

최 종
연구보고서

고품질 및 내병충성 당근1대잡종품종개발

Development of Carrot F₁ Hybrid Varieties having
Good Quality and Disease/Insect Resistance

연 구 기 관

대구대학교 자연자원대학

농 림 부

최 종 보 고 서

2001 년도 농림기술개발사업에 의하여 완료한 고품질 및 내병충성 당근
1대잡종 품종개발에 관한 연구의 최종보고서를 별첨과 같이 제출합니다.

첨부 : 1. 최종보고서 10부

2. 최종보고서 디스켓 1매

2001년 12월 일

주관연구기관 : 대구대학교

총괄연구책임자 : 박 용 (인)

주관연구기관장 :

농 립 부 장 관 귀 하

직 인

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “고품질 및 내병충성 당근 1대잡종품종개발에 관한 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2001년 12월 일

주관연구기관명 : 대구대학교

총괄연구책임자 : 박 용

세부연구책임자 : 조 문 수

세부연구책임자 : 류 장 발

연 구 원 : 박 신

연 구 원 : 박 상 규

협동연구기관명 : 농촌진흥청

부산원예시험장

협동연구책임자 : 강 광 균

여 백

요 약 문

I. 제 목

고품질 및 내병충성 당근1대잡종품종개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

당근 1대잡종 품종개발은 미국, 화란, 일본 등이 주도해 오고 있다. 현재 우리나라에서 재배되고 있는 당근품종의 대부분이 일본에서 육성된 품종이며, 최근에는 화란에서 육성된 다양한 품종들이 재배되고 있는데 아직까지는 적은 면적이나 조만간에 재배면적이 크게 확대될 것으로 예상된다. 이들 외국 품종들은 종자가격이 국내품종의 2배정도에 이르고 있어 외국품종들의 재배면적이 확대될수록 농민들의 생산비부담이 더욱 가중될 것은 명확한 일이다.

본 연구의 목적은 각 작형에 적합한 우수한 신품종을 개발하여 외국품종의 국내수입을 적절하게 견제하고 더 나아가 잠재력이 무궁한 중국을 위시한 아시아국가들의 재배환경에 적합한 품종을 개발하는데 있다.

전 세계적으로 당근재배에서 가장 문제가 되고 있는 병해충으로는 검은잎마름병, 연부병, 뿌리혹선충 등인데, 우리나라에서도 이들 병해충의 피해가 심각하다. 검은잎마름병은 대관령을 중심으로 한 고랭지작형에서, 그리고 뿌리혹선충은 우리나라 당근재배의 모든 작형에서 발생하고 있는데 특히 제주

도의 월동작형과 강원도의 고랭지작형에서 엄청난 피해를 주고 있다. 따라서 검은잎마름병과 뿌리혹선충에 저항성이 있는 품종의 개발이 시급한 실정이다.

또한 당근에서는 품종개발의 방향이 다수성품종에서 다수품질계품종으로 대체되고 있는 실정이므로, carotene함량이 높고 terpenoids함량이 낮으면서 당분함량이 높으며, 근피가 매끄럽고, 심이 가늘고 심색이 진한 고품질계 당근품종의 개발이 절실하다. 그리고 아직까지는 당근 1대잡종품종육성은 전통적인 육종기법에 주로 의존하고 있어 품종개발에 오랜 시간과 막대한 연구비가 소요되므로 앞으로는 조직배양을 이용한 세대단축기법의 활용이 매우 중요할 것으로 판단된다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

본 연구에서는 현재 우리나라에서 많이 재배되고 있는 외국품종들에 효율적으로 대처하고, 또한 중국을 위시한 아시아지역에 수출 가능한 1대잡종 품종개발을 위하여 4가지 세부과제로 나누어 연구를 수행하였다.

세부과제 1. F₁조합선발시험

1. 봄당근 F₁조합선발시험

시험장소는 1년차에는 전남 해남의 2개 지역과 경남 양산 1개 지역, 2-5년차에는 부산시 기장과 경남 양산시의 2개지역에서 수행하였다. 1월 말-2월 초에 파종하여 6월 초-6월 말까지 3-5회 수확하여 최종적으로 2-5개의 조합을 선발하였다. 선발된 조합들은 소량 시험채종하여 지역연락시험을 실

시하였다. 본 시험에서는 5년간의 조합선발의 결과 (2798-10-10-9BC x SR-2-3-1)조합이 선발되었다. 이 조합은 부산, 경남의 봄작형에서 가장 많이 재배되고 있는 일본 다끼이 종묘회사의 이나리5촌보다 다수성이고 품질이 더 우수하고 추대율도 낮아 2001년 11월 23일에 품종등록(품종생산·수출 판매신고, 품종명:새봄-100)을 하였다.

2. 고랭지당근 F₁조합선발시험

시험장소는 1-2년차에는 강원도 평창군 진부와 강원도 강릉시 대기의 2개 지역, 3차년에는 강원도 평창군 진부와 횡계의 2개 지역, 4-5년차에는 강원도 평창군 진부와 속사의 2개 지역에서 수행하였다. 4월 말-5월 초에 파종하여 8월 중순-9월 중순까지 3-5회 수확조사를 실시하여 최종적으로 3-5조합을 선발하였다. 선발된 조합들은 소량 시험채종하여 지역연락시험을 실시하였다. 5년간의 F₁조합선발시험결과 고랭지작형에서 많이 재배되고 있는 품종들과 비교하여 수량, 품질, 추대성에서 현저하게 우수한 조합이 선발되지 않았다. 앞으로 시험을 더 계속할 계획이다.

3. 가을당근 F₁조합선발시험

시험장소는 1년차에는 전남 해남군 서울종묘연구소 시험포장과 경남 양산의 2개 지역, 2-5년차에는 부산시 기장과 경남 양산의 2개 지역에서 실시하였다. 7월 말-8월 초에 파종하여 11월 중순-12월 초순까지 3-5회 수확조사를 실시하여 우수조합을 선발하였다. 선발된 조합들은 소량 시험채종하여 지역연락시험을 실시하였다. 5년 간의 F₁조합선발시험의 결과, 가을 및 월동 겸용으로 2개 품종(품종생산, 수입판매신고, 품종명 : 추동-100, 추동-200)을 등록하였다.

4. 월동당근 F₁조합선발시험

시험장소는 1-3년차에는 남제주군 성산읍 삼달리와 시흥리 2개 지역, 4년차에는 남제주군 성산읍과 북제주군 구좌읍의 2개 지역, 5년차에는 남제주군 성산읍 2개 지역에서 수행하였다. 7월 말-8월 초에 파종하여 11월 중순부터 다음 해 2월 중순까지 3-5회 수확조사를 하여 최종적으로 매년 2-5조합을 선발하였다. 선발된 조합들은 소량 시험채종을 하여 지역연락시험을 실시하였다. 5년간의 시험결과, 2개의 조합을 품종등록(품종생산·수출판매신고)하였다. (130-1-8-116-1BC x KD 9-2-3)조합은 1999년 2월 19일에 등록(품종명 : 추동-100)하였고, (130-1-13-1BC x Y-2-3-1-7)조합은 2001년 10월 19일에 등록(품종명 : 추동-200)하였다. 추동-100은 현재 제주도 월동재배에서 가장 많이 재배되고 있는 일본 다끼이종묘의 양명5촌에 비해 조생으로 뿌리비대가 빠르고 근피색과 육색이 진한 등황색이고 carotene함량과 당함량이 더 높아 품질이 우수하였다. 2001년에 제주도에 소량이 판매되어 현재 재배되고 있는데, 11월 중순까지의 조사결과 비대력, 숙기, 품질, 순도 등에서 양명5촌보다 월등하게 우수하였다.

추동-200은 추동-100보다 근장이 약간 길고 지상부가 강하여 재배가 추동-100에 비해 용이하고 수량이 더 많은데 이 두 품종이 보급되면 월동작형과 가을작형에서 외국품종의 수입을 효과적으로 막을 수 있을 것으로 기대된다.

세부과제 2. 내병충성 계통육성

1. 내병성 계통육성

검은잎마름병에 내병성인 계통육성에서는 Dr. Simon으로부터 분양받은

B5280과 B2566의 두 재료를 기본 육성재료로 이용하였다. 이 두 계통은 검은잎마름병에 저항성인 것으로 보고되어 있는데, 국내 포장시험의 결과, B5280이 저항성이 더 강한 것으로 판명되었다. 이 계통은 Emperor type의 세장계이므로 국내 및 아시아지역에 적합한 품종개발에는 맞지 않기 때문에 근형의 보완이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 B5280계통에 기존의 다양한 계통을 교배하여 검은잎마름병 저항성과 근형선발을 계속하였다. 1-2년 차에는 교잡된 재료들을 인공접종시험과 포장시험을 병행하여 선발을 하였고, 3년차부터는 검은잎마름병의 발생이 심한 강원도의 고랭지 농가포장에서 포장선발을 주로 하였다.

2. 내충성 계통육성

내선충 계통육성에서는 Dr. Simon으로부터 분양받은 B9304계통을 기본 육성재료로 이용하였다. 이 계통 역시 세장형으로 근형의 보완이 필요하여 본 연구자가 보유하고 있는 기존의 계통들과 교잡하여 근형과 선충저항성을 병행하여 선발을 계속하였다. 1-2차년에는 접종시험과 포장시험을 병행하여 선발을 하였고, 3차년부터는 선충의 발생이 심한 강원도와 제주도의 농가포장에서 주로 계통선발을 실시하였다.

세부과제 3. 고품질 계통육성

1. High carotenoids 계통육성

기존의 계통과 도입품종 및 육성재료들을 분석하여 당분함량과 carotene 함량이 높은 개체 및 계통들을 선발하여 계속하여 분리, 고정시키면서 계통 육성을 하였다.

선발방법은 전남 해남의 서울종묘연구소와 부산원예시험장포장에서는 모본을 월동시켜 원예적인 형질이 우수한 계통들을 선발한 후에 이들 선발된 계통들을 분석하였다. 그리고 강원도 당근재배농가포장에서는 검은잎마름병에 저항성인 계통 및 육성재료들을, 제주도 당근재배농가포장에서는 뿌리혹선충에 저항성인 계통 및 육성재료들을 분석하였다. 연구의 결과 carotenoids 함량이 150-200ppm 이상 되면서 원예적인 형질이 우수한 계통들을 다수 육성하였는데, 이들 계통들은 앞으로 고품질계 당근1대잡종 품종개발에 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

2. Low terpenoids 계통육성

carotene 분석한 계통과 육성재료들을 모두 분석하였다. 연구의 결과, terpenoids 함량이 15-20ppm 이하 되는 계통들을 다수 육성하게 되어 low terpenoids 품종육성의 재료로 유용하게 이용될 수 있을 것으로 기대된다.

세부과제 4. 조직배양

1. 약배양

본 연구는 약배양을 이용, 당근의 유용한 육성재료를 순계화하기 위하여 약으로부터 성공적인 캘러스 형성과 식물체의 재분화 및 순화체계를 확립하기 위하여 수행하였다. 2,4-D가 함유된 배지가 NAA가 함유된 배지보다 캘러스 형성에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 특히 계통 45477의 경우 A2(B5 + 1mgL⁻¹ 2,4-D + 0.2mgL⁻¹ BAP)배지에서 약 50%의 높은 캘러스 형성율을 보였다. BAP 또는 NAA 농도가 낮아질수록 식물체 생산에 효과적이라는 것을 알 수가 있었으며 식물생장조절물질이 전혀 첨가되지 않은 배

지에서 캘러스를 배양하는 것이 기내에서 식물체 생산에 이상적이었다. 배양묘의 염수에 관계없이 배양실에서 4주간 충분히 순화를 거친 유식물체가 포장 생존율이 100%로 가장 높았다. 국내에서는 처음으로 당근 약으로부터 캘러스를 형성하여 식물체로 분화하였으며 지금까지의 연구 결과 한 개의 캘러스에서 식물체를 대량으로 생산할 수 있는 약배양 모델 시스템을 확립하였다.

2. 순원기배양

채소작물에 있어서 1대잡종 품종개발에 순도가 우수한 1대잡종 종자를 지속적으로 생산하는 것은 대단히 중요하다. 본 연구는 당근에 있어서 양친을 변이 없이 유지 증식시킬 수 있는 방법으로 순원기배양법을 확립하기 위하여 수행하였다. 세포주형성과 식물체 분화에는 계통간에 큰 차이를 보이고 있으나 $2.0\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ BAP + $0.2\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA의 농도에서 세포주 형성율과 식물체 분화율이 높게 나타났다. 식물생장조절제가 전혀 첨가되지 않은 배지(MS + w/o BAP, NAA)에서는 조사된 계통 모두에서 세포주와 식물체가 형성되지 않았다. 처리 농도에 있어서 저농도나 고농도의 BAP 및 kinetin은 낮은 세포주형성율과 식물체 분화율을 보였고 BAP가 kinetin 보다 효과가 있는 것으로 나타났다.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

본 연구과제는 F₁조합선발시험, 내병충성 계통육성, 고품질 계통육성 및 조직배양의 4항목의 세부과제로 수행되었다. F₁조합선발시험에서는 가을 및 월동당근 2품종(추동-100, 추동-200), 봄당근 1품종(새봄-100)을 등록하였다. 고랭지작형에 적합한 품종개발에는 앞으로 몇 년간의 연구가 더 필요

할 것으로 판단된다. 이들 3품종의 육성에는 본 연구의 세부과제인 고품질 계통육성에서 선발된 계통들이 이용되었다. 이들 품종들은 국내에는 참여기업체와 다른 희망업체들이 보급하게 될 것이다. 그러나 외국에 종자수출을 하기 위해서는 그 지역의 재배시험을 통하여 해당지역에 적합한지의 여부를 확인하여야하기 때문에 앞으로 3-4년간의 연구비 추가지원이 가능했으면 합니다.

SUMMARY

I. Title

Development of carrot F₁ hybrid varieties having good quality and disease/insect resistance

II. Importance and objectives of the project

Development of F₁ hybrid varieties of carrot has been carried out mainly by the U.S., the Netherlands and Japan. Most of the cultivated carrot varieties in Korea are developed from Japan and some are from the Netherlands. Foreign country-developed varieties are much expensive(2~3 X) than Korean varieties.

This research was focused on the development of new varieties having good qualities and are fit for the several types of cultivation. The newly developed varieties will be utilized for the development of other varieties which will be cultivated in China as well as other Asian countries.

The selection of F₁ combinations was carried out for the *Alternaria dauci* and *Meloidogyne incognita*-resistant varieties because these two are making major disease and pest problems in Korean carrots. On the top of the resistant varieties, several cultivars containing high levels of carotenoids and sugars as well as low levels of terpenoids were the main interests of this research. Furthermore, development of new varieties having smoothness in root surface and deepness in root color is

also needed. Selection of F₁ combinations has been based on the conventional breeding technique which is time-consuming and very expensive. Therefore, tissue culture technique is very important for the selection, since this technique can save time as well as money.

III. Contents and scope of the project

According to the selection of F₁ combination of Spring carrots, Saebom-100 was registered on the National Seed Management Office for the production and sale of seeds on November 23, 2001. This registered cultivar showed higher yield, slower bolting, and higher quality than Inari 5-chon of Dakii Seed Company(Japan), which are cultivated in the most part of Busan and Gyongnam areas.

Promising crosses were not obtained from the selection of F₁ combination of high-land carrots. Therefore, more selections will be carried out next year.

Two hybrids were selected according to the selection of F₁ combinations of Autumn and Winter carrots. Choodong-100 and Choodong-200 were registered on February 19, 1999 and October 19, 2001, respectively. These two cultivars will be provided as a combined Autumn and Winter carrot cultivar.

Choodong-100 grew fast as a mid/early growing cultivar, therefore, a harvest is available in a year as a Winter carrot in Jeju-do. This cultivar is with smooth surface of roots, deep in color, and good in quality. Choodong-200 was stronger in the growth of above the ground,

longer in the length, and higher in yield than those of Choodong-100.

Small amount of Choodong-100 were cultivated in Jeju-do as a winter cropping. So far, this cultivar has been evaluated as a better one than Yangmyong 5-chon of Dakii Seed Company. Choodong-200 and Saebom-100 will be multiplied as a basic seed in 2002 and produced as commercial seeds in 2003. Choodong-200 and Saebom-100 will be provided for farmers in 2003 and 2004, respectively.

Several breeding lines containing high levels carotenoids(>150~200p.p.m) and sugars as well as low levels of terpenoids(>15~20p.p.m) were developed. Choodong-100, Choodong-200, and Saebom-100 registered on the National Seed Management Office were developed from the selected lines containing high carotenoids content. These three cultivars have higher quality than the cultivated cultivars in regarding to the carotenoids and terpenoids contents.

B5280 and B9304 which are resistant to *Alternaria dauci* and *Meloidogyne incognita* were provide from Dr. Simon of the Wisconsin University. Both were crossed with several breeding lines, in order to select individuals and lines which are resistant to disease-insect attacks and have important horticultural values.

These insect-resistant lines were utilized to develop F₁ hybrids and quality analysis of F₁ hybrids were carried out. However F₁ hybrids having good root type and root enlargement were not produced yet.

More selection of individuals as well as lines, which are resistant to *Alternaria dauci* and *Meloidogyne incognita* and have important horticultural values, will be carried out.

Experiments were conducted to develop the method of anther culture in carrot. For callus induction, anthers were cultured in the semi-solid B₅ basal media with various combinations of 2,4-D and NAA, and they were kept under complete dark condition. Anthers of the most lines on the B₅ basal media with 2,4-D showed higher percentages of callus formation than those with NAA. Particularly, in line 45477, highest percentages of callus formation (50%) were observed on A2 medium (B₅ + 1mg · L⁻¹ 2,4-D + 0.2mg · L⁻¹ BAP). After calli were subcultured for two months, they were transferred into regeneration medium supplemented with combinations of BAP and NAA. Plants regenerated through embryogenesis were observed on medium without any growth regulators. When callus showing yellowish and soft structure were cultured, it yielded green plants with high regeneration rates. The response of anthers in callus induction and plant regeneration had a difference between lines investigated. Green plants with perlite were grown successfully in greenhouse conditions. On a basis of these results, it was possible to establish the anther culture system for green plant regeneration as a conventional breeding tool.

The cultural method of shoot primordia was developed to maintain parental lines of F₁ hybrids for a long time without genetic variation. The shoot primordium including 1 or 2 leaf primordia was cultured in the semi-solid MS basal media with various combinations of BAP and kinetin with 0.2mg · L⁻¹ NAA. The cultures were maintained and proliferated in the 2 r.p.m. drum shaker with illumination of 1,000 and 2,000 Lux on the upper and lower part, respectively. Lower or higher

concentrations of BAP and NAA showed lower percentages of cell clumps formation and plant regeneration. $2.0\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ BAP + $0.2\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA) was very effective in the percentages of cell clumps formation and plant regeneration in all lines tested. Treatment without any plant growth regulator made no cell clump and plant regeneration.

IV. Results and proposal for application

This research is divided in four different subjects; selection of F_1 combinations, development of disease/insect-resistant varieties, development of new varieties having high quality, and tissue culture. Based on the selection of F_1 combinations, Autumn and Winter varieties(Choodong-100 and Choodong-200) as well as Spring variety(Saebom-100) were registered on the National Seed Management Office. These three varieties were derived from the varieties having high quality(high levels of carotenoids and sugars as well as low levels of terpenoids). These varieties will provided to this resarch-related seed company as well as other concerned companies. In order to export these seeds to other countries, cultivation tests at those countries should be carried out, therefore, more research funds are needed for this during the next 3~4 years.

여 백

CONTENTS

Chapter 1. Introduction	21
Section 1. Background of Research	21
Section 2. Object and Range of Research	21
Chapter 2. F ₁ combination test	25
Section 1. Introduction	25
Section 2. Materials and Method	26
Section 3. Results and Discussion	30
Section 4. Summary	47
Chapter 3. Breeding of disease and insect resistant lines	48
Section 1. Introduction	48
Section 2. Materials and Method	48
Section 3. Results and Discussion	54
Section 4. Summary	71
Chapter 4. Breeding of high quality lines	72
Section 1. Introduction	72
Section 2. Materials and Method	72
Section 3. Results and discussion	81
Section 4. Summary	107

Chapter 5. Tissue culture	108
Section 1. Introduction	108
Section 2. Materials and Method	110
Section 3. Results and discussion	112
Section 4. Summary	141
References	142

목 차

제 1 장 서 론	21
제1절 연구배경	21
제2절 연구개발의 목적과 범위	21
제 2 장 F ₁ 조합선발시험	25
제1절 서 설	25
제2절 재료 및 방법	26
제3절 결과 및 고찰	30
제4절 요약	47
제 3 장 내병충성 계통육성	48
제1절 서 설	48
제2절 재료 및 방법	48
제3절 결과 및 고찰	54
제4절 요약	71
제 4 장 고품질 계통육성	72
제1절 서 설	72
제2절 재료 및 방법	72
제3절 결과 및 고찰	81
제4절 요약	107

제 5 장 조직배양	108
제1절 서 설	108
제2절 재료 및 방법	110
제3절 결과 및 고찰	112
제4절 요약	141
인용문헌	142

제 1 장 서 론

제 1 절 연구배경

종자산업은 농업분야의 첨단산업이며, 특히 1대잡종품종개발은 종자산업에서도 가장 부가가치가 높은 분야이다. 당근 1대잡종품종은 1950년대 말에 미국에서 처음으로 개발되었는데 일반종에 비하여 여러 가지 특성이 우수하여 전 세계적으로 재배면적이 급속하게 확대되고 있는 실정이다. 우리나라에서는 1970년대 중반에 당근 1대잡종품종이 개발되어 보급되기 시작하여 1980년대부터 재배면적이 급속하게 증가되고 있는데, 현재에는 봄과 고랭지 작형에서는 90%이상, 월동작형에서도 50%이상이 1대잡종품종이 재배되고 있다. 그러나 이들 품종의 대부분이 외국에서 개발된 품종으로, 종자가격이 국내 품종에 비해 2배정도 비싸 당근재배농가에 큰 부담이 되고 있다. 중국의 당근 재배면적은 약 125,000ha로 전 세계 당근재배면적의 1/5가량 되는데 주로 종자가격이 싼 일반종을 재배해 왔으나 최근에는 1대잡종품종으로 대체되고 있다. 따라서 국내 당근재배농가의 경영비 절감과 더불어 잠재력이 무한한 중국시장에의 종자수출을 하기 위해서 우수한 당근 1대잡종품종의 개발은 시급하다고 판단된다.

제 2 절 연구개발의 목적과 범위

1. 연구개발의 목적

본 연구과제의 목적은 고품질 및 내병충성 당근 1대잡종품종을 개발하여

외국 품종의 종자수입을 억제하고, 부가가치가 높은 당근 1대잡종종자를 수출하는 것이다. 내병충성 계통선발에서는 우리나라 고랭지작형에서 가장 문제가 되고 있는 검은잎마름병(*Alternaria dauci*)과 모든 작형에서 문제가 되고 있는 뿌리혹선충(*Meloidogyne incognita*)에 저항성인 계통을 육성하는 것이다. 고품질당근 계통선발은 carotenoids함량이 150-200ppm이상이고 당 함량이 높으며 terpenoids함량이 15-20ppm이하인 계통을 육성하는 것이다. 조직배양에서는 당근 약배양기술을 확립하여 단기간에 계통육성을 하여 품종육성년한을 단축하고, 순원기배양기법을 확립하여 순도가 높은 양친을 생산하여 궁극적으로 순도가 우수한 1대잡종품종의 생산을 가능하게 하는 것이다.

2. 연구개발의 범위

가. F₁조합선발시험

기존의 계통과 내병충성계통 및 고품질계통육성시험에서 육성된 계통들을 이용하여 F₁조합을 작성하여 작형별로 시험을 수행하였다. 봄작형은 전남 해남 서울종묘 시험포장과 부산 기장과 경남 양산의 농가재배포장에서 실시하였다. 고랭지작형은 강원도 평창군과 강원도 강릉시 대기리의 농가포장에서 수행하였다. 가을작형은 전남 해남 서울종묘 시험포장과 부산 기장과 경남 양산의 농가재배포장에서 수행하였다. 월동작형은 남제주군 성산읍과 북제주군 구좌읍의 농가포장에서 수행하였다.

나. 내병충성 계통육성

검은잎마름병에 저항성인 계통육성은 Dr. Simon으로부터 분양받은 B5280계통을 기본 육성재료로 사용하였다. 이 계통은 검은잎마름병에 저항

성이나 근형이 세장형으로 국내와 아시아지역에 적합한 품종을 육성하기 위해서는 근형의 보완이 필요하였다. B5280과 기존의 계통을 교잡하여 검은잎마름병에 저항성이면서 근장이 20cm 내외의 짧은 개체를 선발하여 고정시켜 나갔다. 뿌리혹선충에 저항성인 계통육성은 Dr. Simon으로부터 분양받은 B9304계통을 기본 육성재료로 사용하였다. 이 계통도 B5280계통과 마찬가지로 근형이 세장형으로 근형의 보완이 필요하였다. B9304와 기존의 계통을 교잡하여 개체선발을 계속하였다. 시험방법은 접종시험과 무접종시험(포장시험)을 병행하였다.

다. 고품질 계통육성

고품질 계통선발은 기존계통, 내병충성계통 육성재료 및 도입재료를 분석하여 개체선발을 하였다. High carotenoids 계통육성은 carotenoids함량이 150-200ppm이상이고 당분함량이 높은 개체를 선발하였고, low terpenoids 계통육성은 total terpenoids함량이 15-20ppm이하인 개체를 선발하였다.

라. 조직배양

1대잡종품종 육성은 품종육종 방법 중에서 가장 효율적인 방법으로 현재 가장 보편적으로 사용되고 있는 품종개발기술이다.

당근 1대잡종 품종육성은 전세계적으로 융성불임성을 이용하고 있는데, 전통적인 육종방법으로는 융성불임계통의 육성 및 내병성계통, 내충성계통, 고품질계통 등 우수한 화분친의 육성에 7~10년의 장기간이 소요된다. 따라서 조직배양기술을 이용한 세대단축기술이 현재 많은 작물에서 이용되고 있다. 당근 1대잡종 품종육성에서 육종년한을 단축시킬 수 있는 조직배양기술의 확립과 효율적인 활용은 핵심기술로서 국내에서는 아직까지는 초보단계로

생각된다. 현재 조직배양기술은 단기간내에 다양한 계통의 육성이 가능하여 대부분의 채소작물의 1대잡종 품종개발에 유용하게 이용되고 있으며 당근 품종육성에서도 매우 필요한 기술로 판단된다.

조직배양기술은 식물의 기관, 조직 또는 세포 등을 식물체에서 절취하여 영양분이 들어 있는 기내 배지에서 배양하여 하나의 완전한 개체로 재분화시키는 기술이다. 위와 같은 배양을 통해서 신품종의 육성, 영양계의 급속 증식, 생산성 및 품질향상 그리고 유전자원의 보존을 도모할 수가 있다. 특히 종묘산업분야에 있어서 조직배양기술을 통한 우량종묘의 생산은 생산성 및 품질향상을 이루어 부가가치가 매우 높은 기술로 평가된다. 순원기배양 기술이 핵심적인 사항이다. 또한 전통적인 육종방법으로는 양친계통의 순도를 충분한 수준 이상으로 올릴 수 없는 어려움을 순원기배양을 이용하여 고도의 순도를 갖춘 양친계통을 유지하고 증식시킬 수 있는 특징을 가지고 있다. 실제로 미국, 유럽 및 일본의 종묘회사에서는 당근품종개발에 조직배양 기술을 널리 활용하고 있는 것으로 알려지고 있으나 그 수준이나 규모에 대해서는 정확하게 파악되지 않고 있다. 당근 1대잡종 품종개발에서의 조직배양기법의 활용은 국내 종묘회사와 본 연구팀에서 소규모로 시행하고 있는 실정이다.

제 2 장 F₁조합선발시험

제1절 서 설

웅성불임성을 이용한 당근1대잡종품종은 1950년대 말에 미국에서 처음으로 개발되었는데 그 후에 유럽과 일본에서도 웅성불임성을 이용한 1대잡종 품종이 개발되어 보급되기 시작하였다. 현재 당근 웅성불임성에는 수술이 꽃잎으로 변형되는 Petaloid type과 약이 퇴화하는 Brown anther type이 보고되어 있는데, 이들 두 종류 모두 당근1대잡종 품종육성에 이용되고 있다. Petaloid type은 1953년에 Munger가 야생당근에서, Brown anther type은 1947년에 Welch와 Grimball이 재배품종인 Tendersweet에서 처음으로 발견하였다. Petaloid type은 환경안정성이 강하여 웅성불임성의 발현이 안정되어 있어 1대잡종품종의 순도가 우수하나 채종능력이 떨어지며, Brown anther type은 채종능력은 우수하나 웅성불임성의 발현이 불안정하여 1대잡종품종의 순도가 떨어지는 문제점이 있다. 본 연구자는 1973년에 고정종인 신희전에서 Brown anther type 웅성불임개체를 발견하여 다양한 웅성불임계통을 육성하였고, 그 중에는 웅성불임성의 안정성이 Petaloid type에 떨어지지 않으면서 채종능력이 우수한 웅성불임계통을 다수 육성하게 되었다. 이 연구에서는 본 연구자가 육성한 Brown anther type 웅성불임계통과 미국에서 도입한 Petaloid type 웅성불임계통을 모두 이용하였다. 당근 1대잡종품종은 우리나라에서는 1970년대 중반부터 개발되어 고랭지와 봄작형에서 급속하게 보급되고 있는데 본 연구자가 한농종묘(주)연구소에 근무할 때에 개발한 '봄마지' 품종이 1985-1992년까지 주로 재배되었다. 현재에는 고랭지작형에서는 흥농종묘에서 개발한 '무쌍'이 주로 재배되고 있으나, 봄작형에

서는 일본의 다끼이종묘에서 개발한 이나리5촌이 90%이상 재배되고 있는 실정이다. 재배면적이 가장 넓은 월동작형에서는 1990년대 초반까지는 주로 고정종(신흑전)이 재배되어 왔으나, 1990년 후반부터 1대잡종품종의 재배면적이 확대되기 시작하였으며, 현재 주로 재배되고 있는 품종은 다끼이종묘의 양명5촌이다.

본 연구의 목적은 우리나라 당근재배에서 가장 피해가 심한 검은잎마름병과 뿌리혹선충에 저항성을 나타내는 품종을 개발하고, 현재 많이 재배되고 있는 일본품종에 수량 면에서 뒤지지 않으면서 근색, 육색 등의 품질이 우수한 품종을 개발하는 것이다.

