	7	7	6	7	7	7	6	3.8	0.9	0.5	0.0	1.5	42.9	21.9	4.7	4.0	3.0	272	97	6

초세 : 1(약) ~ 9(강) 초자 : 1(개장) ~ 9(입성) 숙성 : 1(만) ~ 9(조) 순도 : 1(불량) ~ 9(양호)
 청수 : 1(다) ~ 9(소) 근피 : 1(불량) ~ 9(양호) 근미 : 1(불량) ~ 9(양호) 근색 : 1(담홍) ~ 9(선홍)
 내후엽고병 : 1(약) ~ 9(강) 육경율 : (근경 - core경)×100 / 근경 평가 : 1(불량) ~ 9(양호)



그림 58. 고령지 파종(좌), 생육 조사(중) 및 수확 광경(우)



그림 59. 고령지 성능검정 선발 조합 비교 사진

(2) 시험 2. 하우스 성능검정

- 주로 부산 강서, 경남 김해, 밀양, 양산 등에서 저온기에 재배되어 5, 6월에 수확하는 본 작형은 수확시부터 고령지 당근이 수확되는 9, 10월까지 소비하게 되는데 현재까지 본 작형에서 농가 및 상인들이 가장 선호하는 품종은 일본 사카다 종묘의 '슈퍼베타'였다.
- 본 작형에서는 1990년대 후반까지는 일본 다끼이 종묘의 '이나리 5촌'이 20년 넘게 거의 절대적이었다. 그러다가 1990년 후반기 및 2000년대 들어서면서 사카다종묘의 '베타리치'가 보급되고 이후 현재까지 사카다 종묘 품종이 근 20년 가까이 지배하고 있다.

- 여기서 볼 수 있듯이 당근의 경우 한번 정확하게 소비자 요구에 부응하는 품종이 개발이 되면 품종 수명이 오래 간다는 사실이다. 그 이유는 품종 육성에 소요되는 시간이 오래 걸리고, 타식성을 원칙으로 하는 작물이어서 고순도의 계통 육성이 쉽지 않음에 있다.
- 이러한 이유로 품종 개발이 어려운 것이 사실이지만 3차년도 하우스 검정에서 중요한 전환점을 맞게 되는 것으로 확신한다. 그 동안 계통육성의 결과 다수의 우량계통이 육성되었으며, 이를 이용한 새로운 F₁ 조합이 다수 선발 되었다.
- 우선 그동안 이 작형의 가장 우수한 품종으로 농민, 상인 등으로부터 인정 받아온 ‘슈퍼베타’와 유사한 형태로 ‘S&P5140’ 조합을 선발하고, 예비선발 조합으로 ‘S&P5131’ 조합을 선발하였다.
- ‘S&P5140’ 조합은 대조 품종인 ‘슈퍼베타’에 비하여 숙기가 다소 빠르고, 양적 형질인 수량성도 다소 많거나 유사하고, 순도가 상대적으로 다소 떨어질 뿐 다른 질적 형질은 청수 발생 정도, 근피, 근색, 근미 맷힘 등이 비교 대등하거나 우위에 있었다.
- ‘S&P5131’ 조합도 청수 발생 정도는 ‘슈퍼베타’에 비하여 다소 많은 편이며, 숙기가 늦어 수량성이 떨어지는 단점이 있으나 평균 근장이 24.5cm로 대조 품종에 비해 더 긴 장원통형이며, 다른 질적 형질인 근피, 근색, 순도 등은 거의 대등한 수준으로 검정되었다.
- 다른 대조 품종인 ‘베타리치’ 형태로는 1, 2차년도 검정에서 기 선발되어 재 공시한 ‘S&P3106’ 조합은 근색이 짙고, 순도, 청수 발생정도, 근피, 근미 맷힘 등이 대조 품종과 거의 대등한 수준이면서 대조 품종에 비해 심부가 차지하는 비중이 낮아 육경율이 61.1%로 높고, 평균 근중이 280g으로 대조품종인 ‘베타리치’의 261g에 비하여 107%로 많았다.
- 2차년도 새롭게 작성되어 공시한 ‘S&P5159’ 조합은 청수 발생은 다소 있으나 숙기가 비교적 빠르고, 근피가 깨끗하며, 근미 맷힘, 근색이 비교적 우수하게 검정 되었고, 평균 근장이 23.9cm로 길고, 근중이 286g으로 대조품종의 22cm, 261g에 비해 길고, 많아 예비 선발하였다.
- ‘S&P5208’ 조합은 순도가 우수하고, 근색이 짙으며, 근 내부 육색 및 심색 착색도 우수한 조합으로 양적형질인 평균 근장이 22.8cm, 근중이 270g으로 수량성도 높은 조합으로 선발 되었다.
- 한편 조숙형 대조품종인 ‘골드리치’, ‘愛紅’과 유사한 타입으로 ‘S&P5229’ 조합을 예비 선발하였다. 선발된 ‘S&P5229’ 조합은 초자가 입성으로 초형이 좋고, 숙기가 빠르고, 근피가 깨끗하며, 근색이 우수하고 평균 근장이 19.8cm로 다소 짧고, 근중이 310g으로 공시 재료 중 가장 많으나 열근율이 4.5%로 높아 4차 년도에 공시하여 재 검정하고자 한다.
- 유럽, 미국, 인도 등 수출용으로 적합한 Nantes type으로 ‘S&P5143’, ‘S&P5150’ 두 조합을 예비 선발하였다.

- 'S&P5143' 조합은 평균 근장이 29.5cm로 공시 조합 중 가장 길면서도 곡근이 없어 미국이나 유럽에서 많이 재배되는 cut & peel type으로 적합하였다. 본 조합은 순도가 극히 우수하고, 청수 발생이 없으며, 근 내부색 및 외부색이 우수하여 향후 수출용으로 기대된다.
- 'S&P5150' 조합은 'S&P5143' 조합에 비해 평균 근장이 25.2cm로 다소 짧고, 근미 맷힘이 우수한 형태로 청수 발생은 다소 있으나 근피가 깨끗하고, 근색이 짙은 경향을 보여 예비 선발되었다. 선발된 cut & peel type(imperator) 두 조합은 4차년도에 대조 품종을 확보하여 재 공시하고, 미국, 유럽 또는 서남아시아 등에 샘플 시험을 검토하고자 한다.

표 46. F₁ 조합 능력검정 - 시험 2. 하우스 성능검정 시험 성적

품종명	초	초	숙	순	청	근	근	근	기	열	추	근	육	근	근경 (cm)			수 량		평
	세	자	성	도	수	피	미	색	(%)	(%)	(%)	(cm)	(%)	(cm)	상	중	하	근중 (g)	지수	
슈퍼베타	7	7	5	9	9	8	5	9	8.2	0.0	0.0	1.6	60.5	23.8	4.8	3.8	3.2	268	100	9
다가하시	6	4	5	6	7	9	7	7	5.2	2.8	0.0	1.7	63.8	22.7	4.4	3.6	3.2	260	97	6
Bejo1070	6	5	7	8	5	5	8	5	6.3	0.0	0.0	1.6	57.5	23.5	4.4	4.0	3.5	285	106	8
NUN8861	6	5	6	6	8	7	6	6	3.6	3.6	0.0	1.4	63.2	20.3	4.4	3.8	3.1	226	84	6
S&P5131	6	4	4	8	7	8	5	9	6.1	1.7	0.0	1.4	65.6	24.5	4.2	3.5	3.0	245	92	7
S&P5140	8	5	6	8	9	8	6	9	4.3	1.9	0.0	1.5	62.2	23.8	4.9	3.7	3.1	271	101	9
베타리치	7	5	7	8	6	7	7	8	7.3	0.5	0.0	1.5	55.0	22.0	4.9	4.0	3.0	261	100	8
비타120	8	7	7	4	4	5	6	7	8.4	1.9	0.0	1.7	59.5	21.6	5.0	3.7	3.1	241	92	5
K 드립	7	4	5	6	5	6	7	7	4.8	1.0	0.5	1.4	59.0	20.8	4.4	3.9	2.6	236	90	6
시그마	8	4	7	7	6	6	8	7	5.0	1.1	0.0	1.4	52.5	19.9	4.4	4.0	2.8	203	78	5
사일오	8	4	7	7	6	7	7	7	2.9	0.0	0.0	1.5	60.5	21.9	4.5	3.8	2.6	208	80	6
S&P3106	7	5	7	7	6	7	7	8	4.7	0.9	0.0	1.6	61.1	23.4	5.1	4.2	3.0	280	107	7
S&P4124	6	5	5	7	8	7	6	7	3.5	4.2	0.0	1.7	59.5	23.7	4.6	3.7	3.1	254	97	6
S&P4125	8	6	6	7	5	6	7	7	5.4	6.8	0.0	1.7	57.5	22.4	5.2	4.0	3.0	270	103	6
S&P5126	7	3	7	8	6	6	7	7	0.0	0.9	0.0	1.6	59.0	22.7	4.9	3.9	2.9	285	109	6
S&P5159	8	7	7	8	6	8	7	7	1.8	0.0	0.0	1.7	51.2	23.9	5.1	4.3	3.2	286	110	7
S&P5208	7	7	7	8	7	8	7	8	3.3	0.9	0.0	2.1	55.5	22.8	5.0	3.6	3.0	270	103	8
골드리치	7	7	8	7	7	8	8	7	1.0	1.9	3.6	1.5	54.5	19.8	5.0	4.4	3.6	274	100	7
후지모리	7	5	8	8	6	7	8	7	2.2	2.2	0.0	1.7	63.8	20.9	5.5	4.7	3.0	275	100	7
S&P5229	7	8	8	6	7	8	7	7	9.1	4.5	0.0	1.7	62.2	20.1	5.4	4.5	3.6	310	113	7
S&P5143	4	4	4	9	9	7	5	9	8.1	0.9	0.0	1.6	59.4	29.5	3.9	3.2	1.9	199	74	9
S&P5150	7	7	6	7	5	9	7	8	10.1	0.9	0.0	1.2	57.1	25.2	3.6	3.0	2.7	203	76	7

초세 : 1(약) ~ 9(강) 초자 : 1(개장) ~ 9(입성) 숙성 : 1(만) ~ 9(조) 순도 : 1(불량) ~ 9(양호)
 청수 : 1(다) ~ 9(소) 근피 : 1(불량) ~ 9(양호) 근미 : 1(불량) ~ 9(양호) 근색 : 1(담홍) ~ 9(선홍)
 내후엽고병 : 1(약) ~ 9(강) 육경율 : (근경 - core경)×100 / 근경 평가 : 1(불량) ~ 9(양호)



그림 60. 하우스 성능검정 재배 전경(좌), 수확 후 조사 전경(우)



그림 61. 하우스 성능검정 선발 조합 비교 사진



그림 62. 하우스 성능검정 선발 조합별 내부 육색 비교 사진



그림 63. 하우스 성능검정 선발 조합별 집단 비교 사진.

