

발간등록번호

11-1543000-000396-01

수출용 무모(無毛)계 당근 종자 품종 육성 및 분자 마커 개발
(Development of hairless carrot seed cultivar
and molecular markers for export)

경희대학교

농림축산식품부

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “수출용 무모(無毛)계 당근 종자 품종 육성 및 분자 마커 개발” 과제의
보고서로 제출합니다.

2014년 01월 19일

주관연구기관명 : 경희대학교
주관연구책임자 : 박 영 두
세부연구책임자 : 박 영 두
연 구 원 : 심 은 조
연 구 원 : 박 지 현
연 구 원 : 오 규 동
연 구 원 : 황 은 미
연 구 원 : 이 정 우
연 구 원 : 박 성 관
연 구 원 : 김 대 국

협동연구기관명 : 캐로톱씨드 영농조합법인
협동연구책임자 : 전 상 진
연 구 원 : 우 은 택
연 구 원 : 송 희 정
연 구 원 : 강 숙 자
연 구 원 : 전 진 주
연 구 원 : 조 음 전
연 구 원 : 민 병 숙
연 구 원 : 이 중 자

요 약 문

I. 제 목

수출용 무모(無毛)계 당근 종자 품종 육성 및 분자 마커 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

당근의 종자모는 균일하게 파종하는 것을 방해하고, 종자 수분흡수를 방해하며 이는 발아시 문제점으로 지적되고 있다. 종자모에 존재하고 있는 carotol이라는 물질이 발아를 억제하는 요인으로 작용하고 있으며, 당근 종자의 상품화를 위해 제모의 과정을 거치고 있다. 그러나 기계적인 제모과정을 거치게 되면서 종자에 물리적인 손상을 입힐 수 있고, 종자가 손상되어 수명이 단축되거나 재배시에 문제가 될 수도 있다. 이에 대한 근본적인 문제점을 해결하기 위해 분자 육종 시스템을 이용한 당근 종자모 형질 관련 분자마커를 개발하고자 하였으며, 개발된 마커를 무모계 당근 품종을 육성하는게 도입함으로써 생육 초기 단계에서 선발효율을 높여 무모계 형질을 가진 우수 품종을 육성하고자 하였다. 또한 빨간색 당근의 무모계통을 육성하여 Red계의 유래지인 중국 서부지역 기후에 적합한 Nantes-type 고품질계 F₁ 당근을 개발하여 수출증대에 기여하고자 하였으며, 동시에 히말라야 산맥 인접지역에서의 Red 계 유전자원을 수집하여 인도 및 중국의 기후에 적합한 계통을 육성하고 새로운 수출용 품종개발 자원으로 활용하고자 하였다. 더 나아가 국내 최대 생산지인 제주도에 차별화된 품종을 공급하여 수입상품 유입을 억제하고, 농가 소득증대에 기여하여 국가 경쟁력을 강화하고자 본 연구를 수행하였다.

III. 연구개발 내용 및 범위

- (1) 당근 무모계 종자 관련 연구의 분자마커 개발을 위한 일정한 농도와 순도가 유지되는 최적의 DNA 추출 방법 확립
- (2) 무모계 종자 관련 연구 및 분자마커 개발을 위한 당근 계통을 확보하여 매년 종자의 표현형 특성 검정을 실시하여, 육성목표에 부합되는 계통을 유지하였으며, 각 계통은 형매교배를 수행한 후, 각 집단별로 자가수분을 수행하여 세대진전 수행
- (3) CT-SMR 616 OP 계통을 이용하여 RAPD 분자마커를 개발하여 염기서열을 확보하였으며, 이를 분석하여 종자모 형질과 관련된 SCAR 분자마커 개발에 이용
- (4) 단모종자 표현형 개체와 유모종자 표현형 개체의 종자 cDNA library를 작성하여 EST 염기서열 분석을 통해 종자 생성 초기 단계의 발현 양상을 비교 분석하여 종자모 형성에 관련된 매커니즘 연구

- (5) EST 염기서열을 분석하고 SSR 및 SNP sites를 확인하여 종자모 형질과 관련된 특이적인 분자마커 개발
- (6) 중국, 유럽, 미국, 인도에서 유전자원을 수집하여 특성평가를 수행 후 모본으로 사용하였으며, 임성조사 후 가임으로 표현되는 자원은 sib cross를 통해 종자를 확보하여 화분친 계통 소재로 사용하고자 계통육성
- (7) 고품질의 무모계 중국 수출용 당근 품종 개발을 위해 근형이 Nantes type으로 근색, 육색, 심색이 빨간색으로 착색이 잘되는 계통과 인도 수출용 당근 품종 개발을 위해 근색이 Deci red type으로 착색이 빠르고 근형이 우수한 계통을 육성
- (8) 육성된 계통의 성능 평가를 위해 특성평가를 수행하고 제주도 구좌, 중국 복건성 지역에서 지역적응성시험을 통해 우수 조합 확인 후 품종보호 출원

IV. 연구개발 결과

- (1) 당근의 최적의 DNA 추출 방법을 확립하기 위해 20% SDS, 1X CTAB, 2X CTAB 등의 방법을 이용한 실험을 통해 각각의 방법으로 추출된 DNA 순도와 농도를 확인하였다. 평균값을 비교한 결과 2X CTAB을 이용한 DNA 추출방법에서의 순도가 A260/A230 2.00의 평균값을 나타내어 최적의 방법으로 확인되었다.
- (2) 무모계 종자 관련 분자마커 개발을 위해 1 차년도에 단모종자 표현형을 보이는 CT-SMR 616 line을 sib cross를 통해 이용하였고, 2 차년도부터 5차년도까지는 selfing을 통해 무모종자 표현형을 보이는 계통을 육성하였다. 대조군으로는 CT-SMR 616 line에서 유모종자 표현형을 보이는 개체를 이용해 sib cross 후에 selfing을 통해 계통을 육성하였다.
- (3) 당근의 종자 표현형을 측정된 결과 종자모 길이와 종자 면적의 값이 개체별로 차이가 있는 것을 확인하였다. 단모형 종자 표현형을 보이는 개체를 selfing 하여 고정함으로써 무모계 종자 분자마커 개발을 위해 이용하였다.
- (4) 무모계 종자 관련 RAPD 분자마커 개발을 위해 CT-SMR 616 line의 무모형 개체군과 유모형 개체군을 이용하여 RAPD 실험을 통해 다형성을 확인하였다. 총 17개의 특이적인 RAPD 분자마커 중 무모형 종자 표현형을 보이는 계통에서 5개의 random primer에서 특이적인 다형성을 확인할 수 있었고, 유모형 종자 표현형을 보이는 계통에서 12개의 random primer에서 특이적인 다형성을 확인할 수 있었다.
- (5) 단모형 종자 표현형 계통과 유모형 종자 표현형 계통을 이용하여 확인된 RAPD 다형성을 통해 NYSYSpc21 프로그램을 통해 UPGMA 법에 따라 dendrogram을 작성하였다. 그 결과 단모형 종자 표현형 계통과 유모형 종자 표현형 계통은 유전적 형질이 분명한 차이가 있는 것으로 확인되었다.

- (6) 종자모 형질 특이적인 SCAR 분자마커 개발을 위해 RAPD 실험을 통해 확인된 OPA6, OPA18, OPAN 2 primer로부터의 종자모 형질 특이적인 band의 염기서열을 분석하였고, 분석된 염기서열의 분석을 통해 SCA6₉₀₄과 SCA18₅₅₃, SCA2_{1.2}의 SCAR 분자마커 개발을 하였다. 개발된 3개의 SCAR marker 중, SCA6₉₀₄, SCA2_{1.2}는 단모종자 표현형을 보이는 계통에서만 특이적으로 증폭되어 다형성을 확인할 수 있었고, SCA18₅₅₃는 유모종자 표현형을 보이는 계통에서만 특이적으로 증폭되어 다형성을 확인할 수 있었다.
- (7) 당근 종자모 형질관련 연구에 있어 RNA 수준의 발현차이를 비교분석하기 위하여 cDNA library를 작성하였다. 단모형 종자 표현형 개체(CT-SMR 616 OP 659-1 및 CT-SMR 616 OP 677-14) 및 유모형 종자 표현형 개체 (CT-ATR 615 OP 666-13 및 CT-ATR 615 OP 671-9)를 이용하여 수정 후 자방이 부풀기 시작하는 시기에 종자를 채취하여 각각의 개체별 cDNA library를 작성하였다.
- (8) 단모형 종자 표현형 개체 (CT-SMR 616 OP 659-1과 CT-SMR 616 OP 677-14) 및 유모형 종자 표현형 개체 (CT-ATR 615 OP 666-13과 CT-ATR 615 OP 671-9)를 이용해 작성된 cDNA library를 통한 개체별 1248개의 EST 염기서열을 확보하였다. EST 염기서열 자료를 바탕으로 유모 및 단모 종자 개체의 Functional category별 비교 분석을 수행하였으며, GO data 비교분석을 통해 종자모 형질에 관여할 것으로 예상되는 14개의 EST를 선발하였다.
- (9) GO data를 바탕으로 분석된 당근 종자모 형질에 관여할 것으로 예상되는 14개의 EST에 대하여 real-time PCR을 통해 검정하였다. 그 결과 extensin 유전자의 단모 및 유모 개체간 유의적인 발현차이를 확인하였다.
- (10) EST 염기서열 분석결과에서 확인된 SSR site를 이용하여 종자모 형질관련 SSR 분자마커 개발을 하였다. 263개의 SSR primer를 이용하여 다형성이 확인된 11개의 SSR 분자마커를 확인하였으며, 이들 마커 중 종자모 형질 특이적인 394-12-B05 SSR 마커를 개발하였으며, 후대검정을 통해 종자모 형질 관련 특이적 분자마커임을 확인할 수 있었다.
- (11) EST 염기서열 분석결과에서 단모종자 표현형 개체와 유모종자 표현형 개체의 36개의 single nucleotide polymorphism site를 확보하였고, 이를 이용해 HRM 분석을 하여 659-677-6 SNP 분자마커를 개발하였다. HRM 결과로 확인된 659-677-6 SNP site를 이용해 AS-PCR을 한 결과 유모종자와 무모종자의 형질이 뚜렷하게 확인되었다. 후대검정을 통해 정확성을 확인한 결과 종자모 형질 관련 선발에 충분히 이용할 수 있을 것으로 판단된다.
- (12) 당근 종자모 형질관련 분자마커를 이용하여 linkage map을 작성하였다. 총 194.6cM의 linkage map이 작성되었으며, 당근 염색체 수와 동일한 9개의 연관그룹으로 분포되어 있

음을 확인하였다.

- (13) 무모계 수출용 당근 육성을 위해 해외 유전자원을 도입하여 특성평가 후 육성소재로 활용하고자 하였다. 해외 유전자원 중 근색이 Red-type인 계통이 육성소재로 이용가치가 큰 것으로 생각되어 품종 개발의 재료로 사용하여 육성하였다.
- (14) 2006년부터 2013년까지 모본 성능검정을 통해 CT-SMR OP-616 OP-389-1-3 line에서 파생된 계통과 616 OP-389-⊗-14-line에서 단모로 표현되는 계통, 대조구 line, 웅성불임 line의 모본의 개체별 특성을 파악하여 선발개체는 계통육성에 활용하였고, 특성조사결과 형질이 고정됨을 확인하였다.
- (15) 화분친 계통은 중국유래 계통 Nantes-type과 인도유래 계통 Deci-Red type 계통을 공시하여 근색, 심부색, 근형 등의 특성을 고려하여 특성을 조사하였으며, 조합선발 중 Nantes-type과 Imperator-type을 제주월동시험에 공시하여 순도선발을 하였다.
- (16) 무모종자와 유모종자의 표현형을 비교분석한 결과, 유모종자는 화퇴형성부터 자방의 표면에 육안으로 확인이 가능할 정도의 모용이 붙어있었으며, 수정 후 꽃잎이 떨어지고 3~4일경부터 모용의 신장으로 수정여부를 확인할 수 있었다. 이에 반해, 무모종자는 화퇴형성부터 자방의 표현에 모용이 없거나 짧고, 정상적인 수정이 완료된 후에도 과피에 붙어있는 모용이 퇴화되거나 신장되지 않고 과피, 종피, 배유만 정상적으로 발육됨을 확인하였다.
- (17) 2009년부터 2013년 동안 당근 품종육성에 필요한 계통 구성을 위해 무모와 MS-line, 화분친 계통을 육성하였고, 각 계통별로 특성조사를 한 결과, 형질이 고정됨을 확인하였다. 이 계통을 이용하여 수출용 무모계 당근 품종육성에 이용하였다.
- (18) 2012년부터 2013년까지 우량계통, 선발, 분리, 세대 진전으로 고정된 80조합의 F₁을 작성하고, 성능 평가 후 특성별 조합을 선발하였다. 선발된 조합은 제주 및 중국월동재배의 재료로 활용하였으며, 육성목표에 부합되는 교잡을 통해 4개의 조합을 선발하였다.
- (19) 저온기 재배에 적합하고, 근색이 빨간색인 육종목표에 부합되는 F₁조합의 지역적응성 시험을 통해 현지(제주, 중국) 기후 및 환경 적응성을 갖춘 우수조합선발을 하였다. 2012년과 2013년에 제주도 연락시험과 중국연락시험을 통해 선발조합 중 No. 6346, 6375가 근피색의 착색이 우수하고, 근장이 길며 균일한 우수조합으로 평가되었다.
- (20) 제주도와 중국의 3개 지역에서 지역적응성 시험을 실시하였으며, Nantes-type의 No. 6346이 최종선발조합으로 확인되었다. No. 6346은 근비대가 빠르고, 근피가 매끈하여 상품성이 높은 우수조합으로 확인되었으며, “레드스타(Red-star)” 당근으로 명명하여 품종보호출원을 신청하였다.

V. 연구성과 및 성과활용 계획

본 연구를 통해 수출용 무모계 당근 품종 육성 및 분자마커 개발을 수행하였으며 중국 및 인도 품종개발용 계통을 육성하였다. 당근 종자모 형질 관련 특이적 분자마커로서 개발된 RAPD, SCAR, SSR 및 SNP 마커들은 지속적으로 품종 육성에 이용될 수 있을 것이다. 또한 수출용 당근 품종으로 육성된 레드스타의 품종보호출원을 하였다. 개발된 품종은 수출용 품종으로 개발하기 위해 중국, 인도 등 해외로 시험 종자를 공급하고 만족할 만한 결과가 나오면 시장진입을 위한 증식, 생산, 판매를 시도할 계획이다.