제 2 절 재 료 및 방 법

1. 재 료

가. 봄당근 F₁조합선발

1) 1차년

전남 해남 서울종묘연구소 : 437조합, 15품종

전남 해남 영신 : 468조합, 15품종

경남 양산 : 128조합, 15품종

2) 2차년

부산시 기장 : 50조합, 6품종

경남 양산 : 50조합, 6품종

3) 3차년

부산시 기장 : 33조합, 10품종

경남 양산 : 31조합, 10품종

4) 4차년

부산시 기장 : 88조합, 3품종

경남 양산 : 86조합, 3품종

5) 5차년

부산시 기장 : 57조합, 7품종

나. 고랭지당근 F₁조합선발

1) 1차년

강원도 평창군 진부 : 121조합, 18품종

강원도 강릉시 대기 : 120조합, 18품종

2) 2차년

강원도 평창군 진부 : 50조합, 10품종

강원도 강릉시 대기 : 50조합, 10품종

3) 3차년

강원도 평창군 진부 : 27조합, 14품종

강원도 평창군 횡계 : 32조합, 14품종

4) 4차년

강원도 평창군 진부 : 89조합, 4품종

강원도 평창군 속사 : 86조합, 5품종

5) 5차년

강원도 평창군 진부 : 57조합, 9품종

다. 가을당근 F₁조합선발

1) 1차년

전남 해남 서울종묘연구소 : 223조합, 20품종

경남 양산 : 121조합, 17품종

2) 2차년

부산시 기장 : 100조합, 10품종

경남 양산 : 100조합, 10품종

3) 3차년

부산시 기장 : 31조합, 6품종

경남 양산 : 51조합, 5품종

4) 4차년

부산시 기장 : 41조합, 8품종

경남 양산 : 41조합, 8품종

5) 5차년

부산시 기장 : 37조합, 7품종

라. 월동당근 F₁조합선발

1) 1차년

남제주군 성산읍 삼달 : 151조합, 20품종

남제주군 성산읍 시흥 : 131조합, 20품종

2) 2차년

남제주군 성산읍 삼달 : 100조합, 10품종

남제주군 성산읍 시흥 : 100조합, 10품종

3) 3차년

남제주군 성산읍 삼달 : 57조합, 14품종

남제주군 성산읍 시흥 : 51조합, 14품종

4) 4차년

남제주군 성산읍 삼달 : 26조합, 6품종

북제주군 구좌읍 한동 : 40조합, 6품종

5) 5차년

남제주군 성산읍 삼달 : 29조합, 7품종

2. 방법

가. 봄당근 F₁조합선발

전남 해남, 부산시 기장, 경남 양산에서 시험을 수행하였다. 1월말-2월초에 파종하여 5월말-7월초까지 3-5회 수확하여 최종적으로 우수한 조합을 선발하였다. 선발된 조합들은 다음해에 시험채종을 하여 지역연락시험을 실시하였다.

나. 고랭지당근 F₁조합선발

강원도 평창군 진부, 횡계, 속사와 강원도 강릉시 대기에서 시험을 수행하였다. 4월 말-5월 초에 파종하여 8월 중순-10월 초까지 3-5회 수확하여 최종적으로 우수한 조합을 선발하였다. 선발된 조합들은 시험채종을 하여 지역연락시험을 실시하였다.

다. 가을당근 F₁조합선발

전남 해남, 부산시 기장, 경남 양산에서 시험을 수행하였다. 7월말-8월초에 파종하여 11월중순-12월초까지 3-5회 수확하여 최종적으로 우수한 조합을 선발하였다. 선발된 조합들은 시험채종을 하여 지역연락시험을 실시하였다.

라. 월동당근 F₁조합선발

남제주군 성산읍 삼달, 성산읍 시흥과, 북제주군 구좌읍 한동에서 시험을 수행하였다. 7월말-8월초에 파종하여 11월 중순부터 다음 해 2월 중순까지 3-5회 수확하여 최종적으로 우수한 조합을 선발하였다. 선발된 조합들은 시험채종을 하여 지역연락시험을 실시하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 봄당근 F₁조합선발시험

가. 1차년

본 시험은 전남 해남군 2개지역과 경남 양산 1개지역에서 수행하였다.

표1은 전남 해남 서울종묘연구소 재배포장에서 수행한 봄당근 F₁조합선발시험에서 선발된 조합들과 대비품종의 주요 특성을 조사한 것이다. No 1007은 일본 다끼이 종묘회사에서 육성한 이나리5촌으로 현재 우리나라 봄당근 재배에서 가장 많이 재배하고 있는 품종이다. 선발된 5조합은 모두 근중이 170g 이상으로 이나리5촌에 비해 손색이 없으며, 근장은 17cm 이상으로 이나리5촌과 유사하였다. No 206과 No 207은 육색과 심색이 진한 등황색으로 품질이 우수한 조합이었다.

표 1. 봄당근 우수조합의 특성(전남 해남, 서울종묘연구소포장)

과종 No	근중 (g)	근장 (cm)	엽장 (cm)	근경 (cm)	심경 (cm)	근수경 (cm)	육색	심색	비고
18	185	17	40	4.8	2.3	1.7	3.5	3.5	
189	222	19	50	4.8	2.2	1.5	3.5	3.5	
206	180	18	50	4.5	1.9	1.6	4.0	4.0	
207	222	19	51	4.9	2.3	1.3	4.0	4.0	
226	172	21	50	4.3	1.9	1.6	3.5	3.5	
1007	180	18	40	4.5	2.0	1.7	3.5	3.5	이나리5촌

표 2는 전남 해남 영신에서 수행한 봄당근 F₁조합선발시험에서 선발된 조합들과 대비품종의 주요 특성을 조사한 것이다. 선발된 5조합은 근중이 190g 이상으로 대비종인 이나리5촌(No 1007)에 비해 손색이 없고 근장은 18cm 이상으로 긴 편이다. 특히 No 20과 No 22는 육색과 심색이 진하여 품질이 우수한 조합이었다.

표 2. 봄당근 우수조합의 특성(전남 해남 영신)

과종 No	근중 (g)	근장 (cm)	엽장 (cm)	근경 (cm)	심경 (cm)	근수경 (cm)	육색	심색	비 고
12	195	18	39	4.6	2.2	1.6	3.5	3.5	
20	220	19	47	4.8	2.1	1.3	4.0	3.5	
22	192	19	47	4.2	1.9	1.4	4.0	4.0	
132	190	18	48	4.4	1.9	1.2	3.5	3.0	
223	200	22	48	4.5	2.3	1.8	3.5	3.0	
1007	200	20	34	4.6	2.3	1.1	4.0	3.5	이나리5촌

표 3은 경남 양산에서 수행한 봄당근 F₁조합선발시험에서 선발된 F₁조합과 대비품종의 주요 특성을 조사한 것이다. 선발된 4조합은 근중이 175g~205g으로 대비품종인 이나리5촌 보다 다수성이다. 근장은 17~18cm로 이나리5촌과 유사하였다. 특히 No 226과 No 277은 품질이 우수하였다.

표 3. 봄당근 우수조합의 특성(경남 양산)

과종 No	근중 (g)	근장 (cm)	엽장 (cm)	근경 (cm)	심경 (cm)	근수경 (cm)	육색	심색	비 고
123	185	17	53	4.8	2.3	1.7	3.5	3.5	
226	185	18	66	4.6	1.9	1.9	4.0	3.5	
272	205	18	64	4.9	2.1	2.1	3.5	2.5	
277	175	17	64	4.6	1.7	1.7	4.0	4.0	
1007	160	18	47	4.0	1.6	1.6	3.5	3.5	이나리5촌

나. 2차년

2차년시험에서는 3조합이 선발되었다(표 4). No 37은 근중이 220g, 근장이 15cm로 대비품종에 비해 짧은 편이나, 근피와 육색이 아주 우수하였다. No 86과 No 108은 근장이 대비품종보다 길고 품질이 더 우수하였다.

표 4. 봄당근 우수조합의 특성

과종 No	근중 (g)	근장 (cm)	엽장 (cm)	근경 (cm)	근피	육색	평점	비고
37	220	15.0	50	5	5.0	5.0	4.0	
86	240	17.5	58	5	4.5	4.5	4.0	
108	220	18.0	58	5	4.5	4.5	3.5	
1004	160	15.5	45	4	3.5	4.0	3.0	이나리5촌(다끼이)
1005	230	17.0	43	4	4.0	4.0	4.0	왕산5촌(홍농)

다. 3차년

부산시 기장군의 시험포장에서는 비대시기의 불량한 환경으로 정상적인 생육이 되지않아 우수조합의 선발이 불가능하였다. 경남 양산에서도 전반적으로 생육이 불량하였으나 조합중 No 3과 No 10이 이 지역에서 90%이상 재배되고 있는 다끼이종묘의 이나리5촌(No 1010)보다 우수하였다. No 3과 No 10은 근형은 원추형으로 비대력과 품질(근피, 육색)이 이나리5촌에 비해 우수하였고 근장도 18~18.5cm로 적당하였다(표 5). 1998년부터 시험재배되기 시작하여 1999년에 일부 농가에서 재배된 화란의 Bejo회사 품종인 Bradford(No 1001), Nairobi(No 1003), Narbonne(No 1005), Navarre(No 1006) 등은 Nantes type의 품종으로 근형이 원통형이고 비대가 양호하고 순도가 우수하나, 맛이 떨어지고 조직이 너무 단단하여 국내 시장에서 환영을 받지 못하였다.

표 5. 봄당근 우수조합의 특성

과종 No	엽장 (cm)	근중 (g)	근장 (cm)	근경 (cm)	근피	육색	평점	비고
3	42	215	18.5	4.5	우수	우수	4.0	
10	43.5	210	18.0	4.5	우수	우수	4.0	
1001	40.5	220	20.5	4.0	중	우수	3.5	Bradford
1003	38.5	180	17.5	3.5	우수	우수	3.5	Nairobi
1010	40.5	185	18.0	4.0	중	양호	3.5	이나리5촌

라. 4차년

부산 기장 시험포에서는 No 21과 No 223의 두 조합이 선발되었고, 양산에서는 No 57과 No 371의 두 조합이 선발되었다(표 6). 이들 조합들은 근형이 원추형으로 중장근계에 속하며, 비대력이 우수하고 근피가 매끄럽고 근색이 우수하여 현재 가장 많이 재배되고 있는 이나리5촌(다끼이종묘)에 손색이 없어, 2001년 시험채종하여 지역연락시험을 실시한 후 최종적으로 1조합을 선발하여 품종등록할 계획이다.

표 6. 봄당근 우수조합의 특징

과종 No	전중(g)	엽장(cm)	근중(g)	근장(cm)	근경(cm)	비고
21	310	51	270	20	5.5	
57	307	49	268	19	5.5	
223	295	48	268	19	5.5	
371	298	48	300	20	5.0	
1003	260	47	240	18	5.0	이나리5촌

마. 5차년

부산시 기장의 농가포장에서 2개의 조합이 선발되었다(표7). No 13은 근형이 중원추형이고 비대와 고회성이 우수하고 근피가 아주 우수하였다. No 14는 근형이 중장원추형이고 비대와 근피가 우수하였다. 대비종인 이나리5촌은 근형이 중단원추형으로 짧은 편이고 고회성과 비대는 우수하였으나 근피가 거친 편이다.

표 7. 봄당근 우수조합의 특성

S. No	근형	비대	근피	고환성	평점	비고
13	중원추형	우수	극우	우수	4.5	새봄-100
14	중장원추형	우수	우수	우수	4.0	
103	중단원추형	우수	양	우수	3.0	이나리5촌

5년 간의 봄당근 F₁조합선발시험에서 다수의 우수한 조합들이 선발되었고 이들 조합들을 지역연락시험을 하여 최종적으로 1조합을 선발하였다. No 13 조합을 가을 및 월동재배에도 공시하여 시험한 결과 우수하여 2001년 11월 23일에 '새봄-100'으로, 품종생산·수입판매신고를 하였다. 2002년에 원종생산을 하고 2003년에 채종하여 2003년부터 농가에 보급할 계획이다.

2. 고랭지당근 F₁조합선발

가. 1차년

재배환경이 불량하여 조합간의 차이가 명확하지 않아 선발이 불가능하였다(성적생략).

나. 2년차

평창군 진부와 황계 2개지역의 시험결과 3조합이 우수하였다. 3조합 모두 대비 품종인 무쌍에 비해 근장이 길고, 근중이 무거우며, 근색이 우수하였다(표 8).

표 8. 고랭지당근 우수조합의 특성

과종 No	근형	근중 (g)	근장 (cm)	근색	비대	평점	비고
25	중장원추형	200	17.7	우수	우수	4.0	
127	중장원추형	227	17.4	양	극우	3.5-4.0	
217	중장원추형	184	16.5	양	우수	3.5-4.0	
1008	중원추형	155	15.6	양	양	3.5	무쌍(홍농)

다. 3차년

진부와 황계시험포장에서 3조합이 선발되었다(표 9). 이 3조합은 현재 고랭지에서 주로 재배되고 있는 무쌍 5촌(No 1013) 보다 수량, 품질 등이 훨씬 우수하였는데, No 3과 No 10은 봄당근 F₁조합선발시험에서도 우수한 조합으로 선발된 것이다.

표 9. 고랭지 당근 우수 조합의 특징

과종 No	엽장 (cm)	근중 (g)	근장 (cm)	근경 (cm)	비대	근피	육색	평점	비고
3	43.0	211	19.2	4.9	우수	우수	우수	4.0	
10	35.2	205	19.8	4.9	우수	우수	우수	4.0	
52	40.3	192	18.0	4.6	우수	우수	우수	4.0	
1001	46.2	198	22.2	4.0	우수	중	우수	3.5	Bradford(bejo)
1003	47.7	150	19.0	3.7	중	중	우수	3.0	Nairobi(")
1004	44.0	143	19.0	3.8	중	중	우수	3.0	Nairanjo(")
1006	39.0	142	20.2	3.3	중	중	우수	3.0	Navarre(")
1010	38.2	150	17.2	4.1	중	중	양호	3.0	이나리5촌(다끼이)
1013	37.4	144	18.3	4.1	중	중	양호	3.0	무쌍5촌(홍농)

라. 4차년

수확조사는 8월 중순~9월초에 걸쳐 3회 실시하였는데 진부에서는 No 21과 No 231의 두 조합(표 10), 속사에서는 No 19, No 408, No 431의 세 조합(표 11)이 선발되었다. 진부에서 선발된 No 21은 봄당근 조합선발시험에서 부산시 기장군에서 선발된 No 21과 동일한 조합이고, No 231은 기장의 No 223과 유사조합이다. 이들 선발된 조합들은 현재 고랭지에서 가장 많이 재배되고 있는 품종인 무쌍(홍농종묘)보다 비대력과 근색, 근피 등 품질 면에서 더 우수한 것으로 판단되었다. 이들 선발된 조합들은 2001년 시험채종하여 지역연락시험을 실시한 후에 최종적으로 1~2 조합을 선발하여 품종등록할 계획이다.

표 10. 고랭지당근 우수조합의 특성(강원도 진부)

과종 No	전중 (g)	엽장 (cm)	근중 (g)	근장 (cm)	근경 (cm)	비 고
21	268	45.6	211	18.2	4.5	
231	355	48.4	279	20.0	5.5	
1000	223	44.0	189	17.0	4.5	무 쌍
1001	200	52.0	160	17.0	4.5	홍영5촌
1002	230	61.0	190	17.5	4.0	베타리치

표 11. 고랭지당근 우수조합의 특성(강원도 속사)

과종 No	전중 (g)	엽장 (cm)	근중 (g)	근장 (cm)	근경 (cm)	비 고
19	222	54.0	172	21	4.3	
408	151	45.8	109	18.5	4.0	
431	168	42.5	141	17.3	4.0	
1000	131	53.5	108	14.0	4.2	무 쌍
1001	142	47.0	115	17.0	4.0	홍영5촌
1002	117	45.3	94	17.0	3.5	베타리치

마. 5차년

과종 후 한달 반 이상이나 지속된 가뭄 때문에 생육이 극히 불량하여 조합 선발이 불가능하였으나 봄당근 F₁조합선발시험에서 선발된 No 52(봄시험 No 13)가 대비품종보다 우수한 편이었다. 5년 간의 고랭지당근 조합선발시험에서 몇 개의 우수한 조합들이 선발되었으나 지역연락시험의 결과, 현재 고랭지에서 재배되고 있는 품종들을 확실하게 능가할 수 있는 조합이 없어 앞으로 3-4년이 더 필요할 것으로 판단된다.

3. 가을당근 F₁조합선발

가. 1차년

전남 해남의 조합선발시험에서는 7조합이 우수하였다(표 12). No 25, 108, 170은 장원추형이고 비대, 근피, 고환성이 모두 우수하여 대비품종 중에서 가장 우수한 흑전5촌(나가사키육성회)과 양명5촌(다끼이종묘)보다 우수한 편이다.

표 12. 가을당근 우수조합의 특성(전남 해남)

과종 No	근형	비대	근피	고환성	평점	비 고
4	중장원추형	우수	우수	우수	3.5	
25	장원추형	우수	우수	우수	4.0	
28	장원추-원통	우수	양	우수	3.5	
76	장원추형	우수	우수	우수	3.5	
85	장원추형	우수	우수	우수	3.5	
108	장원추형	우수	우수	우수	3.5-4.0	
170	장원추형	우수	우수	우수	3.5-4.0	
1009	장원추-원통	우수	우수	우수	3.5	흑전(나가사키육성회)
1011	장원추형	우수	양	우수	3.5	양명5촌(다끼이종묘)

경남 양산에서는 5조합이 우수하였다(표 13). 5조합 모두 흑전5촌(나가사끼육성회)과 양명5촌(다끼이종묘)에 비해 손색이 없었다. 흑전5촌은 품질이 아주 우수하였으나 열근이 심한 편이고, 양명5촌은 비대력과 근피는 우수하였으나 고환성이 다소 떨어졌다.

표 13. 가을당근 우수조합의 특성(경남 양산)

과종 No	근형	비대	근피	고환성	평점	비고
12	중장원추형	우수	극우	우수	4.0	
47	중장원추형	우수	우수	우수	4.0	
52	중장원추형	우수	우수	우수	4.0	
72	중장원추형	우수	우수	우수	4.0	
96	중장원추형	우수	우수	우수	4.0	
1009	장원추형	극우	우수	극우	4.0	흑전(나가사끼육성회)
1011	장원추형	우수	우수	양	4.0	양명5촌(다끼이종묘)

나. 2차년

'98년 가을당근 F₁조합선발시험에서 선발된 조합은 No 6을 포함한 5조합이다(표 14). 선발된 조합들은 근장이 17~18cm이고 비대력과 고환성이 우수하였다. No 6은 근중이 246g이고 근장이 17.5cm로 비대력과 고환성이 극히 우수하고, 근피와 육색이 우수한 다수품질계조합이다. No 123과 No 130은 근중이 276g과 270g으로 공시조합 중에서 가장 다수성이고, 비대력과 고환성이 극히 우수하였다. 대비품종 중에서 No 502는 품종명이 추동-100으로, 본 연구자가 육성하여 품종등록(품종생산·수입판매신고, 1999.2.19)한 품종이다. 근중은 270g, 근장이 17.5cm로, 비대력, 고환성, 육색이 뛰어난 다수품질계 품종이며 숙기는 빠른 편이다. No 511은 홍농종묘의 '예쁘니'로 고환성, 근피, 육색이 우수하였으나 근중이 170g, 근장이 15cm로 소형 품질계 품종이다. 양명5촌(No 513)은 일본의 다끼이종묘회사에서 육성한 가을 및 월동당근품종으로 현재 제주도 월동재배에서 가장 많이 재배되고 있는 품종이다. 근중은 210g, 근장이 17cm로 비대력이 우수

하고 근피가 매끄러우나 고환성이 다소 떨어진다. 선발된 5조합 중 No 6, No 123, No 130의 3조합은 다끼이의 양명5촌보다 우수하였다.

표 14. 가을당근 우수조합의 특성

과종 No	엽장 (cm)	근중 (g)	근장 (cm)	근경 (cm)	비대	근피	고환	평점	비 고
6	43	246	17.5	5.0	극우	우수	극우	4.5	
58	38	232	17.0	5.5	우수	우수	우수	3.5-4.0	
66	48	200	18.0	4.5	우수	우수	우수	4.0	
123	39	276	17.5	5.5	극우	우수	극우	4.0	
130	44	270	17.5	5.5	극우	우수	극우	3.5-4.0	
502	46	270	17.5	5.0	우수	우수	우수	4.5	추동-100
511	45	170	15.0	4.0	우수	극우	극우	3.5	예쁘니
513	55	210	17.0	5.0	우수	우수	우수	4.0	양명5촌

다. 3차년

선발된 조합은 No 16을 포함한 6조합이다(표 15). 선발된 조합들은 근장이 17~18cm이고 비대력, 고환성, 근피, 육색이 모두 우수한 다수품질계조합이다. 특히 No 16, 18, 29, 31은 비대력, 고환성, 근피, 육색이 모두 우수하여 현재 제주도에서 많이 재배되고 있는 양명5촌과 비바리5촌보다 우수하였다. 이들 4조합은 99년에 생산판매신고한 추동-100과 비교하여 숙기는 중만생종으로 다소 늦으나 근장이 약간 길고 다수성이었다. 이들 조합은 2001년에 시험채종하여 지역연락시험을 실시하여 우수한 조합을 선발하여 품종등록을 할 계획이다.

표 15. 가을당근 우수조합의 특성

과종 NO	근중 (g)	근장 (cm)	비대	고환	근피	지상부	숙기	평점	비 고
16	270	17.5	우수	우수	우수	강	중만생	4.5	
17	250	17.5	"	양호	"	"	"	4.0	
18	260	17.0	"	우수	"	"	"	4.5	
29	280	18.0	"	"	"	"	"	4.5	
31	270	17.5	"	"	"	"	"	4.5	
33	260	17.0	양호	"	"	"	"	4.0	
47	250	17.0	우수	"	"	중	중조생	4.0	추동-100
101	260	17.5	"	양호	양호	강	만생	4.0	양명5촌(다끼이)
102	220	17.5	"	우수	우수	중	중조생	3.5	비바리(농우종묘)

라. 4차년

선발된 조합은 No 13, 14, 31, 49, 58의 5조합이다(표 16). 선발된 조합들은 근장이 17-20cm이고 비대력, 고환성, 근피, 육색이 모두 우수한 다수품질계조합이다. 이 5조합중 No 58은 작년에도 선발된 조합으로, 99년 생산판매신고한 추동-100보다 숙기가 약간 늦으나 지상부가 강건하고 근장이 더 길어, 현재 일본 다끼이종묘의 양명5촌이 인기가 좋은 지역에 대체품종으로 적합할 것으로 전망된다. 현재 시험채종 중에 있으며 시험채종이 끝나면 생산판매신고를 할 계획이다.

표 16. 가을당근 우수조합의 특성

과종 No	근중 (g)	근장 (cm)	비대	고환	근피	지상부	숙기	평점	비고
13	246	20.2	우수	양호	우수	중강	중만생	4.0	
14	239	17.2	“	우수	“	“	“	4.5	
31	247	17.7	“	양호	“	“	“	4.0	
49	277	18.6	“	우수	“	“	“	4.0	
58	242	18.6	“	“	“	강	만생	4.5	
47	240	17.0	“	“	“	중	중조생	4.0	추동-100
101	242	18.0	“	양호	양호	강	만생	4.0	양명5촌(다끼이종묘)
108	220	18.2	“	중	중	강	만생	2.5	신흑전(다끼이종묘)

마. 5차년

부산시 기장의 농가포장에서 5조합이 우수하였다(표 17). No 4는 추동-200으로 2001년 10월 19일에 품종등록(품종생산·수입판매신고)을 한 조합이고, No 8은 유사조합이다. No 15는 새봄-100으로 2001년 11월 23일에 품종등록을 하였다. No 21과 No 23은 추동-100(1999년 2월 19일 품종등록)으로 흥농종묘 고성농장과 김해농장에서 2001년에 채종하여 제주도 월동재배에 소량 보급되었다. 이들 3품종은 근장, 비대력, 품질 면에서 현재 제주도 월동작형에 많이 재배되고 있는 다끼이종묘의 양명5촌보다 훨씬 우수하였다.

표 17. 가을당근 우수조합의 특성

과종 No	근중 (g)	근장 (cm)	근형	비대	근피	고환성	평점	비 고
4	350	20	장원추	극우	극우	극우	4.5	추동-200
8	340	20	장원추	“	“	“	4.5	추동-200 유사조합
15	330	20	장원추	“	우수	“	4.5	새봄-100
21	300	18	중원추	“	극우	“	4.0-4.5	추동-100
23	310	18	중원추	“	“	“	4.0-4.5	추동-100
104	280	17	중원추	우-양	우-양	양	3.5	양명5촌(다끼이종묘)

5년 간의 가을당근 F₁조합선발시험결과, 1997년과 1998년의 시험에서 가장 우수한 조합을 '추동-100'으로 1999년 2월 19일에 품종생산·수입판매신고를 하였고, 1999-2001년의 시험에서 가장 우수한 조합을 '추동-200'으로 2001년 10월 19일에 품종생산·수입판매신고를 하였다.

4. 월동당근 F₁조합선발시험

가. 1차년

남제주군 성산읍의 2개 지역의 시험결과 4조합이 우수하였다(표 18). SC356 (추동-100)은 다끼이종묘의 양명5촌에 비해 숙기가 빠르고 비대력과 품질이 우수하였다.

표 18. 월동당근 우수조합의 특성

과종 NO	근중 (g)	근장 (cm)	엽장 (cm)	근피	근색	육색	평점	비고
41	275	18	50	3	4	3	3.5	
100	325	18	40	4	3	4	3.5	
304	235	17	50	3	3	3	3.5	
SC356	330	20	38	4	4	4	4.0	추동-100
1002	250	17	40	3	4	4	3.0	신희전(동해종묘)
1012	310	20	55	3	3	3.5	3.5	양명5촌(다끼이종묘)

나. 2차년

제주도 성산읍 삼달리에서 수행한 '98~'99년 월동당근 F₁조합선발시험에서 5조합이 선발되었는데, 가장 우수한 조합은 No 119와 No 181이었다 (표 19). No 181은 근중이 380g, 근장 20cm로 장근계의 다수성조합으로 비대력이 뛰어나고 고환성과 근피도 우수하여 현재 시판중인 우수한 품종에 비해 수량과 품질이 모두 뛰어난 조합이었다. 이 조합은 '99년에 대구대 망실에서 소량 시험채종하여 1999년 가을작형과 월동작형에 지역연락시험을 하고 있는데 1998-1999년 시험에서와 같이 성능이 우수하면 2000년 7-8월에 품종등록을 할 계획이다. No 119는 근중 280g, 근장 19cm로 고환성이 우수하고 육색이 탁월하여 다수품질계품종으로 적합할 것으로 판단되어 2000년에 시험채종하여 지역연락시험의 결과에 따라 2001년에 품종등록을 할 계획이다. 제주도 성산읍 시흥리에서 수행한 '98~'99년 시험에서는 파종 후 폭우로 인하여 발아가 매우 불량하였고, 또한 선충피해가 심하여 정확한 시험결과가 나오지 않았다.

표 19. 월동당근 우수조합의 특성

과종 No	엽장 (cm)	근중 (g)	근장 (cm)	비대	근피	고환성	평점
11	35.4	280	18.8	우수	우수	우수	4.0
75	45.4	288	19.0	극우	우수	우수	3.5-4.0
119	36.6	280	19.0	우수	우수	극우	4.0-4.5
125	47.4	260	16.0	극우	우수	극우	4.0
181	39.0	380	20.0	극우	우수	우수	4.0-4.5
502	46.8	284	17.5	우수	우수	우수	4.0-4.5
511	49.0	220	15.5	극우	극우	극우	3.5
513	38.8	350	22.3	극우	중	중	3.5-4.0

다. 3차년

제주도 성산읍 삼달리에서 수행한 월동당근 F₁조합선발시험에서 가장 우수한 조합은 16, 17, 29, 33의 4조합이었다(표 20). 이들 4조합은 모두 가을

당근F₁조합선발시험에서 우수조합으로 선발된 조합들로서 비대력이 우수하고 근장이 20-22cm로 장근계이고 근피가 매끄럽고 육색이 진하여 다수품질 계로 적합한 조합이다. 구좌읍 한동리에서 수행한 시험은 발아초기에 폭우로 인하여 생육이 균일하지 않아 정확한 시험결과가 나오지 않았다.

표 20. 월동당근 우수조합의 특성

과종 N0	근중 (g)	근장 (cm)	비대	교환	근피	지상부	숙기	평점	비고
16	280	20	우수	우수	우수	강	중만생	4.5	
17	360	20	"	"	"	"	"	4.5	
29	450	22	"	"	"	"	"	4.5	
33	315	22	"	"	"	"	"	4.5	
47	300	20	"	"	"	중	중조생	4.0	추동-100
101	310	19	"	양호	"	강	만생	4.0	양명5촌
102	260	17	"	우수	우수	중	중조생	3.5-4.0	비바리5촌

라. 4차년

제주도 성산읍 삼달리와 구좌읍 한동리에서 수행한 월동당근 F₁조합선발시험에서 선발된 조합은 No13, 31, 58의 3조합이다(표 21). 3조합 모두 근장이 19-22cm정도로 장근계이고, 비대력, 교환성, 품질이 우수하여 제주도 월동당근으로 적합한 조합들이다. 특히 No 58은 비대력과 품질이 모두 우수하고 지상부가 강건하여 다끼이의 양명5촌을 대체할 수 있는 적합한 조합으로 판단된다.

표 21. 월동당근 우수조합의 특성

과종 N0	근중 (g)	근장 (cm)	비대	교환	근피	지상부	숙기	평점	비고
13	300	19.0	우수	우수	우수	중강	중만생	4.5	
31	295	18.5	"	"	"	"	"	4.0	
58	330	22.0	"	"	"	강	만생	4.5	
47	305	20.0	"	"	"	중	중조생	4.0	추동-100
101	320	19	"	양호	"	강	만생	4.0	양명5촌(다끼이종묘)
108	320	17	양호	양호	중	강	만생	2.5	신흑전(다끼이종묘)

마. 5차년

제주도 월동당근시험에서도 부산기장의 가을당근시험과 같은 결과를 보여 주었다(표 22).

표 22. 월동당근 우수조합의 특성

과종 N0	근중 (g)	근장 (cm)	근형	비대	근피	고환성	평점	비고
4	370	21	장원추	극우	극우	극우	4.5	추동-200
8	365	20	장원추	“	“	“	4.5	추동-200유사조합
15	360	21	장원추	“	우수	“	4.5	새봄-100
21	340	19	중원추	“	극우	“	4.0	추동-100
23	330	20	중원추	“	“	“	4.0	“
104	250	18	중원추	우	우	양	3.5	양명5촌

1997년과 1998년의 가을당근조합선발시험과 월동당근 조합선발시험에서 모두 우수한 성능을 보여준 조합을 '추동-100'으로 1999년 2월 19일에 품종 생산·수입판매신고를 하였다. 1999-2001년의 시험에서 가장 우수한 성능을 나타낸 조합을 '추동-200'으로 2001년 10월 19일에 품종등록을 하였다. 이 2 품종은 가을 및 월동당근 겸용품종으로 보급할 계획이다. 추동-100은 2001년 7월에 제주도 월동작형에 소량 보급되어 재배 중인데 현재까지는 양명5촌보다 우수한 것으로 평가되고 있다. 추동-200은 2002년에 원종생산을 하고 2003년에 채종하여 농가에 보급할 계획이다.

5. 등록품종의 특성

표 23과 표 24는 본 연구의 결과 육성한 3품종과 양명5촌(다끼이종묘)의 주요한 특징을 조사한 것이다.