4. 제 4년 차(2015-2016년)

가. 공시 재료

시험 1. 고령지 성능검정 : 8품종, F₁ 42 조합

시험 2. 하우스 성능검정 : 11품종, F₁ 84조합

나. 경종개요

구분	과 종	특성 검정	재식거리 (cm)	면적 (m ²)	장 소	비 고
시험 1.	2015. 05. 16	2015. 10. 2	15×10	660	대관령	2 반복
시험 2.	2016. 12. 15	2016. 5. 19	15×10	660	경 남	"

다. 시험 결과

(1) 시험 1. 고령지 성능검정

- 3개년에 걸쳐 꾸준히 성적이 좋았던 S&P3106 조합은 4차 년도 시험에서도 성적이 좋았는데 특히 내흑엽고병에 강하고, 수량성이 높았으며, 근장이 21.5cm로 길고, 근미 맷힘이 우수한 장원통형으로 상품성이 높게 확인되었다.
- 대조 품종으로 공시한 ‘후지모리’의 7품종 중 ‘후지모리’는 전년도와 같이 순도 및 근색이 우수하고, 청수 발생이 거의 없으며, 근피가 깨끗한 경향을 보였으나 전년도 검정과 같이 추대율이 2.0%로 비교적 높게 검정되었다.
- S&P5123 조합은 청수 발생이 적고, 근미 맷힘이 우수한 조생 조합으로 비교적 순도가 고르며, 근피가 깨끗한 편이었으나 고온기 흑엽고병에는 다소 약한 경향이였다. 또한 추대가 안정되고, 연부병으로 인한 부패 발생이 없었으며, 평균 근장 20.0cm, 근중 277g으로 수량이 높은 원통형으로 검정되었다.
- 3차 년도 하우스검정에서 슈퍼베타 Type으로 예비 선발되었던 S&P5140 조합은 추대 발생이 없고, 청수가 거의 없으며, 근색이 짙으나 고온기 재배에서는 피목 발생이 다소 있고, 수량성이 낮은 장원추형의 근형이었다. 본 조합은 고온기 재배되는 고령지 작형에는 적합하지 않아 저온기 봄하우스 작형으로만 제한하여 개발하여야 할 것으로 평가되었다.
- S&P5203 조합은 3차년도 하우스 검정에서는 선발되지 않았으나 순도가 고르고, 근피가 깨끗하며, 근색이 짙어 고령지 고온기 재배 품질계 조합으로 예비선발 되었다.
- 대조품종으로 공시한 후지모리는 이 작형에서 꾸준히 유통인들에 의해 선호되어 재배면적이 확대되고 있는 품종으로 순도가 고르고, 근피가 고우며, 근색도 우수하였다.

- 남부 하우스 작형에서 가장 선호하는 일본 사카타 종묘사의 베타리치, 슈퍼베타는 4차년도 검정에서도 저온기 하우스 작형과는 달리 고온기 고령지 작형에서는 적합지 않았다.
- 이외 다양한 수입종 및 국내 품종을 공시하여 비교 시험하였으나 특별히 우점종인 후지모리에 비하여 우수한 품종은 없었고, 시그마를 비롯한 국내품종들은 순도 및 근색, 청수현상 등 품질면에서 보완할 부분이 많은 것으로 평가되었다.

표 47. F₁ 조합 능력검정 - 시험 1. 고령지 성능검정 시험 성적

품종명	초 초 숙 순 청 근 근 근 내 기 열 추 부 근 육 근										근 경 (cm)			수 량		평 가						
	세	자	성	도	수	피	미	색	병	(%)	(%)	(%)	(%)	(cm)	(%)		(cm)	상	중	하	근중 (g)	지수
	7	7	7	8	8	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7		8	7	8	7	8	7
후지모리	7	7	7	8	8	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	8
슈퍼베타	6	6	6	8	8	7	6	8	5	3.6	1.8	0.0	1.4	1.5	51.6	22.4	4.6	3.9	2.8	252	93	6
베타리치	6	6	7	7	8	7	7	7	6	5.4	0.5	0.5	4.3	1.6	48.1	20.5	5.0	4.0	2.9	261	98	6
시그마	6	5	6	5	6	6	6	6	5	1.6	4.3	0	3.2	1.8	50.0	18.6	5.0	3.7	2.6	248	97	5
K 드림	7	5	6	6	6	5	6	6	6	6.3	5.7	1.0	6.8	1.6	51.4	21.1	5.0	3.8	2.9	266	99	6
S&P3106	8	6	7	7	7	7	7	7	8	1.5	3.4	0.0	2.5	1.8	49.1	21.5	5.2	4.2	3.1	282	104	8
S&P4124	7	5	6	8	8	7	7	8	5	6.0	1.1	2.7	7.0	1.7	48.6	20.9	4.8	3.8	2.6	248	92	5
S&P5123	7	6	7	7	8	7	8	7	6	2.8	3.2	0.0	0.0	1.7	51.2	20.0	5.1	3.9	3.1	277	103	7
S&P5126	8	5	7	7	7	7	7	7	7	2.5	4.5	1.0	2.5	1.9	47.2	20.7	5.5	4.0	3.0	270	100	6
S&P5131	5	6	5	8	7	7	4	8	4	3.4	0	2.4	2.0	1.5	51.6	23.6	4.4	3.7	2.5	231	86	5
S&P5140	5	7	6	8	8	6	5	8	5	1.0	0.5	0.0	0.5	1.6	52.1	23.1	4.5	3.8	2.6	250	90	6
S&P5147	7	6	6	7	6	7	6	7	8	5.1	2.3	5.6	4.7	1.7	48.6	22.0	5.4	3.9	2.9	263	97	5
S&P5183	8	6	7	7	7	6	7	7	6	2.5	2.5	0.0	5.6	1.8	50.3	20.8	5.2	3.8	3.0	262	97	6
S&P5203	6	7	6	8	7	8	6	8	6	4.0	1.5	0.0	5.5	1.5	47.8	19.1	5.3	4.0	3.0	268	99	6
S&P5206	6	6	7	7	8	7	7	7	8	2.9	1.5	2.0	2.9	1.6	49.6	19.7	5.2	3.9	2.8	258	96	6
S&P5208	7	7	7	8	7	7	6	8	4	3.0	6.5	3.5	4.2	2.0	52.5	21.4	5.0	3.6	3.0	260	96	6

초세 : 1(약) ~ 9(강) 초자 : 1(개장) ~ 9(입성) 숙성 : 1(만) ~ 9(조) 순도 : 1(불량) ~ 9(양호)
 청수 : 1(다) ~ 9(소) 근피 : 1(불량) ~ 9(양호) 근미 : 1(불량) ~ 9(양호) 근색 : 1(담홍) ~ 9(선홍)
 내흑엽고병 : 1(약) ~ 9(강) 육경율 : (근경 - core경)×100 / 근경 평가 : 1(불량) ~ 9(양호)



그림 64. 고령지 파종(좌), 생육 조사(중) 및 수확 광경(우)



그림 65. 고령지 성능검정 선발 조합 비교 사진



그림 66. 고령지 선발조합 집단 사진

(2) 시험 2. 하우스 성능검정

- 품질계 만생 품종인 ‘슈퍼베타’ Type으로 3차 년도 선발되어 농가실증사업을 실시한 S&P5140 조합은 전년도와 마찬가지로 청수현상이 거의 없고, 근피가 깨끗하며, 근색이 짙은 농선홍 조합으로 근장 23.1cm, 평균 근중 206g의 장원통형으로 ‘슈퍼베타’와 유사한 특성을 보였으나 숙기는 다소 빠른 장점을 보여 주어 재 선발되었고, ‘굿모닝’으로 명명하여 품종보호출원하였다.
- S&P5143 조합은 국내에는 아직 시장이 형성되어 있지 않은 cut & peel Type으로 근장이 26.8cm의 세장근 형태이며, 순도가 고르고, 청수현상이 적어 품질이 우수하고, 상품성이 좋아 시교 생산을 완료하여 미국이나 유럽 등의 국가에 시교사업을 추진하고자 해외 거래선을 통하여 찾고 있으나 이들 국가는 모든 시스템이 기계화에 적합하여야하므로 향후 기계 수확에 적합한 탈엽 민감도, 컨베어 이동 후 트럭이나 트랙터 쉼레라로 낙하 시 크랙킹 정도 등 검토해야 할 부분이 아직 많다.
- S&P6057 조합의 경우 근장이 25.7cm, 평균 근중이 215g으로 근미 발달이 비교적 좋았으나 열근 발생이 다소 많고, 순도가 다소 좋지 않아 검토가 필요할 것으로 평가되었다.
- 국내 시장에 구로다(Kuroda) 및 찬타니(Chantenay) 타입으로 아직까지 선호도가 가장 높은 ‘베타리치’와 비교하여 3차 년도 선발되어 S&P5140과 함께 농가실증사업을 실시한 S&P5208 조합 역시 순도가 고르고, 근색이 짙으며, 추대가 안정되었고, 대조품종 근장이 20.6cm에 비하여 22cm로 다소 긴 원통형으로 상품성이 우수하게 평가되었다.
- S&P6024외 대부분의 다른 조합은 순도가 아직 고르지 못하거나 근색, 청수 발생정도, 근미 맷힘, 열근 발생정도, 수량성 등에서 대조품종인 ‘베타리치’에 비하여 비교 열세로 평가되었다.
- 본 연구를 통하여 ‘신기한’으로 명명하여 품종보호출원 중에 있는 S&P3106 조합의 경우 내후엽고병에 강하여 고령지 재배에서 가장 좋은 성적을 보여주고 있으나 저온기 하우스 작형에서도 순도가 비교적 고르고, 근장이 21.8cm로 길며, 평균 근중이 278g으로 수량성이 높게 검정되어 일관된 성적을 보여 주었다.
- 대조 품종인 ‘베타리치’는 청수가 적고, 근피가 깨끗하며, 육경율이 62.5%로 높아 상품성이 우수하였고, 평균 근중이 272g으로 수량성이 높았다.
- 고령지 지역에서 선호도가 높았던 ‘愛紅’의 경우 근장이 18.3cm로 다소 짧고, 열근율이 4.0%로 다소 높았으나 숙기가 빠르고, 근미 맷힘이 좋으며, 근피가 깨끗하고, 근색이 짙어 상품성이 우수하게 평가되었다.
- 최근 중국 고령지 시장에서 시장 점유율이 높아지고 있는 ‘紅譽 7号’(미까도교화)의 경우 근색이 짙은 장점은 있으나 초세가 약하고, 근장이 18.6cm로 다소 짧으며, 평균 근중

이 233g으로 수량성도 낮아 하우스 작형에서는 적합지 않은 것으로 평가 되었다.

- 일본에서 수입하여 국내회사를 통하여 판매되고 있는 ‘나가사키’의 경우 순도, 근피, 청수 현상 등이 다소 불량하고, 수량성도 낮았다.

- 국내 품종인 ‘K 드림’의 경우도 근미 맷힘이 약하고, 순도, 근피, 근색 등이 다소 불량하고, 수량성도 낮아 아직까지 수입종을 대체하기는 부족한 것으로 평가되었다.

표 48. F₁ 조합 능력검정 - 시험 2. 하우스 성능검정 시험 성적

품종명	초	초	숙	순	청	근	근	근	기	열	추	근	육	근	근 경 (cm)			수 량		평
	세	자	성	도	수	피	미	색	(%)	(%)	(%)	(cm)	(%)	(cm)	상	중	하	근중 (g)	지수	가
슈퍼베타	7	8	5	8	9	8	6	8	1.4	0.5	0	1.5	63.6	23.2	4.3	3.3	2.5	203.2	100	8
S&P5140	8	8	6	8	8	8	6	8	1.0	1.0	0	1.7	62.8	23.1	4.4	3.5	2.6	206.4	102	8
S&P5143	6	7	5	8	8	7	5	8	1.8	1.4	0	1.6	58.0	26.8	4.1	3.1	2.3	198.5	98	8
S&P6038	6	7	5	7	7	8	4	8	2.6	0	1.6	1.5	53.3	23.5	4.1	3.0	2.2	190.0	94	6
S&P6057	7	6	6	6	7	7	5	7	1.9	2.8	0.5	1.6	54.2	21.8	4.8	3.5	2.5	215.6	106	6
S&P6089	7	6	5	7	9	8	5	7	5.6	2.3	0	1.5	59.3	24.3	4.4	3.2	2.3	206.0	101	7
베타리치	8	7	7	7	8	8	7	7	1.0	1.5	0.5	1.6	62.5	20.6	5.1	4.0	3.2	272.4	100	8
愛 紅	8	7	8	8	7	8	8	8	0	4.0	0.5	1.7	61.9	18.3	5.2	4.2	3.1	259.0	95	7
紅響 7号	5	5	7	7	6	6	6	8	3.8	2.4	0	1.5	59.5	18.6	5.1	3.7	3.1	233.0	86	6
나가사키	9	6	6	6	6	6	6	7	2.8	2.3	1.0	1.8	56.4	20.9	5.3	3.9	3.0	242.3	89	5
K 드림	9	6	5	6	6	7	5	6	2.3	2.7	0.5	1.9	52.6	19.6	5.0	3.8	2.8	225.6	83	5
S&P3106	9	6	7	7	8	7	7	7	0.5	2.4	0	1.8	61.4	21.8	5.2	4.4	3.3	277.6	102	8
S&P5208	7	7	7	8	7	7	7	8	1.4	1.0	0	1.7	62.5	22.0	5.0	4.0	3.2	268.4	99	8
S&P6024	8	6	6	8	6	7	6	7	1.0	1.5	0.5	1.5	58.5	20.0	5.2	4.1	3.1	259.8	95	7
S&P6027	7	7	6	7	6	7	8	6	2.8	3.7	1.0	1.6	55.2	21.4	4.9	3.8	2.9	230.6	85	6
S&P6033	9	7	7	7	7	7	7	7	4.7	3.8	0	2.1	53.8	19.4	5.1	3.9	3.0	232.0	85	6
S&P6045	7	7	7	6	8	7	7	8	2.3	1.0	0	1.6	59.4	21.9	5.0	3.7	2.9	245.4	90	6
S&P6047	8	5	7	8	6	6	7	8	1.4	0	1.5	1.8	59.5	21.4	5.3	4.2	3.2	262.6	96	7
S&P6103	6	5	8	7	6	7	7	6	1.4	4.2	0	1.6	61.9	18.1	5.0	4.2	3.3	253.2	93	6