SUMMARY

I. TITLE

Development of hairless seed carrot cultivar and molecular markers for export

II. OBJECTIVE AND IMPORTANCE

Seed hairs generated from the epidermal cells of carrot (*Daucus carota* L.) can prevent uniform germination and inhibit water absorption. All seed hairs contain carotol, which inhibits seed germination, and hair removal from carrot seeds that are sold in markets is typically achieved by mechanical methods. However, mechanical hair removal can injure the seeds and suppress the germination ratio in carrot cultivation. To solve these fundamental problems, molecular markers related to carrot seed - hair characteristics were developed using a molecular breeding system, and previously developed molecular markers were used to breed superior varieties to improve the efficiency of early selection by introducing carrot varieties with breeding related hairless characteristics. Hairless red carrot lines were bred to increase export by developing F₁ Nantes-type carrot lines of highquality suited to the climate in western China where the parental strains originated. At the same time, we used red carrot lines from adjacent areas of the Himalayas to breed suitable lines and resources to develop new export varieties. Our study was conducted to strengthen the national competitiveness of Jeju Island, Korea's largest area of production, by providing differentiated varieties and suppressing the influx of imported products, thereby contributing to the local agricultural economy.

III. RESULTS

The results obtained in this study are summarized as follows.

- (1) The optimal gDNA extraction method from carrots was investigated using 20% SDS, 1× CTAB, and 2× CTAB extraction methods, and the purity and concentration of the extracted DNA were confirmed. A comparison of the mean purity values of the 2× CTAB gDNA extraction method indicated that an A260/A230 value of 2.00 was optimal.
- (2) To develop molecular markers related to hairless seed characteristics, CT-SMR 616 lines that showed short-hair seed phenotype were used by sibling crosses in the first year. For 2 to 5 years hairless seed phenotype lines were bred through selfing. As control line, the individual with hairy seed phenotype selected from CT-SMR 616 line was used through sib cross and selfing.

- (3) Analysis of the carrot seed phenotypes indicated a difference between individuals in mean seed-hair length and seed area. Molecular markers related to hairless seed characteristics were developed through fixation of the hairless seed characteristics (short-hair seed phenotype) by selected individual selfing.
- (4) To develop RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA) markers related to hairless seed characteristics, the CT-SMR 616 and CT-SMR 389 line were selected as short-hair seed phenotype and the hairy-seed phenotype lines, respectively. Among 17 specific RAPD markers, short-hair seed phenotypes were observed to be polymorphic using 5 random primers and hairy-seed phenotypes were observed to be polymorphic using 12 random primers.
- (5) Values of genetic separation between short-hair and hairy-seed phenotype lines were obtained and visualized in a dendrogram using the UPGMA method in the program NTSYSpc 2.1. As a result, genetic characteristics of short-hair and hairy-seed phenotype lines were clearly separated.
- (6) To develop SCAR marker specific for seed-hair characteristics, sequencing analysis was completed for specific OPA6, OPA18, and OPAN2 RAPD markers related to seed-hair characteristics, and SCA6₉₀₄, SCA18₅₅₃, and SCA21.2 SCAR markers were developed through sequence analysis. Among these three SCAR markers, the two SCAR markers SCA6₉₀₄, and SCA21.2 were developed to specify the short-hair seed line, and SCA18₅₅₃ was developed to discriminate the hairy-seed line.
- (7) To study the RNA expression levels related to seed-hair characteristics, cDNA libraries were constructed using the short-hair and hairy-seed phenotype lines. We constructed cDNA libraries at the onset of ovary expansion, using the CT-SMR 616 OP 659-1 and CT-SMR 616 OP 677-14 lines for the short-hair seed phenotype and the CT-ATR 615 OP 666-13 and CT-ATR 615 OP 671-9 lines for the hairy-seed phenotype.
- (8) In total, 1248 EST (Expressed Sequence Tag) sequences were obtained by constructing cDNA libraries using the CT-SMR 616 OP 659-1 and CT-SMR 616 OP 677-14 lines (short-hair seed phenotype) and the CT-ATR 615 OP 666-13 and CT-ATR 615 OP 671-9 lines (hairy-seed phenotype). On the basis of the EST sequence data, functional categories of short-hair and hairy-seed phenotype lines were established. And 14 ESTs related to seed-hair characteristics were selected through Gene ontology (GO) data analysis.
- (9) Fourteen EST sequences of the GO data analyzed on the basis of seed-hair characteristics was analyzed by quantitative real-time RT PCR. As a result, extensin gene was significantly differentially expressed between short-hair and hairy-seed phenotypes.
- (10) Simple sequence repeat (SSR) sites identified in the EST sequence analysis were used to

develop SSR molecular markers related to seed-hair characteristics. We selected 11 EST-SSR markers showed polymorphism using 263 EST-SSR primer pairs. Among these, the 394-12-B05 SSR marker was developed, and its accuracy was evaluated through a progeny test.

- (11) The EST sequence analysis results confirmed 36 SNP (Single Nucleotide Polymorphism) sites from short-hair and hairy-seed phenotype lines, and the 659-677-6 SNP marker was developed for high resolution melting (HRM) analysis using 36 SNPs. Allele-specific PCR (AS-PCR) results using the 659-677-6 SNP site can be used to clearly divide short-hair and hairy-seed phenotype lines. Accuracy was confirmed through a progeny test, and selection related to seed-hair characteristics can be considered to be fully utilized.
- (12) Linkage map were constructed using molecular markers associated with seed-hair characteristics. 194.6 cM length of linkage map has been constructed and distributed in the 9 linkage groups as the same chromosome numbers of carrot.
- (13) Following the tests for morphological characteristics, the genetic materials introduced from foreign countries was used in the development of hairless-seed varieties. Because of the red root type carrot among the foreign genetic materials has high potential of usefulness as cultivar materials for export, this type of variety was determined as development materials.
- (14) Through a pedigree test from 2006 to 2013, morphological characteristics of the selected individual lines derived from the CT-SMR OP-616 OP-389-1-3 line and the short-hair phenotype derived from the 616 OP-389-⊗-14-line, control line, and male sterile line were tested, utilized in breeding program, and finally identified the fixed characteristics.
- (15) The morphological characteristics (e.g. root color, core color, root type) of pollen parent lines were tested using Nantes-type lines derived from China and Deci-type lines derived from India, and purity tests of selected Nantes- and Imperator-types out of the different combination lines conducted in Jeju Island in winter.
- (16) Comparative analysis of phenotype differences between hairless and hairy seeds indicated that seed hairs on the surface of the ovary could be observed with the unaided eye from the time of flower bud formation in hairy seeds. The pollination condition was confirmed by elongation of seed hairs from 3 to 4 d after of the petals were shed, followed by pollination. However, seed hairs on the surface of the ovary did not exist or were short in hairless-seed individuals. Normal development of pericarp, testa, and endosperm were confirmed after normal pollination was completed without atrophy or elongation of seed hairs.
- (17) Through 2009 to 2013, hairless, MS, and pollen parent lines were cultivated to select combinations needed to develop carrot varieties. Morphological characteristic testing of each

combination confirmed the fixed characteristics. Selected combinations were used for the development of hairless carrot cultivars for export.

- (18) We produced 80 fixed F₁ combinations through the process of superior combination selection, separation, and progeny development from 2012 to 2013. On the basis of their characteristics, certain combinations were selected after performance evaluation. Selected combinations were used as materials for winter cultivation on Jeju Island and in China. Four combinations suited to achieve the breeding goals were selected through crossing.
- (19) Superior combinations exhibiting local (Jeju Island, China) climate and environmental adaptability were selected through a local adaptability test of F₁ combinations, with tolerance to low temperatures and red roots as the breeding goals. Among the selected combinations, Nos. 6346 and 6375, which have excellent rhizodermal coloring and longer roots, were considered superior combinations based on local tests conducted on Jeju Island and in China in 2012 and 2013.
- (20) Local adaptability tests were conducted on Jeju Island and in three regions of China. As a result, the Nantes-type No. 6346 combination was ultimately selected as the most suitable combination. No. 6346 has characteristics of fast root growth and a smooth rhizodermis, which should result in high marketability. We applied for Plant Variety Protection for No. 6346 under the name “Red-star.”

CONTENT

Chapter 1. Outline of research projects

Chapter 2. Status of technological development in Korea and overseas

Chapter 3. Contents and results of the research experiments

Chapter 4. Goal accomplishment and contribution to the field of disciplines related

Chapter 5. Application of research results

Chapter 6. Literature cited

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

제 6 장 참고문헌

제1장 연구개발과제의 개요

제1절 연구개발의 목적

당근(*Daucus carota* L. *sativa*)은 산형화과에 속하는 대표적인 작물로서, 영양학적으로 vitamin A의 전구체인 β -carotene의 함량이 풍부하여 면역체계를 활성화 시키고, 항암효과가 높은 것으로 알려졌으며, 전 세계적으로 다양하게 이용되고 있는 녹황색 채소중의 하나이다. 또한, 당근은 저장 및 가공 기술의 발달로 주스, 가공식품에도 다양하게 소비되고 있고, 소비량이 꾸준히 증가하고 있는 경제적·영양학적으로 중요한 작물이다.

본 연구의 목적은 첫째, 국내 소비량이 커지고 있는 당근을 대상으로 분자 육종 시스템을 이용한 당근의 종자모 형질 관련 분자마커를 개발하여 무모계 품종개발에 도입함으로써 생육초기단계에서 선발효율을 높여, 무모계 형질을 가진 우수 품종을 육성하는데 있다. 둘째, 빨간색 당근의 종자모가 퇴화된 무모 계통을 육성하여 당근산업발전에 기여하고 발전된 기술을 통해 Red계 당근의 유래지인 중국 서부지역 기후에 적합한 Nantes-type 고품질계 F₁당근을 개발하여 새로운 시장으로 발전 시켜 수출증대에 기여하고자 한다. 이와 동시에 히말라야 산맥의 인접지역에서 전래되어온 Red계 유전자원을 수집하여 인도 및 중국의 기후에 적합한 계통을 육성하고 새로운 수출용 품종개발의 자원으로 활용하고자 한다. 더불어 국내 당근산업이 축소되고 있는 현실에서 국내 최대 생산지인 제주 월동시장에 차별화된 품종을 공급하여 수입 상품 유입을 억제하고 농가소득증대에 기여하여 국가경쟁력을 강화하기 위해 본 연구를 수행하였다.

제2절 연구개발의 필요성

현재 우리나라에서 이용되고 있는 당근은 대부분 네덜란드와 일본에서 육성된 품종이며, 수입의 의존도가 높고, 대부분이 중국에서 수입하고 있다. 2012년도에 당근의 수입량의 총 95,500톤 중 95,300톤을 중국에서 수입하였으며, 현재 주년공급이 가능해지고 수요가 증가하게 되면서 수입량이 계속 증가하고 있다. 우리나라의 2012년 당근 재배면적은 2,214ha로 재배면적은 감소되고 있는 실정이며, 중국에서의 수입과 수입종자의 가격 급등으로 인해 국내의 당근 재배 농가들의 생산비 부담은 점차 높아지고 있다. 따라서 국내 소비 요구도에 적합하고, 수입 품종을 대체할 수 있는 경쟁력 있는 품종개발이 필요하다.

품종을 육성하는 과정에는 식물의 발육단계나 재배환경 및 육종가의 주관적인 판단 등 여러 가지 요인에 영향을 받을 수 있다. 그러나 형태적인 특성을 이용한 육성과정 보다 DNA를 이용한 분자마커 기술은 이용하기 쉽고, 정확한 품종구분과 유전적 유연관계, 변이를 평가하는데 효율적이다. 이러한 분자마커를 이용한 분자 육종 시스템에 의한 품종 육성은 생육 초기 단계에서 선발 효율을 높일 수 있고, 새로운 형질을 가진 우수품종을 육성할 수 있으며, 육종원가를 낮추는 효과를 기대할 수 있다. 또한 분자 육종의 효율을 높이기 위해서는 육성하고자 하는 특정 형질에 관련된 많은 분자마커가 개발되어야 하며, 육성하고자 하는 특정 농업형질과 연관

된 개발된 분자마커에 대한 고밀도 유전자 연관지도를 작성하여 개발된 분자마커와 육성하고자 하는 특정 형질과의 연관관계에 대한 정보를 확보하여 이용함으로써 육종의 효율을 높일 수 있다.

당근은 종자의 성숙시기의 차이가 있어 균일한 종자품질을 유지하기 어려워 파종 후 발아율이 낮아 발아력 향상을 위한 연구들이 진행되고 있지만 발아의 불균일 및 지연 등이 주요 문제점으로 지적되고 있다. 이런 당근의 종자모에는 carotol 이라는 물질이 존재하는데 이 물질이 발아를 억제하는 요인으로 작용한다. 또한 종자모는 균일하게 파종하는 것을 방해하고, 종자 발아 시 토양으로부터 수분흡수를 방해한다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 현재 시판되고 있는 당근 종자는 채종 후에 기계적인 방법을 이용하여 제모(除毛)과정을 거쳐서 상품화되고 있는 실정이다. 제모과정을 거쳐서 상품화된 종자는 기계적인 제모과정을 거치게 되므로, 종자에 물리적인 손상을 입힐 수 있으며, 일부 종자가 손상되어 종자수명이 단축되거나 재배시에도 문제가 될 수 있다. 또한, 제모과정을 거치게 되면서 불필요한 노동력과, 시간적, 경제적 손실이 발생된다.

무모 종자 당근 품종을 육성하면 인력과 생산비를 감소할 수 있고, 종자모에 의한 발아억제의 문제점과 제모과정에 의한 종자손상에 따른 문제점을 개선할 수 있다. 또한 당근종자 산업 발전에 기여할 수 있으며, 더욱 고품질의 차별화된 색상의 품종육성을 통해 경쟁력을 강화하여 수출증대에 기여할 수 있는 작물로 발전시킬 수 있을 것으로 기대한다. 이를 위해서 당근의 종자모 형성 관련 형질을 연구하여 이를 바탕으로 하는 분자마커를 개발함으로써 효율적으로 무모 종자 당근 품종 육성이 필요하다. 또한 수입종자의 시장독점과 수입종의 재배면적의 확대에 의해 생산비가 증가하고 있으며, 이에 대응하기 위해 국내 품종의 자급도를 높일 수 있는 품종 개발이 요구되고 있다. 또한 위기에 처한 국내당근산업 발전을 위해서 대표적인 월동당근의 생산지인 제주 지역에 적합한 차별화된 품종개발도 필요하다.