표 23. 등록품종과 시판종의 특성

품종명	지상부	엽장 (cm)	근장 (cm)	근중 (g)	비대	근피	교환성	숙기	평점
추동-100	중약	45-55	16-18	250-300	우수	극우	극우	중조생	4.0
추동-200	강건	50-60	18-20	300-350	극우	극우	극우	중생	4.5
새봄-100	강건	50-60	18-22	300-350	극우	극우	극우	중생	4.5
양명5촌	과번무	60-70	15-17	200-300	우수	우수	양	만생	3.5

표 24. 등록품종과 시판종의 carotenoids, terpenoids 및 당의 함량

품종	carotenoids(ppm)	terpenoids(ppm)	당(%)
추동-100	110~200	8.5~15.0	8.0~8.5
추동-200	110~150	8.0~20.0	8.0~9.0
새봄-100	110~130	14.5~16.5	8.0~8.5
양명5촌	80~100	6.5~13.0	8.0~8.5



사진 1. 추동-200(왼쪽), 추동-100(가운데), 새봄-100(오른쪽), 부산기장



사진 2. 추동-200(왼쪽), 추동-100(가운데), 양명5촌(오른쪽), 부산기장



사진 1. 추동-200(왼쪽), 추동-100(가운데), 새봄-100(오른쪽). 부산기장

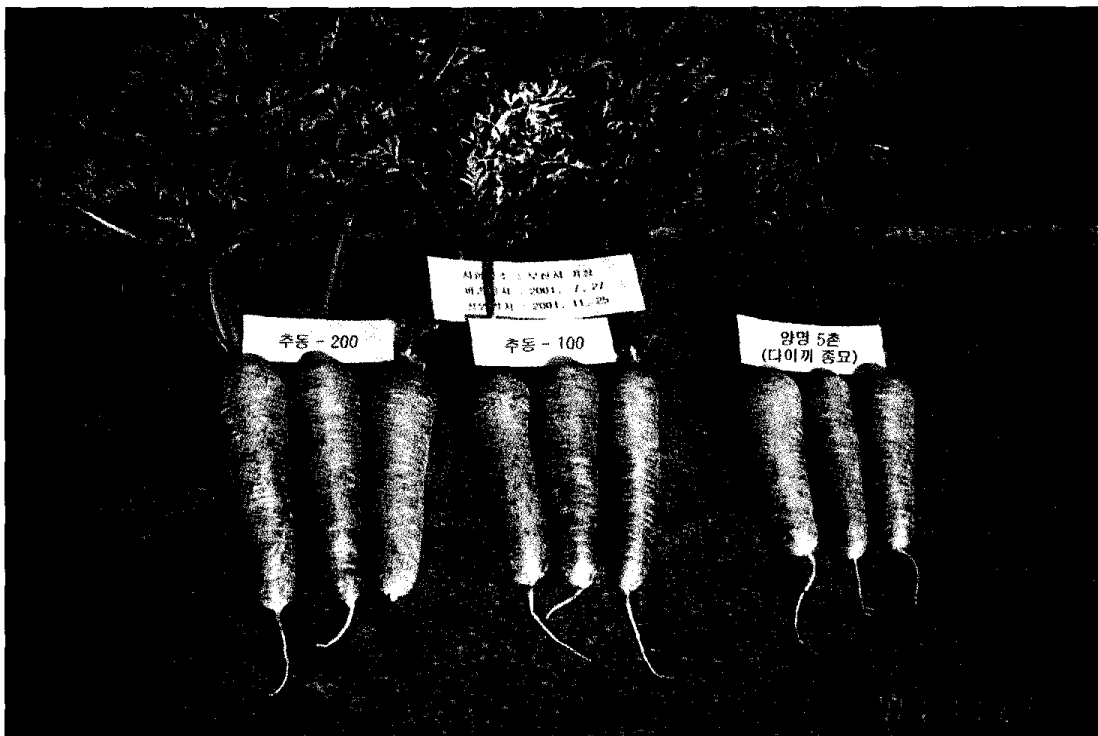


사진 2. 추동-200(왼쪽), 추동-100(가운데), 양명5촌(오른쪽). 부산기장



사진 3. 추동-200(왼쪽), 추동-100(가운데), 새봄-100(오른쪽). 남제주군 성산



사진 4. 추동-200(왼쪽), 추동-100(가운데), 양명5촌(오른쪽). 남제주군 성산



사진 3. 추동-200(왼쪽), 추동-100(가운데), 새봄-100(오른쪽). 남제주군 성산



사진 4. 추동-200(왼쪽), 추동-100(가운데), 양명5촌(오른쪽). 남제주군 성산

제 4 절 요약

1. 봄당근 F₁조합선발시험에서는 새봄-100을 2001년 11월 23일에 품종생산·판매신고를 하였다. 새봄-100은 현재 부산, 경남지역의 봄당근재배에서 가장 많이 재배되고 있는 일본 다끼이종묘의 이나리5촌보다 다수성이고 추대도 늦으며 품질이 훨씬 우수한 품종이다.

2. 고랭지당근 F₁조합선발시험에서는 우수한 조합이 선발되지 않았다. 2001년 고랭지 F₁조합선발시험에 새봄-100을 공시하였으나 생육이 불량하여 확실한 성적이 나오지 않아 내년에 다시 시험을 할 계획이다.

3. 가을당근과 월동당근 F₁조합선발시험에서는 2개의 조합이 선발되었다. 추동-100은 1999년 2월 19일에, 추동-200은 2001년 10월 19일에 품종등록을 하였다. 이 두 품종은 가을 및 월동당근 겸용품종으로 보급할 계획이다. 추동-100은 중조생으로 숙기가 빨라 제주도 월동당근재배에서 년내 수확이 가능하고 근피가 매끄럽고, 육색이 진하여 품질이 뛰어나다. 추동 200은 추동-100에 비해 지상부가 강건하고 근장이 길고 다수성이다.

4. 추동-100은 2001년, 제주도 월동작형에 소량 보급되어 재배되고 있는데, 지금까지는 제주도 월동작형에 가장 많이 재배되고 있는 다끼이의 양명5촌보다 우수하다는 평가를 받고 있다. 추동-200과 새봄-100은 2002년에 원종증식을 하여 2003년에 채종하여 추동-200은 2003년, 새봄-100은 2004년부터 보급할 계획이다.

제 3 장 내병충성 계통선발

제 1 절 서 설

검은잎마름병과 뿌리혹선충은 당근에서 전 세계적으로 가장 피해가 심한 병해충이다. 우리나라에서는 검은잎마름병은 고랭지작형에서 특히 피해가 심각한데, 발병이 심한 해에는 7-8월에 7-10회 정도로 약제살포를 하고 있다. 뿌리혹선충은 전국적으로 모든 작형에서 발생하고 있는데, 특히 강원도의 고랭지작형과 제주도의 월동작형에서 발생이 심하여 해에 따라서는 정상적인 당근이 30% 이하인 포장도 흔히 있다. 외국의 품종 중에는 저항성이라는 품종도 있으나, 우리나라에서 재배해 본 결과, 완벽하게 저항성인 품종은 없는 것 같았다.

이 연구에서는 Wisconsin대학의 Dr. Simon에게서 분양받은 검은잎마름병에 저항성인 B5280과 B2566, 뿌리혹선충에 저항성인 B9304을 기본육성재료로 사용하였다. B5280과 B9304는 근형이 Emperor type의 세장계이기 때문에 국내와 아시아지역에는 부적합하여 기존의 계통과 교잡하여 근형선발을 계속하였다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 내병성계통육성

가. 1차년

1) 공시계통

Wisconsin 대학교의 Dr. Simon이 육성한 검은잎마름병(*Alternaria dauci*)에 저항성계통인 B5280을 기본재료로 하여 이 계통에 대구대학교에서 육성한 다양한 계통을 교잡하여 F₂세대를 만들어서 F₂집단 300개를 공시하였다.

2) 시험방법

시험은 부산원예시험장의 망실 및 노지포장과 강원도 강릉시 대기리 농가포장에서 실시하였다. 부산원예시험장의 망실시험은 F₂집단 300개중 100개를 '97년 3월 15일에 파종하였고 슈음질을 통하여 재식거리가 20 x 15cm로 하여 육성재료 당 50주가 되도록 하였다. 망실 내에는 Fog시설을 하여 토양수분과 공기 습도를 조절하였다. 포장시험은 나머지 F₂집단 200개를 '97년 5월 22일 파종하였으며 재식거리는 20 x 15cm, 육성재료 당 개체수는 50주로 하였다. 강원도 강릉시 대기리 농가포장에서의 시험은 '97년 5월 3일 F₂집단 300재료 전부를 파종하였고 재배방법은 부산원예시험장과 동일하게 하였다.

3) 병원균 배양 및 접종

'96년 10월경에 강원도 평창군 진부면 당근재배포장에서 자연 발병한 병엽을 채취하여 분리 배양한 결과 *Alternaria dauci*로 확인된 균을 공시 병원균으로 사용하였다. 배양은 potato dextrose agar 배지를 사용하였고, 기온 25℃, 3,000 Lux의 광조건이 구비되어있는 배양실에서 포자가 형성되도록 하였다. 접종농도는 현미경으로 100배 하에서 포자가 15~20개 정도가 되도록 증류수로 희석하였고, 접종은 진공펌프를 이용하여 5 kg/cm² 압력으로 식물체 경엽에 분무접종하였다. 부산원예시험장 망실시험은 '97년 5월 28일과 6월 10일 2차례 접종하였고 포장시험은 7월 4일 접종하였다.

4) 검정 및 선발

부산원예시험장 망실과 포장시험에서는 접종 후 40일경에 저항성 정도를 조사하였고 강원도에서는 8월 25일 1차 조사를 하였는데 조사방법은 다음과 같다.

-병해지수

0 : 무병징

1 : 잎에 극소량의 병반이 나타남

3 : 잎 전면에 병반이 나타나고 병반면적이 최대 5%이하

5 : 병반면적이 6~25%이고 줄기에 약간의 병반이 발생

7 : 병반면적이 26~50%이고 줄기에 심한 병반이 발생

9 : 잎이 거의 고사되고 줄기에 심한 병반이 형성

선발은 먼저 저항성 개체군을 선발하고 다음에 개체군내에서 저항성 개체를 선발하였다.

나. 2차년

1) 접종시험

시험장소 : 농촌진흥청 부산원예시험장

시험일자 : 1998년 8월 20일 - 11월 중순

공시계통수 : 내병성재료, 97계통

접종시험은 파종 후 2개월 정도 지나 본엽이 6매 이상 될 때 작년과 같은 방법으로 검은잎마름병균을 접종하여 내병성계통을 선발하였다.

2) 무접종시험(포장시험)

시험장소 : 강원도 평창군

시험일자 : 1998년 5월 4일 - 9월 초

공시계통수 : 내병성재료, 97계통

무접종시험(포장시험)은 검은잎마름병의 발생이 심한 고랭지 당근재배농가의 당근재배포장에 공시하여 내병성이 강한 계통을 선발하였다.

다. 3차년

흑엽고병에 저항성이 강한 계통을 선발하기 위하여 흑엽고병 내병성재료 98계통과 13품종을 1998년 8월 20일에 부산원예시험장 노지포장에 파종하여 98년 10월 5일에 인공접종을 실시하였고, 98년 12월 14일에 조사하였다. 공시한 재료 중에 흑엽고병 저항성 정도(R 또는 M)와 원예적 형질을 고려하여 우수한 7계통을 선발하였는데, 이 계통들은 아직까지 분리중인 재료이므로 앞으로 계속하여 계통을 고정시켜 나갈 계획이다. '99년 고랭지에 공시한 326계통은 8월 중순-9월 초에 이병조사를 실시하여 저항성계통을 선발하였다.

라. 4차년

2001년부터 시판예정인 추동-100의 모계, 부계 및 아계조합들의 흑엽고병 내병성 정도를 검정하기 위하여 강원도 진부와 속사 2개 지역에 2000년 4월 27일과 5월 14일에 파종하였다. 흑엽고병 피해정도 조사는 속사시험포장은 8월 24일, 진부시험포장은 8월 25일에 실시하였다. 시험재료는 추동-100의 모계(웅성불입계통) 5계통, 부계(화분친) 11계통, F₁조합은 14아계조합을 2개 지역에 같이 공시하였고, 대비품종은 속사시험포장에 5품종, 진부시험포장에 4품종을 공시하였다.

마. 5차년

강원도 평창군 속사의 고랭지 당근시험포장에서 F1조합 57조합과 시판종 9품종의 검은잎마름병 저항성조사를 실시하였다.

2. 내충성계통육성

가. 1차년

1) 공시계통

내병성계통과 마찬가지로 Wisconsin 대학교에서 육성한 내선충계통 B9304를 기본육성재료로 하여 여기에 대구대학교에서 육성한 다양한 계통을 교잡하여 파생된 F₂세대 97점의 재료를 공시하였다.

2) 방법

'97년 7월 31일 부산원예시험장 노지포장에 조건 20cm로 파종한 후 솟음질을 통하여 주간거리를 15cm로 조정하여 재료당 약 50주가 되도록 하였다. 재배방법은 표준경종법에 준하였다.

3) 선충접종

전년도에 농촌진흥청 부산원예시험장 메론 재배온실에 뿌리혹선충 (*Meloidogyne incognita*)의 발생이 심하였는데 이 토양을 채취하여 파종 전에 시험포 토양에 500 g/m² 접종하였다.

나. 2차년

남제주군 성산읍 당근재배농가 포장과 농촌진흥청 부산원예시험장 노지포장에서 시험을 수행하였다. 남제주군 성산읍에는 1997년 7월 29일에 파종하여 1998년 2월까지 2회 수확하여 저항성 정도를 조사하였다. 부산원예시험장에는 1998년 8월 초에 파종하여 1998년 11월 중순까지 2회 수확하여 조사하였다.

공시재료는 부산원예시험장포장에 92계통(웅성불임계 46계통, 웅성불임유지계 28계통, 화분친 18계통), 남제주군 성산읍 시험포장에 15계통(웅성불임유지계 8계통, 화분친 7계통)을 공시하였다.

다. 3차년

부산원예시험장 선충접종포장에 내선충육성재료 95계통을 1998년 8월 20일에 파종하여 12월 14일에 선충감염정도를 조사하였다. 제주도 성산읍 농가포장에는 15계통을 1998년 7월 29일에 파종하여 1999년 1월 19일에 수확하여 선충감염정도를 조사하였다. 강원도 평창군에는 326계통을 1999년 4월 중순에 파종하여 8월 중순-9월 중순에 2회 흑엽고병과 같이 조사를 하였다.

라. 4차년

월동작형에서의 선충시험은 남제주 성산읍 삼달리의 당근재배농가포장에서 실시하였다. 공시계통은 1999년 도입된 106계통을 99년 9월 2일 파종하여 2000년 3월 5일에 조사하였다. 고랭지작형은 강원도 속사와 진부의 농가포장에서 실시하였다. 공시재료는 99년에 품종등록한 추동-100의 모계(웅성불임계) 5아계, 부계 11아계, 아계조합 14조합과 시판종 5품종을 99년 4월 말에 파종하여 8월 초-9월 초에 2회 조사를 하였다.

마. 5차년

월동작형에서의 선충시험은 남제주군 성산읍 삼달리의 농가포장에서 수행하였다. 추동-100, 추동-200, 새봄-100 및 양명5촌의 4품종을 공시하였는데, 추동-100은 아계조합 7조합, 추동-200은 아계 8조합, 새봄-100은 아계 5조합이었다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 내병성계통육성

가. 1차년

F₂집단 107개, 299개체에 대한 검은잎마름병의 저항성을 검정한 결과는 표 1과 같다.

표 1. 당근 검은잎마름병에 대한 계통 및 개체군의 저항성 비교

계통	개체군수	접종구 ^a			무접종구 ^b		
		저항성	중위성	이병성	저항성	중위성	이병성
56001	11	2	4	5	7	4	0
56005	8	3	3	2	1	1	6
56019	6	5	1	0	6	0	0
56028	11	9	2	0	9	2	0
56034	10	8	1	1	1	4	5
56040	8	3	3	2	0	5	3
56052	7	3	3	1	3	4	0
56057	12	9	1	2	1	6	5
56060	10	4	6	0	0	3	7
56062	10	8	2	0	0	10	0
56083	7	2	2	3	1	5	1
56092	12	5	3	4	11	1	0
56117	12	0	7	5	7	5	0
기타(94계통)	175	22	113	40	46	83	46
계	299	83	151	65	93	133	73

a : 부산원예시험장 b : 강원도 강릉시 대기리

저항성 : 병해지수가 3.0이하

중위성 : 병해지수가 3.1-5.0

이병성 : 병해지수가 5.1이상

망실접종 : 56001-56117

포장접종 : 기타(94계통)

공시한 299개체중에 접종구에서는 저항성이 83개체, 중위성이 151개체, 이병성이 65개체로 나타났으며, 무접종구에서도 비슷한 수치가 나타나어 저항성이 93개체, 중위성이 133개체, 이병성이 73개체로 구분할 수 있었다. 그러나 접종구나 무접종구 공히 동일 계통내의 개체간에는 병해저항성에 큰 차이를 나타내었는데 이는 공시계통들이 F₂세대이기 때문에 내병성 형질이 고정되지 않았기 때문이라고 생각된다. 따라서 이중에 형질이 양호하고 비교적 병해저항성인 계통내의 개체를 매년 선발하여 내병성 형질을 계속 고정시켜야 할 것으로 판단된다.. 접종구와 무접종구간의 병해발생 정도에는 약간의 차이를 나타내었는데 이는 진정저항성과 포장저항성간의 차이에 기인한 것인지 기온, 습도 등 환경조건에 기인한 것인지 또는 조사시기 차이에 기인한 것인지는 앞으로 규명해야 될 과제라고 생각된다.

표 2. 접종과 무접종에서 동시에 저항성으로 나타난 계통내의 개체수

계통	공시개체수	저항성개체수	저항성개체율(%)
56001	11	2	18.4
56005	8	1	12.5
56019	6	5	83.3
56028	11	7	63.6
56034	10	1	10.0
56040	8	3	37.5
56052	7	2	28.0
56057	12	0	0
56060	10	0	0
56062	10	0	0
56083	7	0	0
56092	12	5	41.7
56117	12	0	0
기타(94계통)	175	10	5.7
계	299	36	12.0

그러나 접종구와 무접종구에서 동시에 저항성을 나타낸 계통으로는

56019,56028, 56092 등 다수 계통이 검정되었는데 이들 계통에 대해서는 생육특성 및 품질 등을 참작하여 선발할 계획이다.

나. 2차년

접종시험은 파종 후 2개월 정도 지나 본엽이 6매 이상될 때 작년과 같은 방법으로 검은잎마름병을 접종하여 선발하였다. 무접종시험(포장시험)은 접종시험에 공시한 재료와 동일한 재료를 검은잎마름병의 발병이 심한 고랭지 당근 재배농가의 당근재배포장에 공시하여 98년 8월 24일에 조사하였다. 표 3은 내병성재료 97계통의 내병성 정도를 조사한 것이다.

공시한 계통중에서 11계통은 발아가 불량하여 조사하지 못했다. 공시계통 중 강저항성을 보여준 것이 21계통, 약저항성을 보여준 것이 30계통으로 51계통(약 60%)이 저항성을 보여주고 있다.

표 3. 고랭지 당근 재배지역에서 자연 발병한 검은잎마름병 저항성조사

저항성 구분	평균병해지수	계통수
강저항성(RR)	0~1.5	21
약저항성(RS)	1.6~3.0	30
중위성(MM)	3.1~4.0	12
중이병성(MS)	4.1~5.0	10
이병성(SS)	5.1이상	13
		86

다. 3차년

흑엽고병에 저항성이 강한 계통을 선발하기 위하여 흑엽고병 내병성재료 98계통과 13품종을 1998년 8월 20일에 부산원예시험장 노지포장에 파종하여 98년 10월 5일에 인공접종을 실시하였고, 98년 12월 14일에 조사하였다. 공시한 재료중에 흑엽고병 저항성 정도(R 또는 M)와 원예적 형질을 고려하여 우수한 7계통을 선발하였는데(표 4), 이 계통들은 아직까지 분리중인 재료가

므로 앞으로 계속하여 계통을 고정시켜 나갈 계획이다.

표 4. 선발계통의 특성

계 통	저항성정도	근장	비대력	고환성	근피윤활도	육색	평점
P317	R	LL	양	중	극우	극우	4.5
P325	R	L	양	중	양	양	3.0
P338	M	LL	양	중	우	우	3.5
P341	R	LL	양	중	양	양	3.0
P357	R	L	우	중	양	우	3.0
P366	R	LM	양	양	양	양	3.5
P377	R	LM	양	양	우	우	3.5

근장 : L ; long, M ; medium

평점 : 1 - 5(poor-excellent)

라. 4차년

2001년부터 시판예정인 추동-100의 모계, 부계, 아계조합들의 흑엽고병 내병성 정도를 검정하기 위하여 강원도 진부와 속사 2개 지역에 2000년 4월 27일과 5월 14일에 파종하였다. 흑엽고병 피해정도 조사는 속사시험포장은 8월 24일(표 5), 진부시험포장은 8월 25일(표 6)에 실시하였다. 시험재료는 추동-100의 모계(웅성불임계통) 5계통, 부계(화분친) 11계통, F₁조합은 14아계조합을 2개 지역에 같이 공시하였고, 대비품종은 속사시험포장에 5품종 진부시험포장에 4품종을 공시하였다. 대비품종 중에서 홍영5촌은 흑엽고병 피해지수가 2개 지역에서 0.50과 1.33으로 가장 낮았고, 베타리치는 3.53과 2.05, 이나리5촌은 3.80과 4.70, 상성당근과 Kamaran은 속사에서 2.30과 6.10으로 Kamaran이 흑엽고병에 가장 약했으며, 이나리5촌도 매우 약한 편이었다.

추동-100의 모계는 속사시험포장에서는 흑엽고병 피해지수가 5계통 모두 1.00 이하이고, 진부시험포장에서는 1.00~2.67이었다. 추동-100의 부계는

11계통이 2개 지역에서 1.00~2.32와 1.00~2.20으로 모계에 비해 흑엽고병에 다소 약한 편이었다. 추동-100의 아계조합들은 2개 지역에서 0.65~3.00과 0.80~1.96으로 모계와 부계의 중간을 나타내고 있으며, 아계조합간에도 다소의 차이를 보이고 있다. 따라서 본 시험의 결과에 의하면 모계와 부계에서 흑엽고병에 강한 개체를 선발하면 흑엽고병에 비교적 강한 품종육성이 가능할 것으로 예상된다.

표 5. 당근 품종 및 계통의 흑엽고병 저항성 시험 (강원도 평창군 속사)

공시 재료	조사 주수	패해지수별주수						피해 지수	비고
		0	1	3	5	7	9		
홍영5촌(마루다네)	20	10	10					0.50	시판품종
베타리치(사까다)	29		7	4	4	4		3.53	"
이나리5촌(다끼이)	15		2	8	2	3		3.80	"
심심당근(홍농)	20		7	13				2.30	"
Kamaran(bejo)	20				9	11		6.10	"
우81001	20	6	14					0.70	추동-100모계
우81011	20	12	8					0.40	"
우81013	20	4	16					0.80	"
우81025	20	3	17					0.85	"
우81028	20	3	17					0.85	"
상85001	20		17	3				1.30	추동-100부계
상85005	21		17	4				1.38	"
상85009	20		18	2				1.20	"
상85020	20		16	4				1.40	"
상85021	21		17	4				1.38	"
상85024	19		12	3	4			2.32	"
상85025	17		12	4	1			1.71	"
상85026	20		20					1.00	"
상85028	20		18	2				1.20	"
상85039	18		12	4	2			1.89	"
상85040	17		14	3				1.35	"
F ₁ 81002	20	7	13					0.65	추동-100조합
F ₁ 81003	16	2	9	2	3			1.88	"
F ₁ 81004	19		17	2				1.21	"
F ₁ 81005	20	3	17					0.85	"
F ₁ 81006	23	5	18					0.78	"
F ₁ 81008	22	6	16					0.73	"
F ₁ 81009	20		20					1.00	"
F ₁ 81010	26		10	9	7			2.77	"
F ₁ 81012	22		10	5	4	3		3.00	"
F ₁ 81014	21		9	5	7			2.81	"
F ₁ 81015	16		10	2	4			2.25	"
F ₁ 81019	17	2	13	2				1.12	"
F ₁ 81022	20		15	5				1.50	"
F ₁ 81029	20	5	15					0.75	"

*피해지수

0 : 건전, 1 : 잎에 약간의 병반이 형성, 2 : 1% 정도의 잎에 병반이 형성, 3 : 5-20% 정도의 잎에 병반이 형성, 7 : 잎과 줄기에 병반이 심하게 발생, 9 : 고사

표 6. 당근 품종 및 계통의 흑엽고병 저항성 시험 (강원도 평창군 진부)

공시 재료	조사 주수	패해지수별주수					피해 지수	비고
		0	1	3	5	7		
홍영5촌(마루다네)	18		15	3			1.33	시판품종
베타리치(사까다)	21		13	5	3		2.05	"
이나리5촌(다끼이)	20		9	5	6		4.70	"
우81001	20		10	10			2.00	추동-100모계
우81011	24		9	10	5		2.67	"
우81013	21		19	2			1.19	"
우81025	20		20				1.00	"
우81028	20		17	3			1.30	"
상85001	20		15	3	2		1.70	추동-100부계
상85005	20		17	3			1.30	"
상85009	20		17	3			1.30	" "
상85020	20		18	2			1.10	"
상85021	20		15		3	2	2.20	"
상85024	20		17	1	2		1.50	"
상85025	20		20				1.00	"
상85026	20		17	3			1.30	"
상85028	20		18	2			1.20	"
상85039	22		17	3	1	1	1.73	"
상85040	20		18	2			1.40	"
F ₁ 81002	20	3	17				0.85	추동-100조합
F ₁ 81003	23		18	3	2		1.61	"
F ₁ 81004	20		16	4			1.40	"
F ₁ 81005	20	4	13	3			1.10	"
F ₁ 81006	20		16	4			1.40	"
F ₁ 81008	20		15	3	2		1.70	"
F ₁ 81009	19		16	3			1.25	"
F ₁ 81010	20	3	17				0.85	"
F ₁ 81012	20	4	16				0.80	"
F ₁ 81014	23		15	5	3		1.96	"
F ₁ 81015	20		20				1.00	"
F ₁ 81019	20		20				1.00	"
F ₁ 81022	20		17	3			1.30	"
F ₁ 81029	20		20				1.00	"

*피해지수는 표 5와 동일

마. 5차년

고랭지 F₁조합선발시험에서 57조합과 시판종 9품종의 검은잎마름병저항성조사를 실시하였다. 시판종 중에서 베타리치가 비교적 강한 편이고 나머지 품종들은 약한 편이다. F₁조합 중에서 피해지수 1.00이하의 비교적 강한 조합이 20조합이다(표 7). 이들 중에 피해지수가 0.70이하의 조합은 7조합으로 검은잎마름병 저항성조합으로 가능성을 보여 주었다.

표 7. 당근 F₁조합의 검은잎마름병 저항성조사(강원도 평창군 속사)조사일 : 2001년 9월 15일

과종 No	조사 주수						피해 지수	비고
		0	1	3	5	7		
2	35	9	24	2			0.86	
5	36	4	32				0.89	
9	39	12	27				0.69	
14	37	24	13				1.70	
15	37		27	10			1.54	
16	41		24	14	3		1.96	
17	39		17	2			0.59	
24	43	10	33				0.77	
25	43	14	29				0.67	
26	42	21	21				0.50	
27	32	8	22	2			0.88	
43	35	3	30	1			0.94	
46	6	36					0.86	
47	42	12	30				0.71	
48	45	20	25				0.56	
49	47	16	31				0.66	
50	48	14	34				0.17	
51	43	11	32				0.74	
52	40	9	31				0.78	
53	40	5	33	2			0.98	
54	41	4	34	3			1.00	
55	41	2	34	2			0.96	
56	43	4	37	2			1.00	
102	40	4	33	3			1.05	베타리치(사까다종묘)
103	37		21	14	2		1.97	이나리5촌(다끼이종묘)
104	38		24	11	3		1.89	상심5촌(홍농종묘)
107	41		11	15	15		3.19	Newton(bejo종묘)
108	37		5	20	10	2	3.49	Bairobi(")
109	44		13	14	17		3.18	Nigel(")
110	42	7	21	8	6		3.62	Bristol(")
111	46		12	13	12	9	3.78	Navarino(")
112	38		21	17			1.89	일품5촌(한농종묘)

피해지수는 표 5와 동일.

2. 내선충계통육성

가 1차년 ~ 2차년

당근뿌리혹선충에 강한 계통을 육성하기 위하여 부산원예시험장 선충접종 포장에 내선충육성재료 95계통을 1998년 8월 20일에 파종하여 12월 14일에 선충감염정도를 조사하였다. 표 8은 선충저항성과 원예적 형질이 우수한 17계통의 특성을 조사한 것으로 이들 계통들은 1999년 3월 7일에 부산원예시험장의 소형망실에 정식하였으며, 앞으로 내선충계통육성재료로 이용할 계획이다.

표 8. 선발된 내선충계통의 특성

계 통	선충저항성	근장	비대력	교환성	근피윤활도	육색	평점
P3	M	L	중	중	우	우	3.0
P4	R	LM	중	중	우	우	3.5
P5	M	L	우	중	중	중	4.0
P9	RR	L	중	중	우	우	3.5
P11	R	LM	우	중	중	중	3.0
P13	RR	L	우	중	우	중	4.0
P25	M	L	중	양	우	중	3.5
P41	RR	L	우	양	우	우	4.0
P42	R	L	우	양	우	우	4.0
P101	RR	LM	극우	중	중	중	3.5
P102	RR	L	극우	중	중	중	4.0
P106	RR	L	중	중	우	우	3.0
P111	RR	LM	우	중	우	중	3.5
P113	R	LM	우	중	우	중	3.5
P123	RR	LM	중	중	우	우	3.5
P128	RR	M	우	우	우	중	4.0
P130	RR	M	중	우	우	우	4.0

나. 3차년

표 9는 내선충계통을 선발하기 위하여 제주도 성산읍 삼달리의 월동당근 재배포장에 1998년 7월 29일에 파종하여 1999년 1월 19일에 수확하여 선충

감염정도를 조사한 것이다. 공시한 15계통중에 3계통은 발아율이 저조하여 조사대상에서 제외시켰다. 표 9에 의하면 저항성(R)이 4계통인데 이들 계통들은 계속하여 고정시켜 나가면서 선충에 강한 계통을 육성할 계획이다.

표 9. 내선충육성재료의 선충저항성조사(제주도 삼달리, '99. 1. 19)

계통	조사 주수	총 해 지 수							평균	저항성 판정
		0	1	3	5	7	9	계		
401	5	3	1			1		8	1.6	S
402	3	1		2				6	2	S
405	3					3		21	7	S
406	12	7		4	1			17	1.42	S
408	16	8			8			40	2.5	S
409	30	24		3	3			24	0.8	S
410	22	15		7				21	0.95	S
411	36	32		4				12	0.33	R
412	21	19	2					2	0.09	R
413	37	31	6					6	0.16	R
414	11	8			3			15	1.36	S
415	41	40				1		7	0.17	R

* R(저항성) : 총해지수 0.5이하. S(이병성) : 총해지수 0.6이상

다. 4차년

월동재배에서 내선충계통선발은 남제주 성산읍 삼달리의 당근재배 농가 포장에서 실시하였다. 공시계통은 1999년 도입된 106계통을 99년 9월 2일 파종하여 2000년 3월 5일에 조사하였다. 표 10은 1999년 도입된 106계통 중에서 원예적인 형질이 우수한 62계통의 선충저항성을 조사한 것이다.