초세 : 1(약) ~ 9(강)

초자 : 1(개장) ~ 9(입성)

숙성 : 1(만) ~ 9(조)

순도 : 1(불량) ~ 9(양호)

청수 : 1(다) ~ 9(소)

근피 : 1(불량) ~ 9(양호)

근미 : 1(불량) ~ 9(양호)

근색 : 1(담홍) ~ 9(선홍)

내후엽고병 : 1(약) ~ 9(강)

육경율 : (근경 - core경)×100 / 근경

평가 : 1(불량) ~ 9(양호)



그림 67. 하우스 성능검정 발아 초기 전경(좌), 수확 전경(우)



그림 68. 하우스 성능검정 선발 조합 비교 사진



그림 69. 하우스 성능검정 선발 조합별 내부 육색 비교 사진



그림 70. 하우스 성능검정 선발 조합별 집단 비교 사진 I.



그림 71. 하우스 성능검정 선발 조합별 집단 비교 사진 II.

제 7 절. 계통교배육성 및 F1 조합작성

1. 제 1년 차(2012년)

가. 공시 재료

MS 및 유지계 6 계통, 화분친 28계통, 약배양 유래 DH 식물체 15집

나. 경종개요

모본 정식	교배 시기	수확 및 조제	재식거리 (cm)	면적 (m ²)	장 소	비 고
2013. 03. 08	2013. 5. 14 ~6하	2013. 8상	15×10	1,980	경 남	단구제

다. 시험 결과

- 분리 순화 중이거나 기 고정되어 이용 중인 웅성불임계통(A line)은 유지친(B line)과 최대한 원예적인 특성이 유사한 개체 또는 집단을 선발하여(최소 A, B line 각 6주) 정식하였다. 개화 직전 개체는 교배용 cage를 이용하여 격리 시키고, 집단은 대형 cage 또는 미니망실과 대형 망실로 격리하여 여교잡 실시와 함께 계통 순화 작업을 실시하였다.

- 화분친 계통은 추근 및 청수정도, 근피, 근미 맷힘, 근 비대성, 추대성, 근장 등 양적 또는 질적 형질을 평가하여 선발하였고, 이들을 분리한 분리집단은 개체 선발 위주로, 또한 자식 약세 방지를 위하여 최소 6주 이상을 묶어 교배 집단으로 구성하였고, 고정 계통은

유망 응성불임계와 교배 망실에 혼식하여 F₁ 조합작성을 하였다.

- 교배 매개충인 연두금파리를 이용하기 위하여 돼지허파에 연두금파리를 산란 유도 후 상자에 격리시키고, 번데기로 성숙시켜 이를 각 교배 망실에 넣어 부화시켰고, 자식을 위한 개체에는 번데기를 종이컵에 담아 cage 내에서 부화시켰다.
- 교배 완료 후 7월 중순부터 화지를 분리하고, 예취하였다가 후숙 후 제모하고 조제를 완료하였다.
- 1차 년도에 계통성능검정에 공시한 재료를 이용하여 F₁ 25조합을 작성하고, MS 및 유지계 16계통, 화분친 157계통, D-H 유래계 식물체 1계통의 종자를 획득하였다. 획득된 재료들은 2차 년도 계통성능검정에 모본 선발 재료로 활용하였다.



그림 72. 교배 매개충 연두금파리(*Lucilia illustris*) 사육 모습



그림 73. 연두금파리(*Lucilia illustris*)를 이용한 교배망실 및 cage를 이용한 자식 (selfing) 모습

주관 기관의 약배양 재료 공급을 위하여 월동 전 합성계통 위주로 선발하여 주관기관에 제공하였고, 선행연구에서 얻어진 약배양 유래 식물체를 주관기관으로부터 인수받아 교배 중에 있으나 대부분 화분이 약하였다.

표 49. 약배양 유래 DH 식물체 재료 인수내역(재료 인수일 : 2013. 4. 23)

식물체수	모주	계통번호	식물체수		비고
			추대중	만개	
1	0624-1	3	2		
2	"	4	1		
3	"	5	1		
4	"	6	1		
5	"	7	1		
6	"	8	1		
7	"	9	1		
8	"	10	1		
9	"	11	1		
10	"	13	1		
11	"	14	1		
12	"	16	1		
13	"	19	1		
14	1517	20		1	
총계			14	1	14계통/15점

2. 제 2년 차(2013년)

가. 공시재료 : MS 및 유지계 12계통, 화분친 163계통, 약배양 유래 DH 식물체 15점

나. 경종개요

모본 정식	교배 시기	수확 및 조제	재식거리 (cm)	면적 (m ²)	장 소	비 고
2014. 03. 17.	2014. 5. 8 - 6하	2014. 8. 27.	30×30	1,980	경 남	단구제

0

다. 시험 결과

- 분리 순화 중이거나 기 고정되어 이용 중인 웅성불임계통(A line)은 유지친(B line)과 최대한 원예적인 특성이 유사한 개체 또는 집단을 선발하여(최소 A, B line 각 6주) 정식하였다. 개화 직전 개체는 교배용 cage를 이용하여 격리 시키고, 집단은 대형 cage 또는 미

니망실과 대형 망실로 격리하여 여교잡 실시와 함께 계통 순화 작업을 실시하였다.

- 화분친 계통은 추근 및 청수정도, 근피, 근미 맺힘, 근 비대성, 추대성, 근장 등 양적 또는 질적 형질을 평가하여 선발하였고, 이들을 분리한 분리집단은 개체 선발 위주로, 또한 자식 약세 방지를 위하여는 최소 6주 이상을 묶어 교배 집단으로 구성하였고, 고정 계통은 유망 음성불임계와 교배 망실에 혼식하여 F₁ 조합작성을 하였다.
- 교배 매개충인 연두금파리를 이용하기 위하여 돼지허파에 연두금파리를 산란 유도 후 상자에 격리시키고, 번데기로 성숙시켜 이를 각 교배 망실에 넣어 부화시켰고, 자식을 위한 개체에는 번데기를 종이컵에 담아 cage 내에서 부화시켰다.
- 교배 완료 후 7월 중순부터 화지를 분리하고, 예취하였다가 후숙 후 제모하고 조제를 완료하였다.
- 선행연구에서 약배양 유기 효율이 높았던 S&P0624 계통은 부분임성을 띠는 PF와 MS가 대부분이었는데, 이는 약배양에 이용되었던 S&P0624 계통의 핵내 인자 구성이 MSms 형태에서 분리 중에 있기 때문이라고 추정된다.
- 계통성능검정에서 선발된 MS 및 유지계 12 계통, 화분친 163계통, 약배양 유래 DH 식물체 16점을 공시하여 F₁ 143조합을 작성하고, MS 및 유지계 30계통, 화분친 232계통, D-H 유래계 식물체 1계통 2개체에서 종자를 획득하였고, 획득된 재료들은 3차년도 계통성능검정에 모본 선발 재료로 활용하였다.

표 50. 1차년도 약배양 유래 DH 식물체 채종 내역

NO.	계통	인수번호	식물체수	식물체 상태	화기형태	종자량	비고
1	0624-1	3	2	추대 중	MS	-	
2	"	4	1	"	PF	-	고사
3	"	5	1	"	MS	-	
4	"	6	1	"	MS	-	
5	"	7	1	"	MS	-	고사
6	"	8	1	"	-	-	
7	"	9	1	"	PF	-	
8	"	10	1	"	MS	-	
9	"	11	1	"	MS	-	고사
10	"	13	1	"	PF	-	
11	"	14	1	"	MS	-	고사
12	"	16	1	"	MS	-	
13	"	19	1	"	MS	-	고사
14	1517-1	20	1	개화 중	MF	362립	
합계			15				



그림 74. 1차년도 약배양 유래 DH 식물체 인수 및 화기, 착협 상태



그림 75. 1차년도 약배양 유래 DH 계통채종 후 계통성능검정 후 모본 선발 후 개화모습



그림 76. 교배 후 결실, 등숙, 제모 및 종자 조제 모습

3. 제 3년 차(2014년)

가. 공시재료 : MS 및 유지계 24계통, 화분친 202계통, 약배양 유래 DH 식물체 409점

나. 경종개요

모본 정식	교배 시기	수확 및 조제	재식거리 (cm)	면적 (m ²)	장 소	비 고
2015. 03. 05.	2015. 5. 18 - 6하	2015. 8. 8.	"	1,980	경 남	시험중

다. 시험 결과

- 분리 순화 중이거나 기 고정되어 이용 중인 웅성불임계통(A line)은 유지친(B line)과 최대한 원예적인 특성이 유사한 개체 또는 집단을 선발하여(최소 A, B line 각 6주) 정식하였다. 개화 직전 개체는 교배용 cage를 이용하여 격리 시키고, 집단은 대형 cage 또는 미니망실과 대형 망실로 격리하여 여교잡 실시와 함께 계통 순화 작업을 실시하였다.

- 화분친 계통은 추근 및 청수정도, 근피, 근미 맺힘, 근 비대성, 추대성, 근장 등 양적 또는 질적 형질을 평가하여 선발하였고, 이들을 분리한 분리집단은 개체 선발 위주로, 또한 자식 약세 방지를 위하여 최소 6주 이상을 묶어 교배 집단으로 구성하였고, 고정 계통은 유망 웅성불임계와 교배 망실에 혼식하여 F₁ 조합작성을 하였다.

- 교배 매개충은 수정별인 뒤영벌을 일부 보조적으로 사용하고, 주로 연두금파리를 이용하였으며, 이를 이용하기 위하여 돼지허파에 연두금파리를 산란 유도 후 상자에 격리 시키고, 번데기로 성숙시켜 이를 각 교배 망실에 넣어 부화시켰고, 자식을 위한 개체에는 번데기를 종이컵에 담아 cage 내에서 부화시켰다.

- 교배 완료 후 7월 중순부터 화지를 분리하고, 예취하였다가 후숙 후 체모하고 조제를 완료하였다.

- 주관 기관으로부터 1, 2차년도에 제공받은 약배양 재료로부터 유기된 DH 유래 식물체를 월동 전 1차로 14계통에서 239주, 월동 후 2차로 170주를 인수 받아 교배 중에 있다. 식물체 형태로 볼 때 대부분은 도너(Donor) 계통과 유사하나 그중 다양한 잎 형태를 보이는 것도 있어서 육안 상 일부 식물체는 DH 유래 식물체로 추정된다.

- 한편, 새로운 불임계통육성을 위해 임성분석 11조합을 작성하여 임성검정 중에 있으며, 주화륜은 100% 개화 완료되어 6/8일 현재까지 100% MS로 판정된 조합은 S&P4719 외 4조합으로 새로운 유지계를 5계통 확보하였다. 특히 S&P4827 계통은 중국 서부 지역에 많이 재배되어 소비되는 핑크 계열의 계통으로 그동안 확보하지 못했던 MS계통으로 향후

이 시장을 겨냥한 품종 개발이 가능 할 것으로 판단된다.