당근은 2011년 FAO 에 따르면 세계 총 재배면적은 1,184,284ha로 생산량은 35,761,081 톤에 달하고 있다. 그중 중국의 재배면적이 464,000ha로 39.3%를 차지하고 있으며, 생산량은 16,233,213톤으로 45.5%의 가장 큰 규모로 생산되고 있다. 인도는 33,473ha로 2.82%의 재배면적으로 알려져 있지만, 2기작 재배를 하고 있으며, 미 공개된 재배단지를 포함하면 예상보다 클 것으로 생각된다 (Table 1). 따라서 유럽, 미국, 일본 등 선진화 되어있는 기술과 종자시장에서 경쟁하기 위해서는 선진기술 습득과 다양한 유전자원을 확보하고 육성가의 저변확대와 지속적인 투자가 이루어져야 하며, 동시에 유전자원을 확보하여 전통육종과 신기술을 접목시킨 분자표지를 이용하여 체계적인 분자육종 시스템을 확립해야 할 것이다. 중국 수출용 무모계 품종 개발을 위해서는 근색 및 육색이 빨간색으로 착색이 잘되며 저온기 비대형인 고품질계 품종 육성이 필요하고, 중국용 계통육성은 저온기 비대형의 조생계 계통을 인도용 계통육성은 Deci red-type으로 근비대가 빠른 조생계 계통을 육성하는 것이 필요하다. 본 연구를 통하여 고품질의 무모 종자 당근 품종을 육성하여 경쟁력을 확보함으로써 수입종자에 의존하고 있는 국내 종자 시장의 활성화와 중국과 잠재력이 큰 인도시장에 진출하여 수출 유망작물로 발전시킬 수 있을 것으로 판단되며, 이는 종자 산업에 큰 기여를 할 수 있을 것이다.

Table 1. 세계 국가별 재배면적 및 생산량 (2011 / FAO)

순위	국가별	재배면적		총 생산량		생산량/ha
		ha	비율(%)	ton	비율(%)	Kg(100g)
1	China	464,000	39.1	16,115,000	45.0	347,306
2	Russia	74,300	6.28	1,735,030	4.85	233,517
3	Ukraine	48,200	4.06	864,200	2.42	179,295
4	USA	33,870	2.87	1,298,800	3.63	383,466
5	India	33,473	2.83	514,889	1.45	153,822
6	Indonesia	33,228	2.80	526,917	1.48	158,576
7	Nigeria	25,000	2.12	210,000	0.59	84,000
8	Turkey	24,669	2.09	602,078	1.70	244,063
9	Poland	23,522	1.99	887,374	2.50	377,253
10	Japan	19,200	1.62	617,300	1.73	321,510
	Korea	2,849	0.24	93,964	0.26	328,866
기타		401,973	34.0	12,295,529	34.39	29,335,612
세계		1,184,284	100	35,761,081	100	32,147,286

자료: FAO (2011년)

제3절 연구개발 내용 및 범위

본 연구는 수출용 무모(無毛)계 당근 종자 품종 육성 및 분자 마커 개발을 위해 2008년 12월부터 2013년 12월까지 5년간 경희대학교와 캐로톱씨드 영농조합법인이 공동으로 수행하였다.

제 1 세부과제는 당근의 무모(無毛)계 종자 형질 관련 분자 마커를 개발하기 위해 유모(有毛)계 종자형질을 가진 계통과 무모계 종자의 형질을 가진 CT-SMR 616 OP 계통을 육성재료로 이용하여 분자마커를 개발하였다. 당근과 관련된 분자마커에 대한 자료 및 정보가 부족하여 염기서열에 대한 정보 없이도 개발 가능한 RAPD, AFLP 분자 마커를 시작으로 종자모 형질 관련 마커를 개발하였다. 이들 마커의 염기서열을 분석하여 종자모 형질과 연관된 SCAR 분자마커를 개발하였으며 개발된 분자마커의 후대검정과 정확성을 확인위해 기존의 육성재료와 육성경로가 다른 무모종자 표현형을 보이는 계통에 적용하여 검증하였다. 매년 종자의 표현형 특성 검정을 실시하였으며, 육성목표에 부합되는 계통을 유지하였으며, 각 계통은 자식약세를 극복하기 위해 형매교배를 수행한 후, 각 집단별로 자가수분을 수행하여 세대진전을 시켰다. 또한, 단모종자 표현형 개체와 유모종자 표현형 개체의 종자 DNA library를 작성하여 EST 염기서열 분석을 통해 종자 생성 초기 단계의 발현 양상을 비교 분석하여 종자모 형성에 관련된 매커니즘을 연구하였으며, EST 염기서열을 분석하여 SSR(simple sequence repeat) 및 SNP(single nucleotide polymorphism) sites를 확인하여 종자모 형질과 관련된 특이적인 마커를 개발하고자 수행하였다.

제 1 협동과제는 무모계 중국 수출용 당근품종 개발을 위해 근형이 Nantes type으로 저온기 비대가 우수하고 근색, 육색, 심색이 빨간색으로 착색이 잘되는 고품질 당근 품종을 육성하

고자 하였다. 또한 무모계 인도 수출용 당근품종 개발을 위해 근색이 Deci red type 으로 착색이 빠르고 근형이 우수한 계통을 육성하고자 하였다. 2008년부터 2013년 까지 중국, 유럽, 미국, 인도에서 매년 10점의 유전자원을 수집하여 특성평가를 실시하고 모본으로 활용하였다. 임성조사를 통하여 가임으로 표현되는 자원은 sib cross으로 교잡하여 50점의 종자를 확보하였고 선발자원은 화분 친 계통소재로 활용하고자 선발하여 계통을 육성하였다. 4차년도부터 5차년도 까지 양친을 이용한 적절한 조합구성으로 조합을 작성하여 매년 108조합을 작성하였다. 연차별 작성된 F₁조합은 가을시험으로 성능을 평가하였다. 지역적응성시험은 제주도 구좌, 중국 복건성 지역에서 수행하였다. 그 결과 선발조합 No. 6346의 조합은 2년간의 반복시험에서 근형은 Nantes-type으로 근비대가 빠르며 근피가 매끈하여 상품성이 높은 우수조합으로 확인되어 2013년 5월7일 “레드스타(Red Ster)”당근으로 명명하여 품종보호 출원을 신청 하였다. 품종 보호출원 된 1품종의 양친을 선발, 정식한 뒤 교배를 진행하여 시험종자 및 원원종을 확보하였다.

또한 본 연구팀은 2005년도 Carrotop Seeds의 육성포장의 시험 계통 중 종자모용이 불완전한 (단모, 중모, 정상모) 형태로 분리 되는 계통을 확인하였다. 확인된 계통은 유래자원에 가까운 color 당근의 한 종류로 확인되었고 다양한 종류별 모용 확인도 필요하여 유래자원을 (당근의 근본적인 기본 color는 Red, Yello, White, Purple, Black. 5종류이며 색상은 Fig. 1 과 같이 구분되며 color별 유래지역은 Fig. 2 와 같다. 현재 우리가 식품으로 활용 하고 있는 주황색 당근은 17세기 중엽 네덜란드에서 최초로 육성된 것으로 알려져 있다.) 각각 수집하였고 특성과 약을 실시한 결과 빨간색 유래자원의 일부계통에서 종자모용이 분리하는 것으로 확인되었고 기타 유래자원에서는 발견되지 않았다. 따라서 2007년부터 빨간색의 유래자원을 수집하게 되었다. 계통별 7寸 red-line, Western red-line, Nutri red-line, Deci red-line, Atr red-line, Smr red-line, China red-lin등 수집된 유전자원을 공시하고 특성과약을 실시한 결과 ATR red-line 과 SMR red-line의 개체에서 불완전한 모용의 형태로 분리되는 개체 중 단모형의 개체를 확인되었다. 확인된 2 계통은 정상 모용개체와 단모용의 개체를 selfing, sib cross로 교잡과 선발작업을 거쳐 세대를 진전시켜 최종 SMR 616 무모-line을 육성하였다. 웅성불임계통은 기 보유 계통 중 근색이 주황색인 Petaloid-type의 MS-line을 이용하여 5세대를 진전 중에 있으나 모용이 분리양상을 보이고 있어서 과제종료 후 back cross로 반복교잡 하여 2~3세대 세대진전으로 무모계 웅성불임 계통을 육성하고자 한다.



Fig 1. 당근 기본 단면 근색 모습

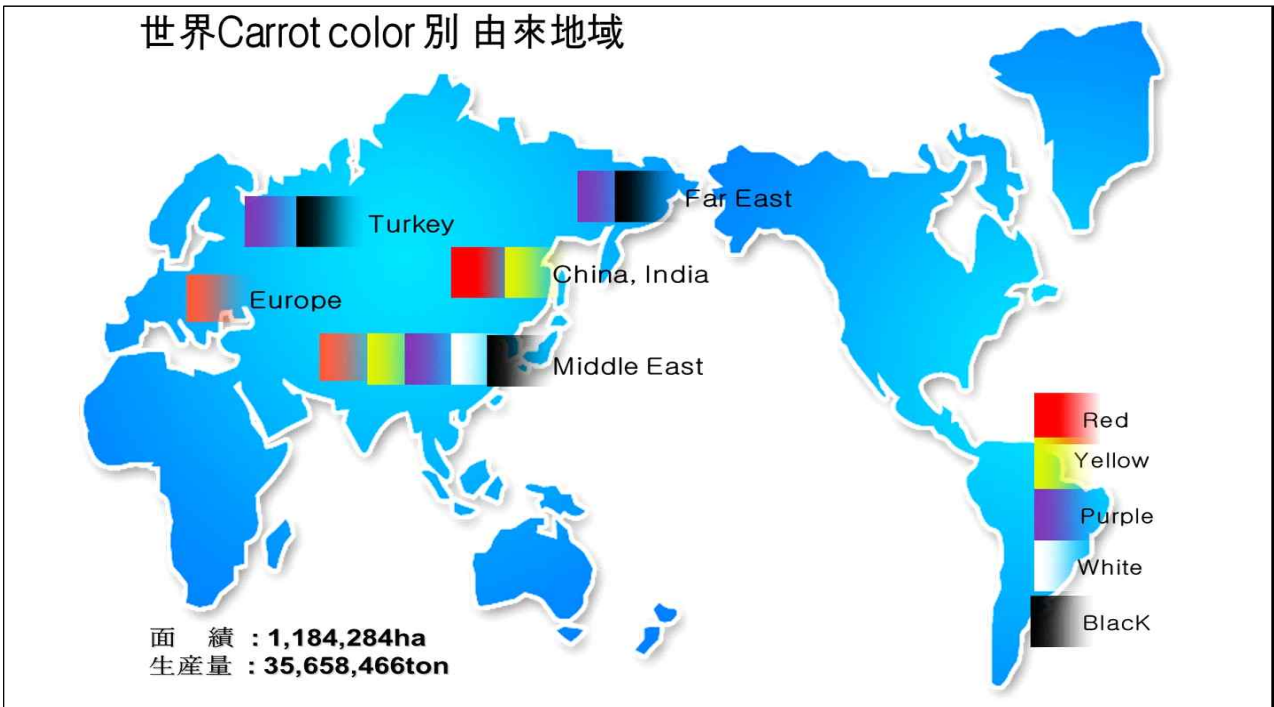


Fig 2. 세계 당근 근색별 유래지역

제2장 국내외 기술개발 현황

제1절 본 연구관련 국내외 기술수준 비교

국내에서 당근과 연관된 연구는 대학이나 연구소에서 연구를 수행하고 있지만 당근 품종 육성에 대한 연구는 많지 않다. 일부 종자회사에서 품종육성을 진행하였지만, 당근의 특성상 육종 소요기간이 길고, 당근 시장 규모가 작아 품종 육성이 어려운 실정이다. 또한 당근 품종개발을 위해 유전자원을 이용한 분자유전학적인 연구결과도 미약한 상태이다. 국내 당근 생산지는 강원, 경남, 부산, 제주로 형성되어 있지만 이들 생산지에서는 대부분 수입품종을 이용하고 있다.

국외에서 아시아권에서는 일본의 기술 수준이 가장 앞서 있고, 각 type별로는 일본이 Kuroda type의 품종이 가장 잘 개발되어 있으며, 중국, 러시아, 인도, 인도네시아, 일본 등은 Kuroda-type재배지가 많은 국가이며 세계면적의 52.7%를 차지하고 있다(Fig. 3). Nantes type은 네덜란드, 프랑스가 기술이 앞서있으며 주시장이 유럽이다. Emperor type은 미국의 품종이 가장 앞서 있다.

따라서 본 연구팀에서 확보한 유전자원의 정보를 이용하여 개발된 분자마커의 기술과 당근 품종은 수입품종과의 경쟁력을 높일 수 있고 국내 시장에서도 생산비 절감이 가능하다고 생각된다.

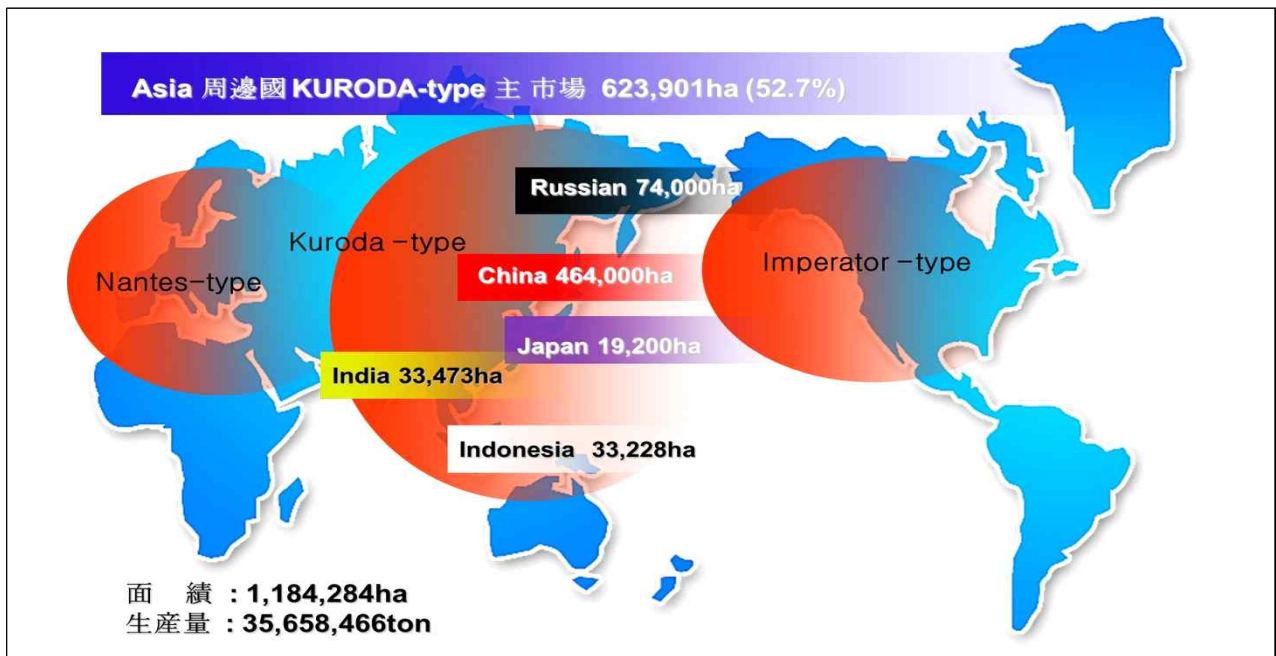


Fig 3. 세계 type별 주 재배지

개발기술명	관련기술 최고보유국	현재 기술수준		비고
		우리나라	본 연구팀	
무모(無毛) 당근 종자 관련 분자 마커 개발	-	-	100%	국내외에서 개발된 기술이 없음.
무모(無毛)계 당근 종자 품종 육성	-	-	100%	국내외에서 개발된 기술이 없음.