표 10에 의하면 선충피해가 전혀 없는 것이 62계통중 42계통, 경미한 피해가 나타난 것이 14계통으로 다른 해에 비하여 선충의 피해가 아주 적은 편인데 이는 당근생육초기에 잦은 강우로 인하여 토양이 습하여 선충의 밀도가 낮아진 것으로 해석된다.

표 10. 당근도입계통 선충 저항성 조사

계통번호	조사주수	피해지수별 주수						피해지수*
		0	1	3	5	7	9	
301	14	11	3					0.27
302	12	12						0
303	11	11						0
304	10	9	1					0.11
305	12	12						0
306	10	10						0
307	12	10	2					0.2
309	12	12						0
310	10	10						0
311	10	10						0
312	13	13						0
313	12	11						0.48
314	12	12						0
316	13	13						0
317	14	14						0
319	10	10						0
322	12	12						0
324	10	10						0
325	11	11						0
329	10	10						0
333	12	11	1					0.10
335	10	8		2				0.60
338	13		1					0.08
339	10	9	1					0.10
340	11	11						0
341	12	12						0
342	15	13	1	1				0.26
343	10	10						0
344	10	10						0
345	11	10	1					0.09
346	11	9	1	1				0.36
347	12	12						0
348	10	10						0
350	12	12						0
351	10	10						0
354	10	10						0

계통번호	조사주수	피해지수별 주수						피해지수*
		0	1	3	5	7	9	
355	10	10						0
357	10	8	2					0.20
359	11	11						0
361	10	9	1					0.10
362	10	9	1					0.10
363	10	10						0
364	11	11						0
366	10	10						0
369	10	10						0
370	10	10						0
373	11	7	3					0.28
375	10	7	3					0.30
376	12	9	1	2				0.58
379	10	10						0
380	13	10	3					0.23
384	10	11	1					0.40
386	10	8	1	1				0
391	10	10						0
393	10	10						0
394	10	10						0
395	10	10						0
396	12	12						0
399	11	10	1					0.09
402	10	10						0
405	12	12						0
406	11	11						0

피해지수

0: 건전, 1: 뿌리에 경미한 흑이 생김, 3: 뿌리에 약 3 - 5개의 흑이 생겨 상품가치가 저하됨.

5: 뿌리에 직경 2-3 cm의 커다란 흑이 생겨 상품가치가 없음, 7: 뿌리의 전부분에 흑이 생김, 9: 고사

고랭지시험은 강원도 속사(표 11)와 진부(표 12)에서 수행하였다. 대비품종 중 베타리치는 선충피해지수가 2개지역이 0.00과 0.00으로 선충의 피해가 전혀 없었고, 이나리5촌은 0.50과 0.00으로 피해가 아주 경미한 편이었으나, 홍영5촌은 1.33과 5.00으로 선충피해가 극심하였다.

추동-100의 모계는 2개지역의 선충피해지수가 0.00~0.60과 0.00~1.30으로 비교적 선충에 강한 편이고, 아계간에 다소의 차이를 보이고 있다. 추동-100의 부계는 2개지역에서 1.00~2.70과 0.00~2.70으로 아계간에 심한 차이를 보이고 있다. 추동-100의 아계조합들은 2개지역에서 0.00~1.30과 0.00~2.00으로 아계조합간에 상당한 차이를 보이고 있다. 따라서 본 시험의 결과에 의하면 추동-100의 모계와 부계에서 아계간에 차이가 있어 선발의 효과가 있을 것으로 예상된다.

표 11. 당근 품종 및 계통의 뿌리혹선충 저항성 시험 (강원도 평창군 속사)

공시 재료	조사 주수	패해지수별주수					피해 지수	비고
		0	1	3	5	7		
홍영5촌(마루다네)	12	8	2	2			1.33	시판품종
베타리치(사까다)	10	10					0.00	"
이나리5촌(다끼이)	10	9	1				0.50	"
상심당근(홍농)	10	10					0.00	"
Kamaran(bejo)	10	10					0.00	"
우81001	10	10					0.00	추동-100모계
우81011	10	8	2				0.60	"
우81013	10	10					0.00	"
우81025	10	10					0.00	"
우81028	10	8	2				0.60	"
상85001	10	10					0.00	추동-100부계
상85005	10	10					0.00	"
상85009	10	7	1	2			1.30	" "
상85020	10	10					0.00	"
상85021	10	10					0.00	"
상85024	10	10					0.00	"
상85025	10	8	2				1.00	"
상85026	10	8	2				1.00	"
상85028	10	9	1				0.30	"
상85039	10	8	2				1.00	"
상85040	10	1	3	3	3		2.70	"
F ₁ 81002	10	8	2				0.60	추동-100조합
F ₁ 81003	10	10					0.00	"
F ₁ 81004	10	10					0.00	"
F ₁ 81005	10	10					0.00	"
F ₁ 81006	10	10					0.00	"
F ₁ 81008	10	9	1				0.30	"
F ₁ 81009	10	7	1	2			1.30	"
F ₁ 81010	10	7	2	1			0.80	"
F ₁ 81012	10	8	2				0.60	"
F ₁ 81014	10	10					0.00	"
F ₁ 81015	10	7	1	2			1.30	"
F ₁ 81019	10	10					0.00	"
F ₁ 81022	10	10					0.00	"
F ₁ 81029	10	10					0.00	"

*피해지수는 표 10과 같음.

표 12. 당근 품종 및 계통의 뿌리혹선충 저항성 시험(강원도 평창군 진부)

공시 재료	조사 주수	피해지수별주수						피해 지수	비고
		0	1	3	5	7	9		
홍영5촌(마루다네)	11		3		2	6		5.00	시판품종
베타리치(사까다)	12		12					0.00	"
이나리5촌(다끼이)	13		13					0.00	"
우81001	10		7		1	2		1.30	추동-100모계
우81011	9		7	2				0.22	"
우81013	14		12			2		0.71	"
우81025	12		12					0.00	"
우81028	15		15					0.00	"
상85001	16		14		2			0.43	추동-100부계
상85005	14		14					0.00	"
상85009	13		13					0.00	" "
상85020	10		10					0.00	"
상85021	11		4	2	2	3		2.09	"
상85024	11		5	3	3			0.82	"
상85025	17		11		2	4		1.53	"
상85026	12		10		2			0.50	"
상85028	10		2	2	4	2		2.40	"
상85039	12		6	3	1	2		1.33	"
상85040	10		3	1	2	4		2.70	"
F ₁ 81002	10		4	2	3	1		1.30	추동-100조합
F ₁ 81003	12		11		1			0.27	"
F ₁ 81004	13		7	3	3			0.92	"
F ₁ 81005	12		8	2	2			0.67	"
F ₁ 81006	12		10		2			0.50	"
F ₁ 81008	12		10		2			0.50	"
F ₁ 81009	10		10					0.00	"
F ₁ 81010	12		12					0.00	"
F ₁ 81012	10		10					0.00	"
F ₁ 81014	5		5					0.00	"
F ₁ 81015	11		5	1	2	3		2.00	"
F ₁ 81019	12		10	2				0.17	"
F ₁ 81022	14		7	2	5			1.21	"
F ₁ 81029	13		13					0.00	"

*피해지수는 표 10과 같음.

라. 5차년

고랭지당근 F₁조합선발시험에서 57조합, 9품종의 뿌리혹선충 저항성조사를 실시하였다.공시품종 중에서는 bejo종묘의 Nairobi가 가벼운 피해를 보여 주었고 나머지 8품종은 뿌리혹선충에 저항성을

보여 주었다. 공시조합 중에 뿌리혹선충에 전혀 감염이 되지 않은 조합은 56조합중 33조합, 가벼운 증상이 나타난 것이 3조합이었다(표 13). 이들 36조합은 선충저항성조합으로 가능성을 보여 주었다.

표 13. 당근 F₁조합의 뿌리혹선충 저항성조사(강원도 평창군 속사) 조사일 : 2001.9.15

파종No	조사주수	피해지수별 개체수						피해지수	미고
		0	1	3	5	7	9		
1	10	10						0	
3	10	10						0	
4	10	10						0	
5	10	10						0	
6	10	10						0	
9	10	10						0	
11	10	10						0	
12	10	10						0	
13	10	10						0	
14	10	10						0	
16	10	9	1					0.10	
19	10	8	2					0.20	
21	10	10						0	
24	10	10						0	
25	5	5						0	
26	11	11						0	
29	10	10						0	
30	10	10						0	
31	10	10						0	
32	12	12						0	
33	10	10						0	
34	12	12						0	
37	10	10						0	
38	10	10						0	
39	10	10						0	
40	13	13						0	
41	10	10						0	
44	10	10						0	
45	10	10						0	
47	10	10						0	
51	10	10						0	
52	7	7						0	
53	9	9						0	
55	10	10						0	
56	9	9						0	
57	8	7	1					0.13	
102	12	12						0	베타리치(사까다종묘)
103	9	9						0	이나리5촌(다끼이종묘)
104	10	10						0	상심5촌(홍농종묘)
107	9	9						0	Newton(bejo종묘)
108	9	8			1			0.56	Nairobi(")
109	10	10						0	Nigel(")
110	10	10						0	bristol(")
111	10	10						0	Navarre(")
112	10	10						0	일품5촌(한농종묘)

피해지수는 표 10과 같음.

제주도 월동당근 재배포장에서 추동-100, 추동-200, 새봄-100 및 시판종의 뿌리혹선충 저항성조사를 실시하였다. 추동-100의 아계조합이 7조합(No 21-No 27), 추동-200의 아계조합이 8조합(No 1-No8), 새봄-100의 아계조합이 6조합(No 9-No 18), 그리고 시판종이 3품종이었다. 추동-100은 7아계조합중 선충피해가 전혀 나타나지않은 것이 4조합, 추동-200은 3조합, 새봄-100은 3조합이었다. 시판품종 중에서는 고농시교가 '피해가 가장 심하고 양명5촌(다끼이종묘)과 예쁘니(홍농종묘)는 경미한 증상을 보여 주었다. 이 시험의 결과, 추동-100, 추동-200 및 새봄-100은 양친의 아계에 대한 선충저항성시험을 하여 선충저항성이 강한 아계를 선발할 필요가 있을 것으로 판단된다.

3. 당근품종의 뿌리혹선충 저항성조사(남제주군 성산읍)조사일 : 2001.10.4

파종No	조사주수	피해지수별 개체수						피해지수	비고
		0	1	3	5	7	9		
1	10	10						0	추동-200 아계조합
2	10	10						0	"
3	10	9		1				0.30	"
4	10	8		1	1			0.80	"
5	10	8		2				0.60	"
6	10	9		1				0.30	"
7	10	10						0	"
8	10	9		1				0.30	"
9	10	10						0	새봄-100 아계조합
11	10	10						0	"
12	10	7		2	1			1.30	"
14	10	8	2					0.20	"
15	10	9			1			0.50	"
18	10	10						0	"
21	20	20						0	추동-100 아계조합
22	20	17		3				0.45	"
23	20	18	1	1				0.20	"
24	20	20						0	"
25	20	19		1				0.15	"
26	20	20						0	"
27	20	19		1				0.15	"
31	20	19		1				0.15	"
32	10	10						0	
33	10	9		1				0.30	
104	10	7		2	1			0.10	양명5촌(다끼이종묘)
106	10	8			2			1.00	고농시교
107	10	9	1					0.10	예쁘니(홍농종묘)

피해지수는 표 10과 같음.

제 4 절 요약

1. Wisconsin대학의 Dr.Simon으로부터 분양 받은 검은잎마름병 (*Alternaria dauci*)과 뿌리혹선충(*Meloidogyne incognita*)에 저항성인 B5280과 B9304에 본 연구자가 육성한 다양한 계통을 교잡하여 내병충성과 다른 주요한 원예적인 형질을 중심으로 개체선발과 계통선발을 계속하였다.

2. 이들 내병충성계통을 이용하여 F₁조합을 만들어 각 작형별로 F₁조합 성능 검정을 실시해 왔으나 아직까지는 근형과 근비대 등에서 만족할만한 조합을 찾을 수가 없었다.

3. 앞으로 계통 및 개체선발을 계속하여 검은잎마름병과 뿌리혹선충에 저항성이면서 다른 원예적인 형질이 만족할 만한 계통을 육성해 나갈 계획이다.

제 4 장 고품질 계통육성

제 1 절 서 설

당근은 carotene 함량이 높은 채소로 보통 80-100ppm 정도이나 200ppm 이상인 품종도 있다. 당분함량은 재배시기, 토양조건 등에 따라서 다르나 품종간 차이가 커서 낮은 것은 7% 정도에서 높은 것은 11% 정도이다. 당근 뿌리에 함유되어 있는 휘발성 terpenoids는 35-40ppm 이상일 경우에는 역겨운 기름냄새로 인하여 녹즙이나 생식용으로는 부적합하며 10ppm 이하에서는 이와 같은 냄새가 감소된다고 보고되어 있는데 보통의 품종은 total terpenoids 함량이 20-30ppm 정도이다. 본 연구의 목적은 carotene 함량이 150-200ppm 이상이고 당분함량이 높으며 total terpenoids 함량이 15-20ppm 이하인 계통을 육성하는 것이다.

제 2 절 재 료 및 방 법

1. High carotenoids 계통육성

가. 1차년

carotenoids와 당분분석은 97년 1월부터 97년 8월 까지 6차에 걸쳐 기존의 육성계통 총 460계통을 분석하였다. 시료는 전남해남 서울종묘연구소의 계통육성포장과 부산원예시험장 내병성집종포장에서 채취하였다.

1) 1차분석

도입종분리계 : 40

내병성 및 고품질계육성재료(B5280 x YQ) : 27

시판품종 : 36

시료분석 : 시료채취 97.1.8 , 분석 1.9-1.20

2) 2차분석

다수품질계(YQ계) : 46

내병성 및 고품질계육성재료(B5280 x YQ) : 54

시료분석:시료채취 97.1.24, 분석 1.25-1.31

3) 3차분석

다수품질계(YQ계) : 27

내병성 및 고품질계육성재료(B5280 x YQ) : 49

시료분석:시료채취 97.2.12, 분석 2.13-2.18

4) 4차분석

내병성 및 고품질계육성재료(B5280 x YQ) : 35

내병성 및 고품질계육성재료(B5280 x Pt-B) : 47

흑전분리계 5

시료분석 : 시료채취 97.3.1, 분석 97.3.2-3.7

5) 5차분석

내병성 및 고품질계육성재료(B5280 x YQ) : 24

내병성충성계통 육성재료(B5280 x B9304) : 10

YQ계 : 10

시료분석 : 시료채취 97.3.8, 분석 97.3.9-3.12

6) 6차분석

내병성 및 고품질계육성재료(B5280 x YQ) : 34

시료분석 : 시료채취 97. 8. 18, 분석 97. 8. 19-8-21

1) 당도분석

일정 부위의 당근조직을 주서기(BRAUN社의 MP 50)로 추출한 다음 당

도계(ATAGO社의ATC-1)를 이용하여 당근 추출액의 당도를 측정하였다. 여기서 당도는 Brix 자당도의 %를 의미한다. 당 분석은 계통선발의 보조자료로 활용할 계획이다.

2) Carotene 분석

당근시료 150g 정도를 주서기로 간 후 고풍부분과 액체부분의 1/10을 300ml의 acetone-hexane(1:1, v/v)로 추출하였다. Acetone을 제거하기 위하여 0.1% NaCl 용액 500ml로 혼합한 후 분액여두로 hexane층 만을 분리하여 부피를 측정하였다. Hexane층을 1/10으로 희석한 후 spectrophotometer (Hewlett Packard 8452)를 이용해 350-600nm사이에서 스펙트럼을 얻은 후 β -carotene의 흡광도를 측정하였다. 정량곡선은 β -carotene(Sigma Chemical Co.)을 이용하여 작성하였다.

나. 2차년도

2차에 걸쳐 총 307계통을 분석하였다.

1) 1차 분석

분석계통

-YQ계: 225계통

-내병성 및 고품질계통 육성재료(B5280 x YQ): 54계통

시료채취 및 분석

-시료채취: '98. 2. 18

-분석: '98. 2. 20~3. 14.

2) 2차 분석

분석계통

내병성육성재료 : 26

시판품종 : 2

시료채취 및 분석

-시료채취: '98. 8. 12

-분석: '98. 8. 14~8. 18.

다. 3차년도

검은잎마름병 인공접종시험에 공시한 내병성재료 98계통중에서 내병성이 우수하고 근형, 비대력, 근색등이 우수한 13계통을 분석하였다. 내선충시험에 공시한 내선충재료 95계통중에서 선t충에 강하고 근형, 비대력, 근색등이 우수한 26계통과 시판종 13품종을 분석하였다. 분석개체수는 1계통당 3개체씩 총 156점을 분석하였다.

라. 4차년도

1999년 육성용으로 공시한 계통 중에서 월동 후 모본선발에서 우수하였던 60계통과 대비종 8품종을 2000년 3월 중순에 분석하였고, 고랭지에는 강원도 진부와 속사 2개 지역에 F₁조합계통, 대비종 총 36점을 공시하여 2000년 8월말에 시료를 채취하여 분석하였다.

1) 부산원예시험장 노지 월동 계통

응성불임유지계통

BA type : 17 계통

Pt type : 1 계통

화분친 계통 : 42 계통

시판종 : 8 품종

2) 고랭지 공시 계통(2개 지역)

추동-100 모계 : 5 계통

부계 ; 11 계통

아계조합 : 14조합

대비품종 : 6 품종

마. 5차년도

제주도 월동당근 분석품종	가을당근분석품종
추동-100 아계조합 : 7	추동-100
추동-200 “ : 4	추동-200
새봄-100 “ : 8	새봄-100
대비품종(양명5촌) : 1	대비품종(양명5촌)

제주도 월동재배 4품종(20조합)을 2회, 가을재배 4품종을 1회 분석하였다.

2. Low terpenoids 계통육성

가. 1차년-5차년도

분석재료는 carotenoids분석재료와 동일하였다.

1)시료전처리 및 GC분석

당근으로부터 휘발성 terpenoids 성분을 분석하기 위한 방법은 Yoo 등에 의한 Direct Headspace Sampling Method(이하 DHS)에 준하여 실시하였다. 당근시료는 분석에 사용하기 전 냉장고에 보관하였으며(3주까지 가능), 냉장 보관된 당근시료는 분석하기 전날밤 24℃의 항온기에 넣어 하루밤동안 보관 후 terpenoids 성분을 측정하였다. 분석 전처리는 2~4개의 당근뿌리 중간 부위로부터 100g을 취해 약 2cm 이하의 크기로 자른 후 100ml의 증류수(24℃), 그리고 internal standard로서 500 μ l의 5% acetone과 함께 food

blender(Samsung MC1 222W Model) 에 넣어 2분간 혼합한다. 이때 food blender의 뚜껑에 있는 구멍은 종이테이프로 붙여 terpenoids 성분의 휘발을 막아 주며, blending 후 테이프를 제거하고 250 μ l micropipet tip을 꼽은 후, tip을 통해 syringe를 넣어 headspace gas 시료 1ml를 취한다. 시료는 FID가 장착된 GC(Hewlett Packed 6890 Model) 에 주입되었으며, 이때 분석조건은 다음과 같다. Injector; packed inlet with septum purge, Column; glass column(2mm ID and 250cm long) packed with 8% Carbowax 1500 on Chromosorb WAW-HMDS 80/100 mesh, Detector; FID, Injector and detector temperature; 250 $^{\circ}$ C, Flow rate(N₂ gas); 30 ml/min, Oven temperature; 초기 50 $^{\circ}$ C로 0.5 min, 10 $^{\circ}$ C/min의 속도로 130 $^{\circ}$ C까지 승온, Total running time; 8.5 min.

2) 표준곡선

Terpenoids의 표준곡선을 작성하기 위해 α -pinene, β -pinene, β -myrcene, α -terpinene, limonene, γ -terpinene, terpinolene 의 7가지 terpenoids 혼합물을 internal standard인 acetone 에 녹여 10, 100, 500, 1000ppm 의 농도로 제조하였다. Terpenoids 혼합물 2ml와 증류수(24 $^{\circ}$ C) 198ml를 food blender에 넣고 2분간 blending한 후, 1ml의 headspace gas 시료를 GC로 분석하여 각 terpenoids 성분에 대한 표준곡선을 작성하였다. 이때 각 terpenoid 성분의 농도는 0.1, 1, 5, 10ppm이다.

3) 재현성 실험

본실험의 재현성(reproducibility)을 알아보기 위해 제주산 당근시료 3개를 각각 세로로 4등분한 후, 각 조각의 중간부위에서 동일한 무게(30~35g)를 취해 100g의 시료 4개 조합을 만들어 terpenoids를 분석하였다. 4개

의 시료조합으로부터 구한 terpenoids 성분의 평균(mean), 표준편차(standard deviation), 변이계수(coefficient of variance)를 계산하여 재현성을 조사하였다.

3. 우수계통육성

가. 1차년

F1 조합작성과 계통육성을 위하여 '96년 8월 말부터 9월 초까지 전남 해남서울종묘연구소 시험포장에 파종하여 노지에서 월동시켰다. '97년 2월 초순부터 2월 말까지 계통선발을 하여 교배망실(700평)에 정식하였다.

구분	공시계통수	선발계통수
웅성불입계	432계통	392계통
Brown anther type		174
Petaloid type		218
웅성불입유지계	615계통	212계통
Brown anther type		139
Petaloid type		73
화분친	1,479계통	405계통

나. 2차년

F1 조합작성과 계통육성을 위하여 '97년 8월 말부터 9월 초까지 전남 해남서울종묘연구소 시험포장에 파종하여 노지에서 월동시켰다. '97년 2월 초순부터 2월 말까지 계통선발을 하여 선발된 계통은 1998년 3월 16일에 대구대학교 교배망실(200평)에 정식하였다.

구분	공시계통수	선발계통수
응성불임계	258계통	44계통
Brown anther type		22
Petaloid type		22
응성불임유지계	155계통	29계통
화분친	1,018계통	112계통
내병계		60
조생계		52

다. 3년차

1998년 육성한 계통을 1998년 8월 말- 9월 초에 부산원예시험장 노지포장에 파종하여 월동시켰다. 1999년 2월 중순-3월 초순에 계통선발하여 대구대학교 육성망실에 정식하였다.

구분	공시계통수	선발계통수
응성불임계		
Brown anther type		
다수품질계	157계통	54계통
내병계	15	6
Petaloid type		
품질계	75	25
내선충	19	6
무모계	18	9
응성불임유지계		
BA type	8	4
내병계	20	11

내선총계	3	1
무모계	4	2
무모계 분리계	7	7
화분친계통	95	45

라. 4년차

계통선발 및 계통육성은 부산원예시험장 노지포장에 1999년 8월 25일부터 9월 3일까지 파종하여 2000년 3월 8일부터 14일까지 모본선발하여 대구대학교 목성망실에 정식하였다.

구분	공시계통수	선발계통수
응성불임계		
BA type	22계통	22계통
Pt type	47(품질계)+13(무모계)	20+7
응성불임유지계		
BA type	23	17
Pt type	2+11(무모계)	1+1
화분친		
계통	42	29
품종	10	10

마. 5차년

2001년 8월 중순- 8월 말에 대구대학교 망실(400평)에 파종하여 육묘중임.

제 3 절 결과 및 고찰

1. High carotenoids 계통육성

가. 1차년도

본 연구자가 지금까지 육성해온 계통중에서 만추대계통으로 비대력과 근형 등이 우수한 47계통과 강원도 진부 농가포장에 공시하여 carotene와 당 함량을 분석하였다. 표 1은 공시한 53계통중 carotenoids 함량이 150ppm이상이고 당 함량이 7%이상인 계통이 26계통이었다. 시판품종중에는 향양2호(다끼이)가 carotene 함량이 145ppm으로 가장 높았고 왕산5촌은 100ppm이하였다. 공시계통중에는 carotene 함량이 200ppm이상인 계통이 13계통이었다. 이들 계통들은 앞으로 High carotenoids 품종육성에 유용하게 활용될 것이다.

표 1. 당근 우수계통의 carotene 및 당의 함량분석(강원도 진부)

과종 No	계통 및 품종	Sugar(%)	Carotene(ppm)
402	56002- 1	10.0	307.8
408	56002- 8	7.0	165.8
414	56005- 4	7.4	160.0
418	56005-13	7.8	193.8
424	56019- 4	8.0	259.4
426	56028- 1	8.6	347.7
428	56028- 3	9.8	270.3
430	56028- 5	8.0	313.0
459	56052-10	7.8	267.6
467	56057-11	8.2	167.8
479	56060-10	7.0	160.6
480	56060-11	7.6	170.4
505	56092-10	7.8	178.5
507	56092-14	8.2	196.4
509	56092-16	8.8	198.2
512	56092-19	7.0	214.3
533	56007- 4	9.2	184.3
535	56007-10	7.6	196.8
537	56011- 1	7.6	203.6
584	56035-10	7.0	188.8
594	56042-10	9.2	281.4
596	56051- 8	9.4	264.9
601	56054- 8	7.0	253.6
614	56067- 5	7.2	338.6
623	56074- 3	7.4	170.6
655	56109- 2	7.0	248.5
1003	무쌍5촌	7.0	135.0
1004	고랭지1호	6.0	139.1
1006	왕산5촌	7.2	92.4
1007	이나리5촌	7.4	138.8
1008	향양2호	6.6	145.0
1018	진부5촌	7.0	117.1

* 1997년 9월 20일 수확 53계통을 4일간 분석

나. 2차년도

총 307계통을 2회로 나누어 분석하였다. 전남해남 서울종묘연구소 포장에서 노지월동시킨 육성계통 중에서 주요한 원예적인 형질이 우수하여 선발된 222계통과 4 품종을 분석하였다. 노지월동한 계통이기 때문에 carotene함량이 전반적으로 낮았다. 분석한 222계통중에서 carotenoids함량이 150ppm이상인 것이 41계통이었고, 200ppm 이상인 것이 6계통이었다(표 2). 시판품종중에서는 향양2호(다끼이)가 155.8ppm으로 가장 높았고 사까다의 베타리치는 83.1ppm으로 가장 낮았다.

표 2. carotene과 당의 함량 분석(1차분석)

No	계통 및 품종	Sugar(%)	Carotene(ppm)
75237	56052-17	13.2	167.5
75240	56029- 4	10.8	155.2
75301	65003- 1	9.8	150.2
75322	65074- 1	7.8	184.4
75327	65087- 3	10.2	217.6
75342	65146- 2	10.2	151.1
75392	65381- 1	10.6	194.2
75396	65394- 3	8.8	153.9
75400	65405- 3	9.2	347.3
75403	65411- 3	9.0	222.4
75411	65460- 1	10.0	166.4
75416	65470- 2	11.2	178.4
75418	65472- 3	11.0	184.3
75426	65477- 3	11.2	161.5
75503	65738- 3	12.8	203.6
75505	65739- 3	11.6	180.3
75512	65751- 4	9.0	156.4
75518	65753- 2	12.6	217.5
75531	66425- 3	10.2	155.4
75534	66432- 1	9.2	183.3
75556	66473- 3	9.0	157.0
75573	65278- 2	8.8	176.4
75576	65287- 1	10.8	163.1
75604	66027- 3	9.8	198.6
75609	66030- 3	9.2	162.6
75618	66044- 6	8.2	194.3
75625	66649- 5	12.8	159.1
75626	66653- 2	10.2	154.8
75628	66657- 5	10.0	166.5
75640	66685- 5	12.0	179.1
75647	66688- 4	12.4	163.5
76204	KD 5- 4	9.0	164.9
76207	KD 5- 8	9.6	156.7
76227	KD10- 9	10.2	152.9
76228	KD10-10	10.0	169.3
76236	KD12-10	12.0	309.4
76240	KD12-14	13.0	165.7
76247	KD18- 4	9.4	154.9
76249	KD18- 6	10.6	179.3
76250	KD18- 7	11.2	161.0
76254	KD18-11	8.8	150.0
76256	KD-혼합	10.0	194.0
76801	향양2호	9.8	155.8
76802	아나리5촌	15.0	137.9
76803	베타리치	10.4	83.1
76804	무쌍5촌	12.0	147.5

고랭지당근 F₁조합선발시험 포장에 공시한 검은잎마름병 저항성계통 육성 재료 24집단과 2품종의 carotene과 당함량을 분석하였다(표 3). 저항성계통 육성재료 24집단중 carotene함량이 150ppm이상인 것이 20집단, 200ppm이상인 것이 6집단이다. 고랭지작형에서 많이 재배되고 있는 무쌍5촌은 106ppm, 홍영5촌은 88.4ppm이었다.

표 3. 우수 계통의 carotene과 당의 함량(2차)

No	계통	Sugar(%)	Carotene(ppm)
305	(5280B x 조생계)	7.6	162.8
307	(" x ")	7.8	144.0
308	(" x 품질계)	7.0	152.4
309	(" x ")	6.6	46.1
313	(조생계 x 5280B)	7.8	221.7
317	(" x ")	8.6	173.5
322	(5280B x 품질계) x 품질계	9.0	230.8
325	(" x ") x "	9.2	161.0
328	(" x ") x "	7.4	167.2
332	(5280B x 조생계)	7.6	166.5
338	(" x ")	7.4	83.8
347	(5280B x 품질계) x 9304B	9.0	198.5
355	(" x ") x 품질계	7.6	244.4
360	(" x ") x "	6.6	119.2
362	(" x 조생계) x "	8.4	168.8
366	(" x 품질계) x 조생계	9.0	151.5
372	(" x 조생계)	7.0	165.9
374	(" x 품질계)	8.4	266.2
375	(" x ")	9.0	168.8
376	(" x ")	7.8	161.7
379	(조생계 x 5280B)	7.8	229.3
383	(5280B x 조생계)	6.6	163.3
387	(" x 품질계)	8.8	203.5
395	5280B-44-7-6	6.0	163.1
1007	홍영5촌	7.0	88.4
1008	무쌍5촌	6.8	106.0

* 1998년 8월 13일 수확한 28계통을 3일간 분석

다. 3차년도

검은잎마름병(*Alternaria dauci*) 인공접종시험에 공시한 내병성재료 98계통 중에서 내병성이 우수하고 근형, 비대력, 근색 등이 우수한 13계통을 분석하

였다(표 4). 내선충시험에 공시한 내선충재료 95계통중에서 선충에 강하고 근형, 비대력, 근색 등이 우수한 26계통과 시판종 10품종을 분석하였는데, 26계통중에 carotene함량이 150ppm이상인 것이 11계통이었다(표 5). 분석개체수는 1계통당 3개체씩 총 156점을 분석하였다. 이 결과를 종합해보면 당함량은 시판품종(표 5)은 모두 10%이하이나 내병성 육성재료(표 4)와 내선충육성재료(표 5)에는 10%를 넘는 계통들이 30-50%정도로 이 재료는 시판종에 비해 당함량이 비교적 높은 편이다. carotene함량은 시판품종중에 Bejo의 Newton이 171.7ppm으로 매우 높은 편이며 뿌리혹 선충 저항성 육성계통 26계통의 평균 carotene함량은 137.7ppm이었다.