- 계통성능검정에서 선발된 MS 및 유지계 24통, 화분친 163계통, 약배양 유래 DH 식물체 16점을 공시하여 F₁ 143조합을 작성하고, MS 및 유지계 30계통, 화분친 232계통, D-H 유래계 식물체 1계통 2개체에서 종자를 획득하였고, 획득된 재료들은 3차년도 계통성능검정에 모본 선발 재료로 활용하였다.

표 51. 임성 분석 분리비 조사 내역

계 통	MS	MF	*PF	MS율 (%)	MS 형태	계 통	MS	MF	*PF	MS율 (%)	MS 형태
S&P4444	0	70	0	0	-	S&P4779	24	0	26	38	petaloid
S&P4523	100	0	0	100	petaloid	S&P4781	85	15	0	85	"
S&P4530	35	15	0	70	"	S&P4782	96	4	0	96	"
S&P4719	100	0	0	100	"	S&P4786	100	0	0	100	"
S&P4730	100	0	0	100	"	S&P4827	100	0	0	100	"
S&P4777	69	0	31	69							

*PF : part fertility

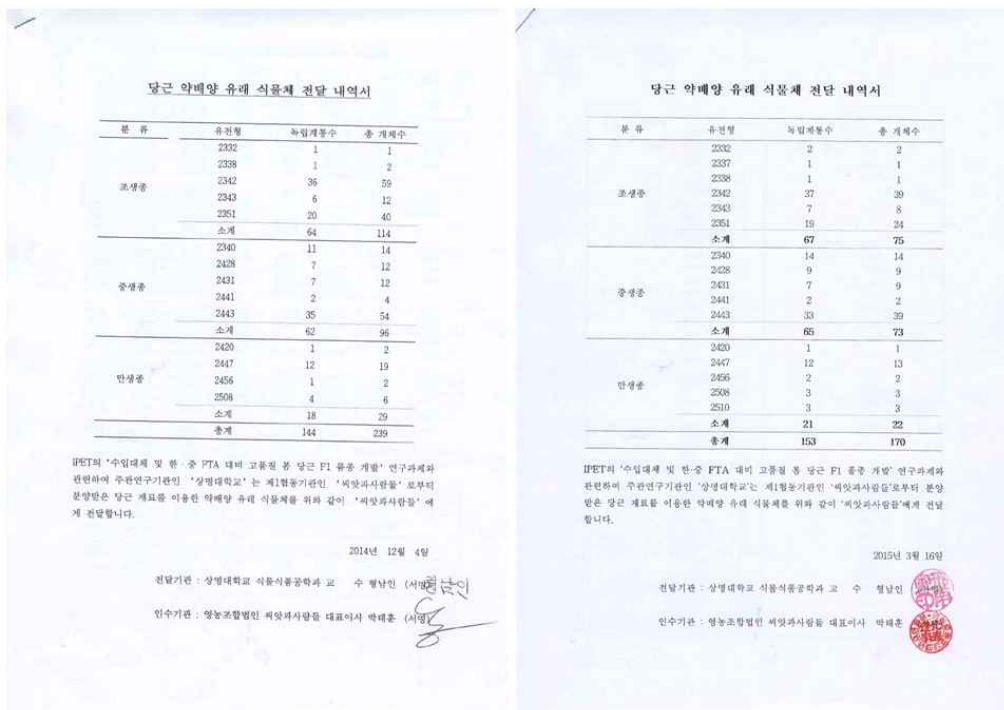


그림 77. 주관기관으로부터 전달받은 약배양 유래 식물체의 목록



그림 78. 교배 망실 매개충 수정 및 유인, 파리 사육, 종자 조제 광경



그림 79. 임성검정 광경

4. 제 4년 차(2015년)

가. 공시 재료 : MS 및 유지계 32계통, 화분친 293계통, 약배양 유래 DH 식물체 351점, 임성분석 5조합

나. 경종개요

모본 정식	교배 시기	수확 및 조제	재식거리 (cm)	면적 (m ²)	장 소	비 고
2016.03.09.	2016.5.13~ 2016.7.7	2016.7.15.~2016.8.5	30×30	1,980	경남, 전남	

다. 시험 결과

- 분리 순화 중이거나 기 고정되어 이용 중인 웅성불임계통(A line)은 유지친(B line)과 최대한 원예적인 특성이 유사한 개체 또는 집단을 선발하여(최소 A, B line 각 6주) 정식하였다. 개화 직전 개체는 교배용 cage를 이용하여 격리 시키고, 집단은 대형 cage 또는 미니망실과 대형 망실로 격리하여 여교잡 실시와 함께 계통 순화 작업을 실시하였다.
- 화분친 계통은 추근 및 청수정도, 근피, 근미 맺힘, 근 비대성, 추대성, 근장 등 양적 또는 질적 형질을 평가하여 선발하였고, 이들을 분리한 분리집단은 개체 선발 위주로, 또한 자식 약제 방지를 위하여는 최소 6주 이상을 묶어 교배 집단으로 구성하였고, 고정 계통은 유망 웅성불임계와 교배 망실에 혼식하여 F₁ 조합작성을 하였다.
- 교배 매개충은 수정별인 뒤영벌을 일부 보조적으로 사용하고, 주로 연두금파리를 이용하였으며, 이를 이용하기 위하여 돼지허파에 연두금파리를 산란 유도 후 상자에 격리시키고, 번데기로 성숙시켜 이를 각 교배 망실에 넣어 부화시켰고, 자식을 위한 개체에는 번데기를 종이컵에 담아 cage 내에서 부화시켰다.
- 교배 완료 후 7월 중순부터 화지를 분리하고, 예취하였다가 후숙 후 제모하고 조제를 완료하였다.
- 4차년도 계통육성에서 선발된 MS 및 유지계 32계통, 화분친 293계통, 약배양 유래 DH 식물체 351점, 임성분석 5조합을 공시하여 F₁ 172조합을 작성하고, MS 및 유지계 70계통, 화분친 493계통, DH 유래계 92계통을 획득하였다.
- 임성 분석 5조합 중 2 조합이 100% MS로 검정되어 새로운 유지친을 확보하였고, 특히 그동안 황색계 MS계통을 확보하지 못하고 있었으나 이번에 확인된 S&P5938은 양친 모두 황색계로 향후 황색계 F₁ 조합 작성에 이용할 수 있어 보다 다양한 유색계 F₁ 조합이 기대된다.

표 52. 임성 분석 조사 표

계 통	MS	MF	*PF	MS율 (%)	MS 형태	계 통	MS	MF	*PF	MS율 (%)	MS 형태
S&P5353	23	73	0	24	**B.A.	S&P5363	13	75	0	9.6	petaloid
S&P5938	112	0	0	100	petaloid	S&P5941	94	12	8	78.9	"
S&P5968	71	0	0	100	"						

*PF : part fertility

**B.A. : Brown anther



그림 80. 임성검정 광경

2016년도 당근 약배양 유래 식물체 전달 내역서

분 류	유전형	독립계통수	총 개체수
조생종	3303	13	27
	3323	23	75
	3327	1	4
	3451	2	3
	소계	39	109
중생종	3342	6	12
	소계	6	12
만생종	3212	7	18
	3217	1	4
	3245	3	9
	3225	15	40
	3247	5	13
	3283	27	53
	3514	23	50
	3776	19	43
소계	100	230	
총계		145	351

IPET의 '수입대체 및 환·중 FTA 대비 고품질 분 당근 F1 품종 개발' 연구과제와 관련하여 주관연구기관인 '상명대학교'는 제1협동기관인 '세앗파사람들'로부터 분양 받은 당근 재료를 이용한 약배양 유래 식물체를 위와 같이 '세앗파사람들'에게 전달 합니다.

2016년 3월 28일

전달기관 : 상명대학교 식물신품종공학과 교수 **행남인**

인수기관 : 영농조합법인 세앗파사람들 대표이사 **박태준**

그림 81. 주관기관으로부터 전달받은 약배양 유래 식물체의 목록



그림 82. 교배 망실 매개충 수정 및 유인, 파리 사육, 종자 조제 광경



그림 83. 약배양 교배 망실 전경(상:유인 및 격리, 매개충 준비 전경, 하:약배양 유래 화기의 pf, ms, mf)

제 8 절. 지역 적응성시험 및 품종등록

1. 제 1년 차(2012년)

가. 공시 재료 : 2품종, 2조합

나. 경종개요

과 종	특성 검정	재식거리 (cm)	면적 (m ²)	장 소	비 고
2012. 11. 26	2013. 5. 23	15×10	495	경남	"

다. 시험결과

- 선행연구에서 예비 선발된 S&P9105, S&P9109 및 “베타리치”, “베니골드”를 공시하여 다음과 같은 결과를 얻었다.
- 본 작형에 가장 대표적인 품종인 “베타리치”는 초세가 강하고, 군도가 좋으며, 추근현상이 적고, 근색도 우수한 경향을 보였다. 또한 기근 및 열근율이 낮아 상품율이 높게 검정되었고, 10a 당 수량 또한 가장 많았으나 근형은 어깨가 넓은 Chanterney형으로 소비자들이 선호하는 장원통형은 아니었다.
- 역시 일본 사카타종묘의 “베니골드” 역시 Chanterney형으로 “베타리치”에 비하여 근색은 다소 옅고, 근장도 짧은 경향이였다.
- S&P9105는 숙기가 빠르고, 순도 및 근미 비대가 우수한 조합이나 추대에 민감하고, 기근, 열근율 및 추대율이 높아 1개체중은 무거웠으나 비상품을 제외한 상품율이 낮아 10a 당 수량이 가장 낮았다.
- S&P9109의 경우 근장이 긴 장원추형으로 숙기가 늦고, 근미 맷힘이 불량하였으며, 청수현상도 있어 상품성이 낮은 것으로 평가되었다.
- 따라서 1차 년도에 선행연구에서 예비 선발되었던 조합을 공시하여 실시한 본 시험에서는 최종 선발된 조합은 없으며, 2차 년도에 선발된 S&P3106조합을 공시하여 농가 평가를 받을 예정이다.

표 53. 지역적응성 성적

품종명	초세	초자	숙성	순도	청수	근피	근미	근색	기근율 (%)	열근율 (%)	추대율 (%)	상품율 (%)	근수경 (cm)	육경율 (%)	근장 (cm)	근경 (cm)			근중 (g)	수량 kg /10a	지수	평가
																상	중	하				
베타리치	8	7	7	8	8	8	7	8	0.8	2.8	1.6	94.8	1.6	65.6	20.8	5.3	4.4	3.6	287	7,575	100	8
베니골드	7	7	8	7	8	8	7	7	1.2	3.0	4.1	91.7	1.6	68.9	19.6	5.4	4.2	3.4	265	6,765	89	7
S&P9105	7	6	9	8	6	6	8	8	4.3	10.2	6.3	79.8	1.7	62.6	18.3	5.2	4.4	3.6	301	6,687	88	5
S&P9109	8	8	6	7	6	7	6	7	2.6	4.1	3.8	89.5	1.6	66.5	22.3	5.0	4.1	3.3	283	7,051	93	6

초세 : 1(약) ~ 9(강)

초자 : 1(개장) ~ 9(입성)

숙성 : 1(만) ~ 9(조)

순도 : 1(불량) ~ 9(양)

청수 : 1(다) ~ 9(소)

근피 : 1(불량) ~ 9(양호)

근미 : 1(불량) ~ 9(양호)

근색 : 1(담홍) ~ 9(선)

육경율 : (근경 - core경)×100 / 근경

평가 : 1(불량) ~ 9(양호)



그림 84. 지역적응성시험

2. 제 2년 차(2013년)

가. 공시 재료 : 愛紅, 사일오, S&P3106

나. 경종개요

과 종	특성 검정	재식거리 (cm)	면적 (m ²)	장 소	비 고
2013. 5. 12	2013. 10. 2	15×10	660	대관령	"