제2절 특허분석에 따른 본 연구과제와의 관련성

본 연구팀에서는 무모계 당근 품종 육성을 위해 종자모 형질 관련 분자마커를 개발하였으며, cDNA library를 작성하여 EST 염기서열을 이용하여 분자유전학적인 분석을 수행하였다. EST 염기서열을 이용하여 SSR과 SNP 마커를 개발하였으며, 개발된 SNP 분자마커에 대한 특허출원을 하였다.

개발기술명	무모(無毛) 당근 종자 관련 분자 마커 개발	무모(無毛)계 당근 종자 품종 육성
Keyword	당근, 무모, 종자, 분자 marker	당근, 무모, 종자
검색건수	0	0
유효특허건수	1(본 연구팀)	0
핵심특허 및 관련성	특허명	당근 무모 종자 형질 관련 SNP 분자마커
	보유국	대한민국
	출원년도	2012
	관련성(%)	100%
	유사점	-
	차이점	-

제3절 논문분석에 따른 본 연구과제와의 관련성

본 연구팀에서는 무모계 당근 품종 육성을 위해 종자모 형질 관련 분자마커를 개발하였으며, cDNA library를 작성하여 EST 염기서열을 이용하여 분자유전학적인 분석을 수행하였다. EST 염기서열을 이용하여 SSR과 SNP 마커를 개발하였으며, 개발된 SNP 분자마커에 대한 논문을 발표하였다. 또한 RAPD를 이용하여 종자모 관련 SCAR 마커를 개발하였고, 각 연구결과에 대한 논문도 보고하였다. 또한 무모 line육성을 위해 종류별 유래 자원을 확보하여 계통을 육성

하였고 교배를 통해 품종을 개발하는데 이르렀다.

개발기술명		무모(無毛) 당근 종자 관련 분자 마커 개발	무모(無毛)계 당근 종자 품종 육성
Keyword		Seeds, hairless, carrot, molecular marker	Seeds, hairless, carrot
검색건수		6	0
유효논문건수		5(본연구팀)	0
핵심논문 및 관련성	논문명	1. 당근 종모 형질 관련 EST profiling과 이를 이용한 EST-SSR 및 SNP 마커 개발 2. EST profiling을 통한 당근(<i>Daucus carota</i> var. <i>sativa</i>)의 종모 형성에 관련된 유전자 분석 3. 당근 EST 염기서열을 이용한 종자모 형질 관련 SNP 분자표지 개발 4. 당근 종자모 형질 관련 RAPD - SCAR분자표지 개발	-
	학술지명	1. J. Kor. Soc. Technol. 28(6):1025-1038 2. J. Kor. Soc. Technol. 28(6):1039-1050 3. J. Kor. Soc. Technol. 31(1):80-88 4. J. Kor. Soc. Technol. 31(1):782-789	-
	저자	오규동, 황은미, 심은조, 전상진, 박영두 황은미, 오규동, 심은조, 전상진, 박영두 오규동, 심은조, 전상진, 박영두 심은조, 박성관, 오규동, 전상진, 박영두	-
	게재년도	2010, 2010, 2013	-
	관련성 (%)	100	-
	유사점	100	-
	차이점	-	-

제4절 제품 및 시장 분석

1. 생산 및 시장 현황

가. 국내 제품 생산 및 시장 현황

국내 당근의 2012년도 종자 생산량은 약 1,150kg이고, 수입량은 약 124,194kg 이며, 90%이상의 종자가 중국으로부터 수입되고 있다(Table 2).

Table 2. 국내 당근 종자 수출입 및 비율

작물	수입량 (kg)	수입금액 (천US\$)	비율 (%)	수출량 (kg)	수출금액 (천US\$)	비율 (%)
당근	124,194	4,669	8	46,993	2,180	5
전체작물	2,010,527	61,137	100	544,606	544,606	100

자료: 한국종자협회 (2012년)

국내당근의 재배면적이 2010년 5,422ha에서 2012년 2,214ha로 급격한 감소 추세에 있으며 연간 소요량은 약18만~20만톤 이며 국내 생산량은 약 63,000톤으로 자급비가 35%정도에 불과하다(Fig. 4). 부족분의 90%이상이 중국으로부터 수입되고 있는 실정이다. 국내 재배면적의 49%가 제주도에 집중되어 있고 강원도, 부산 경남 지역에서 명맥을 유지하고 있어(Table 3) 최소한 제주도시장은 지켜져야 국내기반 유지가 가능할 것으로 보인다. 당근 국내당근산업의 현실은 수입상품과 경쟁력 상실로 수입물량이 증가되면서 채산성이 맞지 않아 농가손실도 커지고 있다. 재배품종도 대부분이 수입품종에 의존하고 있는 실정이며 이 또한 최소한 제주도시장은 반드시 지켜져야 국내기반 유지가 가능할 것으로 보인다(Fig. 5).

국내 종자시장규모는 약 1,500억원으로 추정된다. 2012년 당근종자 시장규모는 약 46억원이며, 전체비중의 3.1%로 국내시장규모는 미약한 수준이다. 그 중 70%이상을 수입에 의존하고 있으며 매년 10%이상 종자가격이 상승하고 있어 농가 생산비부담이 가중되고 있다(Fig. 6).

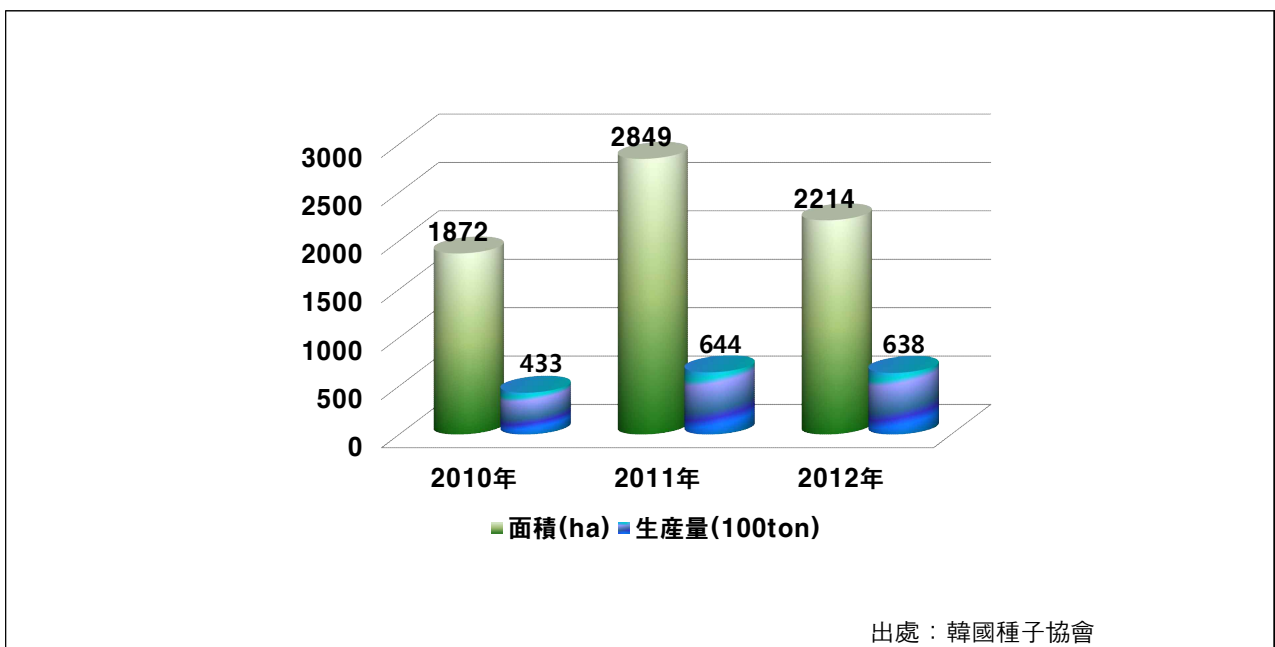


Fig 4. 2012년 국내 연도 별 재배면적 · 생산량

Table 3. 국내 당근 재배면적 및 생산량

시도별	근채류 면적 (ha)	재배 면적 (ha)	10a당 생산량 (kg)	생산량 (톤)
서울특별시	9	0	0	0
부산광역시	169	91	3,090	2,812
대구광역시	56	0	0	0
인천광역시	81	1	2,712	27
광주광역시	208	3	1,956	59
대전광역시	27	6	2,150	129
울산광역시	49	0	0	0
경기도	2,052	18	1,988	358
강원도	3,578	162	2,720	4,406
충청북도	864	51	2,643	1,348
충청남도	2,229	46	3,253	1,496
전라북도	2,640	47	2,650	1,246
전라남도	2,102	48	2,830	1,358
경상북도	1,733	230	2,437	5,605
경상남도	978	430	4,085	17,566
제주도	1,529	1,081	2,533	27,382
계	18,304	2,214	2,881	63,792

자료 : 통계청 농림어업과 (2012)

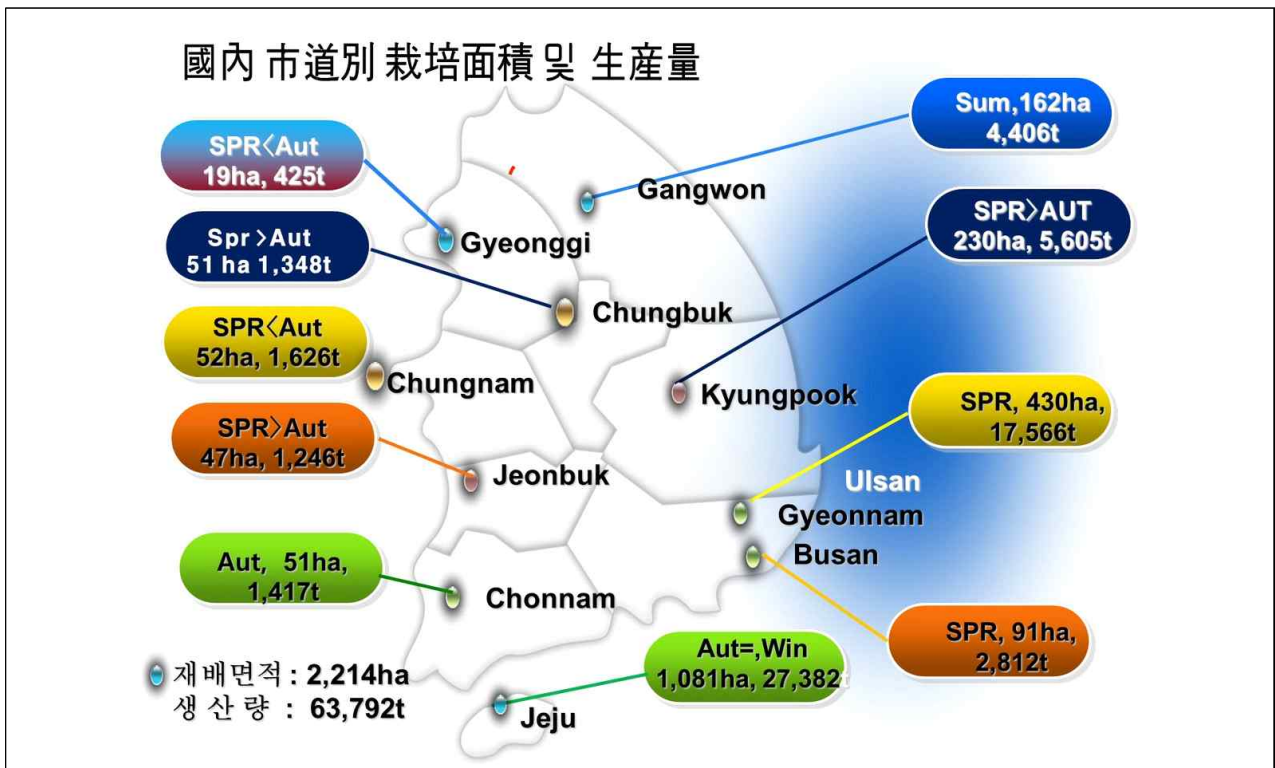


Fig 5. 2012년 국내 시도별 · 작형 · 면적 · 생산량

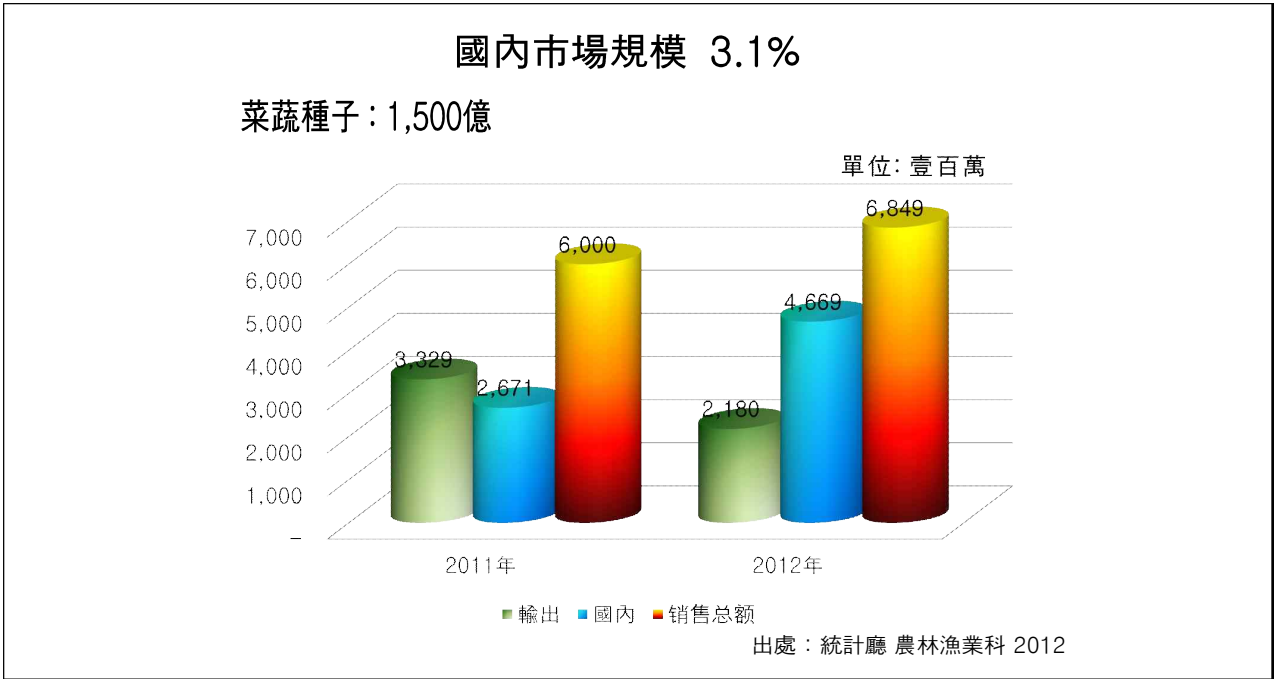


Fig 6. 당근 국내 시장 규모

나. 작형 별 현황

(1) 남부

부산, 경남, 경북을 중심으로 터널 및 하우스 작형으로 재배되며 12월중순~1월하순에 파종하여 5월중순~6월하순에 수확하는 작형이다. 재배품종은 시그마(농우), 베타리치(Sakata), 슈퍼골드(Sakata), 슈퍼베타(Sakata), 베니골드(Sakata), Aikou(Sumika) 등 주로 일본에서 개발된 품종이 재배되고 있다.