표 4. 당근 검은잎마름병 내병성 육성계통의 carotene 및 당의 함량

계통	Sugar (%)	Carotene (ppm)
P317	8.8	180.0
P325	10.1	154.3
P330	9.7	162.2
P338	10.7	128.3
P341	8.4	173.6
P342	10.1	190.4
P357	10.1	169.8
P361	9.5	173.6
P366	12.1	124.2
P370	9.5	139.5
P377	9.1	176.6
P383	8.4	133.2
P394	10.0	185.0
평균	9.7	160.8

* 1998년 12월 16일 수확

표 5 당근 뿌리혹선충 저항성 육성계통과 품종의 carotene 및 당의 함량

계통	Sugar(%)	Carotene(ppm)
P3	11.0	159.2
P9	10.0	151.9
P21	10.6	161.6
P22	11.2	166.7
P25	9.8	154.8
P31	10.0	157.6
P103	10.2	165.0
P119	8.0	203.2
P123	10.4	165.3
P127	10.0	172.6
P128	8.0	141.5
P130	9.0	152.2
추동-100	8.4	144.9
Bradford	9.0	142.4
Carson	9.2	128.6
Newton	9.4	171.7
Nairobi	9.0	118.4
Naranjo	9.8	164.4
Narbonne	9.8	151.7
Navarre	8.4	135.0
홍명 5촌	8.0	83.8
양명 5촌	9.8	128.6

* 1998년 12월 16일 수확

라. 4차년도

부산원예시험장 노지에서 월동시킨 계통을 분석한 결과 시판종은 분석한 8 품종 중에서 5품종이 carotene 함량이 100 ppm 이상, BA type 유지계는 19 계통 중 carotene 함량이 100 ppm 이상인 것이 6 계통이었고, 화분친 42계통 중 95105를 위시한 6계통이 150 ppm 이상으로 carotene 함량이 매우 높았는데 이들 계통들은 2-3 년 전부터 carotene 분석결과를 계통선발에 참조한 계통들이다. 계통군별로 보면 화분친계통의 carotene 함량이 웅성불임유지계와 시판종에 비하여 높은 편인데, 특히 화분친계통중에서는 carotene 함량이 150 ppm 이상인 high carotenoids 계통이 6계통이다.

표 6은 분석계통중 carotene 함량이 130ppm 이상인 것을 정리한 것이다. 현재 유럽에서 많이 재배되고 있는 bejo회사의 Bradford와 Carson의 carotene 함량이 101.2 ppm과 111.8ppm 인 것을 감안하면 이들 계통들은

carotene 함량이 매우 높은 것을 알 수 있으며, 앞으로 high carotenoids 당근 1대잡종 품종개발에 유용하게 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

표 6. High carotenoids 육성재료의 carotenoids 및 당 분석

NO	계통군	Sugar(%)	Carotene(ppm)
93029	BA type 응성불임유지계	8.0	154.4
94001	Pt type 응성불임유지계	9.4	142.9
95015	화분친계통	8.2	130.0
95105	"	8.0	173.6
95106	"	8.2	138.2
95118	"	6.0	147.0
95119	"	7.8	163.7
95121	"	7.6	152.2
95206	"	7.6	132.6
95216	"	8.8	183.1
95224	"	8.0	161.3
95225	"	8.0	161.6
95236	"	7.2	151.8
95001	Bradford(bejo)	11.2	101.2
95002	Carson(bejo)	10.0	111.8

* 시료채취: 2000. 3. 15, 시료분석: 2000. 3. 16 - 3. 19

고랭지 공시재료의 분석 결과 추동-100의 모계 중에서는 강원도 평창군 진부와 속사 2개 지역의 평균 carotene 함량이 81001이 130 ppm으로 가장 높고, 추동-100의 부계들은 모두가 high carotenoids 계통들인데, 특히 85025와 85026은 2개 지역의 평균이 200 ppm을 상회하고 있어 공시한 재료 중에서 carotene 함량이 가장 높았다.

추동-100아계 조합들은 모두 100 ppm이상으로 높은 편이다(표 7). 분석 결과에 의하면 추동-100의 모계와 부계 중에서 high carotenoids 계통을 선발하면 추동-100의 carotenoids 함량을 더 높일 수 있을 것으로 판단된다.

표 7. 당근 품종 및 계통의 carotene 및 당의 함량 분석

공시 재료	구분	Sugar (%)		Carotene (ppm)	
		진부	속사	진부	속사
홍영5촌(마루다네)		8.0	7.8	128.0	90.8
베타리치(사까다)		8.0	7.8	223.5	130.3
이나리5촌(다끼이)		7.4	6.8	142.1	126.0
무쌍5촌(홍농)		6.8	-	96.8	-
상상당근(홍농)		-	8.2	-	103.9
Kamaran(bejo)		-	8.4	-	147.8
♀81001	추동-100모계	7.6	8.0	108.1	153.6
♀81011	"	8.4	7.2	63.6	62.4
♀81013	"	6.8	7.6	81.3	79.3
♀81025	"	7.6	6.6	122.2	76.3
♀81028	"	8.0	7.6	87.8	88.6
♂85001	추동-100부계	7.0	8.0	215.1	111.1
♂85005	"	7.2	9.0	192.4	194.8
♂85009	"	8.4	8.6	118.0	152.5
♂85020	"	7.8	8.8	222.5	161.5
♂85021	"	7.6	8.6	138.6	121.8
♂85024	"	9.0	7.6	179.4	92.6
♂85025	"	10.0	8.0	148.9	342.5
♂85026	"	8.2	8.2	230.0	217.6
♂85028	"	8.4	9.8	185.9	191.9
♂85039	"	8.4	8.2	216.8	149.6
♂85040	"	7.8	7.8	148.9	150.9
F ₁ 81002	추동-100아계조합	9.0	7.8	146.1	161.2
F ₁ 81003	"	8.0	8.6	148.9	127.2
F ₁ 81004	"	6.8	8.0	99.1	150.4
F ₁ 81005	"	8.6	9.0	149.6	214.7
F ₁ 81006	"	7.8	8.6	112.2	126.2
F ₁ 81008	"	8.0	7.0	104.0	123.1
F ₁ 81009	"	8.0	9.0	129.0	152.5
F ₁ 81010	"	7.2	9.4	136.4	168.0
F ₁ 81012	"	7.8	8.2	139.4	121.9
F ₁ 81014	"	7.4	6.8	123.2	111.3
F ₁ 81015	"	7.6	8.6	109.4	115.4
F ₁ 81019	"	8.8	9.0	108.2	158.1
F ₁ 81022	"	8.0	7.0	126.0	59.6
F ₁ 81029	"	8.8	8.6	136.3	86.2

* 2000. 8. 22 수확 69계통을 5일간 분석

마. 5차년도

표 8은 부산 기장의 가을당근 F₁조합선발시험에서 등록품종 3개와 양명5촌의 시료를 채취하여 분석한 것이다. carotene함량은 4품종 중에서 추동-100이 200.5ppm으로 가장 높았고, 양명5촌은 88.8ppm으로 아주 낮았다. 당함량은 추동-100이 9.0%로 가장 높았으나 나머지 3품종은 비슷하였다.

표 8. 시판종과 등록품종의 carotene 및 당의 함량분석(부산 기장)

품 종	당 도	carotene(ppm)
양명 5촌	8.3	88.8
새봄-100	7.6	128.2
추동-100	9.0	200.5
추동-200	7.7	154.3

표 9는 제주도 월동시험에 공시한 등록품종 3품종의 20아계조합과 양명5촌을 분석한 것이다. 시료채취시기가 10월 10일로 뿌리비대초기에 해당되어 carotene과 당의 함성이 충분하지 못하였다.

표 10은 제주도 월동 시험에 공시한 4품종을 각각 5개체씩 선발하여 분석한 것이다.

추동-100, 추동-200 및 새봄-100은 terpenoids함량이 112.4, 113.7, 105.7ppm으로 비슷하였으나, 양명5촌은 76.0ppm으로 3품종에 비해 매우 낮았다. 당함량은 새봄-100이 8.5%로 가장 높았으나, 4품종이 유사하였다.

표 9. 시판품종과 등록품종의 carotene 및 당의 함량(남제주군 생산)

과종No	Sugar(%)	carotene(ppm)	비고
1	5.4	14.8	추동-200 아계조합
2	6.2	74.1	"
3	6.4	27.2	"
4	6.6	65.5	"
5	6.7	32.6	"
6	7.0	56.5	"
7	5.5	52.7	"
8	6.4	45.2	"
9	7.2	81.4	새봄-100 아계조합
11	7.0	51.9	"
12	6.8	86.3	"
14	7.2	42.7	"
15	7.0	41.9	"
21	7.6	65.5	추동-100 아계조합
22	6.2	28.2	"
23	7.0	59.2	"
24	8.6	47.8	"
25	7.0	39.9	"
26	5.8	55.1	"
27	6.2	58.7	"
104	6.0	57.2	양명5촌(다끼이종묘)

*2001. 10 .10. 수확, 2001.10.11. 분석

표 10. 시판종과 등록품종의 carotene 및 당의 함량(남제주군 생산)

품 종	당 도	carotene(ppm)
추동100-1	8.4	97.1
추동100-2	7.7	140.5
추동100-3	8.7	108.3
추동100-4	7.8	92.8
추동100-5	8.1	123.1
평균	8.1	112.4
추동200-1	7.8	103.4
추동200-2	8.0	83.1
추동200-3	8.0	137.8
추동200-4	7.0	122.0
추동200-5	7.8	82.3
평균	7.9	105.7
새봄100-1	8.2	149.3
새봄100-2	8.9	134.0
새봄100-3	9.3	111.2
새봄100-4	8.1	98.0
새봄100-5	8.2	76.2
평균	8.5	113.7
양명-1	7.0	60.0
양명-2	8.3	98.0
양명-3	8.0	59.3
양명-4	8.8	98.0
양명-5	7.0	64.8
평균	7.8	76.0

2. Low terpenoids 계통육성

가. 1차년도

1) Terpenoids 표준물질의 분리

α -pinene, β -pinene, β -myrcene, α -terpinene, limonene, γ -terpinene, terpinolene, α -phellandrene, terpinen-4-ol, bornyl acetate, α -bisbolol 등 여러 가지 terpenoids 표준시료를 각각 만들어, 위에서 언급한 DHS방법으로 분석한 결과는 Fig. 3-1에서 보는바와 같이 α -pinene, β -pinene, β -myrcene, α -terpinene, limonene, γ -terpinene, terpinolene 의 7가지 성분이 명확히 분리되었으며, α -phellandrene은 β -pinene으로부터 분리되지 않았다. 또한 terpinen-4-ol, bornyl acetate, α -bisbolol 등은 검출되지 않았는데 이는 많은 시료를 측정하기 위해 GC running time을 감소한 결과이다. 이런 결과는 Yoo 등이 DHS방법을 사용한 결과와 정확히 일치한다.

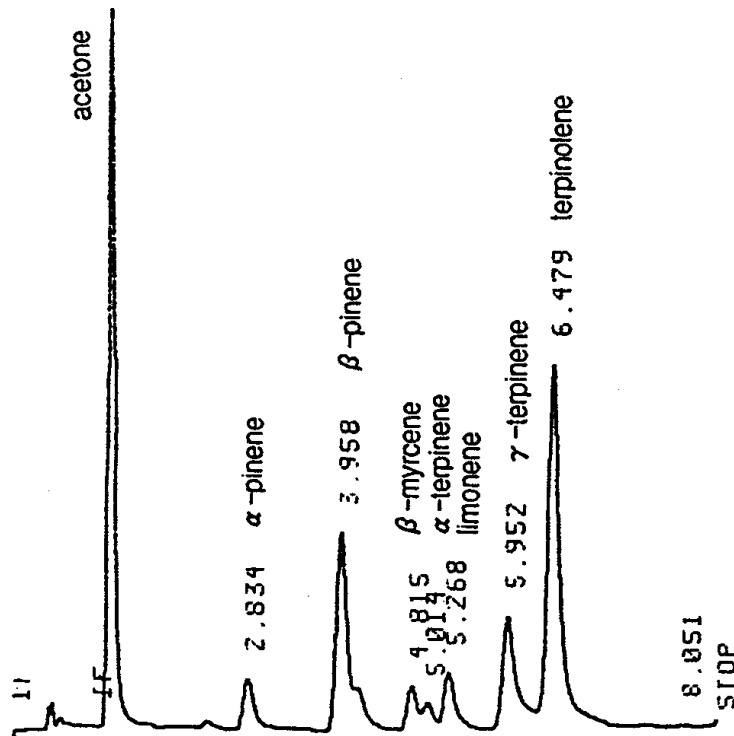


그림 1. 당근에서 추출한 휘발성 terpenoids의 대표적인 크로마토그램

2) Terpenoids 표준곡선

당근의 terpenoids 성분을 정량분석하기 위해, 앞서 분리된 7가지 terpenoid 성분의 표준곡선을 작성하였다. 0.1, 1, 5, 10ppm의 4개 농도에서 나온 peak area로부터 구한 각 terpenoid 표준곡선의 추정회귀방정식 및 결정계수는 다음과 같다.

$$\alpha\text{-pinene; } Y=0.4963X-0.0556, R^2=0.9962$$

$$\beta\text{-pinene; } Y=0.4267X-0.1117, R^2=0.9975$$

$$\beta\text{-myrcene; } Y=0.2499X-0.0899, R^2=0.9969$$

$$\alpha\text{-terpinene; } Y=0.2979X-0.1001, R^2=0.9972$$

$$\text{limonene; } Y=0.2921X-0.0982, R^2=0.9969$$

$$\gamma\text{-terpinene; } Y=0.1758X-0.0739, R^2=0.9948$$

$$\text{terpinolene; } Y=0.1286X-0.0453, R^2=0.9951$$

Y는 response factor로서 (각성분의 peak area/internal standard의 peak area)이며, X는 각 성분의 농도(ppm)이고 R^2 은 결정계수(coefficient of determination)이다. 본실험을 통해 나타난 각 성분의 결정계수는 0.99이상으로서 고도로 유의한 표준곡선이라고 할 수 있다.

3) 재현성 실험

본실험을 통해 정량분석한 당근의 terpenoids 성분 측정이 과연 얼마나 정확한지? 그 재현성을 측정하기 위하여 제주산 당근을 세로로 4등분하여 각각의 terpenoids성분을 분석한 결과는 표 11에 나타난 바와 같이 아주 높은 재현성을 나타내었으며, 각 성분의 변이계수는 3.8~10.1 %로서 Yoo 등에 의한 2.8~14.9 % 보다 전반적으로 좋은 결과를 나타 내었다. α -pinene 및 β -pinene의 경우 각각 6.8, 6.8%를 나타내어 Yoo 등에 의한 9.2, 14.9% 보다 높은 재현성을 보인 것은 물론 Simon 등의 의한 headspace Tenax

trap method의 40~50 % 보다 훨씬 재현성이 높은 결과를 나타내었다.

표 11. 제주도 당근의 휘발성 terpenoids를 측정된 direct headspace sampling 방법의 재현성

Terpenoid	Amount(ppm) ^a				Mean	S ^b	C.V. ^c
	1	2	3	4			
α -pinene	0.82	0.73	0.70	0.75	0.75	0.050	6.8
β -pinene	1.24	1.09	1.08	1.09	1.13	0.077	6.8
myrcene	0.72	0.66	0.59	0.60	0.64	0.054	8.4
limonene	0.64	0.61	0.61	0.54	0.60	0.042	7.1
γ -terpinene	1.86	1.82	1.84	1.98	1.88	0.072	3.8
terpinolene	6.27	5.48	4.95	5.35	5.46	0.554	10.1
total	11.55	10.39	9.77	10.31	10.51	0.748	7.1

a: 4개 당근시료의 4반복, b: 표준편차, c: 변이율(CV) = 100 x (표준편차/평균)

나. 2차년도

강원도 진부 농가포장에 공시한 만추대계통 47계통과 시판종 6품종의 terpenoids 함량을 분석하였는데, 분석한 47계통 중에서 terpenoids 함량이 10ppm이하인 것이 16계통이었다(표 12). 대비종 6품종의 terpenoids 함량은 모두 10ppm이하였다.

표 12. 당근 우수계통과 시판품종의 terpenoids 함량

과종No	α - pinene	β - pinene	myr cene	α -terp inene	limo nene	γ -terp inene	terpinol ene	total	비고
1003	2.29	0.80	1.04	0.00	0.57	0.77	2.83	8.29	무쌍5촌
1004	0.49	0.95	0.71	0.00	0.53	0.92	3.96	7.55	고냉지1호
1006	1.03	0.90	0.73	0.00	0.56	0.81	3.62	7.64	황산5촌
1007	1.66	0.81	0.74	0.00	0.48	0.72	2.31	6.71	이나리5촌
1008	0.61	0.49	0.55	0.00	0.47	0.66	2.53	5.31	향양2호
1018	0.50	0.64	0.61	0.00	0.50	0.91	3.06	6.22	진부5촌
402	0.33	0.74	1.83	0.00	0.51	0.68	2.30	6.39	
408	0.67	1.65	0.68	0.00	0.43	0.70	1.92	6.05	
414	0.96	1.57	0.88	0.00	0.43	0.68	1.23	5.76	
418	1.69	1.43	0.69	0.00	0.43	0.74	1.33	6.31	
424	1.06	0.72	0.59	0.00	0.50	0.58	2.18	5.64	
426	0.45	1.42	0.76	0.00	0.61	0.74	5.27	9.25	
430	0.56	1.11	0.66	0.00	0.53	0.77	3.73	7.37	
431	1.41	1.32	0.73	0.00	0.65	0.89	5.00	10.00	
451	0.39	0.69	0.57	0.00	0.50	0.72	3.24	6.12	
459	0.34	0.59	0.57	0.00	0.49	1.08	3.32	6.39	
467	0.32	1.30	0.64	0.00	0.52	1.39	3.73	7.90	
551	1.55	0.71	0.67	0.00	0.58	1.21	3.74	8.46	
601	0.86	0.85	0.90	0.00	0.60	1.54	4.34	9.08	
623	0.42	1.31	0.72	0.00	0.62	1.15	5.83	10.05	
699	0.66	0.53	0.77	0.00	0.62	1.05	4.56	8.18	
700	0.42	0.52	1.12	0.00	0.58	1.04	4.01	7.69	

1. 재배지역: 강원도 대관령, 2. 시료채취: 1997.9.20, 3. 시료분석: 1997.9.25. - 9.26.

전남 해남 서울종묘연구소포장에서 노지월동시킨계통 중에서 선발된 222계통과 4품종을 분석한 결과, terpenoids 함량이 15ppm이하인 것이 58계통

이고, 10ppm이하인 것이 14계통이었다(표 13). 대비품종 중에는 향양2호(다끼이)가 8.49ppm으로 가장 낮았고, 이나리5촌(다끼이)과 베타리치는 20ppm 이상이였다.

표 13. 당근 우수계통의 terpenoids 함량

Cultivar	α -Pinene	β -Pinene	Myrcene	Limonene	γ -Terpinene	Terpinolene	Total
71205	0.30	0.50	0.59	0.62	1.13	6.25	9.39
75203	0.30	1.08	0.67	0.74	1.57	9.42	13.79
75215	0.32	1.80	0.72	0.74	1.48	8.88	13.94
75220	0.41	2.32	0.84	0.79	1.25	8.28	13.88
75223	0.24	0.77	0.64	0.67	1.96	7.75	12.04
75226	0.24	0.91	0.57	0.57	2.26	5.81	10.37
75227	0.29	1.19	0.70	0.72	1.56	9.25	13.71
75236	0.31	1.68	0.68	0.64	2.38	7.01	12.71
75237	0.27	0.86	0.60	0.65	1.14	7.76	11.28
75240	0.30	0.56	0.70	0.79	1.50	10.88	14.73
75301	0.32	1.42	0.71	0.72	2.45	8.89	14.52
75309	0.39	1.72	0.81	0.75	1.66	8.87	14.21
75316	0.25	0.88	0.60	0.62	1.50	6.39	10.23
75318	0.21	0.55	0.57	0.61	1.50	6.76	10.21
75320	0.22	1.13	0.55	0.57	1.33	6.03	9.82
75322	0.24	0.57	0.60	0.66	1.38	8.17	11.60
75342	0.27	0.59	0.63	0.68	1.53	7.95	11.66
75343	0.27	1.39	0.67	0.69	2.34	8.45	13.81
75374	0.28	1.25	0.60	0.56	0.96	5.04	8.68
75382	0.22	0.48	0.71	0.69	1.87	10.03	14.00
75392	0.23	0.40	0.51	0.54	1.07	4.52	7.27
75393	0.19	0.52	0.48	0.49	0.92	3.35	5.96
75396	0.30	0.43	0.69	0.71	1.36	7.63	11.13
75400	0.26	0.42	0.64	0.63	1.28	6.12	9.35
75401	0.33	1.18	0.84	0.68	1.65	9.16	13.84
75403	0.28	0.50	0.68	0.75	1.63	11.03	14.87
75404	0.30	0.72	0.73	0.65	1.49	6.42	10.37
75408	0.29	1.11	0.57	0.57	1.20	5.59	9.34
75411	0.46	0.79	0.62	0.64	1.19	7.88	11.58
75412	0.31	0.66	0.64	0.67	2.41	8.62	13.30
75413	0.44	0.79	0.75	0.79	1.47	10.28	14.51
75415	0.26	0.33	0.65	0.68	1.33	8.82	12.07

Cultivar	α -Pinene	β -Pinene	Myrcene	Limonene	γ -Terpinene	Terpinolene	Total
75416	0.33	0.34	0.47	0.51	0.65	3.66	5.98
75418	0.20	0.60	0.52	0.53	1.21	3.81	6.88
75420	0.29	0.81	0.65	0.66	0.99	7.93	11.34
75426	0.60	1.16	1.35	0.51	0.57	8.47	12.66
75430	0.40	0.91	0.59	0.56	1.27	5.25	8.99
75437	0.29	0.44	0.56	0.61	1.13	7.16	10.19
75453	0.26	0.76	0.61	0.61	1.19	7.40	10.83
75457	0.33	0.99	0.69	0.75	1.24	10.91	14.92
75489	0.49	0.86	0.65	0.69	1.37	7.18	11.24
75493	0.25	1.51	0.62	0.65	0.99	7.41	11.43
75495	1.79	0.79	0.60	0.64	1.26	8.81	13.89
75502	0.24	0.56	0.50	0.53	1.50	5.51	8.84
75505	0.25	1.15	0.66	0.71	1.77	10.40	14.95
75506	0.22	0.82	0.54	0.57	1.14	6.42	9.70
75510	0.26	1.21	0.55	0.52	0.83	3.92	7.28
75607	0.33	0.92	0.61	0.66	1.76	7.65	11.92
75609	0.25	0.90	0.48	0.52	1.30	5.26	8.72
75610	0.25	0.43	0.58	0.60	1.99	5.89	9.74
76011	0.32	1.55	0.63	0.64	1.80	7.86	12.80
76047	0.34	1.04	0.56	0.55	1.64	6.05	10.18
76158	0.65	1.91	0.67	0.68	1.75	7.49	13.15
76166	0.29	0.54	0.60	0.66	2.20	8.43	12.73
76204	0.14	0.83	0.61	0.67	3.09	8.75	14.10
76241	0.47	0.62	0.64	0.75	1.64	9.61	13.72
76254	0.61	0.86	0.68	0.79	1.54	10.51	14.99
76256	0.56	0.70	0.64	0.74	1.59	9.10	13.30
76801	0.38	0.47	0.55	0.57	1.37	5.16	8.49
76802	1.27	1.49	0.97	1.03	3.20	16.25	24.21
76803	0.40	0.43	0.74	40.81	2.10	8.46	52.94
76804	1.12	0.61	0.76	0.81	1.71	10.78	15.80

1. 재배지역 : 전남 해남, 2. 시료채취 : 98.2.17 ~ 2.18, 3. 시료분석 : 98.2.19 ~ 2.27

고랭지당근 F₁조합선발시험포장에 공시한 검은잎마름병 저항성계통육성재료 24집단과 2품종의 terpenoids 함량을 분석하였다(표 14). 육성재료 24집단 중 terpenoids 함량이 10ppm이하인 것이 17집단으로 이 육성재료는 terpenoids 함량이 매우 낮은 것임을 알 수 있다. 대비품종인 홍영과 무쌍5촌도 terpenoids 함량이 10ppm정도로 낮은 편이다.

표 14. 우수계통의 terpenoids 함량

Cultivar	α -Pinene	β -Pinene	Myrcene	Limonene	γ -Terpinene	Terpinolene	Total	비고
305	0.39	0.91	0.71	0.57	1.04	4.09	7.72	
307	0.57	1.91	0.82	0.65	1.78	5.03	10.76	
308	0.47	1.13	0.72	0.61	1.26	4.45	8.65	
309	0.55	0.66	0.60	0.48	1.71	2.77	6.78	
313	0.23	0.66	0.53	0.46	0.93	2.38	5.18	
317	0.44	0.87	0.61	0.53	1.48	3.32	7.24	
322	0.66	2.70	0.80	0.57	0.93	2.02	7.67	
325	0.65	5.62	1.22	0.66	2.65	3.80	14.60	
328	0.34	0.80	0.63	0.63	1.12	6.17	9.69	
332	0.48	1.92	0.75	0.58	1.87	3.91	9.51	
338	0.64	0.81	1.06	0.92	2.85	11.88	18.16	
347	0.51	1.88	1.15	0.71	6.27	6.75	17.27	
355	0.19	0.32	0.49	0.48	0.59	2.82	4.89	
360	0.37	1.47	0.76	0.57	2.45	4.05	9.66	
362	0.44	2.04	0.88	0.71	2.06	7.33	13.46	
366	0.56	1.51	0.98	0.68	1.19	6.03	10.96	
372	0.49	0.39	0.70	0.70	1.10	7.21	10.60	
374	0.25	0.77	0.57	0.50	2.01	2.95	7.04	
375	0.36	1.38	0.62	0.48	1.36	2.46	6.66	
376	0.61	0.80	0.72	0.67	1.25	4.84	8.90	
379	0.20	0.51	0.49	0.43	0.59	2.07	4.30	
383	0.44	1.30	0.66	0.55	1.43	4.04	8.42	
387	0.27	0.79	0.54	0.46	0.65	1.50	4.21	
395	0.21	0.32	0.75	0.56	0.65	2.79	5.28	
1007	0.56	0.57	0.94	0.67	1.75	5.91	10.41	홍영5촌
1008	1.71	1.07	0.77	0.60	1.36	4.78	10.28	무쌍5촌

1. 재배지역 : 대관령, 2. 시료채취 : 98.8.12, 3. 시료분석 : 98.8.14 ~ 8.16

다. 3차년도

검은잎마름병(*Alternaria dauci*) 내병성계통 선발시험에 공시한 98계통중에서 내병성이 우수하고 근형, 근색, 비대력등이 우수한 13계통을 선발하여 terpenoids 함량을 분석하였다(표 15). 또한 내선충계통선발시험에 공시한 95계통중에서 선충에 강하면서 근형, 근색등이 우수한 26계통을 선발하여 terpenoids 함량을 분석하였다(표 16). 분석개체수는 1계통당 3개체씩 총 156개체를 분석하였다. 표 15에 의하면 13계통중 P325, P370, P394의 3계통이 total terpenoids 함량이 10ppm이하로 가장 낮았고 P317을 위시한 7계통이 10~20ppm 그리고 P330, P338, P341, P357의 4계통이 20ppm이상이었다. 표 16에 의하면 26계통중 P4를 위시한 11계통이 total terpenoids 함량이 10ppm 이하로 낮은 편이고 P3을 위시한 14계통이 10~20ppm 그리고 P128만이 20ppm이상이었다. 표 15와 표 16의 결과를 비교하면 내선충재료가 내병성재료에 비해 total terpenoids 함량이 현저하게 낮다.

표 15. 당근 내병성계통의 휘발성 terpenoids 함량

계통	α - Pinene	β - Pinene	Myrcene	Limonene	γ - Terpinene	Terpinolene	Total (ppm)
p317	0.50	1.22	0.77	0.68	2.02	7.67	12.86
P325	0.27	1.75	0.56	0.53	0.99	4.78	8.88
P330	0.51	0.73	0.77	0.99	1.36	16.19	20.55
P338	0.36	1.42	1.25	0.89	6.01	11.85	21.78
P341	0.58	2.85	1.22	1.09	2.36	18.02	26.12
P342	0.32	1.45	0.83	0.78	0.98	9.41	13.77
P357	0.55	4.76	1.18	0.93	2.56	11.58	21.56
P361	0.35	2.46	0.79	0.62	1.52	5.90	11.64
P366	0.36	1.59	0.69	0.64	1.25	7.20	11.73
P370	0.28	0.98	0.53	0.51	1.05	4.14	7.49
P377	0.40	3.76	0.71	0.53	1.57	3.82	10.79
P383	0.40	1.47	0.67	0.65	1.36	6.49	11.04
P394	0.21	0.34	0.45	0.44	0.66	2.56	4.66
평균	0.39	1.87	0.79	0.71	1.77	8.41	13.94

* 1998년 12월 16일 수확

표 16. 당근 내선충계통의 휘발성 terpenoids 함량

계통	α - Pinene	β - Pinene	Myrcene	Limonene	γ - Terpinene	Terpinolene	Total (ppm)
p3	0.38	1.84	0.67	0.66	1.09	6.44	11.07
P4	0.29	0.76	0.44	0.42	0.65	2.35	4.92
P5	0.20	0.37	0.49	0.48	0.99	3.42	5.95
P6	0.46	0.80	0.60	0.60	2.07	5.53	10.07
P9	0.42	1.82	0.73	0.75	1.24	9.91	14.87
P11	0.23	1.16	0.54	0.52	0.75	4.28	7.48
P13	0.23	0.56	0.49	0.49	0.74	4.24	6.74
P15	0.28	0.48	0.60	0.69	0.71	8.07	10.83
P16	0.65	0.55	0.57	0.57	0.73	5.08	8.14
P21	0.34	0.70	0.65	0.72	0.75	9.47	12.64
P22	0.31	1.01	0.55	0.54	0.63	4.98	8.02
P25	0.21	0.32	0.51	0.54	0.82	4.82	7.22
P31	0.70	1.04	0.85	0.52	1.40	3.60	8.11
P41	0.31	2.12	0.69	0.60	0.66	5.80	10.18
P42	0.51	1.59	0.58	0.51	0.91	1.72	5.82
P62	0.39	0.63	0.67	0.72	0.76	9.74	12.91
P101	0.23	0.55	0.53	0.49	1.16	3.87	6.83
P103	0.58	0.37	0.84	0.78	0.89	9.57	13.03
P106	0.30	1.05	0.68	0.63	0.90	6.81	10.37
P111	0.57	0.53	0.72	0.76	1.55	10.72	14.85
P114	0.56	0.87	0.86	0.94	1.05	13.50	17.78
P119	0.32	1.04	0.72	0.68	0.96	8.08	11.80
P123	0.33	0.90	0.65	0.64	0.72	6.92	10.16
P127	0.51	0.55	0.67	0.70	1.21	8.12	11.76
P128	0.77	0.98	0.98	1.05	3.55	15.27	22.59
P130	0.73	0.72	0.50	0.50	0.79	3.55	6.79
평균	0.42	0.90	0.65	0.63	1.06	6.76	10.42

* 1998년 12월 16일 수확

표 17은 추동-100(대구대학교 육성), 예쁘니(홍농종묘) 및 양명 5촌(다끼이종묘)의 3품종을 제주 성산읍 시흥리와 삼달리의 2개 지역에 파종하여 생육단계별로 3차에 걸쳐 분석한 것이다. 1차분석은 파종후 110일경에 분석하였는데 이 시기는 뿌리비대가 왕성하게 시작되는 시기로 근중이 50~100g 정도였다. 2차분석은 파종후 170일경으로 뿌리비대가 완성되는 시기로서 근중은 200~300g이었고, 3차분석은 파종후 180일 경으로 근중이 250g~300g이었다.