다. 시험결과

- 고령지 지역의 당근 재배는 90년대 중반부터 2000년대 중반까지 국산 품종인 ‘무쌍5촌’이 약 10년 동안, 이후 2000년대 중반부터 최근까지 역시 약 10년 동안 국산 품종인 ‘시그마’, ‘사일오’ 품종이 오랫동안 점유하고 있었으나 최근 고순도, 고품질계의 일본계 수입 품종의 재배 면적이 확대되어가고 있다.
- 따라서 이러한 수입품종 및 현재 우점하고 있는 국산품종과의 비교시험을 통하여 1차년도 시험 2. 하우스성능검정에서 선발된 S&P3106 조합의 고령지 지역적응성 정도를 확인하기 위하여 실시하였다.
- 시험 결과 S&P3106은 열근율 및 부패율이 수입종인 ‘愛紅’에 비해 높고, 근색이 다소 옅으나 추대율이 월등히 낮아 상품율이 92.9%로 공시 재료 중 가장 높았으며, 평균 1 근중이 305g으로 무게 10a당 전체 수량이 7,934kg으로 대비 품종인 ‘愛紅’에 비하여 143%, ‘사일오’에 비하여 128% 높았다.
- 또한 흑엽고병에도 강하여 재배 후기까지 초세가 강하게 유지되며, 근장이 21.3cm로 긴 장원통형으로 근미 맷힘도 우수하였다.
- 이 작형이 생육 초기 저온기를 거쳐 고온·장일 조건에 조우하게 되므로 첫째 추대가 안정되고, 열근, 기근율이 적어 상품율이 높은 품종을 선호함에 따라 품질에 관련된 질적 요소는 차 순위에 있어 선발 조합의 경쟁력은 충분한 것으로 판단된다.
- 전술한 바와 같이 ‘愛紅’은 근피가 매끄럽고, 근색이 짙으면서 순도가 우수한 장점이 있으나 추대율이 20.3%로 민감하고, 근장이 다소 짧은 단점이 있으며, 수량성이 가장 낮았다.
- 국산 품종인 ‘사일오’ 역시 수량성은 ‘愛紅’에 비하여 112% 높은 장점이 있으나 역시 추대율이 15.45로 높고, 순도가 다소 불량하며, 근피가 거친 단점이 있었다.
- 1차년도와 2차년도에 하우스 작형 및 고령지 작형에서 연속하여 선발된 S&P3106 조합은 최종 선발하여 품종보호 출원 예정에 있다.

표 54. 지역적응성 성적

품종명	초세	초자	숙성	순도	청수	근피	근미	근색	내염고병 (%)	기열 (%)	추대 (%)	부패 (%)	상품 (%)	근수경 (cm)	육경율 (%)	근장 (cm)	근경 (cm)			수량		평가	
																	상	중	하	근중 (g)	kg /10a		지수
愛紅	6	6	8	8	8	7	8	5	1.5	3.3	20.3	0.8	75.6	1.2	66.1	19.1	5.4	4.5	3.5	263	5,567	100	6
사일오	7	6	6	6	7	6	7	6	3.1	3.8	15.4	3.5	77.3	1.6	59.5	20.5	5.4	4.3	3.5	287	6,212	112	6
S&P3106	8	7	7	7	7	8	7	7	2.2	3.6	0.3	3.2	92.9	1.7	59.4	21.3	5.6	4.5	3.6	305	7,934	143	8

초세 : 1(약) ~ 9(강)

초자 : 1(개장) ~ 9(입성)

숙성 : 1(만) ~ 9(조)

순도 : 1(불량) ~ 9(양)

청수 : 1(다) ~ 9(소)

근피 : 1(불량) ~ 9(양호)

근미 : 1(불량) ~ 9(양호)

근색 : 1(담홍) ~ 9(선)

육경율 : (근경 - core경)×100 / 근경

평가 : 1(불량) ~ 9(양호)



그림 85. 지역적응성 시험

3. 제 3년 차(2014년)

가. 지역적응성 시험

(1) 공시 재료 : 슈퍼베타, 베타리치, S&P3106

(2) 경종개요

과 중	특성 검정	재식거리 (cm)	면적 (m ²)	장 소	비 고
2014. 12. 12	2015. 5. 29.	15×10	495	경남	하우스

(3) 시험결과

- 1, 2차년도 F₁ 조합능력검정에서 선발된 'S&P3106' 조합을 전년도 고랭지 지역인 대관령에서 수행한 지역적응성시험 결과 추대가 극히 안정되고, 상품율이 높으며, 평균 근중이 무거워 수량이 많고, 근미 맷힘이 우수한 장원통형으로 검정된 바 있다.
- 3차년도의 시험에서는 대조품종으로 슈퍼베타와 베타리치를 공시하여 전년도에서와는 다른 작형인 하우스 작형에서 수행하였다.
- 선발된 'S&P3106' 조합은 시험결과 F₁ 조합능력검정에서와 유사한 경향을 보였다. 속기는 대조 품종에 비하여 가장 빠른 중조숙형이고, 초세가 강하며, 비교적 순도가 높은 특성을 보였다.
- 특히 'S&P3106' 조합은 근피가 매끄럽고, 근색이 우수하며, 추대가 안정되어 생육 초기 저온기 재배에서도 안정적 작황을 기대 할 수 있어 재배 폭이 넓은 장점을 가지고 있는 것으로 검정되었다.
- 근장은 22.7cm, 평균근중 261g이며, 10a 당 수량은 공시 재료 중 가장 많은 6,750kg이었으나 청수발생이 대조품종 보다는 다소 심하고, 근심부와 육질부의 약간의 경계 현상은 단점으로 지적되었다.

표 55. 지역적응성 시험 성적

품종명	초 초 속 순 청			근 피 수	근 미 색 (%)	기 색 (%)	열 색 (%)	추 대 (%)	부 패 (%)	상 품 (%)	근 수 (%)	육 경 (%)	근 경 (cm)					수 량		평 가			
	세	자	성										도	상	중	하	근중 (g)	kg /10a					
슈퍼베타	7	6	6	8	9	8	6	9	6.2	0.2	0.3	0.0	93.3	1.6	58.4	23.1	4.6	3.7	3.0	238	6,395	100	6
베타리치	7	6	6	7	8	7	7	7	7.7	3.5	1.2	0.2	87.4	1.7	55.6	21.6	4.9	3.9	3.1	245	6,167	96	6
S&P3106	8	5	7	7	7	8	8	7	6.8	3.2	0.0	0.2	89.8	1.8	59.2	22.7	5.0	4.1	3.2	261	6,750	106	8

초세 : 1(약) ~ 9(강)

초자 : 1(개장) ~ 9(입성)

숙성 : 1(만) ~ 9(조)

순도 : 1(불량) ~ 9(양)

청수 : 1(다) ~ 9(소)

근피 : 1(불량) ~ 9(양호)

근미 : 1(불량) ~ 9(양호)

근색 : 1(담홍) ~ 9(선)

육경율 : (근경 - core경)×100 / 근경

평가 : 1(불량) ~ 9(양호)



그림 86. 지역적응성 시험

나. 채종시험

전남에서 수행한 ‘S&P3106’ 조합의 채종 시험에서 모계는 mf 출현율이 0.3%로 임성이 안정되어있고, 그중 0.1%는 공화분으로 수술 형태는 갖추었어도 임성능력이 없어 실질적인 가임주 출현율이 0.2% 정도 밖에 되지 않아 상업적 이용이 가능하다고 판단되었다.

부계의 개화기가 모계에 비하여 약 5~7일 늦으나 당근의 개화형태가 응예선숙형이기 때문에 개화기 차이로 인한 문제는 없었다. 채종 생산성 또한 50.3kg/10a으로 경제성이 있는 것으로 검정되었다.



그림 87. 채종 시험 시작품 생산 광경

다. 품종보호 출원

2개년에 걸쳐 선발된 ‘S&P3106’ 조합은 ‘신기한’으로 명명하여 품종 생산판매신고(신고번호 02-0012-2015-4)를 득함과 동시에 품종보호출원(출원번호 2015-363)하여 재배 시험 중에 있다.

[별지 제28호 서식]

품종 생산·수입판매 신고증명서	
신 고 번 호 : 02-0012-2015-4 품종명칭 등록출원번호 : 40-2015-000760	
신 청 인 성 명 박대훈 (대표자) 주 소 경남 함안군 가야읍 도동길 151-5 (우)837-003	생년월일 (외국인은 국적) 전화 번호
법인명칭 씨앗파사람들	생년월일 (외국인은 국적) 전화 번호
육 성 자 성 명 박대훈 주 소 경남 함안군 가야읍 도동길 151-5	생년월일 (외국인은 국적) 전화 번호
품종이 속하는 작물학명 및 일반명 <i>Daucus carota</i> L. 당근	
품종의 명칭 신기한 (Sinhghan)	
「종자산업법」 제33조제1항 및 같은 법 시행규칙 제27조제1항에 따라 품종의 생산·수입판매 신고를 하였음을 증명합니다. (단, 이 품종의 명칭은 「식물신종보호법」 제109조에 따라 등록된 이후에 사용할 수 있습니다.)	
2015년 04월 17일	
국립종자원	

민원인을 가족같이, 민원을 내일같이	
통지권 내용에 위문이 있으시면 담당자에게 문의하시기 바랍니다. 담당자: 김민지 전화: (054) 910-0118 FAX: (054) 910-0210 인터넷 홈페이지: www.seed.go.kr	
740-220 경상북도 김천시 혁신로 119	

품종보호출원번호 통지서	
출원일자: 2015. 4. 13	품종보호 출원번호: 출원 2015 - 363
품종명칭 출원번호: 명칭	

작 물 명 : 당근
 품종 명칭 : 신기한
 출 원 인 : 씨앗파사람들
 주 소 : 경남 함안군 가야읍 도동길 151-5

2015년04월13일

국립종자원

그림 88. ‘신기한’ 당근(S&P3106) 품종생산판매신고필증 및 품종보호출원 통지서

라. 시험 판매

2, 3년차 지역 적응시험 결과 재배 농가 및 상인, 현지 종묘사 대리점들의 요청으로 시험 생산 종자를 전량 판매하여 32,700,000원의 매출이 발생하였다.

계산서 (보관용)		국번포	권	호
등록번호	615-81-50465	등록번호	226-10-87364	
상호 (법인명)	영농조합법인 씨앗과사람들	상호 (법인명)	농무	성명
사업장 주소	경남 창원군 가이름로 1073	사업장 주소	강령도령동근로부여 하천부리 125-2	인
업태	도소매, 제조	업태	소매	종목
종목	종자, 농산물, 종자재배	종목	농약	
작성	증금가액	비고		
년월일	2015 4 27	증원수	잔액	잔액
		4	7200000	0000
월일	4 27	품목	규격	수량
		신기한당근	200,000립	30
				단가
				240,000
				증금가액
				7,200,000
				비고
합계금액	현금	수표	어음	외상미수금
₩ 7,200,000				이금액을 청구함
22226-25131 196.2.27. 가중 인쇄용지(특급)34g/m2 182mmx128mm				

계산서 (보관용)		국번포	권	호
등록번호	615-81-50465	등록번호	226-10-87364	
상호 (법인명)	영농조합법인 씨앗과사람들	상호 (법인명)	영수전	인
사업장 주소	경남 창원군 가이름로 1073	사업장 주소	강령도령동근로부여 하천부리 705로	
업태	도소매, 제조	업태		종목
종목	종자, 농산물, 종자재배	종목		
작성	증금가액	비고		
년월일	2015 5 1	증원수	잔액	잔액
		4	1200000	0000
월일	5 1	품목	규격	수량
		신기한 당근	200,000립	15
				단가
				300,000
				증금가액
				4,500,000
				비고
합계금액	현금	수표	어음	외상미수금
₩ 4,500,000				이금액을 영수함
22226-25131 196.2.27. 가중 인쇄용지(특급)34g/m2 182mmx128mm				

계산서 (보관용)		국번포	권	호
등록번호	615-81-50465	등록번호	126-86-57207	
상호 (법인명)	영농조합법인 씨앗과사람들	상호 (법인명)	이석우	인
사업장 주소	경남 창원군 가이름로 1073	사업장 주소	경기도 하남시 고골로 282번길 80(황동)	
업태	도소매, 제조	업태	도소매	종목
종목	종자, 농산물, 종자재배	종목	농산물	
작성	증금가액	비고		
년월일	2014 5 10	증원수	잔액	잔액
		4	8640000	0000
월일	5 10	품목	규격	수량
		신기한 당근	200,000립	70
				단가
				300,000
				증금가액
				21,000,000
				비고
합계금액	현금	수표	어음	외상미수금
₩ 21,000,000				이금액을 청구함
8131월 '96.2.				