(2) 고랭지

해발 500~700m 고랭지 지역인 강원평창, 진부, 횡계, 강릉을 중심으로 재배단지가 형성되어 있으며 연작으로 인한 병충해 피해와 근비대기~수확기에 잦은 강우로 고품질의 생산에 어려움이 많은 작형이다. 또한 중국의 내몽고에서 수입되는 당근과 출하시기가 겹치고 상품성과 품질 등 경쟁에서 뒤지고 있는 실정이라서 어려움을 겪고 있다. 파종은 4월상순~5월하순에 파종하여 8월하순~10월중순에 수확하는 작형이다. 재배품종은 시그마(농우), 조은(Monsanto), 골드리치(Sakata), 베니골드(Sakata), Nigel(Bejo), 베니스타(Takii) 등 지역 및 재배시기에 따라 분할되어 재배되고 있다.

(3) 월동

제주도 동남부에 위치한 구좌 및 성산지역을 중심으로 월동재배를 주 작형으로 하며 일부지역에서 연내수확용인 가을재배를 병행한다. 파종은 7월중순부터~8월중순까지 파종하여 12월중순부터 이듬해 2월중순까지 수확하는 작형이다. 울트라, 415, 비바리, 드림7, 신흑전계 등

이 난립되어 재배되고 있다. 전체시장의 43%가 단기간 출하되어 부가가치가 적은 저가의 상품으로 취급되고 있으나 최근에는 저장시설이 잘 갖추어져 있어서 냉장저장으로 출하조절이 가능하게 되었다(Fig. 7).



Fig 7. 국내 재배 작형 분화

다. 국외 제품 생산 및 시장 현황

(1) 중국현황

세계적으로 당근 재배 면적은 약 1,184,284ha로 그 규모가 크고 품종의 발달과 함께 시장의 규모가 지속적으로 확대될 전망이다. 중국의 재배면적은 2011년도에 466,562ha로 전 세계의 39.3%를 차지하는 규모로 생산량은 16,233,213ton으로 세계비중은 45%로 가장 큰 시장이다. 일반중 시장규모는 약 1,100억원으로 추정되며 장기적으로 F₁ 시장으로 전환될 경우 약 4,600억원을 상회하는(국내 채소종자 시장은 약 1500억원) 거대한 시장변화가 예상된다(Fig. 8).



Fig 7. 중국 당근 종자시장 현황

세계적으로 당근이 채소 10대 유망작물에 포함되어 있고 그 중요성을 인식 하고 있어서 대다수의 다국적 기업 들은 활발한 투자와 개발이 이루어지고 있으나, 국내실정은 여러 가지 제한적 요소가 많아서 개발의 노력이 미흡한 실정이다. 중국을 6대 권역으로 나누어볼 때 그중 中南地域은 (湖北省, 湖南省, 廣東省, 廣西自治區)의 재배면적은133,665ha이고 생산량은 3,290,000ton이다. 華東地域은 (山東省, 江蘇省, 安徽省, 浙江省, 福建省)의 재배면적은 104,520ha 이며 생산량은 4,040,000ton이다. 그 뒤로 華北地域은 (內蒙古自治區, 河北省, 山西省)의 재배면적은 74,370ha이며 생산량은 3,290,000ton이다(Fig. 8). 이들 지역은 시장규모가 큰 3대 권역으로 알려져 있으며 재배기반 및 기술도 잘 발달되어 있어서 F₁품종의 시장개발에 용이한 지역으로 판단된다. F₁품종 보급은 2006년도~2007년경 內蒙古, 河北省, 山東省에서 고랭지 및 춘과용 품종으로 早春紅冠(世農) 紅榮2号(丸種)가 재배되어 시장진입에 성공한 최초의 품종이며 그 뒤로 415(세농), GoldRich(Sakata), 紅美人(Takii), Nigel(Bejo), Aikou(Sumika)품종이 자리를 잡아가고 있으며 Vilmorin, Nunhem,社 등 후발주자들의 시장진입을 위한 시험도 활발히 진행되고 있다. 福建省 월동당근 시장은 SK316(Sakata) 품종은 품질, 상품성이 우수하고 제반성능이 탁월하여 경쟁상대가 없는 상태로 단일품목 단독시장으로 최고가(450萬元/kg)의 확고한 종자시장을 구축하였다. 이 지역에서 생산되는 상품은 우리나라 등 아시아 전역으로 수출되고 있다. 기타지역에서도 F₁품종의 시장공급을 위한 시험이 활발히 진행되고 있어서 시장규모 증가와 함께 기술을 보유한 국가 간 시장 선점을 위한 경쟁이 치열해질 것으로 예상된다. 현재 중국의 기술력은 고정종 선발 수준이나 작물별 육성프로그램을 국가의 관심과 지원으로 착실히 준비하고 있는 것으로 알려져 있다.

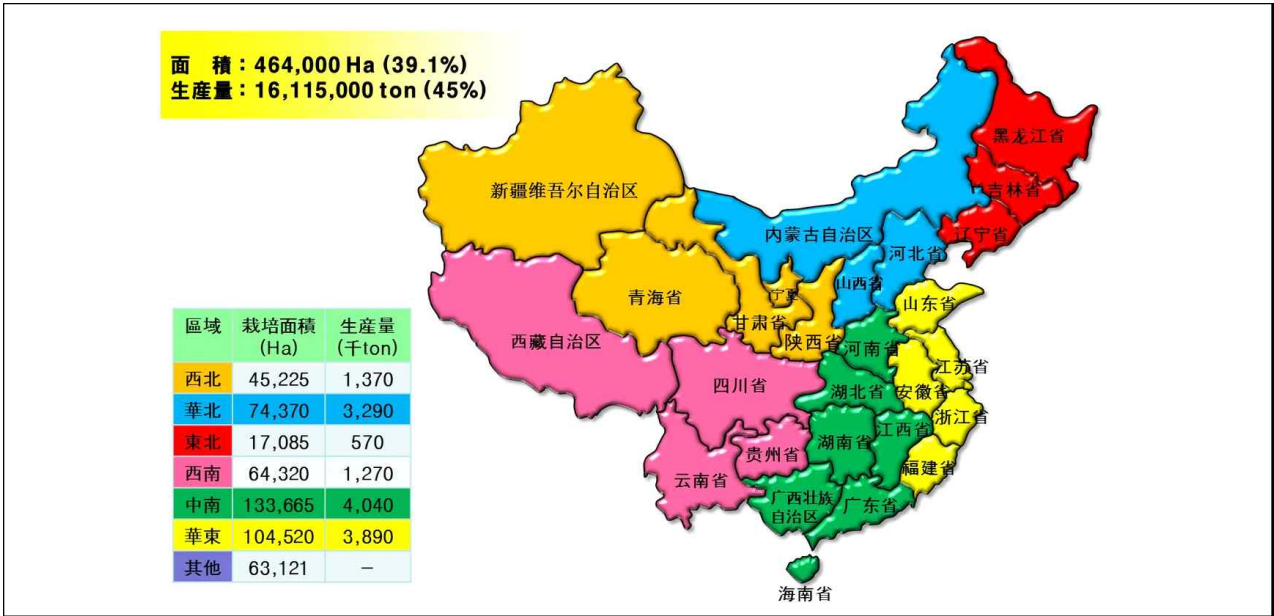


Fig 8. 중국 성별 재배면적 및 생산량

중국의 西北地域인 新疆위구르自治區, 青海省, 西南地域인 西藏自治區, 四川省, 云南省은 Red Color 당근의 전래종 생산지가 형성되어있으며 華北地域의 內蒙古自治區의 일부지역은 Yellow Color 당근이 재배되고 있다. 지금까지는 주로 장식용 식품으로 사용되었으나 생활수준 향상과 건강식품에 대한 관심이 높아지고 있어서 앞으로 color 당근의 시장규모 증가가 예상되며 다양한 색상의 품종개발이 필요한 상황이다(Fig. 9, 10, 11).



Fig 9. 중국 근색별 유래지역



중국 유래종



재배 전경

Fig. 10. 중국유래 Red type 근형 모습 및 재배전경



Fig 11. 중국 재배 채종→선별 모습

(2) 인도현황

인도의 재배면적은 2011년 33,473ha로 본 연구를 수행한 2008년도 30,063ha 면적보다 증가하였다. 생산량은 514,889ton으로 규모면에서 아시아국가중 두 번째로 많으며 장기적으로 발전가능성이 큰 시장으로 알려져 있다. 앞으로 F₁품종으로 시장이 전환되면 종자시장은 약 17,000천\$의 시장변화가 예상된다. 북부지방의 인도 유래종인 Deci red-type 빨간색 당근의 생산지는 잘 알려져 있지 않은 시장으로 그 규모를 가늠할 수 없으나 꼭 필요한 건강식품으로 알려져 있고 수요가 많아 새로운 시장으로 부상이 예상되고 있다(Fig. 11, 12, 13).



Fig 11. 인도 당근 시장 규모



Fig. 12. 인도유래 Red type 근형 모습 및 재배전경



인도 Deci Red 출하 모습



인도 Deci Red 진열모습

Fig. 13. 인도 Deci Red 출하 및 상품진열 모습

인도 시장은 과거에는 현지고정종인 Local 품종이 시장의 주류를 이루고 있었으나 일본, 한국 등에서 선발된 품종이 공급되면서 Kuroda type의 시장이 형성되었고 유럽에서 도입되어 재배된 Early Nante 시장도 자리 잡게 되었다. 남부지역의 주요재배지인 Bangalore kola 지역은 해발 700m로 재배면적은 7,000ha이며 2기작 재배지역이며 Kuroda-type의 Super Takii가 우점품종이다. Udhagamandalam Ooty 지역은 해발 1,500m로 재배면적은 17,000ha이며 3월~10월의 2기작을 재배하는 지역으로 Kuroda-type은 Super Takii(Takii), Nantes-type은 Nantindo(Clause)가 우점품종으로 재배되고 있다. 북부지역은 Delhi을 중심으로 산지가 형성되어있다. 9월~3월에 재배되며 Kuroda type은 열근 발생 및 추대불안정으로 Nantes type을 선호하며 Nantindo(Clause)가 우점품종이다(Fig. 14). 동북부 지방에서는 주로 생식 또는 빵을 만드는 재료로도 이용되는 Deci-red가 재배되고 있다. 최근동향은 Nantes-type의 F₁시장이 확대되면서 Romance(Nunhem), Champion(Syngenta), Joshi RZ(Rijk Zwaan), Osiris(Clause)등이 신품종으로 공급단계에 있다. 인도의 기술력은 고정종 선발단계로 육성수준이 미흡하며 기후조건이 부적합하여 앞으로 종자 수입의존도는 더 많은 증가가 예상된다. 우리나라의 2012년 수출량은 12,128kg으로 금액은 126,716\$이며, 수출 대상국가중 가장 큰 비중을 차지하고 있으나 고정종에 치중하고 있는 형편이다. 최근에는 현지 업체들의 F₁품종에 대한 관심과 선호도가 높아지고 있어서 시장의 규모 확대가 예상되고 현재보다 진전된 품종이 개발되면 인도의 수출은 더욱 확대될 것으로 생각된다. 또한 러시아도 재배면적이 73,400ha로서 규모가 크고 소비량도 많아 앞으로 수출이 기대되는 중요시장으로 전망된다(Fig. 15).

印度地域別・栽培品種・面積 및 作型

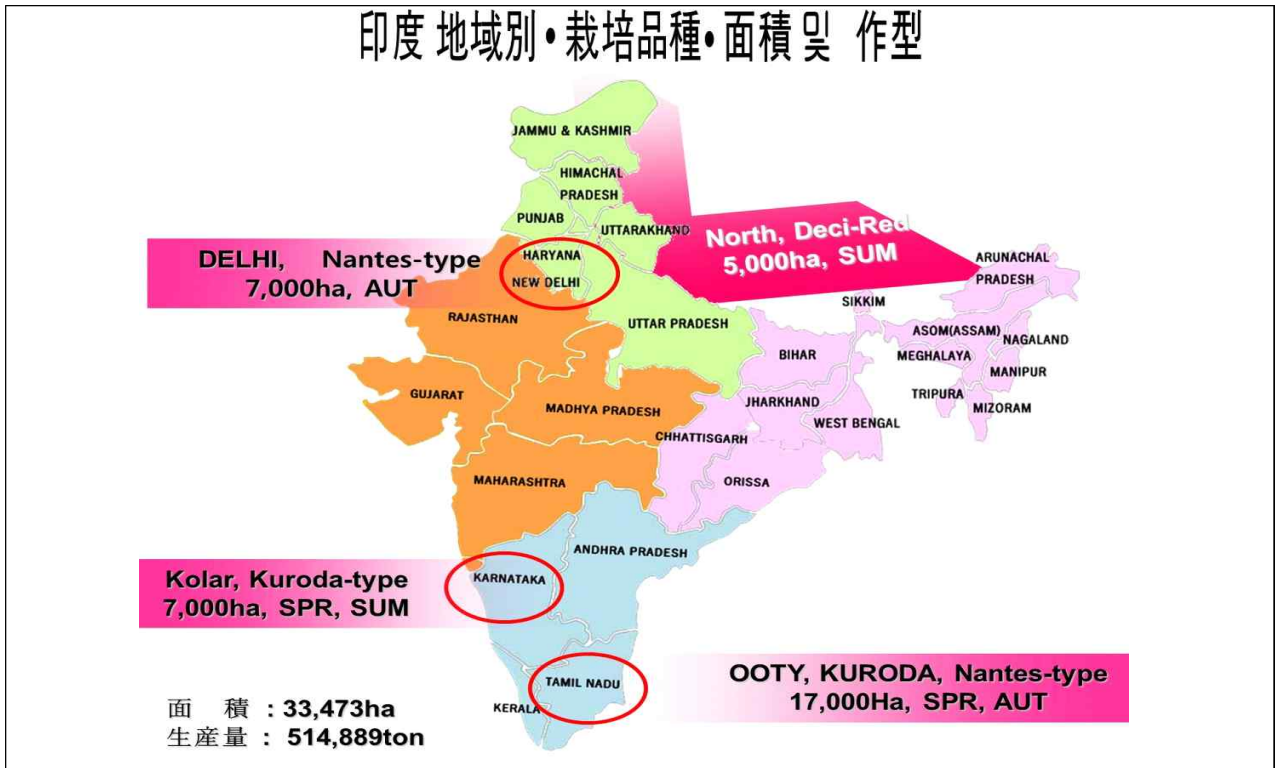


Fig 14. 인도 지역별 면적 및 재배작형



Fig 15. 인도 재배 채종 → 선별 모습

(3) 일본현황

2011년도 일본의 재배면적은 21,000ha에서 생산량은 617,300ton이며 종자시장은 80-100억엔으로 추정된다. 이미 전체시장이 F₁품종으로 대체된 상태에서 아시아 국가들의 종자시장을 확대하면서 고부가가치 작물로 중요한 역할을 하고 있다. 일본은 기술과 자본을 무기로 아시아권 종자시장의 독점을 피하고 있는 상황이다. 일본은 Kuroda type의 품종개발의 역사가 길고 육종기술도 발달되어 기술이 선진화 되었다. 일본의 주요생산지별 면적, 작형 및 우점품

종을 살펴보면 Hokkaido의 재배면적이 5,330ha로 겨울재배가 주 작형이며, Koyo No2(Takii)가 우점품종이다. Chiba 재배면적은 3,340ha로 봄에 25%, 겨울에 75%가 재배되며, 우점품종은 Aikou(Sumika), Raimu(Yokoham Nursery), Ayahomare(Fujii)이다. Aomori는 1,230ha로 봄에 55%, 겨울에 45%가 재배되며 우점품종은 Koyo No2(Takii), Ayahomare(Fujii), Beta 312(Sakata)이다. Tokushim의 재배면적은 1,020ha로 봄재배가 주작형이며 Ayahomare(Fujii), Aikou(Sumika)가 우점품종이다. Ibaraki의 재배면적은 893ha로 봄에 15%, 겨울에 85%가 재배되며 Aikou(Sumika), Hamabeni(Yokoham Nursery)가 우점품종으로 재배되고 있다(Fig. 16). 그동안 일본의 품종개발의 방향이 주로 Kuroda type의 품질계 계통으로 육성 발전되어 중국의 조방재배에 약점을 보이고 있으나 Sakata社의 품종들은 조건이 양호한 특수한 지역별로 강세를 보이고 있다.