표 17에 의하면 재배지역별로는 시흥보다는 삼달에서 재배된 당근이 total terpenoids 함량이 다소 높았고, 생육단계별로는 뿌리 비대 초기가 뿌리 비대 말기에 비해 월등하게 높은 편이다.

표 17. 당근의 재배지역별, 품종별, 생육단계별 휘발성 total terpenoids 함량

재배지역별	품종	수확시기별 total terpenoids 함량(ppm)		
		1차수확	2차수확	3차수확
시흥	추동-100	17.55	9.89	14.43
	예쁘니	17.88	11.86	15.09
	양명 5촌	20.66	9.53	11.52
	평균	19.92	10.95	13.68
삼달	추동-100	25.99	14.96	19.64
	예쁘니	37.91	14.56	12.60
	양명 5촌	19.73	13.64	12.20
	평균	27.31	14.38	14.81
전체평균		20.54	12.67	14.25

1차수확: 1998년 11월 9일, 2차수확: 1999년 1월 9일, 3차수확: 1999년 1월 21일

라. 4차년도

부산원예시험장 노지에서 월동시킨 계통을 분석한 결과 계통군별로 보면 terpenoids 함량이 10ppm이하인 low terpenoids 계통이 응성불임유지계가 18 계통 중 4계통, 화분친계통은 42계통 중 21계통으로 화분친계통이 2배 정도 많으며, 시판종은 8품종 모두 10 ppm 이상이었다.

표 18는 분석계통 중 total terpenoids 함량이 10ppm 이하인 low terpenoids 계통을 정리한 것이다. 현재 유럽에서 많이 재배되고 있는 bejo 종묘회사의 Bradford와 Carson 두 품종의 total terpenoids 함량이 22.71과 10.41 ppm 인 것을 감안하면 이들 계통들은 low terpenoids 당근 1대잡종 품종개발에 유용하게 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

표 18. Low terpenoids 육성재료의 terpenoids함량

NO	계통군	Total Terpenoids(ppm)
93003	BA type 응성불임유지계	8.06
93006	“	7.81
93010	“	9.30
93023	“	7.74
95014	화분친계통	5.74
95018	“	7.96
95103	“	9.81
95105	“	9.37
95115	“	8.36
95118	“	8.53
95120	“	7.53
95123	“	9.22
95124	“	9.17
95203	“	8.75
95211	“	6.94
95212	“	8.83
95213	“	5.17
95214	“	7.52
95216	“	4.41
95218	“	8.43
95219	“	7.59
95221	“	7.41
95224	“	8.49
95231	“	7.07
95236	“	9.84
95001	Bradford(bejo)	22.71
95002	Carson(bejo)	10.41

* 시료채취: 2000. 3. 15, 시료분석: 2000. 3. 17- 3. 22

고랭지 공시재료의 분석 결과 추동-100의 모계는 2개 지역에서 5계통 모두 total terpenoids가 16ppm 이하로 비교적 낮은 편이나 추동-100의 부계는 특히 진부시험포장의 재료에서 변이가 심하며 20ppm 이상인 것이 3 계통이었다. 추동-100 아계조합들은 속사시험포장에서는 3조합을 제외한 11조합이 10ppm 이상이고 그 중에서 5조합은 20ppm이상으로 terpenoids 함량이 높게 나타나고 있으나, 진부시험포장에서는 10조합이 10ppm 이하로 낮게 나타나고 있다(표 19). 이 분석 결과에 의하면 추동-100 품종의 total terpenoids 함량을 낮추기 위해서는 모계와 부계 모두에서 low terpenoids 아계의 선발이 필요할 것으로 판단된다.

표 19. 당근 품종 및 계통의 Terpenoids 분석

공시재료	구분	α -pinene		β -pinene		Total terpenoids (ppm)	
		진부	속사	진부	속사	진부	속사
홍영5촌(마루다네)		0.55	5.23	0.49	0.41	6.27	13.36
베타리치(사까다)		0.65	0.38	0.34	0.39	9.50	5.17
이나리5촌(다끼이)		0.80	2.17	0.35	1.06	8.18	15.92
무쌍5촌(홍농)		2.17	-	0.46	-	12.36	-
성심당근(홍농)		-	2.73	-	0.49	-	17.56
Kamaran(bejo)		-	2.44	-	0.47	-	6.76
우81001	추동-100모계	0.60	0.64	0.41	0.69	12.20	6.20
우81011	"	0.62	0.53	0.28	0.40	15.67	16.18
우81013	"	0.94	0.56	0.65	0.47	14.44	13.91
우81025	"	0.68	0.61	0.54	0.46	7.93	9.13
우81028	"	0.56	0.42	1.03	0.34	8.68	8.40
상85001	추동-100부계	9.85	2.58	0.65	0.59	18.00	6.41
상85005	"	2.91	1.78	0.57	0.45	24.08	16.09
상85009	"	1.75	1.76	2.00	0.40	8.24	24.91
상85020	"	12.72	6.07	1.40	0.63	20.78	10.48
상85021	"	3.69	5.99	0.53	3.51	7.53	16.00
상85024	"	2.82	2.66	0.62	1.77	8.31	8.48
상85025	"	1.38	1.57	0.48	0.53	7.10	10.12
상85026	"	2.65	2.92	0.78	1.34	9.04	10.44
상85028	"	1.81	4.22	1.70	1.78	9.39	10.94
상85039	"	1.56	1.98	1.51	1.63	10.46	8.06
상85040	"	11.85	2.19	0.89	0.76	22.54	17.99
F181002	추동-100아계조합	0.96	0.65	0.49	0.37	5.74	4.82
F181003	"	1.71	1.64	0.34	3.43	9.33	24.28
F181004	"	4.46	2.49	0.84	0.49	14.53	9.47
F181005	"	1.24	1.47	0.60	0.49	7.10	15.29
F181006	"	0.60	3.38	0.31	1.07	8.81	14.04
F181008	"	4.07	7.71	0.44	0.96	11.44	21.20
F181009	"	0.99	4.67	0.34	0.54	20.66	25.64
F181010	"	0.21	4.64	0.46	1.26	2.01	24.15
F181012	"	1.53	4.48	0.42	0.42	5.68	11.60
F181014	"	1.56	3.07	1.23	0.91	7.97	9.25
F181015	"	1.10	4.98	0.36	2.84	6.75	20.75
F181019	"	1.43	1.41	0.35	0.42	7.67	10.34
F181022	"	1.65	3.76	0.81	1.24	11.41	13.12
F181029	"	1.46	1.49	1.65	0.55	6.83	10.08

*분석일자 : 2000. 8. 23 ~ 8. 27

마. 5차년도

표 20은 부산 기장의 가을당근 F₁조합선발시험에서 4품종의 시료를 채취하여 분석한 것이다. 새봄-100의 terpenoids함량이 14.35ppm이고 나머지 3품종은 100ppm이하로 낮은편이다.

표 20. 시판품종과 등록품종의 terpenoids함량(부산 기장)

품종	terpenoids	α -pinene	β -pinene	Myrcene	Limonene	γ -Terpinene	Terpinolene	Total (ppm)
추동-100		0.66	0.63	0.59	0.53	1.66	4.42	8.48
추동-200		1.06	0.67	0.52	0.54	0.69	4.33	7.80
새봄-100		2.13	0.68	0.75	0.76	1.56	8.48	14.35
양명5촌		0.29	0.40	0.44	0.50	0.82	4.09	6.53

분석일자 : 2001.12. 6.

추동-100 아계조합 7조합, 추동-200 아계조합 5조합, 새봄-100 아계조합 8조합과 대비종 1품종(양명5촌)을 2001년 10월 11일에 분석하였다(표 21). 양명5촌의 terpenoids함량이 39.64ppm이었고, 추동-100 아계조합은 terpenoids함량이 30ppm이상인 것이 7조합중에 2조합, 추동-200은 8조합중 4조합, 새봄-100은 5조합중 3조합으로 다른 해에 비해 모두 높은 편인데 이는 재배환경과 관련이 있는 것 같다.

표 22은 제주도 월동시험포장에서 추동-100, 추동-200, 새봄-100 및 양명5촌의 4품종에서 비대가 평균적인 5개체씩을 분석한 것이다. 추동-200의 terpenoids함량이 18.03ppm으로 가장 높았고, 양명5촌은 12.83ppm으로 가장 낮았다.

표 21. 시판품종과 등록품종의 terpenoids 분석(난제주군 생산)

품종	Terpenoids							비고
	α -Pinen e	β -Pine ne	Myrcene	Limone ne	γ -Terp inene	Terpinol ene	Total (ppm)	
001	2.03	1.94	1.02	0.95	3.89	15.70	25.52	추동-200 아계조합
002	1.05	0.77	0.73	0.73	2.18	12.43	17.89	"
003	1.99	2.86	1.19	1.07	4.87	13.77	25.73	"
004	1.45	1.57	1.29	1.30	5.84	21.91	33.38	"
005	1.81	1.14	1.43	1.49	1.97	24.48	32.31	"
006	1.67	1.60	0.90	0.81	1.95	10.30	17.24	"
007	2.15	1.26	1.43	1.30	6.34	19.60	32.08	"
008	2.90	1.50	1.92	1.52	6.11	20.25	34.20	"
009	5.53	2.14	3.64	3.14	5.72	27.65	47.83	새봄-100 아계조합
011	2.03	3.13	5.00	1.63	2.99	16.60	31.35	"
012	1.87	3.19	1.66	1.39	6.69	21.96	36.75	"
014	1.82	5.34	1.24	1.09	2.63	16.15	28.27	"
015	1.55	4.04	1.30	1.09	3.08	13.44	24.50	"
020	1.92	4.21	1.69	1.47	5.63	23.84	38.77	추동-100 아계조합
022	0.96	1.75	1.42	1.28	3.39	18.84	27.63	"
023	1.80	1.57	1.63	1.52	2.00	26.90	35.43	"
024	1.09	1.12	1.27	1.14	4.60	19.07	28.30	"
025	2.96	0.98	1.38	1.26	3.52	18.90	29.00	"
026	2.42	2.85	1.44	1.04	2.71	14.30	24.77	"
027	1.84	1.17	1.22	1.05	3.13	13.37	21.78	"
104	5.32	2.70	1.88	1.62	9.61	18.50	39.64	양명5촌 (다끼이종묘)

분석일자 : 2001. 10.11

표 22. 시판품종과 등록품종의 terpenoids 함량(부산 기장)

Terpenoids 품종	α - Pinene	β - Pinene	Myrcene	Limonene	γ -Terpi nene	Terpinole ne	Total(ppm)
추동100-1	0.47	0.36	0.78	0.84	0.62	12.35	15.41
추동100-2	0.43	0.88	0.69	0.64	0.73	5.80	9.18
추동100-3	1.22	1.05	0.98	1.15	0.96	18.07	23.34
추동100-4	0.34	0.33	0.73	0.87	1.52	12.61	16.40
추동100-5	0.43	1.08	0.79	0.64	0.84	6.22	10.00
평균							14.87
추동200-1	1.76	1.87	1.19	1.19	7.84	19.64	33.49
추동200-2	1.56	2.18	1.08	1.01	2.47	15.16	23.48
추동200-3	0.67	0.60	0.55	0.50	1.70	3.58	7.60
추동200-4	0.30	0.74	0.53	0.46	1.00	2.55	5.59
추동200-5	1.34	2.04	0.85	0.81	6.25	8.73	20.01
평균							18.03
새봄100-1	0.53	0.72	0.69	0.74	2.49	9.14	14.32
새봄100-2	1.22	0.57	0.76	0.84	2.61	12.59	18.59
새봄100-3	0.50	0.49	0.59	0.65	1.28	7.31	10.83
새봄100-4	0.56	0.55	0.84	0.95	4.34	13.78	21.01
새봄100-5	0.85	0.70	0.77	0.83	2.88	10.55	16.56
평균							16.26
양명5촌-1	0.26	0.33	0.43	0.41	0.79	12.13	14.36
양명5촌-2	2.75	1.30	0.69	0.62	3.65	5.07	14.08
양명5촌-3	0.73	0.39	0.65	0.71	1.03	10.40	13.91
양명5촌-4	0.71	0.71	0.58	0.54	5.53	4.87	12.93
양명5촌-5	1.08	0.79	0.55	0.48	3.14	2.80	8.85
평균							12.83

분석일자 : 2001.12. 6.

3. 우수계통육성

기존의 다수계, 품질계, 조생계 등의 기존의 계통들은 전남해남, 부산원예시험장, 대구대학교시험포장에 파종하여 월동 후에 계통의 형질을 참조하여 계통선발을 한 후 망실에 정식하여 계통을 유지 및 육성하였다. 내병충성계통은 재배포장에서 주로 계통을 선발한 후 기존의 계통과 같은 방법으로 계통육성 및 유지시켰다. 고품질계통은 기존의 우수한 계통들을 각 작형에 공시하여 실험실에서 분석하여 그 결과를 계통선발에 활용하였다.

제 4 절 요약

1. Carotenoids 함량이 150-200ppm 이상이고 당함량이 높은 계통과 terpenoids 함량이 15-20ppm 이하인 계통을 다수 육성하였다.

2. 품종등록한 추동-100, 추동-200 및 새봄-100은 고품질계통육성에서 선발된 계통을 이용하여 육성한 품종이다. 이 3품종은 carotenoids 함량이 150ppm 이상이고 terpenoids 함량이 20ppm 이하로 현재 재배되고 있는 어느 품종보다 품질이 우수하다.

3. 본 연구에서 육성된 고품질계통들은 앞으로 당근1대잡종품종개발에 매우 다양하게 활용될 수 있을 것이다.

제 5 장 조직배양

제 1 절 서 설

현재 국내 당근 재배면적은 약 7,000ha로 이중 절반정도가 1대잡종 품종을 재배하고 있으며 보급도 급속도로 확대되고 있어 앞으로 5년 이내에 80% 이상의 1대잡종 품종이 재배 될 것으로 전망된다. 1대잡종 품종육성 기술은 품종육종 방법 중에서 가장 효율적인 방법으로 현재 가장 보편적으로 사용되고 있는 품종개발 기술이다. 1대잡종 품종은 순도, 다수성, 내병성 등 여러 가지 특성 면에서 그 우수성이 인정되어 거의 모든 채소작물에서 1대잡종 품종이 개발 보급되고 있다. 당근 1대잡종 품종육성에서는 우수한 F₁조합을 만들 수 있는 응성불임계통과 화분친계통의 육성, 채종 능력이 우수한 응성불임계통 육성 및 육종년한을 단축시킬 수 있는 약배양기술이 중요한 기반기술이라 할 수 있다. 현재 응성불임계통은 1950년대에 미국에서 육성된 Petaloid type 응성불임계통이 주로 사용되고 있는데, Petaloid type 응성불임계통은 응성불임성의 발현은 매우 안정되어 있어 F₁품종의 순도는 우수하나 채종능력이 일반종에 비해 50%정도 떨어지기 때문에 F₁품종의 종자가격을 상승시키는 요인이 되고 있어 채종능력이 우수한 응성불임계통의 육성이 절대적으로 필요하다.

당근 1대잡종육성은 전세계적으로 응성불임성을 이용하고 있는데 전통적인 육종방법으로는 응성불임계통의 육성 및 우수한 화분친의 육성에 7~10년의 장기간이 소요되며 많은 투자를 요하고 있다(Park, 1993). 그러나 약배양기법을 이용하면 단세대(단기간)내에 유전적으로 고정된 계통을 얻을 수

가 있어 타식성작물인 경우 교잡육종에서 6~7세대 이상의 자식을 거쳐야만 형질고정을 시키는데 비해 1~2세대만에 순계를 획득 할 수 있어 품종의 육성년한을 크게 단축시킬 수가 있다(Aruga와 Nakajima, 1985; Guha와 Maheshwari, 1964; Raghavan, 1974). 실제로 미국, 유럽 및 일본의 종묘회사에서는 당근품종개발에 조직배양기술을 널리 활용하고 있는 것으로 알려지고 있으나 그 수준이나 규모에 대해서는 정확하게 파악되지 않고 있다. 그럼에도 불구하고 당근의 경우 복산형화서 상의 소화들이 매우 작아 약배양이 매우 어려운 것으로 되어 있다(Ammirato 등, 1986). 당근 약배양에 관한 연구는 국내의 경우 아직까지는 초보 단계로 여겨지며 국외에서 한 편이 발표된 것이 있으나 0.8%의 극히 낮은 캘러스 및 무성배 형성율을 보였고 식물체 분화율도 매우 낮은 것으로 보고되어(Kai 등, 1993) 실용화 단계에 이르기까지는 상당한 시일이 걸릴 것으로 판단된다.

채소작물은 다른 원예작물에 비하여 1대잡종품종의 순도가 그 품종의 우수성을 가늠하는 매우 중요한 척도가 된다. 당근은 전통적인 육종방법에 의해 1대잡종품종을 채종할 경우 그 품종의 순도가 매우 만족스럽지 못한 결과를 초래한다. 당근은 타가수정작물이기 때문에 양친증식 과정에서 모본선발의 강도에 따라 1대잡종품종의 순도가 달라지는 경우가 흔히 발생하므로 이러한 품종의 특성 변화는 우수한 1대잡종품종을 개발하는데 큰 장애 요인이 되며 이러한 목적을 이루기 위해서는 양친계통의 특성변화가 일어나지 않는 조직배양기법, 즉 순원기배양법에 대한 필요성이 절실히 요구되고 있다. 당근은 조직배양이 잘되는 식물로서 많은 연구가 진행되고 있으나 대부분 캘러스로부터 식물체를 유기시키는 연구가 대부분이었으며 분화된 식물체는 상당한 변이가 발생하기 때문에 특성변화가 없는 양친계통을 증식할 수 있는 방법으로 이용되지 못하고 있다. 그러나 최근 일본에서 *Haplopappus*의 순원기를 배양함으로써 획득한 식물체는 전혀 변이가 없으

며 다량증식이 가능하다는 연구 결과가 보고된 후(Tanaka와 Ikeda, 1983) 다른 많은 채소작물에도 순원기배양에 관한 연구가 시도되어 왔다(Fujii 등 1994; Hamada 등 1991; Kondo 등 1991; Taniguchi와 Tanaka, 1989). 국내에서는 처음으로 당근의 순원기를 배양하여 식물체 재분화에 성공하였으며 분화된 식물체는 형질의 변이가 생기지 않았음을 확인 한 보고가 있다(박, 1993).

따라서 약배양을 이용, 당근의 유용한 육성재료를 순계화하기 위하여 약으로부터 식물체의 성공적인 캘러스 형성과 재분화 및 순화체계를 확립하고자 하였으며, 당근에서 순원기배양기법을 이용, 변이가 없는 식물체의 다량증식을 통하여 순도가 뛰어난 당근 1대잡종품종의 개발이 가능해지기 때문에 순원기로 부터 세포주 및 식물체를 다량으로 유기, 증식 할 수 있는 방법을 확립코자 하였다.

제 2 절 재 료 및 방 법

1. 약배양

본 대학에서 매년 육성하고 있는 우수한 계통을 선발하여 포장에 정식, 관리해 오면서 본 실험의 약배양 재료로 이용하였다.

재료의 소독: 개화하기 전 꽃 봉우리 상태에 있는 복산형화서를 채취하여 흐르는 물에 비누로 깨끗이 세척한 다음 소화산을 따서 2%의 sodium hypochlorite 용액에 15분간 표면 살균한 다음 멸균수로 3번 충분히 세척한 후 해부현미경 하에서 약을 절취하여 배양재료로 사용하였다.

배지조제 및 치상: 약배양의 기본배지로는 B₅(Gamborg 등, 1968)배지를

사용하여 $8\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ agar와 $3\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ sucrose를 첨가하였으며 pH는 5.6으로 하였다. 캘러스를 유도하기 위해서 2,4-dichlorophenoxyacetic acid(2,4-D)를 $1.0, 2.0\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 와 naphthaleneacetic acid (NAA)를 $1.0, 2.0\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 로 혼합한 배지에 benzylaminopurine(BAP) $0.2\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 를 첨가하여 배지를 120°C , 1.2기압에서 15분간 살균하였다. 직경 5.5cm의 멸균된 일회용 플라스틱 petri-dish에 분주한 다음 petri-dish 당 16개의 약을 치상하였고 petri-dish 당 5반복으로 하였다. 캘러스 유도 후, 약 두달간 계대배양을 하였다. 식물체로 분화시키기 위하여 B₅기본배지에 BAP를 $0 \sim 2.0\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 그리고 NAA $0 \sim 2.0\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 수준으로 혼용한 반 고체배지를 사용하였다.

배양환경: 캘러스를 유기하기 위해서 배양체를 암상태 하에서 배양하였다. 기관분화 유도에는 온도 $25 \pm 2^\circ\text{C}$, 광 1,000Lux 하에서의 16시간, 암상태 8시간의 광주기로 하여 배양하였다.

기외순화: 기내에서 발근된 당근의 유식물체를 퍼얼라이트, 피트모스 그리고 질석을 단용 또는 1:1:1의 비율로 혼합한 $10.5 \times 10.5 \times 9.0\text{cm}$ 크기의 반투명 플라스틱 용기에 식재한 후 온도 $25 \pm 2^\circ\text{C}$, 광 1,000Lux 하에서의 16시간, 암상태 8시간의 광주기로 조절된 배양실에서 순화하였다. 순화기간에 따라 포장에 식재하였으며 2주 후에 유식물체의 생존율을 조사하였다.

2. 순원기배양

당근 재료는 본 대학에서 매년 육성하고 있는 우수계통을 이용하여 본 대학 하우스에서 관리하여 본 연구의 순원기배양 재료로 이용하였다.

재료의 조제 및 소독: 수확한 당근의 잎을 제거한 후 가운데에 있는 생장점 부위를 도려낸 다음 그 뿌리를 모래에 묻어 여러 개의 액아를 유기 시켰다. 액아를 절취하여 2%의 sodium hypochlorite 용액에 15분간 표면 살균한 다

음 멸균수로 2-3번 충분히 세척한 다음 정단을 절취하였다. 가장 안쪽에 있는 엽원기 1-2장이 붙은 생장점을 따내어 다음과 같은 배지에 치상하였다.

배지의 조제 및 치상: 순원기배양을 위한 기본배지로는 MS 배지(Murashige와 Skoog, 1962)를 이용하였다. 여기에 $30\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ sucrose 첨가하고 pH를 5.6으로 조절하였다. 기본배지에 여러 가지 농도 Benzylaminopurine(BAP)와 naphthaleneacetic acid(NAA)를 혼합 첨가한 pH 5.6의 액체배지를 조제하여 직경 22mL의 시험관에 10mL씩 분주한 다음 고압멸균기에서 120°C 에 15분간 멸균하여 사용하였다. 시험관 하나에 순원기 한 개씩을 치상한 후 수직회전배양기(drum shaker)를 2r.p.m.으로 회전시켜 6주 동안 배양하였다. 기관분화를 위한 배지는 MS 기본배지에 $30\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ sucrose 및 $8\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ agar를 첨가하고 여기에 여러 가지 농도의 benzylaminopurine(BAP), kinetin, 그리고 naphthaleneacetic acid(NAA)를 혼용으로 첨가한 pH 5.6의 배지를 사용하였다.

배양환경: 배양조건은 형광등으로 24시간 연속조명(배양기 상부 10,000Lux, 하부 2,000~3,000Lux)하였으며 배양온도는 $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 로 유지하였다.

치상후 4-6주에 조사하고 유기된 세포주는 몇 가지 배지 위에서 증식시켰다. 증식 후 분화배지로 옮겨 식물체 분화능을 조사하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 약배양

당근 약배양 재료는 본 대학 모본 포장에서 월동한 우수계통을 분양 받아 별도로 설치된 하우스 내에서 정식 관리하면서 계속적으로 본 실험의 공시 재료로 이용하였다. 당근의 약으로부터 캘러스를 유기하기 위하여 기본 B₅

배지에 2,4-D와 NAA의 농도를 달리한 4종류의 배지(A1: B₅ + 2mg · L⁻¹ 2,4-D + 0.2mg · L⁻¹ BAP, A2: B₅ + 1mg · L⁻¹ 2,4-D + 0.2mg · L⁻¹ BAP, A3: B₅ + 2mg · L⁻¹ NAA + 0.2mg · L⁻¹ BAP, A4: B₅ + 1mg · L⁻¹ NAA + 0.2mg · L⁻¹ BAP)에 약을 치상한 결과 1.0mg · L⁻¹ 2,4-D가 함유된 A2 배지에서 다른 배지보다 월등히 높은 캘러스 형성율을 보였다. 2,4-D가 함유된 배지가 NAA가 함유된 배지보다 캘러스 형성에 크게 영향을 미치는 것으로 나타났으며 높은 농도의 2,4-D보다는 낮은 농도의 2,4-D가 캘러스 유도를 촉진시키는 것으로 나타났다(박, 1996). Kai 등(1993)은 당근의 약배양에서 1.0mg · L⁻¹ 2,4-D를 처리하였을 때 12%의 높은 캘러스 형성율을 보였고 Lee 등(1999)은 방울토마토에서 NAA보다는 2,4-D에서 약배양 반응이 높게 나타났고 캘러스 유연성도 좋아 생장이 촉진되었다고 보고하였다. Suh와 Park(1986)은 2,4-D, NAA와 같은 옥신류의 단독처리나 BAP와 같은 사이토키닌류와의 혼용처리가 캘러스 유기에 효과적이라고 보고하였다.

캘러스는 조직이 단단한 흰색을 띠고 있는 것과 조직이 무르고 노란색을 띤 것으로 관찰되는데 이 중 후자의 캘러스가 식물체 분화에 효과적인 것으로 나타났다. 캘러스가 형성되었다 하더라도 식물체로 전혀 분화되지 않은 계통들이 조사되었는데 이들 캘러스 대부분은 조직이 희고 딱딱한 것으로 관찰되었다. Chaudhury와 Qu(2000)는 딱딱하고 흰 캘러스 조직에서 식물체로의 분화가 잘 일어난다고 보고하였으며 Lee 등(1999)도 캘러스 형성율이 높은 처리에서 전체적으로 흰색의 딱딱한 캘러스가 발생되었고 식물체로의 분화가 일어난다고 하였다. 이외에 상당한 연구에서도 희고 조직이 치밀한 캘러스를 배형성 캘러스로 일컬어지면서 식물체 분화율이 높다는 사실이 일반화되는 경향이 있으나 본 연구의 결과로 볼 때 이는 작물에 따라 다르다고 생각된다.

당근의 여러 계통의 캘러스 형성 반응을 보기 위해서 수행한 결과 다음과 같다(Table 1). 약배양의 반응은 계통간에 뚜렷한 차이를 보이고 있으며 계

통 85103-1에서 캘러스가 68개로 가장 높은 수의 캘러스를 보이고 있으며
캘러스의 생체중이 높고 캘러스의 증식 속도도 빠른 것으로 관찰되었다.

Table 1. Callus formation of several lines in carrot

Lines	Date of innoculation	no. petridish	no. callus
85237-1	6/2	4	.
85251-4	6/2	4	13 ^z
85130-3	6/3	4	41
85227-1	6/4	4	8
85234-1	6/4	4	4
85166-2	6/7	5	4
85212-1	6/8	5	35
85226-1	6/8	5	27
85239-1	6/8	5	12
85241-2	6/15	5	1
85221-1	6/15	5	41
85206-1	6/15	5	3
85184-1	6/15	5	15
85103-1	6/17	5	68
85222-1	6/17	5	6
85104-3	6/29	4	21
85204-1	6/29	5	4
85208-2	7/1	5	.
85116-2	7/1	4	.
85301-4	7/2	2	.
85303-6	7/2	1	.
81407	7/2	1	.

^z : callus size 0.3mm이상

계통 85237-1, 85208-2, 85116-2, 85301-4, 85303-6 그리고 81407 등에서는
전혀 캘러스가 형성되지 않았다. 이는 계통간에 캘러스 형성에 관한 진정한
유전적 차이를 보이고 있는지 아니면 배양기술이 적절치 못한지 더 확인해

불 필요성이 있다. 생체중이 높고 캘러스의 증식 속도가 빠른 계통 85103-1를 선정하여 당 농도에 따른 캘러스의 성장에 따른 당 농도의 효과를 알아보기 위하여 실험을 수행 한 결과 다음과 같다(Table 2, Fig. 1). 배지에 있어서 당의 농도에 따라 캘러스의 생체중의 변화가 다르다는 것을 알 수가 있었다. 전혀 당이 들어 있지 않은 처리 보다 당이 들어 있는 처리에서 캘러스의 생체중이 월등히 높았다. 그러나 당 농도에 따른 캘러스의 생체중 변화에는 큰 차이를 보이지 않았다.

Table 2. Effects of sucrose concentration on response of callus in line 85103-1. Media B5 + 0.16g/l inositol + 0.8g/l agar + $1\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 2,4-D + $0.2\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ BAP

Treatments	Fresh weight (g)			
	0 day	14 day	21 day	28 day
w/o sucrose	0.01 ± 0.007	0.017 ± 0.010	0.013 ± 0.009	0.013 ± 0.010
$10\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ sucrose	0.008 ± 0.004	0.052 ± 0.012	0.071 ± 0.019	0.114 ± 0.037
$20\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ sucrose	0.012 ± 0.006	0.045 ± 0.016	0.072 ± 0.026	0.139 ± 0.038
$30\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ sucrose	0.014 ± 0.003	0.049 ± 0.010	0.073 ± 0.018	0.140 ± 0.046
$40\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ sucrose	0.012 ± 0.003	0.056 ± 0.023	0.079 ± 0.037	0.123 ± 0.068

약 60계통을 선정하여 계통별 약을 A2배지(B5 + $1\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 2,4-D, $0.2\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ BAP)에 치상하여 약 두달 후 형성된 캘러스를 식물체 분화배지에 치상, 약 4달 동안 분화시킨 다음 식물생장조절물질이 전혀 첨가되지 않은 MS배지로 옮겨 한달 동안 발근 시킨 후, 15~20℃의 온도 조건을 갖추고 있는 온실에서 순화시킨 결과 다음과 같다(Table 3). 당근의 약을 적출시 약의 크기가 매우 작아 치상할 때 재료의 오염에 주의를 기울여야 할 것이다. 평균 14%의 오염율이 관찰되었다. 캘러스 형성율에 있어서 계통 간의 차이가 있음을 알 수 있었다. 식물체 분화율에도 계통간의 차이가 많았으며 일단 식물체가 출현되면 순화과정을 거쳐 뿌리를 생산할 수 있을 정도로 완전한 식물체를 생산할 수가 있다.