그림 89. '신기한'(S&P3106) 당근 판매 계산서 사본



그림 90. 지역적응성 시험

나. 지역적응성 시험 (해외)

- (1) 지역 : 중국 산둥성 수광시
- (2) 공시재료 : 孟德爾(일본 愛紅), S&P3106
- (3) 파종일 : 2016. 2. 27.
- (4) 수확 : 2016. 6. 22.
- (5) 평가결과

중국 靑島白創種子有限公司를 통하여 실시한 본 시교사업은 한국에서와 마찬가지로 추대가 안정되고, 근장이 길며, 근피가 고와 상품성이 있어 일본 품종들과 비교하여 충분히 가능성이 있다고 평가하였고, 열근 발생이 다소 보이지만 수분 조절을 지도하여 보급하면 될 것이라 판단하여 주었다. 이 회사에서는 우선 50kg 정도 수입을 을 요구하고, 향후 결과에 따라 사업을 확대하고자 한다 하였고, 이에 따라 해외 시험 생산 분 40kg을 수출 완료하였다.

특히 이곳에서 일본 스미토모사의 ‘愛紅’(현지명:孟德爾)과 비교하여 근장이 긴 장원통형으로 평가하여 대체 할 수 있는 품종으로 기대가 컸으며, 향후 개발에 상당히 긍정적으로 평가하였다.

☆ Adaptability Of Carrot Regional Test (Oversea) 16-06-24 (금) 09:05
 보낸사람
 받는사람

Dear Mr. Park

Hope you had a nice weekend and feel good. The Adaptability Of Carrot Regional Test is as below.

地区适应性试验 (国外)

1. 地区: 中国山东省寿光市
2. 试验材料: 孟德爾 (日本 愛紅), S&P3106
3. 播种日: 2016.2.27
4. 收获: 2016.6.22
5. 评价

贵公司的品种已于2016. 2. 27在中国山东省寿光市播种, 并在2016.6.22收获完毕。无抽苔, 根长, 皮滑, 极具商品性, 可与日本的品种相媲美。虽有裂根现象, 可通过水分调节解决。建议可先进口50公斤左右, 扩大试验销售, 再做进一步打算。在此地, 最近日本스미토모사 (公司名称) 的孟德爾品种很受欢迎, 和该品种比形状为长圆筒形, 根形好, 很有开发潜力。

Adaptability Of Carrot Regional Test (Oversea)

Place of trial: Shouguang City, Shandong Province, China
 Variety name:孟德爾 (Japanese variety, AIKO), S&P3106
 Sowing Date: 27th, February, 2016
 Harvest Date: 22nd, June, 2016

Comment

We sowed your variety on 27th, February and have harvested on 22nd, June. Your variety has following characteristic, no bolting, long root and smooth skin, which can sustain comparison with Japanese Variety. The phenomenon that the root splits can be solved by water control.

We would like to import 50KG of above variety first.

We will consider the further cooperation after expending the trial sale.

In above location, AIKO carrot of SUMITOMO company are popular recently.

However your variety with cylindrical long & good root shape has potentiality of development in compare with Japanese variety.

Best Regards,

茂强
 青岛百创种苗有限公司
 0532-58700681

그림 91. 중국 시교 사업 결과 전문



그림 92. 중국 수광 시교 시험 전경 및 평가



그림 93. 중국 시교 사업 비교사진

다. 품종보호 출원

2개년에 걸쳐 난테스(Nantes Type)으로 선발된 S&P5140 조합은 ‘굿모닝’당근으로, 구로다(Kuroda) 및 찬타니(Chantenay) 타입으로 선발된 S&P5208조합은 ‘윈더풀’ 당근으로 각각 명명하여 품종보호 출원 완료하였다.

민원인을 가족같이, 민원을 내일같이	
<p>통지된 내용에 의문이 있으시면 담당자에게 문의하시기 바랍니다. 담당자: 김지유 전화: (054) 912-0113 FAX: (054) 912-0210 인터넷 홈페이지: www.seed.go.kr</p>	
39660	경상북도 김천시 혁신8로 119


민원인을 가족같이, 민원을 내일같이	
<p>통지된 내용에 의문이 있으시면 담당자에게 문의하시기 바랍니다. 담당자: 김지유 전화: (054) 912-0113 FAX: (054) 912-0210 인터넷 홈페이지: www.seed.go.kr</p>	
39660	경상북도 김천시 혁신8로 119

품종보호출원번호 통지서

출원일자: 2016. 8. 5	품종보호 출원번호: 출원 2016 - 394 품종명칭 출원번호: 명칭 2016 - 832
------------------	--

작 물 명: 당근
 품종 명칭: 굿모닝
 출 원 인: 씨앗과사람들
 주 소: 전남 영광군 염산면 봉덕로 483

2016년08월05일

국립종자원 

품종보호출원번호 통지서

출원일자: 2016. 8. 5	품종보호 출원번호: 출원 2016 - 393 품종명칭 출원번호: 명칭 2016 - 831
------------------	--

작 물 명: 당근
 품종 명칭: 윈더풀
 출 원 인: 씨앗과사람들
 주 소: 전남 영광군 염산면 봉덕로 483

2016년08월05일

국립종자원 

그림 94. ‘굿모닝’ 당근(S&P5140) 및 ‘윈더풀’ 당근(S&P5208) 품종보호출원 통지서

라. 판매(상품화)

아직은 본격적인 생산 이루어지 않아 많은 양의 판매 및 수출은 이루어지지 않았고, 시험 판매 수준이다. 금년도 ‘신기한’으로 명명하여 판매 중인 S&P3106의 품종판매 금액은 35,000,000원으로 3차년도 판매 누적액까지 합치면 총 판매액은 68,400,000원이며, 해외 수출액은 10,400\$의 성과가 있었다.

2015년 처음 실시된 해외 채종시험에서 현지 기후 영향으로 생산이 실패하여, 생산량이 기대에 턱없이 부족하여 생산 안정화를 위해 해외 생산기지 다양화 차원에서 기존의 북반구인 이태리 지역과 함께 남반구인 남아프리카공화국으로 확대하여 본격 생산에 돌입하였다.

전자계산서 상세조회

사업자 전환

승인번호 20160316-10000000-27469920

조회

● 전자계산서_일반

공급지	등록번호	615-61-50465	중사업장번호		공급받는자	등록번호	571111-1113514	중사업장번호	
	상호	영농조합법인 씨앗과시원들	성명	박태훈		상호		성명	이호용
	사업장	전라남도 영광군 일신면 봉덕로 483				사업장			
	업태	도.소매	종목	종자,농산물		업태		종목	
	이메일					이메일			

작성일자	공급가액	수정사유	비고
2016-03-16	15,000,000	해당없음	

월	일	품목	규격	수량	단가	공급가액	비고
03	16	신기한 달근	200,000립	50	300,000	15,000,000	

합계금액	원금	수표	어음	외상미수금	이 금액중 (영수) 할
15,000,000	15,000,000				

승인번호 20160523-10000000-6180563

조회

전자계산서_일반

공급자	등록번호	615-81-50465	중사업장번호		공급받은자	등록번호	126-86-57207	중사업장번호	
	상호	영농조합법인 씨앗과사 람들	성명	박태훈		상호	농업회사법인 인(仁)	성명	이석우
	사업장	전라남도 영광군 영산면 봉덕로 483				사업장	경기도 하남시 고골로 262번길 8(X형동)		
	업태	도 소매	종목	종자,농산물		업태	도 소매	종목	농산물
	이메일					이메일			

작성일자	공급가액	수정사유	비고
2016-05-23	8,700,000	해당없음	

월	일	품목	규격	수량	단가	공급가액	비고
05	23	신기한당근	200,000립	29	300,000	8,700,000	

합계금액	현금	수표	어음	외상미수금	비고
8,700,000				8,700,000	이 금액을 (청구) 함

그림 95. '신기한' 당근(S&P3106) 매출 전자 계산서 사본 I

승인번호 20160316-10000000-27471033

조회

전자계산서_일반

공급자	등록번호	615-81-50465	중사업장번호		공급받은자	등록번호	650208-1908211	중사업장번호	
	상호	영농조합법인 씨앗과사 람들	성명	박태훈		상호		성명	안순환
	사업장	전라남도 영광군 영산면 봉덕로 483				사업장	경남 김해시 능동로 117 부업 아파트 414동 302호		
	업태	도 소매	종목	종자,농산물		업태		종목	
	이메일					이메일			

작성일자	공급가액	수정사유	비고
2016-03-16	12,000,000	해당없음	

월	일	품목	규격	수량	단가	공급가액	비고
03	16	신기한 당근	200,000립	40	300,000	12,000,000	

합계금액	현금	수표	어음	외상미수금	비고
12,000,000	12,000,000				이 금액을 (영수) 함

그림 96. '신기한'당근(S&P3106) 매출 전자 계산서 사본 II

COMMERCIAL INVOICE

Beneficiary SEEDS & PEOPLE CO., LTD. 483, Bongdeok-ro, Yeomsan-myeon, Yeonggwang-gun, Jeollanam-do, Korea (TEL):+82-61-353-4123 (FAX):+82-61-353-4123		No. & Date of Invoice SP160628 28.JUN.2016	
Applicant Guangdong Golden Crops Agricultural Science & Technology Co., LTD. ADD:101,18Jinying West Second Street Wushan road,Guangzhou,China Tel: (86) 020-87573410 Fax: (86) 020-87573410		No. & Date of Contract Purchase contract No.: SP160627 Date : 27.JUN.2016	
Notify		Remarks ● Advanced Payment by T/T ● Our Bank Information 1. Bank: National Agricultural Cooperative Federation 2. SWIFT Code : NACFKRSEXXX 3. Beneficiary : SEEDS AND PEOPLE CO. 4. Account No. : 452-0010-1147-31	
Port of Loading Busan, Korea	Final Destination Jiaoxin Port, Guang Zhou, CHINA		
Carrier Vessel	Sailing on or About 0		
Marks & Number SP-ON 4Boxes	Description of Goods Vegetable seeds for sowing Hyb CARROT(S&P3106)	Quantity (KG) 40	Unit Price (US\$/KG) US\$260.00
		Amount (US\$) FOB, Korea US\$10,400.00	
TOTAL		40KG	US\$10,400.00

signed by  T. H. Park, President

USD 1,126.69
USD 1,126.69



수출신고필증(적재전, 갑지)