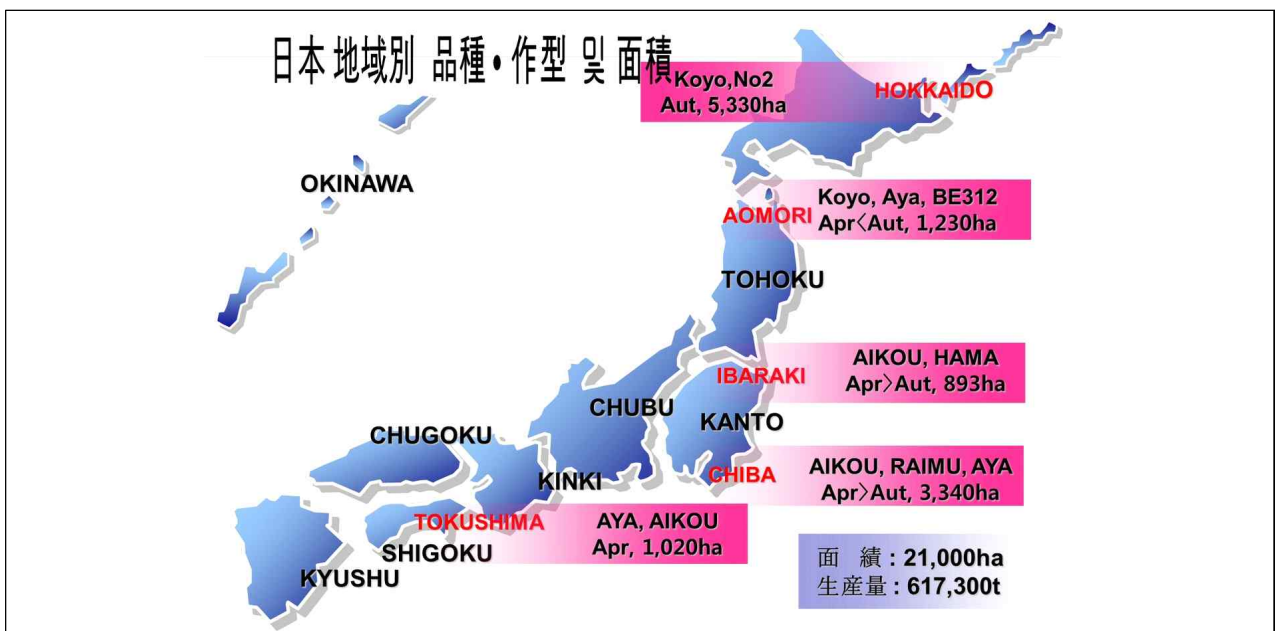


Fig 16. 일본 지역별 품종 · 작형 · 재배면적

(4) 기타현황

Nantes type은 네덜란드 Bejo seeds의 품종이 강세이며, Emperor type은 미국의 Sun seeds 품종이 앞서 있다. 최근에 미국 및 유럽 종자회사에서도 Kuroda type의 당근이 개발되어 아시아권에 활발한 시험이 진행되고 있다. 우리나라는 최근에 F₁품종의 해외시장 규모가 증가되면서 국내업체의 관심이 높아지고 있으나 농우 바이오를 제외한 대다수의 회사들은 육성기반 붕괴로 프로그램을 재개하지 못하고 있는 상황에서 대부분 업체는 외국에서 개발된 품종을 도입하여 선발 시험에 비중을 두고 있는 실정이며 외국 업체들은 더욱 다국화, 거대화 되어 현재 상태가 지속될 경우 의존도가 더욱 높아지면서 종속화가 우려되고 있고 소규모 기반 또한 붕괴될 것으로 전망되며 시장의 규모가 커지고 있는 해외시장 개척을 위해 적극적인 투자가 절실히 필요한 시기이다(Table 4).

Table 4. 주요 국가별 당근 재배 면적

국가	한국	일본	인도	인도네시아	러시아	미국	중국	세계
면적(ha)	2,849	19,200	33,473	33,228	74,300	33,870	466,111	1,180,671
비율	0.2	1.6	2.8	2.8	6.3	2.9	39.3	100.0

자료 : FAO (2011)

2. 개발기술의 산업화 방향 및 기대효과

가. 산업화 방향(제품의 특징, 대상 등)

(1) 중국 수출용: 무모 line을 이용한 빨간색 당근품종개발

- Nantes-type으로 근색 및 육색이 빨간색으로 착색이 잘되며 저온기 비대형인 고품질계 품종개발.

(2) 인도 수출용: Deci red-type 대체 품종개발

- Emperor-type으로 근장은 장형으로 길며 근색이 빨간색으로 착색이 잘되며 순도가 균일한 품종개발

(3) 계통육성: 무모MS-line 및 Red-line 화분친

- 저온 기비대형으로 근색이 빨간색이며 착색이 잘되는 조생계 화분 친 계통육성
- Deci red-type으로 근색이 빨간색으로 착색이 잘되는 장형계 화분 친 계통육성
- MS-line은 2~3세대 back cross를 진행하여 고정 작업을 진행한다. 세계적으로 빨간색 당근의 F₁품종 개발 사례를 찾을 수 없으므로 앞으로 일본 등 선진국으로 진출할 수 있는 기반이 조성되었다.

나. 산업화를 통한 기대효과

(단위 : 백만원)

항 목 \ 산업화 기준	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계
직접 경제효과	50	100	150	200	600	1,100
경제적 파급효과	5	10	15	20	100	150
부가가치 창출액	100	200	300	400	1,200	2,200
합계	155	310	465	620	1,900	3,450

제3장 연구개발수행 내용 및 결과

제1세부과제 - 무모계 종자 관련 분자마커 개발

제1절 당근 무모계 종자 관련 연구 및 개발을 위한 DNA 추출 방법 확립

1. 목적

당근 무모계 종자 관련 연구 및 분자마커 개발을 위한 RAPD, AFLP 및 SSR, SNP 실험 등에 있어 사용될 개체별 gDNA의 quality는 실험 결과에 많은 영향을 미친다. 보다 정확한 결과와 높은 재현성을 위하여 gDNA의 농도 및 순도를 일정하게 유지할 수 있는 DNA 추출 방법의 확립이 필요하다.

2. 재료 및 방법

당근 무모계 종자 관련 연구 및 분자마커 개발을 위한 일정한 농도와 순도가 유지되는 최적의 DNA 추출 방법 확립이 필수적이며 이를 위해 다양한 방법을 통해 조건을 검정하였다.

가. 5X CTAB 이용방법 및 20% SDS 변형방법 실험

CTAB 5%, 2.0M Tris-HCl (pH 8.0), 5.0M NaCl, 0.5M EDTA, Mercaptone ethanol 로 구성된 5X CTAB을 이용하여 sample powder에 800 μ l을 넣어준 뒤 65 $^{\circ}$ C에서 60분간 반응시켰다. 그 뒤 PCI(phenol : chloroform : isoamyl alcohol = 25 : 24 : 1)용액을 동량 넣어준 뒤 10분간 invert하여 12000rpm, 20 $^{\circ}$ C, 10분간 원심분리 하였다. 그 후 상층액에 1/10 volume의 3M sodium acetate (pH 8.0)와 2배 volume의 100% EtOH를 처리하여 -20 $^{\circ}$ C에서 1시간 반응시켰다. 1시간 후 12000rpm, 4 $^{\circ}$ C, 10분간 원심분리 하여 DNA extraction하였다. 또한 20% SDS, 5M NaCl, 1M Tris-HCl (pH 8.0), 0.5M EDTA로 구성된 20% SDS DNA extraction buffer를 이용하여 sample powder에 800 μ l을 넣어준 뒤 65 $^{\circ}$ C에서 30분간 반응시켰다. 그 뒤 phenol과 chloroform을 1 : 1로 700 μ l를 넣어준 뒤 10분간 invert하여 13000rpm, 14 $^{\circ}$ C, 18분간 원심분리한 뒤 상층액에 chloroform:isoamyl alcohol (24 : 1)용액을 900 μ l 넣어주어 10분간 invert하여 DNA 추출하였다. 또한 5X CTAB과 20% SDS를 이용한 DNA 추출 과정에서 중간 단계의 변형을 통해 반복 실험하여 비교 분석하였다.

나. 1X CTAB 이용방법 및 2X CTAB 이용방법 실험

CTAB 1%, 2.0M Tris-HCl (pH 8.0), 5.0M NaCl, 0.5M EDTA, Mercaptone ethanol 로 구성된 1X CTAB을 이용하여 sample powder에 800 μ l을 넣어준 뒤 65 $^{\circ}$ C에서 60분간 반응시켰다. 그 뒤 chloroform:isoamyl alcohol (24 : 1)용액을 800 μ l 넣어주어 5분간 invert하여 8000rpm, 4 $^{\circ}$ C, 10분간 원심분리 하여 DNA extraction하였다. 또한 CTAB 2%, 1.0M Tris-HCl (pH 8.0), 5.0M NaCl, 0.5M EDTA, Mercaptone ethanol 로 구성된 1X CTAB을 이용하여

sample powder에 800 μ l을 넣어준 뒤 65 $^{\circ}$ C에서 60분간 반응시켰다. 그 뒤 chloroform:isoamyl alcohol (24 : 1)용액을 800 μ l 넣어주어 5분간 invert하여 8000rpm, 4 $^{\circ}$ C, 10분간 원심분리 하여 DNA 추출하였다. 또한 1X CTAB과 2X CTAB을 이용한 DNA 추출 과정에서 중간 단계의 변형을 통해 반복 실험하여 비교 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

당근 무모계 종자 관련 연구 및 분자마커 개발을 위한 일정한 농도와 순도를 유지할 수 있는 최적의 당근 DNA 추출 방법 확립을 위해 크게 CTAB을 이용한 추출 방법과 SDS를 이용한 추출 방법으로 나누어 검정하였으며 각각 농도와 조성, 방법상의 여러 다른 단계를 이용하여 검정함으로써 최적의 DNA 추출 조건을 검정하였다. 20% SDS, 1X CTAB 및 2X CTAB 등의 방법을 이용한 실험을 통해 추출된 DNA의 순도의 농도 값을 확인하였다 (Table 1, 2, 3, 4). 또한 각각의 방법을 통해 분리한 DNA를 1% agarose gel에 loading 하여 확인하였다 (Fig. 1). 평균값을 비교한 결과 2X CTAB을 이용한 DNA 추출 방법에서의 순도가 A260/A280 1.88, A260/A230 2.00의 평균값을 나타내어 가장 좋은 방법으로 보이며 농도 및 순도 면에서 가장 안정된 DNA 추출 방법임이 확인되었다.

Table 1. Concentration and purity degree of SDS methods.

Sample	ng/ μ l	A260/A280	A260/A230	Method
616-11	4434.79	1.31	1.21	20% SDS
616-12	4341.18	1.43	1.31	without
616-44	4541.94	1.26	1.20	chloroform
616-49	4600.98	1.22	1.21	solution
616-2	2151.58	1.81	1.00	
616-58	1270.47	1.76	1.27	20% SDS
616-48	2464.08	1.69	1.11	
616-51	2250.50	1.84	1.54	

Table 2. Concentration and purity degree of 5X CTAB methods.

Sample	ng/ μ l	A260/A280	A260/A230	Method
616-2	4434.79	1.31	1.21	
616-4	4341.18	1.43	1.31	5X CTAB
616-40	4541.94	1.26	1.20	
616-42	4600.98	1.22	1.21	
616-1	1977.14	1.88	2.12	5X CTAB
616-21	337.25	1.32	1.39	without
616-52	4004.10	1.65	1.49	centrifugation
616-54	3424.92	1.82	1.99	
616-34	3938.68	1.70	1.78	5X CTAB
616-48	4297.07	1.46	1.43	with PCI solution
616-34	4355.45	1.51	1.43	5X CTAB
616-58	2241.05	1.60	1.25	with
616-64	3853.92	1.68	1.49	phenol solution

Table 3. Concentration and purity degree of 1X CTAB methods.