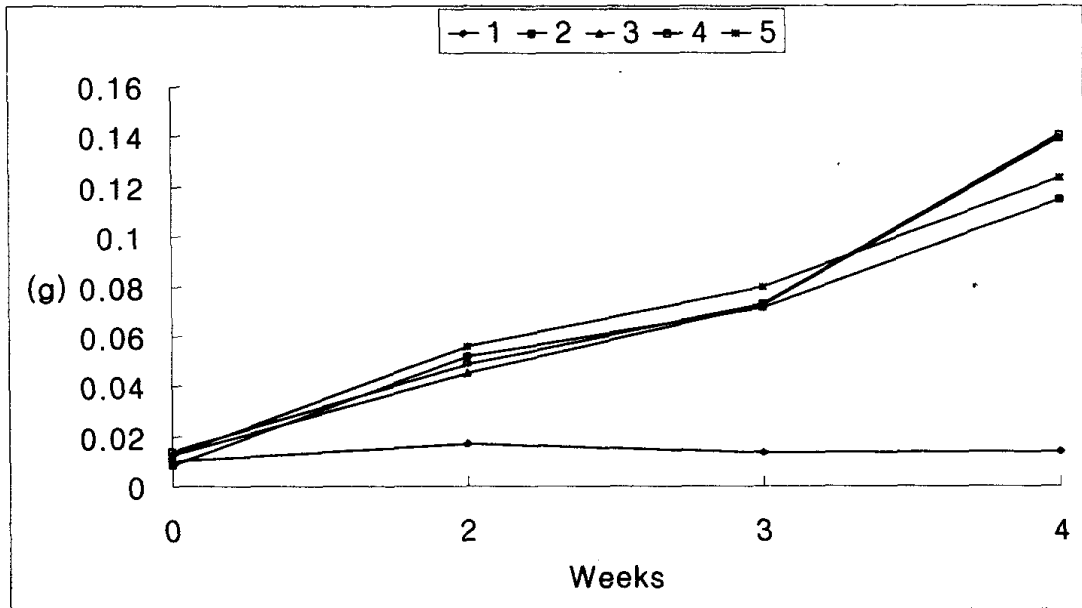


Fig. 1. Changes in callus fresh weight on different concentration of sucrose at every week.(1:w/o, 2:10g · L⁻¹, 3:30g · L⁻¹, 4:20g · L⁻¹ 5:40g · L⁻¹)

실험 중에 형성된 캘러스를 옮긴 후에도 그 부분에서 다시 캘러스가 형성되었다. 이는 당근의 캘러스가 잘게 부서지는 경향이 있는데 이것을 식물체 분화배지에 치상 하였을 때 식물체로의 분화가 잘 일어났다. 식물체의 분화율을 높이기 위해서 다음과 같은 결론을 확립하게 되었다. 암상태하에서 캘러스를 식물생장조절제가 첨가되지 않은 MS 배지 치상한다. 계통당 1개씩의 캘러스를 3mm의 크기 정도로 하여 각 배양병에 시약스푼으로서 고르게 분포시켜 광상태하에서 분화시킨다. 1cm 미만의 신초과 뿌리가 나온 유식물체를 펄라이트, 피트모스, 질석의 비율이 1:1:1이 되게 혼합한 배양토가 담긴 포트에 옮겨 심고 성장상(주/야 25/20℃, 5000Lux/0 Lux) 에서 2주간 순화 후 에서 순화시킨 다음 온실의 육묘상으로 옮긴다. 1주간 관리한 후 정식한다. 이렇게 수행하면 일정 기간 동안에 약 1mm 크기의 캘러스에서 100개 이상의 식물체를 생산 할 수가 있다.

Table 3. Response of anther culture of carrot

Lines	No. of anthers plated	Contamination		Callus formation		Plant regeneration	
		no.	%	no.	%	no.	no. of plant in field
66022	80	0	0	15	18.8		
66023	80	0	0	1	1.2	54	17
66024	80	0	0	8	10	6	1
66027	80	12	15	11	16.1		
66028	80	32	40	5	12.5	221	149
66030	80	0	0	15	18.7	28	25
66033	80	1	1.2	2	2.5		
66034	80	41	51.2	0	0		
66035	80	1	1.2	0	0		
66037	80	0	0	0	0		
66038	80	0	0	15	18.8	12	3
66041	80	1	1.2	1	1.2		
66042	80	0	0	11	13.8	37	26
66042-1	80	0	0	12	15	12	
66043	80	0	0	19	23.8	125	72
66043-1	80	0	0	10	12.5		
66051	80	0	0	0	0		
66053	80	16	20	0	0		
66056	80	0	0	8	10	112	92
66059	80	0	0	0	0		
66060	80	0	0	11	13.8	2	
66061	80	0	0	1	1.2		
66062	80	35	43.8	0	0		
66513	80	8	10	6	8.3		
66154	80	7	8.8	29	40	16	8
66154-1	80	0	0	8	10		
66176	80	2	2.5	12	15	5	
66524	80	0	0	8	10	35	23
66569	80	0	0	0	0		

Lines	No. of anthers plated	Contamination		Callus formation		Plant regeneration	
		no.	%	no.	%	no.	no. of plant in field
65050-2	80	36	45	24	55		
65059-4	80	22	27.5	1	1.7		
65063-2	80	36	45	0	0		
65070-1	80	12	15	0	0		
65086-1	80	2	2.5	2	2.6		
-5	80	24	30	2	3.6		
65585-4	80	17	21.2	0	0		
65594-1	80	19	23.8	1	1.6		
65658-2	80	28	35	3	6.7		
-3	80	18	22.5	3	4.8		
65661-6	80	7	8.8	0	0		
65752-1	80	46	58	0	0		
-5	80	1	1.2	0	0		
-6	80	0	0	2	2.5	5	4
65754-1	80	21	26.2	0	0		
-4	80	22	27.5	0	0		
66023-3	80	9	11.2	0	0		
66034-2	80	0	0	19	23.8	8	6
-3	80	16	20	0	0		
-6	80	35	43.7	0	0		
66051-6	80	3	3.8	47	61		
66054-2	80	1	1.2	0	0		
-4	80	24	30	0	0		
66055-3	80	6	7.5	22	29.7		
-4	80	2	2.5	12	15.3		
-5	80	48	60	0	0		
66056-3	80	0	0	5	6.2	43	13
-4	80	2	2.5	15	19.2	14	9
66057-2	80	16	20	0	0		
66062-2	80	1	1.2	0	0		
-4	80	41	51.2	0	0		

실험의 연속으로 carotene 함량이 높고 terpenoids 함량이 낮은 우수계통을 분양 받아 약배양의 공시 재료로 사용하였다. 약 20계통에서 1600개의 약을 치상하였다(Table 4).

Table 4. Effect of A2 medium(B5 + $1\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 2,4-D + $0.2\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ BAP) on callus formation of several lines in carrot

Lines	Anther plated	Callus formation at days(no.)										Contamin ation	callus formatio n(%) ^z
		45	50	55	60	65	70	75	80	85	90		
74010-3	80	-	-	-	-	-	3	3	3	3	3	16	4.7
75013-1	80	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	-	8.8
75013-4	80	17	17	19	23	23	23	23	23	23	23	-	28.8
75032-1	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32	-
75090-6	80	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	16	1.6
75090-7	80	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	32	2.1
75408-2	80	-	-	-	-	-	2	2	2	2	2	32	4.2
75408-3	80	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	32	2.1
75484-1	80	-	-	-	-	2	2	2	4	10	10	32	20.8
75484-2	80	12	24	24	31	31	34	38	44	44	44	16	68.8
75486-3	80	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	32	2.1
75520-1	80	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	16	18.8
75520-2	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	-
75521-2	80	1	1	1	1	2	80	80	80	80	80	-	100
75556-1	80	16	19	21	21	22	22	22	22	23	23	32	47.9
75556-2	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
76017-1	80	-	1	7	13	14	14	17	24	29	29	16	45.3
76039-1	80	2	2	2	6	13	19	19	20	22	22	32	45.8
76039-2	80	4	8	13	17	21	25	26	26	26	26	32	54.2
76167-1	80	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1.2

^z Callus formation(no.) / [anthers plated(no.) - anthers contaminated(no.)] × 100

약으로부터 캘러스 형성에 적합한 배지를 선정하기 위하여 여러 가지 농도의 2,4-D와 $0.2\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ BAP가 혼합 첨가된 고체배지를 이용한 결과 대부분의 계통에 있어서 A2 : B5 + $1\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 2,4-D + $0.2\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ BAP 배

지에서 캘러스 형성율이 가장 양호하였다. 치상 후 약 45일 후부터 대부분의 계통에서 캘러스가 형성되는 것을 알 수 있었으나 캘러스 형성율은 1.2~100%로 계통간의 뚜렷한 차이를 보였다. 또한 배양체의 오염율도 계통간에 차이가 나는 것을 볼 수가 있었다. 75521-2에서 캘러스 형성율이 가장 높게 나타났다. 대부분의 계통은 치상 후 약 70일 후부터 캘러스 형성율에 거의 변화가 없었으나 형성율이 가장 높은 75521-2에서는 치상 후 70일이 되는 시점에서 80%로 급격히 캘러스가 형성되는 것을 알 수 있었다. 이 결과로부터 캘러스 형성율이 높은 계통들은 치상 후 70일을 후에서, 그리고 낮은 계통 들은 70일 전 까지 캘러스 형성이 이루어지는 것을 볼 수가 있다.

식물체 분화에 대한 PEG(Polyethyleneglycol)의 효과를 알아보기 위하여 수행한 결과 다음과 같다(Table 5). 계통간의 PEG에 대한 반응은 차이가 있었으며 계통 76039-1에서 PEG(50)의 처리에서 가장 많은 식물체 수를 나타내었다. 뿌리의 수에 있어서는 PEG의 효과가 없는 것으로 판단된다.

Table 5. Effect of PEG with MS medium on plant regeneration from 90 days old callus(size >20mm) in carrot

Lines	Treatment(g/l)	No. of plant ²			No. of root		
		1	2	3	1	2	3
75013-1	w/o PEG	-	2	-	8	19	6
	PEG(10)	4	4	-	10	4	7
	PEG(30)	-	-	9	1	8	15
	PEG(50)	1	-	-	3	9	3
	PEG(70)	-	-	-	1	3	1
76039-1	w/o PEG	5	4	27	4	8	10
	PEG(10)	4	-	15	16	7	16
	PEG(30)	2	1	16	5	20	-
	PEG(50)	15	22	16	4	1	-
	PEG(70)	5	3	2	13	1	12

² : plant는 뿌리와 자엽이 갖추어진 상태

여러 가지 농도의 BAP가 몇 개의 선발된 계통의 캘러스로부터 식물체 분화에 미치는 효과는 Table 6와 같다. 일반적으로 BAP가 식물체 분화에 필수적 역할을 하는 것으로 알려져 있으나 본 결과는 오히려 BAP가 첨가된 배지에서 신초나 뿌리 형성이 잘 안 되는 것으로 나타났다. 따라서 당근 약 배양체로부터 식물체를 유기할 경우 식물생장조절제를 첨가하지 않는 것이 효과적이었다. 기내환경과 포장에서의 환경이 매우 달라 지금까지는 기내에서 식물체를 상당히 유기했다 하더라도 적절한 순화과정을 거치지 않고 바로 포장에 이식할 경우 식물체의 생존율은 극히 저조하였으나 위의 순화 방법으로 기내에서 생산된 식물체의 약 80%를 살릴 수 있었다.

식물체 분화에 영향을 미치는 당 농도의 효과는 Table 7과 같다. 당이 전혀 첨가되지 않거나 고농도(60%)의 당이 함유된 배지에서는 전혀 식물체가 분화되지 않았다. 계통간의 차이는 있지만 신초와 뿌리의 형성은 각각 30%와 10%, 20%의 당 농도에서 양호하였다. 그 동안 기내에 있어서 당근은 organogenesis를 통하여 식물체로 분화되는 것이 보통이어서 이에따른 노력과 경비가 많이 들었으나 본 실험에서는 organogenesis가 아닌 embryogenesis를 통하여 상당한 수의 무성배를 생산하였다. 그 방법은 약을 치상한 후 약 70일이 경과하여 3-5mm 크기의 callus가 유기되는데 이 작은 callus를 시약스폰을 이용하여 잘게 부수어 배지 표면에 고르게 하여 배양하였다. 작은 callus 덩어리는 약 45 내지 60일 후에 무수히 많은 무성배로 분화하였다. 약 배양체로부터 식물체분화 기술은 거의 확립된 것을 판단된다.

캘러스로부터 식물체 분화에 적합한 배지를 선정하기 위하여 캘러스 형성율이 높은 한 계통을 취하여 여러 가지 농도의 BAP와 NAA가 혼합 첨가된 반 고체배지를 이용하여 수행한 결과 다음과 같다(Table 8).

Table 6. Effect of BAP on plant regeneration from 90 days old callus in carrot

Lines	Treatments(mg/L)	No. of plants					No. of roots				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
75484-1	w/o BAP	2	-	2	-	1	10	2	11	1	8
	BAP(0.1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BAP(0.5)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BAP(1.0)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BAP(2.0)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BAP(4.0)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
75556-1	w/o BAP	4	3	4	3	4	3	-	3	-	-
	BAP(0.1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BAP(0.5)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BAP(1.0)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BAP(2.0)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BAP(4.0)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
76017-1	w/o BAP	15	4	3	4	4	3	2	-	4	-
	BAP(0.1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BAP(0.5)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BAP(1.0)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BAP(2.0)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BAP(4.0)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
76039-1	w/o BAP	1	2	4	1	3	3	6	2	10	8
	BAP(0.1)	-	-	-	-	4	3	4	2	1	1
	BAP(0.5)	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
	BAP(1.0)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BAP(2.0)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BAP(4.0)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
76039-2	w/o BAP	2	-	-	-	-	5	6	6	5	5
	BAP(0.1)	-	-	-	-	-	1	-	-	1	3
	BAP(0.5)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BAP(1.0)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BAP(2.0)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BAP(4.0)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Table 7. Effect of sucrose on plant regeneration from 90 days old callus in carrot

Lines	Treatments(g/L)	No. of plants					No. of roots				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
75013-1	w/o sucrose	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	sucrose(10)	-	-	7	3	-	5	3	6	4	5
	sucrose(20)	-	-	4	-	5	4	3	14	11	10
	sucrose(30)	7	6	3	5	3	20	2	12	10	12
	sucrose(60)	-	-	-	-	-	8	3	4	5	9
76017-1	w/o sucrose	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	sucrose(10)	-	7	3	-	-	5	6	3	1	4
	sucrose(20)	4	-	3	-	8	12	-	20	7	10
	sucrose(30)	1	-	7	6	4	4	5	2	4	-
	sucrose(60)	-	-	-	-	-	5	8	6	8	-
76039-1	w/o sucrose	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	sucrose(10)	1	-	-	1	2	13	11	9	8	7
	sucrose(20)	1	-	-	2	2	4	5	6	6	5
	sucrose(30)	7	8	3	5	6	-	-	-	-	-
	sucrose(60)	-	-	-	-	-	1	3	4	4	5
76039-2	w/o sucrose	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	sucrose(10)	1	4	-	3	8	12	2	8	4	3
	sucrose(20)	-	12	-	-	2	17	10	23	20	7
	sucrose(30)	-	-	-	-	-	7	3	-	2	-
	sucrose(60)	-	-	-	-	-	11	4	2	4	2

BAP의 농도가 높은 배지에서의 NAA는 기관분화 유도에 전혀 효과가 없었으나 낮은 농도의 BAP에서는 NAA의 효과가 나타나 BAP 또는 NAA농도가 낮아질수록 식물체 생산에 효과적이라는 것을 알 수가 있었다. 식물생장조절물질이 전혀 첨가되지 않은 배지에서도 60개 이상의 식물체가 생산되었다. $1.0\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 2,4-D와 $0.2\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ BAP가 첨가된 기본 B₅ 고체배지(A2)에 32계통으로부터 각 계통 당 80개의 약을 절취하여 캘러스 형성을 유도하였다.

Table 8. Effect of various concentrations of BAP and NAA on green plant regeneration from anther cultures in line 66054-6 of carrot

Treatments	Shoot length (mm)	Root length (mm)	Green plants regenerated (no.)
2.0mg · L ⁻¹ BAP + 2.0mg · L ⁻¹ NAA	-	-	-
2.0mg · L ⁻¹ BAP + 1.0mg · L ⁻¹ NAA	-	-	-
2.0mg · L ⁻¹ BAP + 0.1mg · L ⁻¹ NAA	-	-	-
2.0mg · L ⁻¹ BAP + 0mg · L ⁻¹ NAA	11.7	2.8	14
1.0mg · L ⁻¹ BAP + 2.0mg · L ⁻¹ NAA	-	-	-
1.0mg · L ⁻¹ BAP + 1.0mg · L ⁻¹ NAA	-	-	-
1.0mg · L ⁻¹ BAP + 0.1mg · L ⁻¹ NAA	-	-	-
1.0mg · L ⁻¹ BAP + 0mg · L ⁻¹ NAA	13.9	3.7	26
0.1mg · L ⁻¹ BAP + 2.0mg · L ⁻¹ NAA	-	-	-
0.1mg · L ⁻¹ BAP + 1.0mg · L ⁻¹ NAA	-	-	-
0.1mg · L ⁻¹ BAP + 0.1mg · L ⁻¹ NAA	15.0	5.4	5
0.1mg · L ⁻¹ BAP + 0mg · L ⁻¹ NAA	9.4	9.3	176
0mg · L ⁻¹ BAP + 2.0mg · L ⁻¹ NAA	3.0	0.8	7
0mg · L ⁻¹ BAP + 1.0mg · L ⁻¹ NAA	2.7	0.7	4
0mg · L ⁻¹ BAP + 0.1mg · L ⁻¹ NAA	8.0	3.1	7
0mg · L ⁻¹ BAP + 0mg · L ⁻¹ NAA	6.1	32.0	60

형성된 캘러스에서 무성배를 유기하기 위하여 식물생장조절물질이 전혀 들어 있지 않은 배지를 이용하였다(Table 9). 치상한 32계통 모두에서 캘러스가 형성되었으며 상당한 계통에서 식물체로 분화하였다. 총 형성된 캘러스는 332개이며 분화된 식물체의 수는 870개였다. 캘러스의 형성과 식물체 분화에 있어서 각 계통간에는 상당한 차이를 보이고 있다. 이러한 결과는 많은 연구에서 보는바와 같이 유전자형의 특성에 따른 차이라고 볼 수 있다 (Chaudhury와 Qu, 2000; Dunwell 등, 1985; Lee 등, 1999; Song, 1992;

Yoon 등, 1991). 계통에 따른 적절한 배양조건이 연구되어야 한다고 생각된다.

그 후 기내에서 분화된 유식물체로부터 포장에 나가기까지 순화 방법을 확립하기 위하여 계통 75521로 본엽 2매 이하와 이상의 크기로 자란 유식물체를 펠라이트, 피트모스 그리고 질석을 단용으로 또는 비율이 1:1:1로 혼합된 배양토에 이식 순화한 결과는 다음과 같다(Table 5, 6). 본엽 2매 이하의 유식물체의 경우 모든 처리에서 기내 순화 기간이 길어질수록 포장에서의 생존율이 감소하는 경향을 보였으나 4주간 배양실에서 충분히 순화를 거친 유식물체가 포장 생존율이 100%로 가장 높았다. 혼합 배양토보다는 펠라이트 단용에서 포장의 생존율이 가장 높았으며 수분함량이 높은 피트모스에서는 유식물체가 거의 생존하지 못하였다(Table 10).

당근의 유묘 지상부의 환경은 습한 것이 좋지만 지하부는 너무 습하지 않는 것이 묘의 생육 면에서 유리한 것으로 판단된다. 본엽 2매 이상의 유식물체의 경우도 Table 10과 유사한 경향을 보였다(Table 11).

지금까지는 기내에서 식물체를 분화시켰다 하더라도 기내환경과 포장에서의 환경이 매우 달라 적절한 순화과정을 거치지 않고 바로 포장에 이식할 경우 식물체의 생존율은 극히 저조하였으나 위와 같은 순화 방법으로 기내에서 생산된 식물체의 약 80%를 살릴 수 있었다.

그 동안 기내에 있어서 당근은 기관형성 과정을 통하여 식물체로 분화되는 것이 보통이어서 이에 따른 노력과 경비가 많이 들었으나 본 실험에서는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 기관형성 과정이 아닌 배형성 과정을 통하여 상당한 수의 무성배를 생산하였다. 그 방법은 약을 치상한 후 약 60일이 경과되면 약 3-5mm 크기의 캘러스가 유기되는데 이 캘러스를 시약스폰을 이용하여 잘게 부수어 배지 표면에 고르게 하여 배양하였다. 작은 캘러스 덩어리는 약 45 내지 60일 후에 무수히 많은 무성배로 분화하였다.

Table 9. Callus formation and green plant regeneration derived from anther cultures of several lines in carrot

Lines	Anther plated (no.)	Callus plated for green plant regeneration (no.)	Green plants regenerated (no.)	Green plants grown in field (no.)
65050-2	80	21	0	0
65059-4	80	1	0	0
65086-1	80	2	0	0
65086-5	80	2	0	0
65594-1	80	1	0	0
65658-2	80	3	0	0
65658-3	80	3	0	0
65752-6	80	2	5	4
66022	80	15	0	0
66023	80	1	54	17
66024	80	8	6	1
66027	80	11	0	0
66028	80	5	221	160
66030	80	15	28	25
66034-2	80	19	8	6
66038	80	15	12	3
66041	80	1	0	0
66042	80	11	37	26
66043	80	19	125	72
66051-6	80	47	0	0
66054-2	80	1	127	127
66055-3	80	22	0	0
66055-4	80	12	0	0
66056	80	8	112	97
66056-3	80	5	63	13
66056-4	80	15	14	9
66060	80	11	2	0
66061	80	1	0	0
66154	80	29	16	8
66176	80	12	5	0
66513	80	6	0	0
66524	80	8	35	27
Total	2560	332	870	595

Table 10. Acclimatization of plantlets with less than two true leaves in carrot

Treatments	Survival rate (%)			
	Perlite	Peatmoss	Vermiculite	Mixtures ^w
2 week ^x	(100) ^y	(0)	(100)	(80)
	86.67 ^z	0	86.67	66.67
4 week	(100)	(0)	(100)	(100)
	93.33	0	93.33	80
6 week	(100)	(0)	(100)	(46.67)
	93.33	0	80	40

^wPerlite : peatmoss : vermiculite = 1 : 1 : 1

^xPeriod of acclimatization in culture room

^ySurvival rate(%) in culture room

^zSurvival rate(%) at two weeks in field.

Table 11. Acclimatization of plantlets with more than two true leaves in carrot

Treatments	Survival rate (%)			
	Perlite	Peatmoss	Vermiculite	Mixtures ^w
2 week ^x	(100) ^y	(13.33)	(100)	(100)
	100 ^z	6.67	80	86.67
4 week	(100)	(0)	(93.33)	(66.67)
	100	0	92.86	66.67
6 week	(100)	(0)	(93.33)	(66.67)
	80	0	86.67	66.67

^wPerlite : peatmoss : vermiculite = 1 : 1 : 1

^xPeriod of acclimatization in culture room

^ySurvival rate(%) in culture room

이 무성배를 즉시 식물생장조절물질이 전혀 들어있지 않은 분화배지로 옮기면 약 2주 후부터 무성배에서 어린 싹과 뿌리가 발생하기 시작한다. 일주일이 경과되면 유식물체는 2매 이상의 싹을 가진 크기로 자라는데 이들을 배양실에서 한 달간 순화과정을 거치면 기내 묘를 포장에서 순화시켜 재배하는데 큰 문제가 없는 것으로 생각된다.



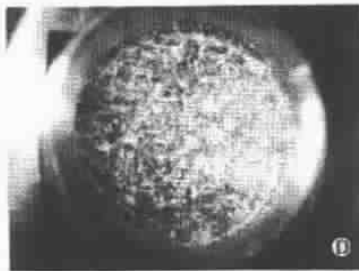
Anther inoculated for 2 weeks

after 8 weeks



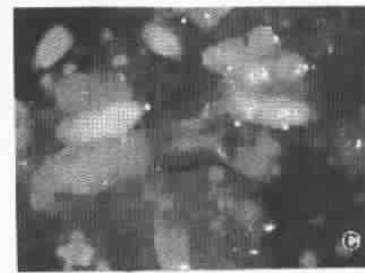
Embryo from callus

immediately



Embryos on regeneration medium

after 1 week



Leaves and roots regenerated

after 2 weeks



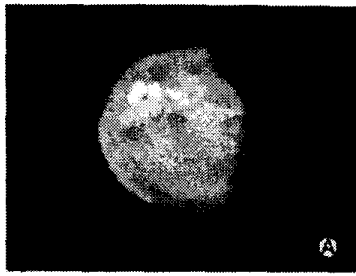
Plantlets just before acclimatization

after 2 months



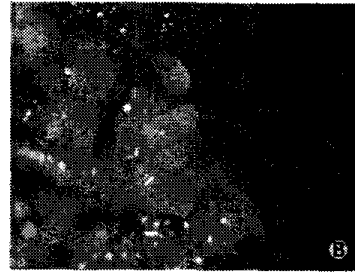
Plants grown in field

Fig. 2. Callus formation and plant regeneration system derived from anther in carrot.



Anther inoculated for 2 weeks

after 8 weeks



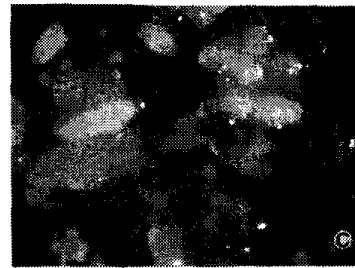
Embryo from callus

immediately



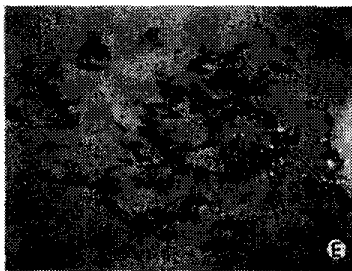
Embryos on regeneration medium

after 1 week



Leaves and roots regenerated

after 2 weeks



Plantlets just before acclimatization

after 2 months



Plants grown in field

Fig. 2. Callus formation and plant regeneration system derived from anther in carrot.

2. 순원기배양

순원기 재료는 우수계통을 분양 받아 본 대학 하우스에서 관리하여 본 연구의 순원기배양 재료로 이용하였다. 당근은 보통 한 개의 뿌리에서 하나의 성장점만을 얻을 수 있기 때문에 순원기 재료 확보에 어려움이 많았다. 그래서 수확한 당근의 잎을 제거한 후, 가운데 있는 성장점 부위를 도려낸 다음 그 뿌리를 모래에 묻어 관리하면 여러 개의 액아가 발생하여 적어도 하나의 뿌리에서 4~5개의 성장점을 유기시켰다. 가장 안쪽에 있는 엽원기 1-2장이 붙은 성장점을 따내어 배지에 치상하였다. 순원기배양을 위한 기본 배지로는 Murashige & Skoog(MS) 배지를 이용하여 다음과 같은 처리에 순원기를 절취 치상하여 BAP에 대한 순원기체의 반응을 조사하였다(Table 12). 순원기 배양의 경우 약배양과는 달리 BAP가 식물체 분화에 중요한 역할을 하는 것으로 나타났다. BAP의 농도, 계통에 따라 식물체 분화의 반응 정도는 차이를 보이고 있다. 본 연구에서는 신초의 형성에 다소 시일이 걸릴 것으로 보였다. 계통에 있어서 식물생장조절물질이 전혀 들어 있지 않은 무처리에 비해 처리구들은 농도에 관계없이 생체중이 매우 높은 경향을 보였다. 이와 같은 생체중의 현저한 증가는 식물생장조절물질에 의하여 세포주가 분화능력을 가지기 시작하면서 세포분열에 기인된 것으로 판단된다. 계통 간에 생체중의 증가는 BAP 농도에 따라 뚜렷한 차이를 보이고 있으나 저농도의 BAP에서 생체중이 증가하는 경향을 나타내고 있다. 계통에 따라 신초의 출현수도 약간의 차이가 있는 것으로 나타났다.

Table 12. Effect of BAP on plant regeneration from shoot primordia cultures in carrot

Lines	Treatments (mg/L)	Responses ^y	No. of shoots	Rate of increased fresh weight ^z
61006	w/o BAP&NAA	+	-	1.3
	BAP(4.0)	+	-	70.3
	BAP(2.0)	++	-	148.3
	BAP(1.0)	++	-	124.3
	BAP(0.5)	++	-	125.0
71201	w/o BAP&NAA	+	-	18.7
	BAP(4.0)	++	-	201.7
	BAP(2.0)	++	-	179.0
	BAP(1.0)	++	-	176.7
	BAP(0.5)	++	-	210.7
75236	w/o BAP&NAA	+	-	3.7
	BAP(4.0)	++	-	89.0
	BAP(2.0)	++	-	174.7
	BAP(1.0)	++	-	152.3
	BAP(0.5)	++	-	155.7
75301	w/o BAP&NAA	+	-	1.1
	BAP(4.0)	++	-	154.7
	BAP(2.0)	++	-	166.7
	BAP(1.0)	++	-	156.7
	BAP(0.5)	++	-	185.0
75320	w/o BAP&NAA	+	-	5.7
	BAP(4.0)	++	-	11.3
	BAP(2.0)	++	-	112.0
	BAP(1.0)	++	-	153.3
	BAP(0.5)	++	-	161.7
75328	w/o BAP&NAA	+	-	5.7
	BAP(4.0)	++	-	114.7
	BAP(2.0)	++	-	181.3
	BAP(1.0)	++	-	178.0
	BAP(0.5)	++	-	169.3

Lines	Treatments(mg/L)	Responses ^y	No. of shoots	Rate of increased fresh weight ^z
75408	w/o BAP&NAA	+	-	6.3
	BAP(4.0)	+	-	7.0
	BAP(2.0)	++	-	57.3
	BAP(1.0)	++	-	141.0
	BAP(0.5)	++	-	66.0
75412	w/o BAP&NAA	+	-	2.0
	BAP(4.0)	++	-	166.7
	BAP(2.0)	+	-	169.0
	BAP(1.0)	++	-	176.7
	BAP(0.5)	++	-	165.7
75486	w/o BAP&NAA	+	-	0.8
	BAP(4.0)	++	-	33.5
	BAP(2.0)	++	-	59.0
	BAP(1.0)	++	-	72.0
	BAP(0.5)	++	-	71.0
75534	w/o BAP&NAA	+	-	4.0
	BAP(4.0)	++	-	101.0
	BAP(2.0)	++	-	145.0
	BAP(1.0)	++	-	124.3
	BAP(0.5)	++	-	116.7
75604	w/o BAP&NAA	+	-	5.0
	BAP(4.0)	++	-	159.3
	BAP(2.0)	++	-	198.7
	BAP(1.0)	++	-	242.3
	BAP(0.5)	++	-	221.0
76165	w/o BAP&NAA	+++	9	151.3
	BAP(4.0)	++	-	146.7
	BAP(2.0)	++	-	109.7
	BAP(1.0)	++	-	130.3
	BAP(0.5)	+++	1	160.3

^y + : browning or dead, ++ : greening, +++ : plant regeneration

^z fresh weight was evaluated as gram(g)

예비 실험을 통하여 다른 계통에 비해 세포주 형성이 양호한 3 계통(82201-2, 85020-7, 82202-2)을 선정하여 각 계통마다 순원기 15개씩을 적출하였다. 기본 MS 액체배지에 함유된 여러 가지 농도의 BAP, kinetin, NAA가 세포주 형성에 미치는 효과를 알아보기 위하여 다음과 같이 실험을 수행하였다. 실험 기간은 6주 동안 진행되었다. 계통 82201-2에 있어서 식물생장조절물질이 첨가된 배지가 첨가하지 않은 무처리 보다 세포주형성에 양호한 효과를 나타내었다(Table 13). 순원기를 배양하면 처리에 따라 초록색을 띤 세포주가 아니라 켈러스로 분화하는 경우가 있다. 이러한 켈러스는 분화시 갈색으로 변하면서 분화가 안되는 경우가 많다는 것을 예비 실험을 통해서 확인된바 생성된 켈러스는 세포주 수에 포함시키지 않았다. 같은 cytokinin 계통에서도 BAP가 kinetin 보다 세포주형성에 높은 효과가 있는 것으로 나타났다. 이는 세포주 형성에 BAP가 kinetin 보다 세포 분열 및 증식에 더 활성이 높은 것으로 생각된다. BAP나 kinetin 모두 농도가 높아짐에 따라 세포주가 많이 형성되는 경향을 보이고 있다.