※ 처리기간 : 즉시

① 신고지 예치타면예스란세법인 광주	② 신고번호 40122-16-204736X	③ 세관과 071-10	④ 신고일자 2016-07-25	⑤ 신고구분 H	⑥ C구분 A
⑦ 수출대상자 영농조합법인(사)광주시민농협 (종교단체) 영농조합 1-06-8-01-1	수출자구분 A	⑧ 거래구분 11 일반형태	⑨ 종류 A 일반수출	⑩ 결제방법 TT 단순송금방식	
수출 화 주 영농조합법인(사)광주시민농협 (종교단체) 영농조합 1-06-8-01-1 (주소) 전라남도 영광군 봉곡로 483 (영산면) (대표자) 박희준 (소재지) 57066	(사업자등록번호) 615-81-50465	⑪ 목적국 CN	⑫ 적재항 KR/PUS	⑬ 선적회사 (항공사)	
⑭ 재 조 자 영농조합법인(사)광주시민농협 (종교단체) 영농조합 1-06-8-01-1	제조장소 57066	⑮ 수출항 10 FC	⑯ 운송형태 57066	⑰ 검사회명 2016/07/25	
⑱ 매 자 GUANGDONG GOLDEN CROPS AGRICULTURAL SCIENCE AND TECHNOLOGY CO., LTD. (구대자번호) CNGUANGD1138W	신업단지번호 999	⑲ L/C번호	⑳ 수출상태 N		
⑳ 품명 SEEDS	⑳ 품명 SEEDS	㉑ 사정원시계정통보여부 N	㉒ 반송 사유		
㉓ 거래품명 HYB CARROT	㉔ 상표명 NO	㉕ 수출(단위)	㉖ 단가(USD)	㉗ 금액(USD)	
㉘ 품명 규격 (반번호/종란수 : 001/001)					
(NO.01) HYB CARROT(S&P3106)		40 (KG)	260	10,400	
⑳ 세번번호 120991-9000	㉙ 수출량 40.0 (KG)	㉚ 수출 0	㉛ 신고가격(FOB)	\$10,400	
㉜ 수출품명 SP160628	㉝ 수입신고번호	㉞ 환산지 KR-4-B-N	㉟ 포장개수(통)	W11,717.576	4(CT)
㊱ 수출근거확인 (발급서유형)					
㊲ 수출량 44.0 (KG)	㊳ 수출포장개수 4(CT)	㊴ 신고가격 (FOB)		\$10,400	
㊵ 운임(W)	㊶ 보험료(W)	㊷ 결제금액		FOB-USD:10,400.00	
㊸ 수입화물 관리번호	㊹ 컨테이너번호				N
수출신고장기제관	세관기제관				
㊺ 운송(신고인) 기종	㊻ 목적의무기간	2016/08/24	㊼ 담당자		2016/07/25
발행번호 : 2016470026912(2016.07.25)					Page : 1/1



Purchase Contract

Contract No.: SP160627
Date : 27.JUN.2016

We have the pleasure to confirm our purchase of the following goods under the terms and conditions specified below;

Description of goods	Name	Quantity (kg)	Unit Price (USD)	Amount (US\$)	Supply Schedule	REMARK
Vegetable seeds for sowing			FOB ,Korea			
Hybrid carrot spring carrot	S&P3106CA	40	260	10,400	25.JUL.2016	"8123"
TOTAL		40		10,400		

- Origin: Republic of Korea
- Port of Loading: Korea
- Final Destination : Guangzhou, China
- Import Agency Company: Guangdong Golden Crops Agricultural Science & Technology Co., LTD.
- Payment Terms : Advanced Payment by T/T
- Packing : Export standard
- Repacking : Allowed by buyer
- Remarks : 1) Germination : 90 % up,
2) Genetic purity : 98 % up,
3) Physical purity : 96% up
4) Seed moisture : 9% down
5) Phytosanitary shall be issued by the government.

Confirmed by seller:
SEEDS & PEOPLE CO., LTD.
483, Bongdeok-ro, Yeomsan-myeon,
Yeonggwang-gun, Jeollanam-do, Korea
(TEL):+82-61-353-4123 (FAX):+82-61-353-4123

Confirmed by buyer:
Guangdong Golden Crops Agricultural Science & Technology Co., LTD.
Room 101,18Jinying West Second Street
Wushan Road, Guangzhou, China
(Tel): +86 -20-8757-2430 (Tel): +86-20-8757-3410

signed by  T. H. Park, President

그림 97. 인보이스, 수출신고필증 및 수출계약서

라. 사업화성과 및 매출실적

- 사업화 성과

항목	세부항목			성 과	
사업화 성과	매출액	개발제품	개발후 현재까지	0.8억원	
			향후 3년간 매출	3.0억원	
		관련제품	개발후 현재까지	억원	
			향후 3년간 매출	억원	
	시장 점유율	개발제품	개발후 현재까지	국내 : 0.8% 국외 : %	
			향후 3년간 매출	국내 : 5.0% 국외 : 0.5%	
		관련제품	개발후 현재까지	국내 : % 국외 : %	
			향후 3년간 매출	국내 : % 국외 : %	
	세계시장 경쟁력 순위	현재 제품 세계시장 경쟁력 순위			10위
		3년 후 제품 세계 시장경쟁력 순위			7위

- 사업화 계획 및 매출 실적

항 목	세부 항목		성 과		
사업화 계획	사업화 소요기간(년)		3		
	소요예산(백만원)		300		
	예상 매출규모 (억원)		현재까지	3년후	5년후
			0.8	3	5
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년후	5년후
		국내	0.8	5	10
국외					
향후 관련기술, 제품을 응용한 다 모델, 제품 개발계획					
무역 수지 개선 효과	(단위: 억원)	현재	3년후	5년후	
	수입대체(내수)	0.8	3	5	
	수 출	0.1	5	10	

제 4 장. 목표달성도 및 관련분야 기여도

코드번호

D-06

제 1 절 목표달성도

1. 연구개발표 목표의 달성도

가. 1차년도

- 약배양 기술체계 확립
 - 당근의 약배양 재료 확보를 위한 화아분화와 추대조건 확립 및 약배양을 통한 배가반수체 식물체 생산에 필요한 배양 조건과 활착 조건 등 확보
- 반응성이 우수한 유전형 선발
 - 선행연구를 통해 확립된 약배양 방법을 이용하여 공시재료 31계통(15,120개 약 사용)의 약배양 실시 및 우수 유전형 선발(당초 계획: 20계통, 10,000개 약 배양)
- 재생 식물체의 ploidy 검정
 - Flow cytometer를 이용한 약배양 유래 식물체의 배수성 검정 완료
- 유전자원 수집 및 계통성능검정
 - 미국 및 일본으로부터 수집된 유전자원 및 기 보유 inbred line의 특성 검정 후 용도에 맞게 교배 모본 선발
- F1 조합 능력검정
 - 고령지 및 하우스 검정 : 선행 연구기간동안 작성된 대비종 및 각각 15, 20조합을 공시하여 S&P3106 조합 선발
- 계통교배육성 및 F1 조합작성
 - MS 6계통, 화분친 28계통 등을 이용하여 F1 조합작성 및 교배
- 지역적응성 검정
 - 선행연구에서 선발된 S&P9105, S&P- 9109 조합을 경남 밀양 주산지에 공시하여 과제 목적에 부합하는 F1 조합 선발

나. 2차년도

- 약배양 효율 최적화: 고효율 약배양 시스템 확립
 - 선발된 우량 계통을 대상으로 약배양 실험용 배지조성 및 배양 환경의 적정조건 구명 및 약배양 유래 식물의 기외 활착 적정 온도와 광도 구명
- 약배양을 통한 DH 식물체 다량생산
 - 1차년도(2012년 11월) 실시 유전형 31계통의 약배양 유래 배가반수체(DH) 식물체 106개를 성공적으로 생산
 - 약으로부터 배가 형성되는 직접 식물체 재생 및 캘러스를 거쳐 배가 형성되는 간접 식물체 재생 시스템을 구축
 - 2차년도(2013년 12월)에 유전형 25계통에서 5,840개의 약배양 완료

- 유전자원 수집 및 계통성능검정
 - 미국 및 일본, 중국으로부터 수집된 유전자원 및 기 보유 inbred line의 특성 검정 후 용도에 맞게 교배 모본 선발
- F1 조합 능력검정
 - 고령지 및 하우스 검정 : 선행 연구기간동안 작성된 대비종 및 각각 18, 22조합을 공시하여 최종 S&P3106 조합선발
- 계통교배육성 및 F1 조합작성
 - MS 12계통, 화분친 163계통, 약배양 유래 16점 등을 이용하여 F1 조합작성 및 교배 중
- 지역적응성 시험
 - 1차년도에 선발된 S&P 3106 조합을 대관령 고령지 지역에 공시하여 과제 목적에 부합하는 F1 조합의 선발

다. 3차년도

- 약배양을 통한 DH 식물체 다량생산
 - 1차년도(2012년 11월) 실시한 약배양 유래 식물체를 제1협동 연구팀으로 전달 (166계통 409개 식물체)
 - 2차년도(2013년 12월) 전달받은 유전형 25계통의 약배양으로 391개 식물체 생산
 - 3차년도(2014년 5월)에 전달받은 유전형 21계통을 대상으로 4,200개 약배양 실시
- 재생 식물체의 ploidy 검정 및 계통 선별
 - 약배양 유래 식물체 45계통의 ploidy 검정을 통해, 약으로부터 직접 배형성을 거쳐 재생된 식물에서 77.7%가 2배체인 배가반수체임을 확인하였음
- DH 식물체 증식체계 확립
 - 당근 S&P2351 약배양 유래 기내 배양 식물체 3계통의 기내 증식에 성공함
 - 약배양 유래 식물체 19계통의 온실 재배를 통해 얻어진 뿌리를 이용하여 성공적으로 캘러스 유도, 체세포배 형성을 거쳐 식물체 재생에 성공하여 DH 식물체의 증식 체계를 확립
- 유전자원 수집 및 계통성능검정
 - 화란, 중국, 일본, 스웨덴 및 독일로부터 수집된 유전자원 및 기 보유 inbred line, 약 배양 유래 계통의 특성 검정 후 용도에 맞게 교배 모본 선발
- F1 조합 능력검정
 - 고령지 및 하우스 검정 : 1, 2차년 계통육성에서 작성된 조합을 고령지 23조합, 하우스에 62조합을 공시하여 S&P5140, S&P5208, S&P5229, S&P5143조합선발
- 계통교배육성 및 F1 조합작성
 - MS 24계통, 화분친 202계통, 약배양 유래 식물체 409점 등을 이용하여 F1 조합작성 및 교배
- 지역적응성 시험
 - 1, 2차년도에 선발된 S&P3106 조합을 경남 하우스 작형에 공시하여 과제 목적에 부합하는 F1 조합의 최종 선발 후, '신기한' 명명 후 품종보호출원 및 생산판매신고
 - 지역적응시험 수행 농가 및 상인 요청에 의한 시작품생산 및 품종생산판매 신고 후 시제품 생산량 전량 판매

라. 4차년도

- 약배양을 통한 DH 식물체 다량생산
 - 3차년도(2014년 5월)에 전달받은 약배양 유래 식물체를 제1협동연구팀 전달(145계통 351점)
 - 3차년도(2015년 6월)에 전달받은 유전형 14계통의 약배양을 실시하여 9계통에서 118개 식물체를 생산하였음
- 재생 식물체의 ploidy 검정 및 계통 선별
 - 3차년도(2014년 5월), 4차년도(2015년 6월)에 전달받은 당근 약배양 유래 식물체 각각 130계통, 31계통 ploidy 검정 실시하여 DH 식물 생산을 확인함
- 우수 DH 식물체 기내대량 증식
 - 3차년도 전달받은 당근 약배양 유래 기내 배양 식물체 378계통을 기내 배양을 통하여 각 5개체 이상씩 증식
- 계통 성능 검정 및 F1 조합능력검정
 - 미국, 일본, 중국 및 화란으로부터 수집된 유전자원 및 기 보유 inbred line, 약 배양 유래계통의 특성 검정 후 용도에 맞게 교배 모본 선발
- 계통교배육성 및 F1 조합작성
 - MS 및 유지계 32계통, 화분친 293계통, 약배양 유래 DH 식물체 351점, 임성분석 5조합을 공시
 - F₁ 172조합을 작성하고, MS 및 유지계 70계통, 화분친 493계통, D-H 유래계 92계통을 획득
- 지역적응성 시험 및 품종보호 출원
 - 3, 4차년도에 선발된 S&P5140, S&P- 5208 조합을 경남 하우스 작형 및 농가 지역 적응성 시험에 공시하여 과제 목적에 부합하는 F₁ 조합을 최종 선발 후, ‘굿모닝’(S&P5140), ‘원더풀’(S&P5208)로 명명하고 품종보호출원
 - 중국 지역적응시험 시교 사업 후 중국 靑島白創種子有限公司의 요청에 따라 해외 시험 생산분 수출 및 국내 2년차 판매