Sample	ng/ μ l	A260/A280	A260/A230	Method
616-11	2345.00	1.87	2.28	1X CTAB without centrifugation
616-21	1347.59	1.85	2.15	
616-24	1698.13	1.86	2.29	
616-53	4751.96	1.41	1.61	
616-12	2013.15	1.89	2.10	1X CTAB with phenol+chloroform solution
616-22	2238.64	1.79	1.96	
616-23	2283.38	1.87	2.33	
616-44	1642.04	1.87	2.31	
616-17	4482.11	1.62	1.86	1X CTAB with centrifugation
616-39	2934.61	1.82	1.94	
616-40	3774.09	1.77	1.97	
616-53	4627.49	1.51	1.67	
388-1	2868.48	1.85	2.25	1X CTAB
388-2	3731.18	1.78	2.12	
388-3	3935.95	1.76	2.08	
388-4	3320.15	1.83	2.21	
388-5	2485.92	1.85	2.25	
388-6	2020.19	1.86	2.22	
388-7	3477.52	1.81	2.14	
388-8	3556.84	1.85	2.23	
388-9	1288.83	1.85	2.09	
388-10	2154.04	1.88	2.25	
394-1	2348.84	1.86	2.17	
394-2	2530.19	1.87	2.25	
394	3427.26	1.76	2.11	
388-1	2904.66	1.87	2.32	
388-2	4109.15	1.70	2.00	
388-3	3720.69	1.81	2.20	
388-4	3774.79	1.76	1.98	
388-5	3606.45	1.76	2.08	
388-6	2368.96	1.87	2.27	
388-7	2734.24	1.71	1.58	
388-9	1921.54	1.89	2.37	
388-10	3177.08	1.79	2.05	
394-1	2018.81	1.84	2.05	
394-2	3751.33	1.79	2.03	
388-2	3968.25	1.74	1.88	
388-3	3898.48	1.77	2.03	
388-4	4695.50	1.40	1.56	
388-5	2385.72	1.86	2.05	
388-6	1140.63	1.84	2.07	
388-7	3750.05	1.79	1.90	
388-8	1926.68	1.83	1.85	
388-10	3601.04	1.77	1.90	

Sample	ng/ $\mu\ell$	A260/A280	A260/A230	Method
388-11	2759.83	1.79	1.87	
388-12	3666.09	1.79	1.98	
388-13	4139.34	1.71	1.86	
388-14	4161.12	1.73	1.90	
388-15	3538.10	1.81	1.92	
388-16	4156.52	1.69	1.77	
388-17	3103.90	1.85	2.16	
388-18	2766.34	1.86	2.04	
394-1	4049.05	1.72	1.85	
394-2	4173.67	1.73	2.01	
388-1	2461.84	1.84	2.00	
388-2	3859.63	1.78	2.04	
388-3	4384.16	1.71	1.89	
388-4	2963.37	1.84	1.96	
388-5	2368.52	1.85	2.00	
388-6	3313.84	1.82	2.00	1X CTAB
388-7	3390.04	1.82	1.97	
388-8	3614.77	1.81	1.99	
388-9	2522.97	1.85	2.08	
388-10	4612.15	1.24	1.30	
388-11	4553.98	1.14	1.22	
388-12	3113.01	1.83	2.02	
388-13	3322.08	1.82	2.01	
388-14	4695.54	1.33	1.50	
388-15	4755.03	1.31	1.48	
388-16	4433.61	1.56	1.71	
388-17	4056.86	1.75	1.99	
388-18	2839.49	1.82	1.96	
388-19	4435.55	1.62	1.83	
388-20	3465.11	1.81	1.99	

Table 4. Concentration and purity degree of 2X CTAB methods.

Sample	ng/ $\mu\ell$	A260/A280	A260/A230	Method
389	1449.82	1.84	1.93	
394-6	1547.22	1.91	2.15	
394-9	1103.06	1.91	1.99	
394-10	1180.91	1.94	2.32	
615-2	993.13	1.91	2.11	
616-33	1302.47	1.90	1.90	
394-1	2250.52	1.87	2.00	
394-2	1258.59	1.85	2.11	2X CTAB
394-3	2626.33	1.86	1.84	
394-4	1171.60	1.88	2.04	
615-2	2608.40	1.88	2.06	
394-6	2273.07	1.91	2.04	
616-33	1939.17	1.87	1.86	
389	574.75	1.82	1.70	

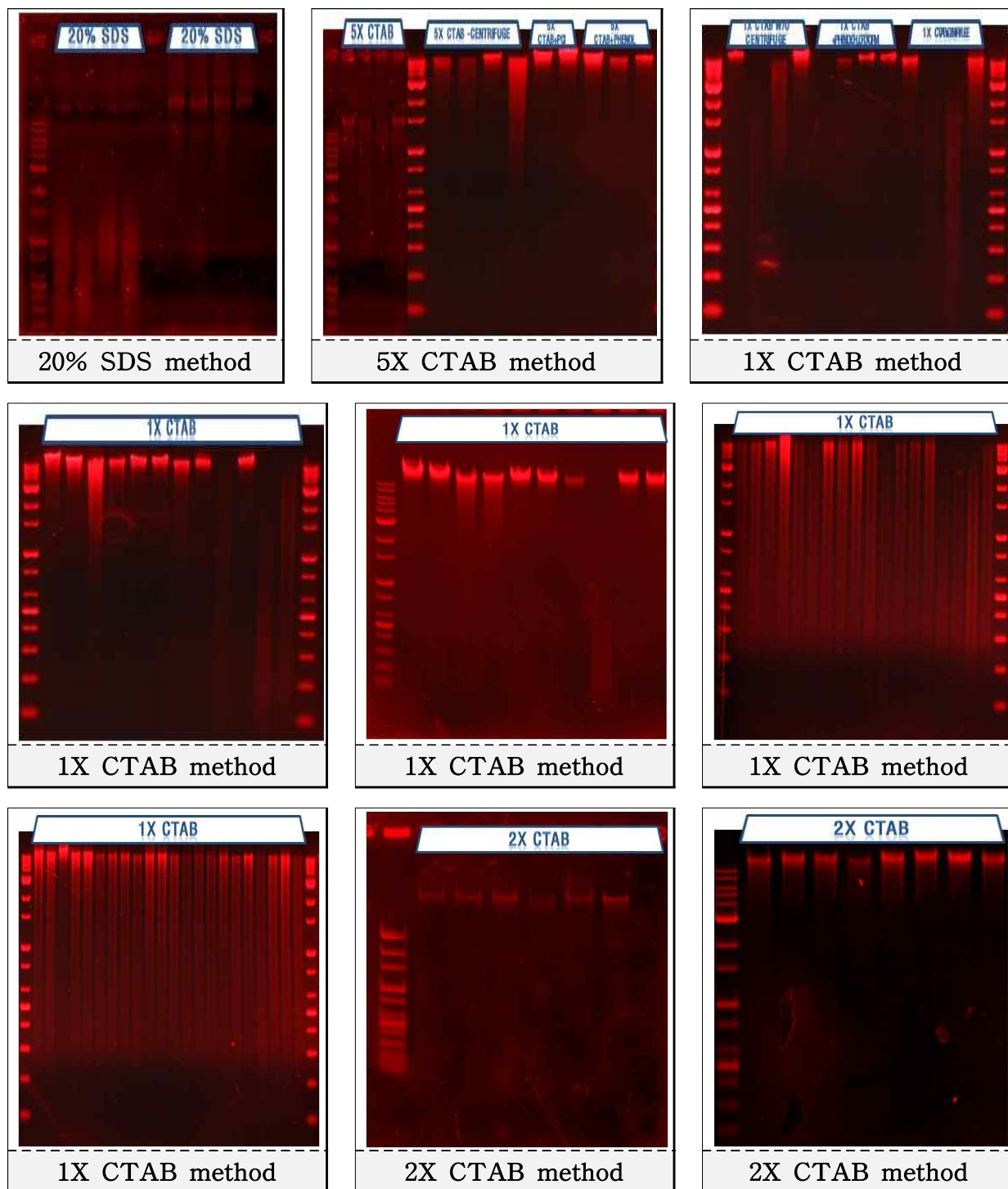


Fig. 1. Band patterns of extracted DNA using different methods loaded onto 1% agarose gel.

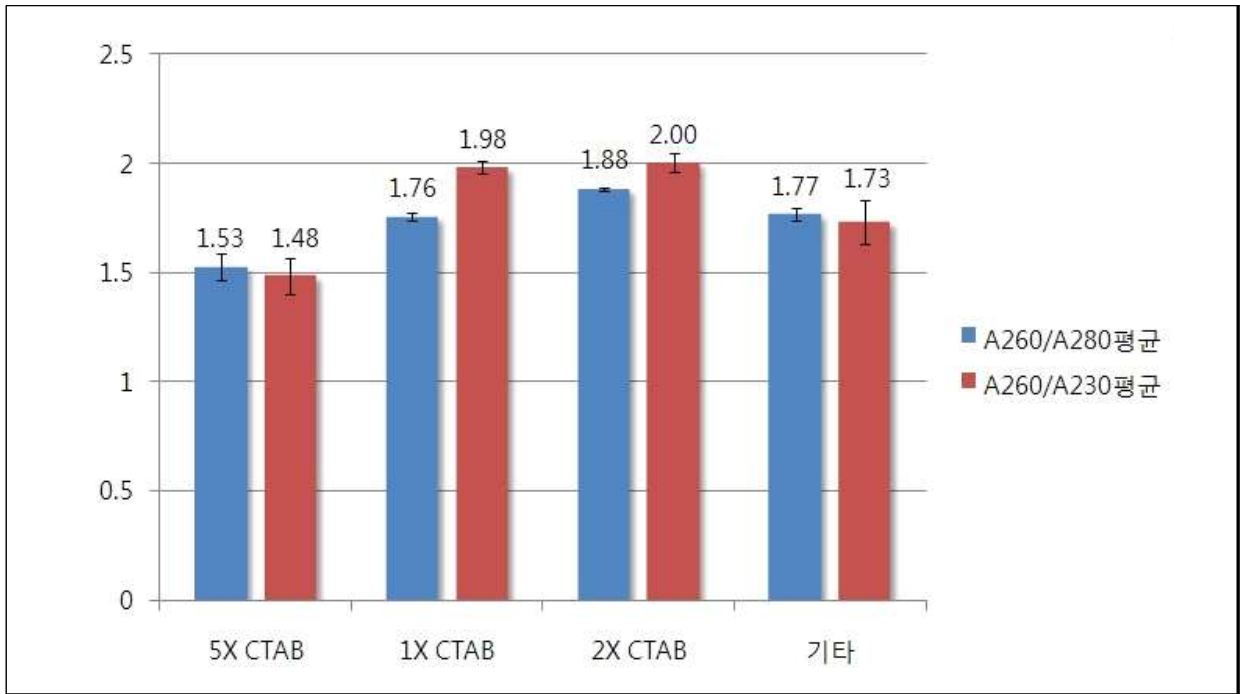


Fig. 2. Averages of purity degree for different methods

제2절 당근 무모계 종자 관련 연구 및 분자마커 개발을 위한 당근 재료 확보

1. 1차년도 무모계 종자 관련 연구를 위한 당근 재료 확보

가. 목적

1차년도 당근의 무모계 종자 관련 분자마커 개발을 위해 유모계 종자와 무모계 종자의 형질을 가진 계통을 우선적으로 선발하고 이에 따라 무모형 종자 계통의 확보와 함께 isogenic 한 유모형 종자 계통을 확보하기 위함이다.

나. 재료 및 방법

안성 캐로탑에서 육성되고 있는 관련 당근 line들 중 무모계 종자 관련 분자마커 개발을 위해 무모계 종자 표현형을 보일 것으로 예상되는 무모형 line과 대조군 line으로 이용될 유모형 종자를 가진 line을 3차에 걸쳐 sampling하였다.

다. Sampling 및 결과

(1) 1차년도 무모계 종자 관련 분자마커 개발을 위한 1차 재료 확보 및 sampling

무모계 종자 관련 분자마커 개발을 위해 무모종자 표현형을 보일 것으로 예상되는 CT-SMR 616 line의 무모형 개체와 유모형 개체의 교배 line인 CT-SMR 616 OP 388 line을 선정하여 영농법인 캐로탑씨드에서 sampling하였다. 이와 더불어 유모형 종자 표현형을 보일

것으로 예상되는 CT-ATR 615 OP 394 line을 control로써 sampling하였다(Fig. 3)



Fig. 3. The carrot CT-SMR 616 OP 388 line cultivated in the greenhouse in April, 2009

(2) 1차년도 무모계 종자 관련 분자마커 개발을 위한 2차 재료 확보 및 sampling

안성 캐로톱씨드에서 육성중인 당근 개체들의 종자 표현형을 확인 한 후 무모계 종자 관련 분자마커 개발을 위한 2차 재료 확보 및 sampling을 하였다. CT-SMR 616 line의 무모형 개체와 유모형 개체의 교배 line인 CT-SMR 616 OP 389 line에서 한 개체의 단모형 종자 표현형을 확인하였으며 CT-ATR 615 OP 394 selfing line에서 394-6 한 개체의 단모형 종자 표현형을 확인하였다. 이와 함께 각각의 단모형 종자 표현형 개체에 대한 대조군으로써 616-33, 615-2 개체를 sampling하였다 (Fig. 4).



Fig. 4. Carrot lines with short-hair seed phenotype and hairy (control) line.

(3) 1차년도 무모계 종자 관련 분자마커 개발을 위한 3차 재료 확보 및 sampling

무모형 종자 표현형을 가지는 것으로 확인된 CT-SMR 616 OP 389, CT-ATR 615 OP 394-6 개체의 selfing된 종자들을 파종하여 육성된 개체들을 sampling하였다. 이와 함께 389, 394 line의 다른 개체들의 selfing 종자들 또한 파종하여 비교 분석을 위해 sampling하였다 (Fig. 5).



659 (389 selfing progeny line)



673 (616-1 selfing progeny line used as control)



666 (394-6 selfing progeny line)



671 (615-2 selfing progeny line used as control)

Fig. 5. Selfing progenies of short-hair and hairy (control) lines.

라. 종자 표현형 확인 및 분석

재배중인 당근의 종자 표현형을 확인함으로써 무모 및 단모 종자 표현형 개체를 선발 하며 각각의 개체 종자모 길이와 형태를 비교 분석하였다. 이 후 선발된 개체들의 자식세대 유지 및 당근종자 무모형질의 고정을 통해 분자마커의 개발을 지속적으로 수행하였다.

(1) 재료 및 방법

1차 sampling 재료인 무모계 종자 표현형을 보일 것으로 예상되는 CT-SMR 616-line의 무모형 개체와 유모형 개체의 교배 line인 CT-SMR 616 OP 388 line의 각각의 종자 표현형을 Video Microscope System (ALPHASYSTEC)을 이용하여 40배 배율로 개체별 각각 5개 종자의 모 5개 길이 평균값과 5개 종자의 면적 평균값, 당근의 길이 표현형을 수치로 조사하였다. 한편 2차 실험으로 CT-SMR 616 OP 389-1, CT-ATR 615 OP 394-6번 개체를 각각의 대조구로 삼은 616-33, 615-2 개체와 같은 방법으로 비교 분석하였다.