Table 13. Effect of various concentrations of BAP, kinetin and NAA on cell clumps formation from shoot primordia of line 82201-2 in carrot

Lines	Treatments	Formation of Cell clumps(%)
82201-2	w/o BAP & NAA	0.0
	0.5mg · L ⁻¹ BAP + 0.2mg · L ⁻¹ NAA	20.0
	1.0mg · L ⁻¹ BAP + 0.2mg · L ⁻¹ NAA	80.0
	2.0mg · L ⁻¹ BAP + 0.2mg · L ⁻¹ NAA	93.3
	4.0mg · L ⁻¹ BAP + 0.2mg · L ⁻¹ NAA	53.3
	0.5mg · L ⁻¹ Kinetin + 0.2mg · L ⁻¹ NAA	20.0
	1.0mg · L ⁻¹ Kinetin + 0.2mg · L ⁻¹ NAA	33.3
	2.0mg · L ⁻¹ Kinetin + 0.2mg · L ⁻¹ NAA	33.3
	4.0mg · L ⁻¹ Kinetin + 0.2mg · L ⁻¹ NAA	33.3

처리 2.0mg · L⁻¹ BAP + 0.2mg · L⁻¹ NAA에서 93.3%의 높은 세포주형성을 보이고 있다.

계통 82201-2에 있어서는 계통 82201-2의 결과와 유사한 경향을 보이고 있다(Table 14). 무처리에서는 전혀 세포주가 형성되지 않았다. 고농도의 BAP 처리에서 세포주가 많이 형성되었다. BAP와 kinetin 모두에서 농가가 높아질수록 세포주형성이 증가되는 경향을 보였다. 처리 $2.0\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ BAP + $0.2\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA 과 $4.0\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ BAP + $0.2\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA에서 73.3%의 가장 높은 세포주 형성율을 보이고 있다. BAP와 Kinetin 두 처리에서 형성된 세포주의 표면색에 차이가 있음을 알 수 있었다. BAP에서 형성된 세포주는 연한 녹색을 띠고 있는 반면에 Kinetin은 진한 녹색을 보이고 있는 세포주를 형성하고 있었다.

Table 14. Effect of various concentrations of BAP, kinetin and NAA on cell clumps formation from shoot primordia of line 85020-7 in carrot

Lines	Treatments	Formation of Cell clumps(%)
85020-7	w/o BAP & NAA	0.0
	$0.5\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ BAP + $0.2\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA	20.0
	$1.0\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ BAP + $0.2\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA	20.0
	$2.0\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ BAP + $0.2\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA	73.3
	$4.0\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ BAP + $0.2\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA	73.3
	$0.5\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ Kinetin + $0.2\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA	20.0
	$1.0\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ Kinetin + $0.2\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA	20.0
	$2.0\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ Kinetin + $0.2\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA	40.0
	$4.0\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ Kinetin + $0.2\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA	33.3

계통 82202-2에 있어서도 위의 두 계통과 매우 유사한 결과를 얻었다 (Table 15). 처리 $2.0\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ BAP + $0.2\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA에서 가장 높은 93.3%의 세포주형성율을 나타냈다. BAP 처리가 Kinetin 처리보다 세포주형성에 매우 효과적이었다.

Table 15. Effect of various concentrations of BAP, kinetin and NAA on cell clumps formation from shoot primordia of line 82202-2 in carrot

Lines	Treatments	Formation of Cell clumps(%)
82202-2	w/o BAP & NAA	0.0
	0.5mg · L ⁻¹ BAP + 0.2mg · L ⁻¹ NAA	13.3
	1.0mg · L ⁻¹ BAP + 0.2mg · L ⁻¹ NAA	53.3
	2.0mg · L ⁻¹ BAP + 0.2mg · L ⁻¹ NAA	93.3
	4.0mg · L ⁻¹ BAP + 0.2mg · L ⁻¹ NAA	73.3
	0.5mg · L ⁻¹ Kinetin + 0.2mg · L ⁻¹ NAA	6.7
	1.0mg · L ⁻¹ Kinetin + 0.2mg · L ⁻¹ NAA	20.0
	2.0mg · L ⁻¹ Kinetin + 0.2mg · L ⁻¹ NAA	26.6
	4.0mg · L ⁻¹ Kinetin + 0.2mg · L ⁻¹ NAA	20.0

각 계통에 있어서 처리 2.0mg · L⁻¹ BAP + 0.2mg · L⁻¹ NAA에서 형성된 세포주를 4등분(5x5x5mm)으로 잘라 약 4주 동안 계대배양을 하였다. 어느 정도 크기로 자란 세포주를 다시 분할하여 아래와 같은 분화 고체배지에 15개씩 치상하여 분화능력을 보았다. 식물생장조절물질이 전혀 첨가되지 않은 처리에서 식물체는 거의 분화되지 않았다. BAP는 당근의 순원기배양에 있어서 신초형성에 절대적이며 같은 계통인 Kinetin 보다는 더 효과적인 것으로 나타났다 (Table 16). 계통 82201-2에 있어서는 2.0mg · L⁻¹ BAP 처리에서 73.3%의 가장 높은 분화율을 보였다. 저농도의 BAP에서는 농도가 높을수록 분화율이 증가하는 경향을 보이고 있으나 고농도의 BAP에서는 오히려 분화율이 떨어지는 경향을 보였다. 그러나 Kinetin 처리에서는 오히려 고농도에서 분화율이 높아지는 경향이 있었다. 본 실험에서는 4.0mg · L⁻¹ 의 농도를 최대한의 고농도 보았으나 그 이상의 농도에서도 연구가 필요한 것으로 판단된다.

Table 16. Effect of various concentrations of BAP, kinetin and NAA on green plant regeneration from cell clumps cultures in line 82201-2 of carrot

Lines	Treatments	Regeneration of Green plants(%)
82201-2	w/o BAP & NAA	6.7
	0.5mg · L ⁻¹ BAP + 0.2mg · L ⁻¹ NAA	40.0
	1.0mg · L ⁻¹ BAP + 0.2mg · L ⁻¹ NAA	66.7
	2.0mg · L ⁻¹ BAP + 0.2mg · L ⁻¹ NAA	73.3
	4.0mg · L ⁻¹ BAP + 0.2mg · L ⁻¹ NAA	53.3
	0.5mg · L ⁻¹ Kinetin + 0.2mg · L ⁻¹ NAA	26.7
	1.0mg · L ⁻¹ Kinetin + 0.2mg · L ⁻¹ NAA	33.3
	2.0mg · L ⁻¹ Kinetin + 0.2mg · L ⁻¹ NAA	33.3
	4.0mg · L ⁻¹ Kinetin + 0.2mg · L ⁻¹ NAA	40.0

계통 85020-7 에 있어서는 1.0mg · L⁻¹ BAP + 0.2mg · L⁻¹ NAA와 2.0mg · L⁻¹ BAP + 0.2mg · L⁻¹ NAA 처리에서 66.7%의 가장 높은 식물체 분화율을 보였다(Table 17). BAP 처리에서는 40.0~66.7%, Kinetin 처리에서는 20.0~26.7%의 분화율을 나타내고 있다. 무처리에서는 전혀 분화가 일어나지 않았다.

Table 17. Effect of various concentrations of BAP, kinetin and NAA on green plant regeneration from cell clumps cultures in line 85020-7 of carrot

Lines	Treatments	Regeneration of Green plants(%)
85020-7	w/o BAP & NAA	0.0
	0.5mg · L ⁻¹ BAP + 0.2mg · L ⁻¹ NAA	40.0
	1.0mg · L ⁻¹ BAP + 0.2mg · L ⁻¹ NAA	66.7
	2.0mg · L ⁻¹ BAP + 0.2mg · L ⁻¹ NAA	66.7
	4.0mg · L ⁻¹ BAP + 0.2mg · L ⁻¹ NAA	46.7
	0.5mg · L ⁻¹ Kinetin + 0.2mg · L ⁻¹ NAA	20.0
	1.0mg · L ⁻¹ Kinetin + 0.2mg · L ⁻¹ NAA	20.0
	2.0mg · L ⁻¹ Kinetin + 0.2mg · L ⁻¹ NAA	26.7
	4.0mg · L ⁻¹ Kinetin + 0.2mg · L ⁻¹ NAA	20.0

계통 85020-7 에 있어서는 2.0mg · L⁻¹ BAP + 0.2mg · L⁻¹ NAA에서 86.7%로 가장 높은 분화율을 보였다(Table 18). 계통 82201-2, 85020-7과 유사한 결과를 보였다. BAP 처리에서는 26.7~86.7%, Kinetin 처리에서는 13.3~40.0%의 분화율을 나타내고 있다. 무처리에서는 전혀 분화가 일어나지 않았다.

아래와 같은 60계통을 선정하여 세포주 형성과 식물체 분화력을 검정하고 있다(Table 19).

전반적인 순원기 배양에서 식물체 분화에 이르는 결과는 Fig. 3과 같다. 순원기 배양에는 액체배지를 이용, 수직회전배양기(drum shaker)를 2r.p.m.으로 회전시켜 배양한다. 그 이유는 순원기 배양체의 표면에 골고루 배양액을 흡수시키고 극성을 타파시켜 여러 개의 성장점을 유기하기 위함이다 (Fig. 3, A). 순원기는 모두가 분화능이 있는 세포주(cell clump)로 분화되는

것은 아니며 캘러스가 형성되기도 한다. 분화능이 있는 세포주는 표면의 색이 선명한 녹색을 띠고 있으며 작은 순원기의 돌기들이 모여서 하나의 커다란 덩어리 모습을 한 것이기 때문에 쉽게 분리되는 경향이 있다((Fig. 3, B). 캘러스는 굳은 세포 덩어리로 되어 있기 때문에 분화시 신초의 형성이 잘 안된다. 순원기가 분화능이 있는 세포주로 되기 위해서는 배지의 조성에 있어서 식물생장조절제인 Benzylaminopurine(BAP)와 naphthaleneacetic acid(NAA)가 매우 중요한 역할을 한다(Fig. 3, C & D). 본 실험을 통해서 $2.0\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ BAP + $0.2\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA의 농도에서 세포주 형성이나 식물체 분화에 매우 양호한 것으로 나타났다. 보통 세포주에서 신초가 먼저 형성된 후에 뿌리가 형성된다. 식물생장조절제가 첨가되지 않은 기본 MS고체배지를 이용하면 보다 효과적으로 뿌리를 형성시킬 수가 있다. 계통간에 세포주 형성이나 식물체 분화에 많은 차이가 있음을 알 수가 있었다.

Table 18. Effect of various concentrations of BAP, kinetin and NAA on green plant regeneration from cell clumps cultures in line 82202-2 of carrot

Lines	Treatments	Regeneration of Green plants(%)
82202-2	w/o BAP & NAA	0.0
	$0.5\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ BAP + $0.2\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA	26.7
	$1.0\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ BAP + $0.2\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA	66.7
	$2.0\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ BAP + $0.2\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA	86.7
	$4.0\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ BAP + $0.2\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA	66.7
	$0.5\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ Kinetin + $0.2\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA	13.3
	$1.0\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ Kinetin + $0.2\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA	40.0
	$2.0\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ Kinetin + $0.2\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA	40.0
	$4.0\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ Kinetin + $0.2\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA	13.3

Table 19. Lines inoculated for shoot primordia cultures in carrot

Lines	no. of cultures	Lines	no. of cultures	Lines	no. of cultures	Lines	no. of cultures
85028-1	6	85024-1	4	82202-1	3	93530-9	4
85028-2	6	85024-2	5	82202-2	12	95348-7	3
85028-3	3	85024-3	4	82202-3	3	95384-8	5
85028-4	5	85024-4	6	82202-4	8	95347-1	7
85028-5	9	85024-5	6	82202-5	4	95384-6	7
85028-6	4	85024-6	4	82202-6	2	95369-8	3
85028-7	5	85024-7	5	82206-1	3	95309	5
85028-8	6	85024-8	8	82206-2	6	95338	5
82201-1	6	85020-1	5	82203-1	6	95312	6
82201-2	7	85020-2	4	82203-2	6	95366	8
82201-3	5	85020-3	2	82203-3	1		
82201-4	1	85020-4	5	82205-1	6		
82201-5	3	85020-5	4	85303-1	4		
82201-6	8	85020-6	8	85303-2	3		
85301-2	4	85020-7	10	85303-3	5		
85301-3	1	85020-8	9	85303-4	5		
		82303-1	2	85303-5	6		

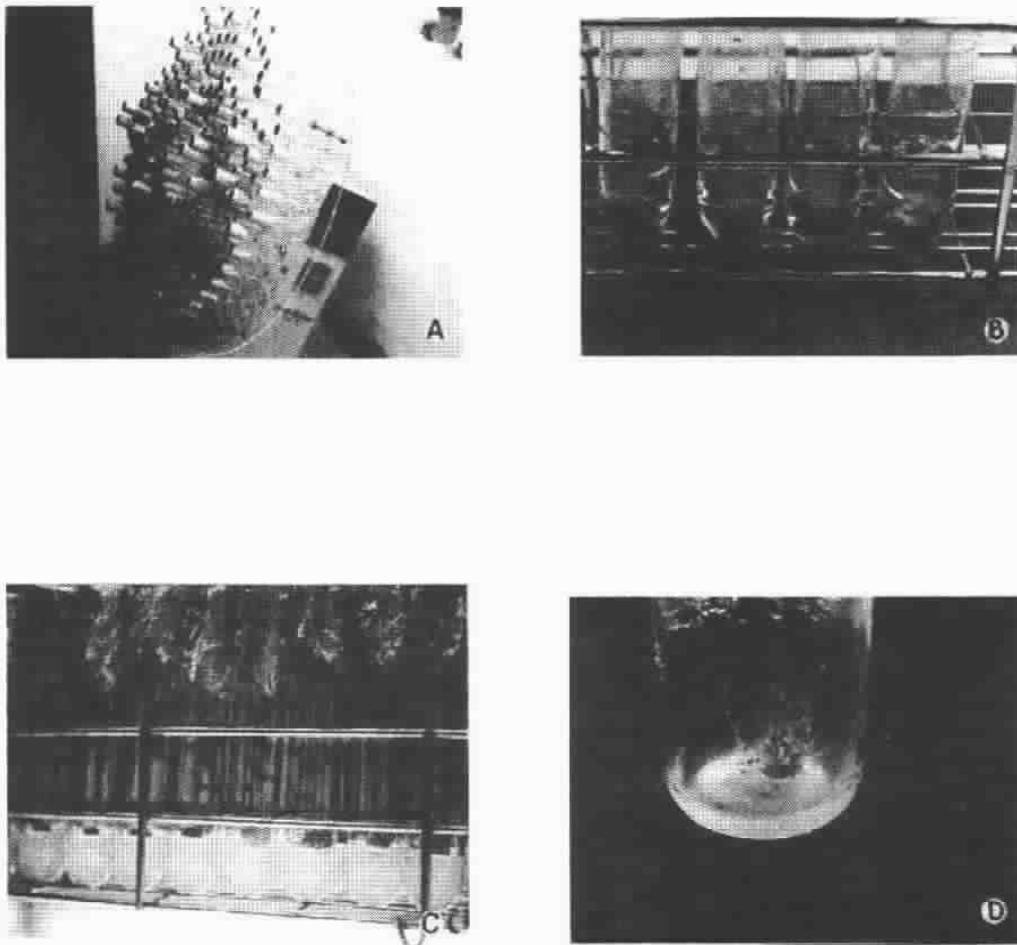


Fig. 3. Plant regeneration from shoot primordia in carrot.

- A: Shoot primordia of carrot culturing in vertical-rotating drum shaker.
- B: Cell clumps from shoot primordia ($\text{MS liquid} + 2.0\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ BAP + $0.2\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA) in carrot
- C: Cell clumps on the regeneration medium ($\text{MS solid} + 2.0\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ BAP + $0.2\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA) in carrot
- D: Regenerated plantlets.

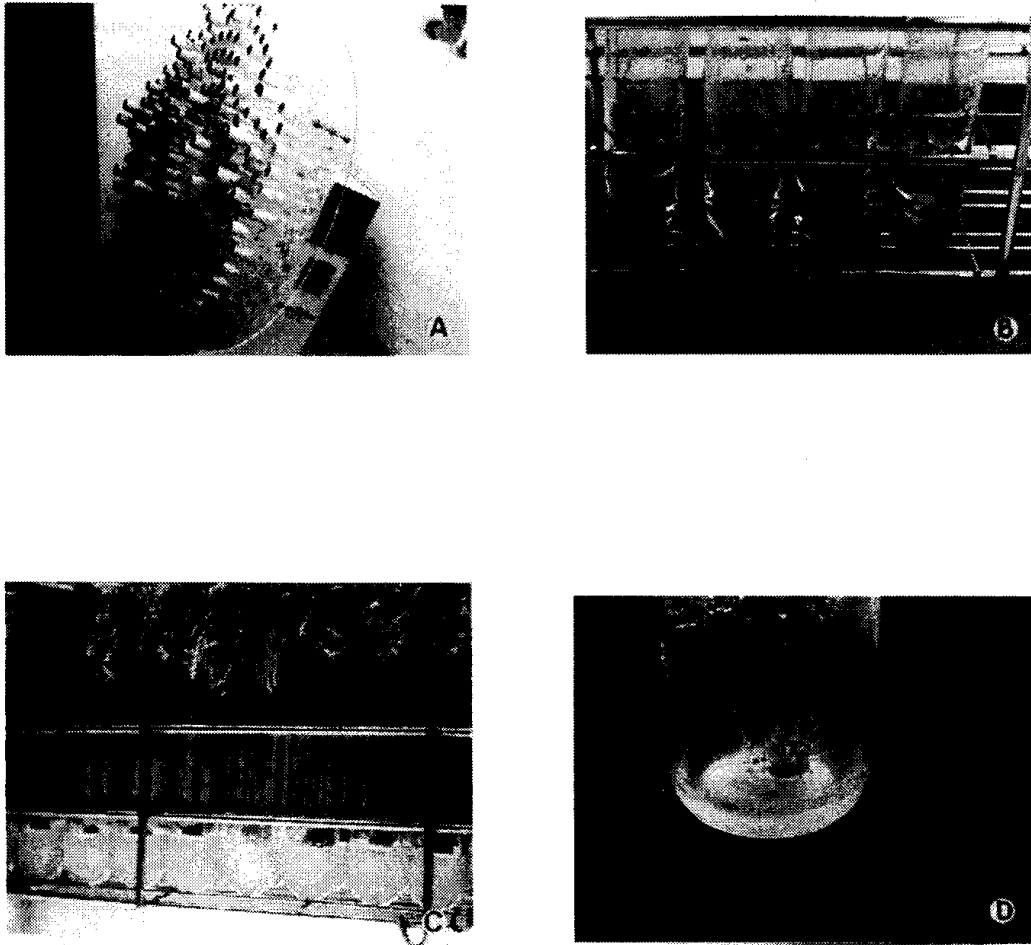


Fig. 3. Plant regeneration from shoot primordia in carrot.

- A: Shoot primordia of carrot culturing in vertical-rotating drum shaker.
- B: Cell clumps from shoot primordia (MS liquid + $2.0\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ BAP + $0.2\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA) in carrot
- C: Cell clumps on the regeneration medium (MS solid + $2.0\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ BAP + $0.2\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA) in carrot
- D: Regenerated plantlets.

제 4 절 요약

본 연구는 약배양을 이용, 당근의 유용한 육성재료를 순계화하기 위하여 약으로부터 성공적인 캘러스 형성과 식물체의 재분화 및 순화체계를 확립하기 위하여 수행하였다. 2,4-D가 함유된 배지가 NAA가 함유된 배지보다 캘러스 형성에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 특히 계통 45477의 경우 A2(B5 + 1mgL^{-1} 2,4-D + 0.2mgL^{-1} BAP)배지에서 약 50%의 높은 캘러스 형성율을 보였다. BAP 또는 NAA농도가 낮아질수록 식물체 생산에 효과적이라는 것을 알 수가 있었으며 식물생장조절물질이 전혀 첨가되지 않은 배지에서 캘러스를 배양하는 것이 기내에서 식물체 생산에 이상적이었다. 배양묘의 염수에 관계없이 배양실에서 4주간 충분히 순화를 거친 유식물체가 포장 생존율이 100%로 가장 높았다. 국내에서는 처음으로 당근 약으로부터 캘러스를 형성하여 식물체로 분화하였으며 지금까지의 연구 결과 한 개의 캘러스에서 식물체를 대량으로 생산할 수 있는 약배양 모델 시스템을 확립하였다.

채소작물에 있어서 1대잡종 품종개발에 순도가 우수한 1대잡종 종자를 지속적으로 생산하는 것은 대단히 중요하다. 본 연구는 당근에 있어서 양친을 변이 없이 유지 증식시킬 수 있는 방법으로 순원기배양법을 확립하기 위하여 수행하였다. 세포주형성과 식물체 분화에는 계통간에 큰 차이를 보이고 있으나 $2.0\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ BAP + $0.2\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA의 농도에서 세포주 형성율과 식물체 분화율이 높게 나타났다. 식물생장조절제가 전혀 첨가되지 않은 배지(MS + w/o BAP, NAA)에서는 조사된 계통 모두에서 세포주와 식물체가 형성되지 않았다. 처리 농도에 있어서 저농도나 고농도의 BAP 및 kinetin은 낮은 세포주형성율과 식물체 분화율을 보였고 BAP가 kinetin 보다 효과가 있는 것으로 나타났다.

인용문헌

1. Ammirato, P. V., D. A. Evans., W. R. Sharp, and Y. Yamada. 1986. Carrot In: Handbook of Plant Cell Culture. Macmillan Publishing Company NewYork. p457-499.
2. Aruga, K. and T. Nakajima. 1985. Role of anther on pollen embryogenesis in anther culture of *Nicotiana tabacum* L. Japan. J. Breeding. 35:390-397.
3. Baker, L. R. 1978. Breeding of Spartan hybrid carrot varieties. Biuletyn Warzywicy. 22:127-136.
4. Bonnet, A. 1978. Breeding of carrot F₁ hybrids in France. Biuletyn Warzywicy. 22:147-150.
5. Buret, P. H. 1978. F₁ Nantaise type carrots and the interest of using graded seed. Biuletyn Warzywicy. 22:151-15
6. Chaudhury A. and R. Qu. 2000. Somatic embryogenesis and plant regeneration of turf-type bermudagrass: Effect of 6-benzyladenin in callus induction medium. Plant Cell, Tissue and Organ Culture. 60:113-120.
7. Dunwell, J. M., M. Cornish. and A. G. De Courcel. 1985. Influence of genotype, plant growth temperature and anther incubation temperature on microspore embryo production in *Brassica napus* spp. oleifera. J. Expt. Botany. 36(165):678-689.
8. Fujii, N., R. Yokoyama, and H. Uchimiya. 1994. Analysis of the Rocl promoter region involved in somatic embryogenesis-related

- activation in carrot cell cultures. *Plant Physiology*. 104(4): 1151-1157.
9. Gamborg, O. L., R. A. Miller, and K. Ojima. 1968. Nutrient requirement of suspension cultures of soybean root cells. *Exp. Cell. Res.* 50:151-158.
 10. Guha, S. and S. C. Maheshwari. 1964. In vitro production of embryos from anthers of datura. *Nature*. 204:497.
 11. Hamada, H., T. Hoshino, and K. Ohsato. 1991. The Production of capillen in shoot primordia of *Artemisia capillaris*. *Plant Tissue Culture Letters*. 8(3): 190-192.
 12. Kai, L. H., S. Matsubara, and K. Murakami. 1993. Haploid plant production by anther culture in carrot(*Daucus carota* L.). *J. Japan. Soc. Hort. Sci* 62(3):561-565.
 13. Kondo, K., S. Nadamitsu., R. Tanaka, and K. Taniguchi. 1991. b Micropropagation of *Spinacia oleracea* L. through culture of shoot primordia. *Plant Tissue Culture Letters*. 8(1): 1-4.
 14. Lee, H. Y., J. O. Jeon., J. G. No. and H. G. Park. 1999. Effects of several factors on callus induction in anther culture of cherry tomato. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.*40(5):537-540.
 15. Michalik, B. 1978. Hybrid breeding of carrots in Poland. *Biuletyn Warzywczy*. 22:157.
 16. Murashige, T and Skoog, F. 1962. A Revised Medium for Rapid Growth and Bioassay with Tobbaco Tissue Cultures. *Physiologia Plantarum* 15: 473-497
 17. 박용. 1990. 당근 Brown anther type의 유망웅성불임계통의 육성. 한국

과학재단. 연구보고서.

18. 박용. 1993. 당근 종자수출용 품종개발. 과학기술처 연구보고서.
19. Park, Y. 1995. Breeding of brown anther type male sterility lines with high phenotypic stability in carrots. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 36(1):1-9.
20. 박용. 1996. 당근 1대잡종 품종육성. 과학기술처 연구보고서.
21. 박용. 1998. 당근의 Brown anther type과 Petaloid type의 응성불임계 통간의 채종량 비교. 대구대 농과연집. 2:47-52.
22. Pearson, O. H. 1981. Nature and mechanisms of cytoplasmic male sterility in plants : review. HortScience. 16(4):482-287.
23. Peterson, C. E. 1970. Utilizing cytoplasmic male-sterility in development of hybrid onions and carrots. Eucarpia Horticulture Section(M. S.):717.
24. Peterson, C. E. and P. W. Simon. Breeding Vegetable Crops. AVI Publishing Company, INC. 321-353.
25. Raghavan, V. 1975. Induction of haploid plants from anther culture of henbane. Z. Pflazenphysiol. 76:89-92.
26. Senalik, D. and P. W. Simon. 1987. Quantifying intra-plant variation of volatile terpenoids on carrot. Phytochemistry. 26:1975-1979.
27. Simon, P. W. 1982a. Genetic variation of volatile terpenoids in roots of carrot. *Daucus carota*, backcrosses and F₂ generations. Phytochemistry. 21:875-879.
28. Simon, P. W. 1982b. Genetic variation of volatile terpenoids in roots of carrot. *Daucus carota*, inbred and F₁ hybrid.

- Phytochemistry. 21(6)1299-1303.
29. Simon, P. W., C. E. Peterson, and R. C. Rindsay. 1982. Genotype, soil, and climate effects on sensory and objective components of carrot flavor. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107(4):644-648.
 30. Song, J. S. 1992. Induction of microspore-derived embryos in anther culture of *Raphanus sativus* L. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 33(6):425-431.
 31. Suh, S. K. and H. G. Park. 1986. Studies on the anther culture of garlic(*Allium sativum* L.). I. Callus formation and plant regeneration. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 27(2):89-95.
 32. Taniguchi, K and R. Tanaka. 1989. Induction of shoot primordia from calli of *Crepis capillaris*(2n=6) and regeneration of plantlets. *Jpn. J. Genet.* 64: 199-208.
 33. Thompson, D. J. 1961. Studies on the inheritance of male-sterility and other characters in the carrot, *Daucus carota* L. var. sativa. Ph. D. Thesis, Cornell Univ. Ithaca, N. Y.
 34. Welch, J. E. and E. L. Grimbball. 1947. Male sterility in the carrot. *Science.* 106:594.
 35. Yoo, K. S., L. M. Pike, and B. K. Hamilton. 1994. A method measuring volatile terpenoids in carrot using direct headspace sampling technique.
 36. Yoon, Y. J., K. S. Kim. and S. K. Chang. 1991. Plant induction by anther culture of hot-pepper(*Capsicum annuum* L.). *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 32(1):8-16.

품종생산·판매신고필증

신 고 번 호 : 2-12-99-14

품종명칭등록출원번호 : 신고99-7560

신 고 인	①성 명 (대표자)	채 성 원	②주민등록번호 (외국인은 국적)	501218 - 1674012
	③주 소	경북 칠곡군 기산면 죽전리 621-17		
	④법인명칭	조양종묘	⑤전 화 번 호	0545) 972-4292
육 성 자	⑥성 명	박 용	⑦주민등록번호 (외국인은 국적)	410103 - 1906127
	⑧주 소	경북 경산시 진량읍 내리리 대구대학교	⑨전 화 번 호	053) 850-6712
⑩품종이 속하는 작물의 학명 및 일반명		학명 : <i>Daucus Carota L.</i> 일반명 : 당근		
⑪품 종 의 명 칭		추동-100		

종자산업법 제138조제3항 및 동법시행규칙 제111조제2항의 규정에 의하여
품종의 생산·판매신고필증을 교부합니다.

1999년 2월 19일

종 자 관 리 소



품종생산·수입판매신고필증

신 고 번 호 : 02-0012-2001-17

품종명칭등록출원번호 : 명칭 2001-1052

신 고 인	①성 명 (대표자)	채 성 원	②주민등록번호 (외국인은 국적)	501218-1674012
	③주 소	경북 칠곡군 기산면 죽진리 621-17		
	④법인명칭	조양종묘	⑤전 화 번 호	(054)972-4292
육 성 자	⑥성 명	박용	⑦주민등록번호 (외국인은국적)	410103-1906127
	⑧주 소	경북 경산시 진량읍 내리리 대구대	⑨전 화 번 호	
⑩품종이 속하는 작물의 학명 및 명칭		학 명 : <i>Daucus cepa</i> L. 일반명 : 당근		
⑪품종의 명칭		추동200		

종자산업법 제138조 제3항 및 동법시행규칙 제111조 제2항의 규정에
의하여 품종의 생산·수입판매신고필증을 교부합니다.

2001년 10월 19일

국 립 종 자 관 리 소 장

[별지 제62호 서식]

품종생산·수입판매신고필증

신 고 번 호: 02-0012-2001-19

품종명칭등록출원번호: 명칭 2001-1123

신 고 인	①성 명 (대표자)	채 성 원	②주민등록번호 (외국인은 국적)	501218-1674012
	③주 소	경북 칠곡군 기산면 죽전리 621-17		
	④법인명칭	조양종묘	⑤전 화 번 호	(054)972-4292
육 성 자	⑥성 명	박용	⑦주민등록번호 (외국인은국적)	410103-1906127
	⑧주 소	경북 경산시 진량읍 내리리 대구대	⑨전 화 번 호	
⑩품종이 속하는 작물의 학명 및 명칭		학 명: <i>Daucus cepa</i> L. 일반명: 당근		
⑪품종의 명칭		새봄100		

종자산업법 제138조 제3항 및 동법시행규칙 제111조 제2항의 규정에
의하여 품종의 생산·수입판매신고필증을 교부합니다.

2001년 11월 23일

국립종자관리소장



27271 34911일
'97. 23. 31. 승인

210mm X 297 mm
보존용지(1종) 120g