2. 관련분야의 기술 발전에의 기여도

- 식물조직배양 기반의 당근 약배양 유래 식물체 생산 효율 향상
- 당근 약배양 기술을 이용한 고순도 고품질 당근 신품종 개발
- SSR marker 이용 당근 유전형 및 품종 구분용 marker 개발 기술 확보

제 2 절 관련분야 기여도

- 전세계적으로 현재까지 식물조직배양 기반의 약배양 기술을 이용한 품종개발에 대한 보고는 이루어진 바 없음. 그러나 일본의 당근 신품종은 상당한 순도를 가지고 있는 것으로 보아 약배양 기술을 품종 개발에 활용하고 있는 것으로 추측됨. 국내에서 본 과제를 통해 개발된 당근 약기술은 고순도 품종 개발에 기여할 것이며, 이를 통해 외국 종자 로얄티 경감 및 해외 수출 효과를 얻을 수 있을 것임.
- 유전체 연구를 통해 다수의 SSR marker에 대한 보고가 있으나 국내에서 현재까지 당근에서 marker 개발은 이루어진 바 없으며, 앞으로 고순도 당근 신품종 활용 가능성이 매우 크다고 판단되기 때문에 본 과제에서 개발된 marker 기술은 그 가치가 매우 크다고 판단됨,

제 5 장. 연구결과의 활용계획

코드번호

D-07

< 활용방안 >

- 당근의 약배양 유래 DH 식물체를 이용한 고순도, 고품질의 F₁ 품종 개발은 세계에서도 아직 보고되지 않은 고효율 신품종 기술로 주목 받을 것이며 향후 국내외적으로 당근에서의 품종개발을 위한 미래 지향적 모델시스템으로 활용될 것이다.
- 이러한 품종개발 시스템은 육종연한을 단축시켜 맞춤형 품종개발을 가능하게 하므로 당근 이외의 같은 산형화과 작물이나 더 나아가 다른 종의 작물로 응용 및 활용될 가능성이 높다.
- 개발된 기술은 이 분야의 학술자료로 활용될 가능성이 있으며 당근의 생명공학적 응용기술에 많은 기여가 예상되므로 국제 학술지 등을 통해 발표하도록 하며, 기술이전, 특허 등의 지적소유권을 확보하도록 한다.
- 이 연구개발은 최근 급부상하고 있는 종자산업 활성화 흐름과 정부의 '2020' 종자산업 육성대책에 부응하는 것이라고 사료되며, 우량종자를 확보하게 됨으로써 의약 및 재료 산업 등 첨단 생명과학 기술의 활용이 가능한 융복합 산업으로 발전할 계기를 마련하게 될 것이다.
- 다양한 MS 계통 및 화분친을 육성하고, 순화하여 F₁ 조합을 작성하고, 이를 후대 검정하여 선발되는 조합에 대하여 농가 지역적응성 시험을 거쳐, 빠르면 선행연구 결과에 의한 F₁ 조합들이 3차년도부터 품종 보호 출원이 가능 할 것으로 판단 된다.
- 2년차부터는 선행연구에서 얻어진 약 배양 유래 재료를 이용한 F₁ 조합 작성이 가능하여 본 연구의 최종 년도에는 좀더 화분친이 유전적으로 순수한 계통을 이용한 F₁ 품종 보호 출원이 가능 할 것으로 판단된다.
- 이렇게 선발 품종 보호등록이 완료된 품종은 연구 종료 해인 2016년부터는 상품화가 가능하여 기술이전과 동시에 본격 시판이 가능하게 되어 고부가가치 시장에서 일본 수입 품종을 일정 부분 대체할 수 있는 효과를 가져 올 것이라 보여 진다.

< 기대성과 >

- 기술적 측면

- 국내 주요작형을 잠식하고 있는 외국 품종들을 능가하는 품종을 개발할 수 있는 가능성이 있으며 육종연한의 축소로 짧은 기간 내에 다양한 작형에 알맞은 신품종 개발이 가능하게 될 것이다.
- 고품질의 우수한 품종개발에 시간과 노력, 자본의 절감 효과를 얻을 수 있을 것이다.

- 경제·산업적 측면

- 우리나라 고유의 부가가치 높은 신품종을 개발하게 됨으로써 고품질의 품종을 농가에 보급하는 것이 가능하게 되고, 국내에서의 우리나라 토종품종의 재배면적 확대로 생산량이 증대되어 경제적인 농가소득 향상이 예상된다.
- 개발된 고품질의 신품종은 생산량 증대로 기존의 수입에 의존하는 것에서 탈피, 침체된 국내 당근 육성 산업의 경쟁력을 강화시키며 다국적 기업의 과점화 현상으로부터 우리 고유의 품종을 보유, 널리 보급하게 될 것이다.
- 당근의 세계 재배 면적량이 가장 큰 중국에 당근 종자 및 품종을 수출할 수 있는 가능성을 제시하며 수출이 가능해지면 주변 아시아를 비롯한 해외시장 개척에도 공헌하게 될 것이다.
- 육종가의 권리를 강화시켜 육종가의 위상을 높이고 육종가의 저변확대를 도모할 수 있다.
- 당근 작물에 대한 인식을 개선시켜 막대한 개발비용과 개발연한이 장기간 소요되는 작물로 인식되는 것에서 탈피, 당근 품종개발에 대기업의 참여나 투자 유치를 도모할 수 있다.
- 전술한 바와 같이 본 연구가 성공적으로 수행되게 된다면 개발된 고품질 당근 품종을 이용하여 현재 우점하고있는 일본 수입종 당근 시장에 본격적으로 경쟁이 가능하여 짐에 따라 해마다 수입품종 도입 비용으로 유출되고 있는 **외화를 절감하는 효과**가 발생할 것으로 기대 된다.
- 최근의 **중국과의 FTA** 협상 속도로 볼 때 연구 기간 내에 체결이 유력시 되는 바 이에 대응하여 **본 연구과제를 통하여 고품질의 당근 품종이 개발된다면 국내 농가의 고품질 당근 품종 재배로 적극 대응이 가능할 것이다.**
- **FTA가 체결 된다하더라도 최소한 중국에서 재배되어 수입되는 당근만이라도 국내에서 육성된 고품질 당근 품종을 수출하여 현지에서 재배하여 들여옴으로써(하드웨어적인 부분이 경쟁력을 잃었지만 경쟁력있는 소프트웨어를 수출) 문화적 자긍심을 잃지 않은 효과**가 기대된다.

제 6 장. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보

코드번호	D-08
○ 해당사항 없음	

제 7 장. 연구개발결과의 보안등급

코드번호	D-09
○ 해당 사항 없음	

제 8 장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설· 장비 현황

구입 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	코드번호		비고 (설치 장소)	NTIS장비 등록번호
					구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)		

제 9 장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치
이행실적

코드번호	D-11
○ 해당사항 없음	

제 10 장. 연구개발과제의 대표적 연구실적

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문게재지/ 특허등록국 가	코드번호		D-12	
						Impact Factor	논문게재일 /특허등록일	사사여부 (단독사사 또는 중복사사)	특기사항 (SCI여부/인 용횟수 등)
1	논문	당근의 약배양으로부터 직접 및 간접 배형성을 통한 식물체 생산 체계 확립	상명대학교	교신 저자	한국육족학 회지	0	2014.12.31	단독사사	비SCI

제 11 장. 기타사항

코드번호	D-13
○ 해당사항 없음	

제 12 장. 참고문헌

코드번호	D-14
1. Adamus A, Michalik B (2003) Anther culture of carrot (<i>Daucus carota</i> L.). <i>Folia horticulturate</i> 15:49-58	
2. Alessandro MS, Galmarini CR (2007) Inheritance of vernalization requirement in carrot. <i>J Am Soc Hortic Sci</i> 132:525-529	
3. Andersen SB, Christiansen I, Farestveit B (1990) Carrot (<i>Daucus carota</i> L.): In vitro production of haploids and field trials. In: Bajaj YPS (ed.), <i>Biotechnology in agriculture and forestry</i> , Vol 12. Haploids in crop improvement I. Springer, Berlin. pp 393-402	
4. Aruga K, Nakajima T (1985) Role of anther on pollen embryogenesis in anther culture of <i>Nicotiana tabacum</i> L. <i>Japan J Breed</i> 35:390-397	
5. Cho MS, Juang UD, Park SG, Park Y (2003) Regeneration and acclimatization of plants derived from anther cultures in carrot (<i>Daucus carota</i> L.). <i>Korean J Plant Biotechnol</i> 30:47-52	
6. Ferrie AMR, Bethune TD, Mykytyshyn M (2010) Microspore embryogenesis in Apiaceae. <i>Plant Cell Tiss Organ Cult</i> 104:399-406	
7. Flehinghaus T, Deimling S, Geiger HH (1991) Methodical improvements in rye anther culture. <i>Plant Cell Rep</i> 10:397-400	
8. Gorecka K (1998) Obtaining of homozygous lines of head cabbage (<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>capitata</i> L.) with aid of anther culture. <i>Habil Thesis</i> 14:1-71	
9. Gorecka K, Krzyzanowska D, Gorecki R (2005) The influence of several factors on the efficiency of androgenesis in carrot. <i>J Appl Genet</i> 46:265-269	
10. Gorecka K, Krzyzanowska D, Kiszczak W, Kowalska U (2009) Plant regeneration from carrot (<i>Daucus carota</i> L.) anther culture derived embryos. <i>Acta Physiol Plant</i> 31:1139-1145	
11. Kielkowska A, Adamus A (2010) In vitro culture of unfertilized ovules in carrot (<i>Daucus carota</i> L.) <i>Plant Cell Tiss Organ Cult</i> 102:309-319	
12. Kim YS (2009) Development of carrot F1 hybrid varieties having high-yield and late-bolting qualities. <i>Ph.D Thesis</i> . Daegu Univ., Korea	
13. Kielkowska A, Adamus A (2010) In vitro culture of unfertilized ovules in carrot (<i>Daucus carota</i> L.) <i>Plant Cell Tiss Organ Cult</i> 102:309-319	
14. Kiszczak W, Krzyzanowska D, Strycharczuk K, Kowalska U, Wolko B, Gorecka K (2011) Determination of ploidy and homozygosity of carrot plants obtained from anther cultures. <i>Acta Physiol Plant</i> 33:401-407	
15. Luitel BP, Adhikari PB, Shrestha SL, Kang WH (2012) Morphological characterization of anther derived plants in mini paprika (<i>Capsicum annuum</i> L.). <i>Korean J Breed Sci</i> 44:450-461	

16. Maraschin SF, De Priester W, Spaink HP, Wang M (2005) Androgenic switch: an example of plant embryogenesis from the male gametophyte perspective. *J Exp Bot* 56:1711-1726
17. Matsubara S, Dohya N, Murakami K, Nishio T, Dore C (1995) Callus formation and regeneration of adventitious embryos from carrot, fennel and mitsuba microspores by anther and isolated microspore cultures. *Acta Hort* 392:129-137
18. Mollers C, Iqbal MCM (2009) Doubled haploids in breeding winter oilseed rape. In: Touraev A, Forster BP, Jain SM (eds) *Advances in haploid production in higher plants*. Springer, Heidelberg. pp 161-170
19. Peterson CE, Simon PW (1986) "Carrot breeding." *Breeding vegetable crops* 322-356
20. Simon PW (2000) Domestication, historical development, and modern breeding of carrot. In: Janick J (ed.), *Plant breeding reviews*, Vol. 19. John Wiley & Sons, Inc., Oxford. pp 157-189
21. Stein M, Nothnagel T (1995) Some remarks on carrot breeding (*Daucus carota sativus* Hoffm.). *Plant Breed* 114:1-11
22. Tyukavin, GB, Shmykova NA, Monakhova MA (1999) Cytological study of embryogenesis in cultured carrot anthers. *Russian J plant physiol* 46:767-773
23. Wang M, Bergen S, Duijn BV (2000) Insights into a key developmental switch and its importance for efficient plant breeding. *Plant Physiol* 124:523-530
24. Yoo KG (2010) Breeding male sterile lines through anther culture in carrot (*Daucus carota* L.). Ph.D Thesis. Chungbuk National Univ., Korea

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 농생명산업기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 농생명산업기술개발사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.