(2) 결과 및 분석

1차 sampling 재료인 무모계 종자 표현형을 보일 것으로 예상되는 CT-SMR 616 line의 무모형 개체와 유모형 개체의 교배 line인 CT-SMR 616 OP 388 line의 개체별 종자 표현형을 확인 한 결과 무모형 종자 표현형을 보이는 개체가 확인되지 않았다(Fig. 6). 하지만 개체별 종자모의 길이 차이가 있었으며 이를 수치상으로 확인하였다. 388 line의 개체별 5개 종자의 모 5개 길이 평균값과 5개 종자의 면적 평균값, 당근의 길이 표현형을 수치상으로 조사한 결과 종모 길이와 종자 면적의 값은 같은 388 line임에도 불구하고 개체별로 상당한 차이를 보이는 것으로 나타났으며 어느 정도의 상관관계가 있는 것으로 확인되었다 (Table 1, 2; Fig. 7, 8, 9). 또한 당근의 형태 및 길이 표현형을 조사하였다 (Fig. 10). 더불어 종자 표현형 확인 단계에서 단모형 종자 표현형이 확인된 CT-SMR 616 OP 389-1, CT-ATR 615 OP 394-6번 개체를 각각의 대조구로 삼은 616-33, 615-2 개체와 비교한 결과 (Fig. 11, 12)는 유모계 종자에 비해 단모계 종자의 종모가 완전히 무모형태를 갖추지는 않았지만 대조구에 비해 389-1 개체의 경우 17.5%, 394-6 개체의 경우 37.2%의 길이비가 나타났다.

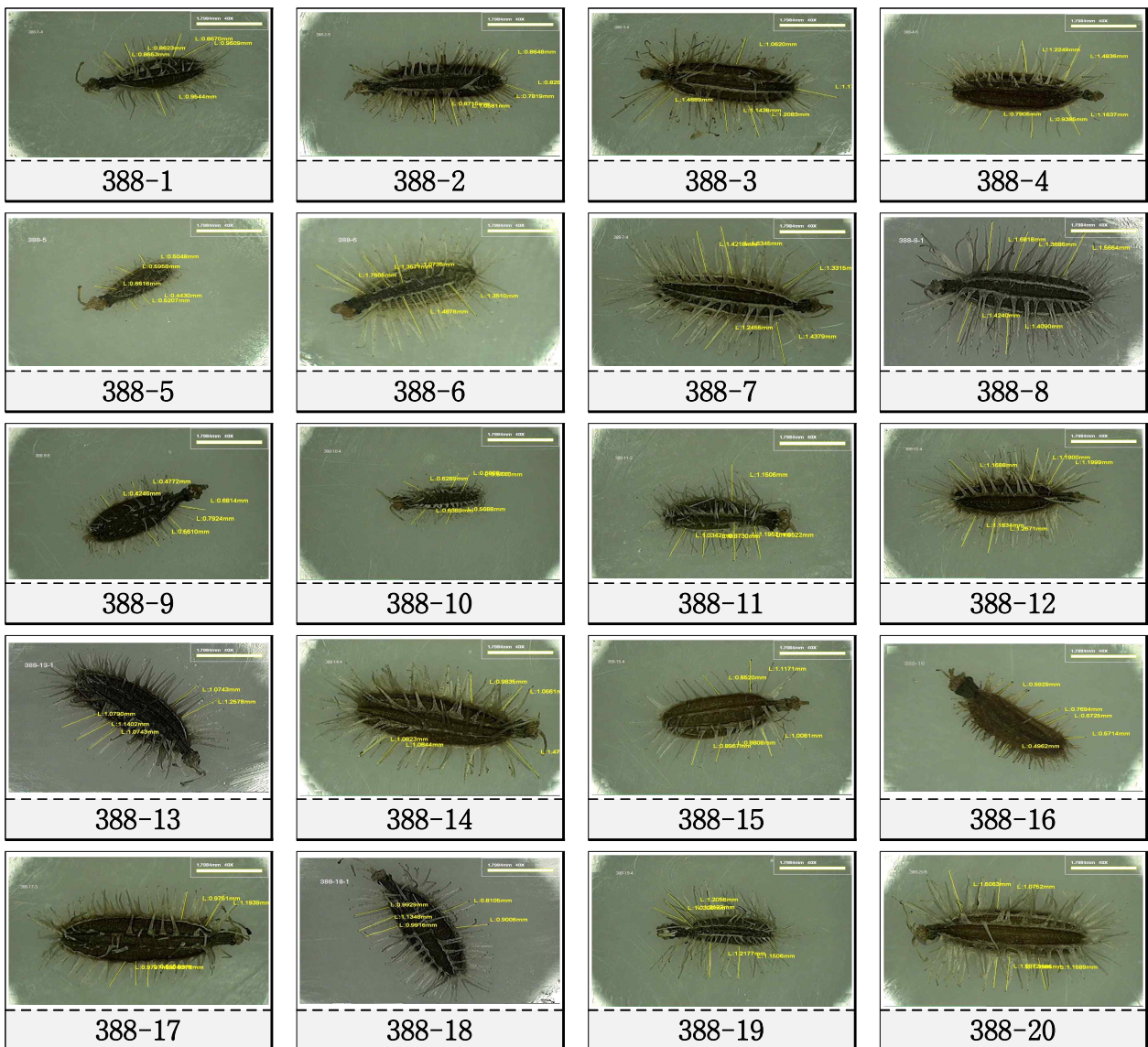


Fig. 6. Seed phenotype of CT-SMR 616 OP 388 line seeds.



Fig. 10. Root's length and type phenotypes of CT-SMR 616 OP 388 line carrots.

Table 1. The mean and standard error of CT-SMR 616 OP 388 line seed-hair length.

Sample	Mean	Standard error	Sample	Mean	Standard error
388-1	0.876	0.028	388-11	1.066	0.027
388-2	0.846	0.024	388-12	1.172	0.028
388-3	1.212	0.034	388-13	1.133	0.028
388-4	1.140	0.040	388-14	1.157	0.044
388-5	0.508	0.026	388-15	0.954	0.031
388-6	1.414	0.043	388-16	0.597	0.034
388-7	1.429	0.029	388-17	0.987	0.041
388-8	1.472	0.050	388-18	0.949	0.029
388-9	0.618	0.028	388-19	1.144	0.029
388-10	0.630	0.033	388-20	1.129	0.039

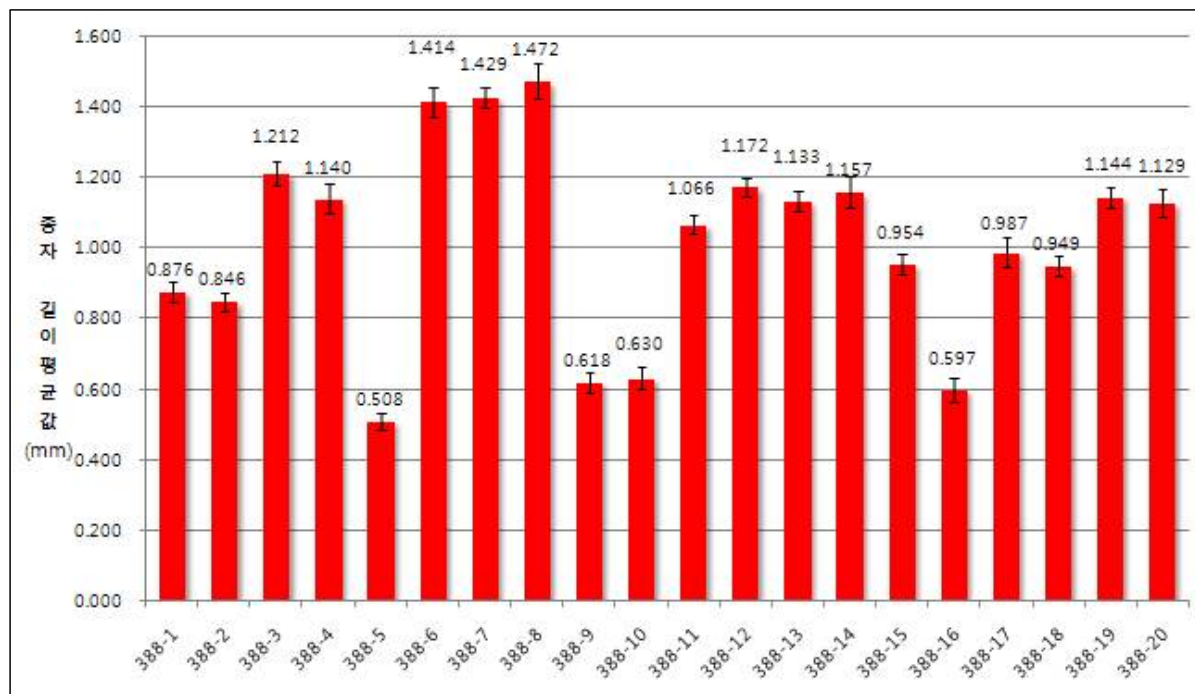


Fig. 7. The mean and standard error of CT-SMR 616 OP 388 line seed-hair length.

Table 2. The mean and standard error of CT-SMR 616 OP 388 line seed size.

Sample	Mean	Standard error	Sample	Mean	Standard error
388-1	2.350	0.121	388-11	2.421	0.071
388-2	3.576	0.108	388-12	3.687	0.124
388-3	4.954	0.050	388-13	4.659	0.205
388-4	4.359	0.272	388-14	5.909	0.551
388-5	1.511	0.052	388-15	3.990	0.157
388-6	4.289	0.067	388-16	4.218	0.252
388-7	4.876	0.103	388-17	6.289	0.336
388-8	4.283	0.345	388-18	4.280	0.169
388-9	2.374	0.133	388-19	2.279	0.029
388-10	1.431	0.102	388-20	5.477	0.292

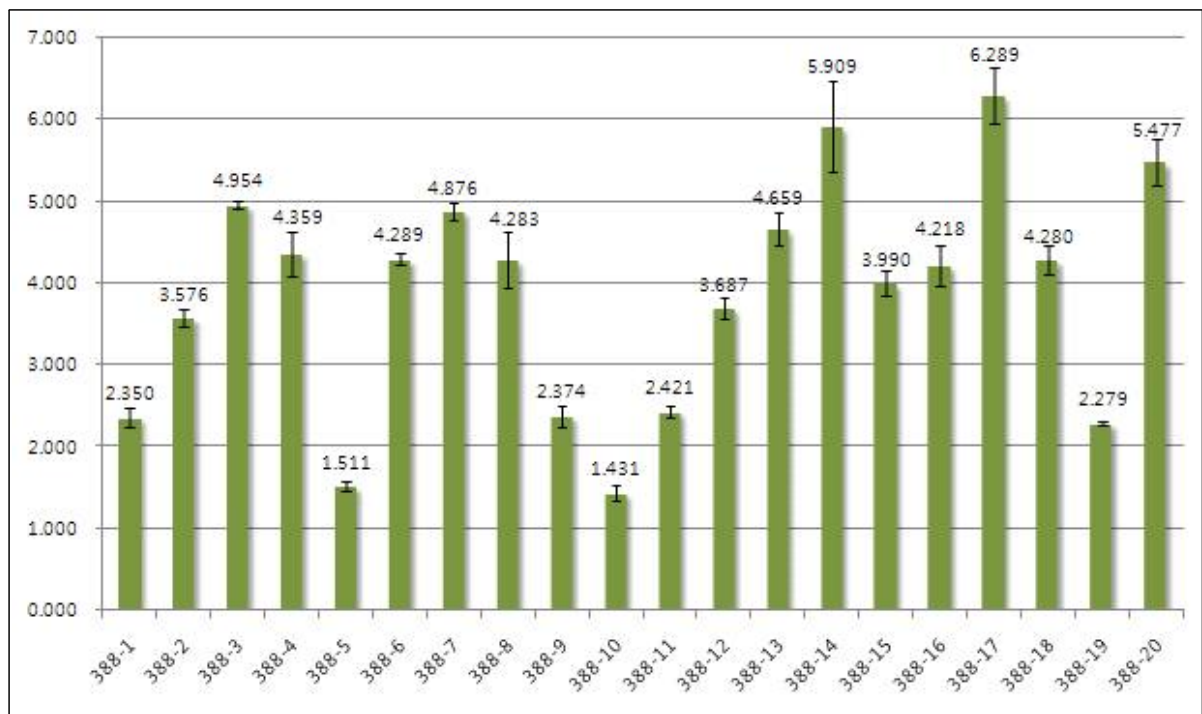


Fig. 8. The mean and standard error of CT-SMR 616 OP 388 line seed size.

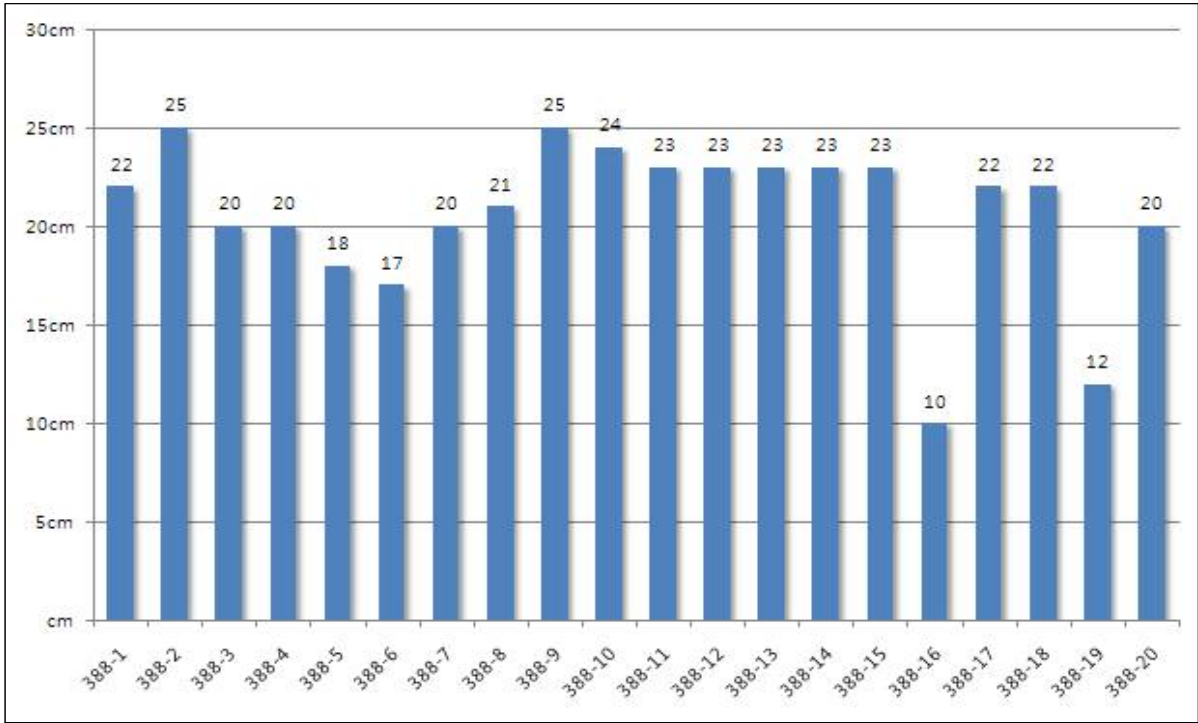


Fig. 9. The root lengths of CT-SMR 616 OP 388 line.

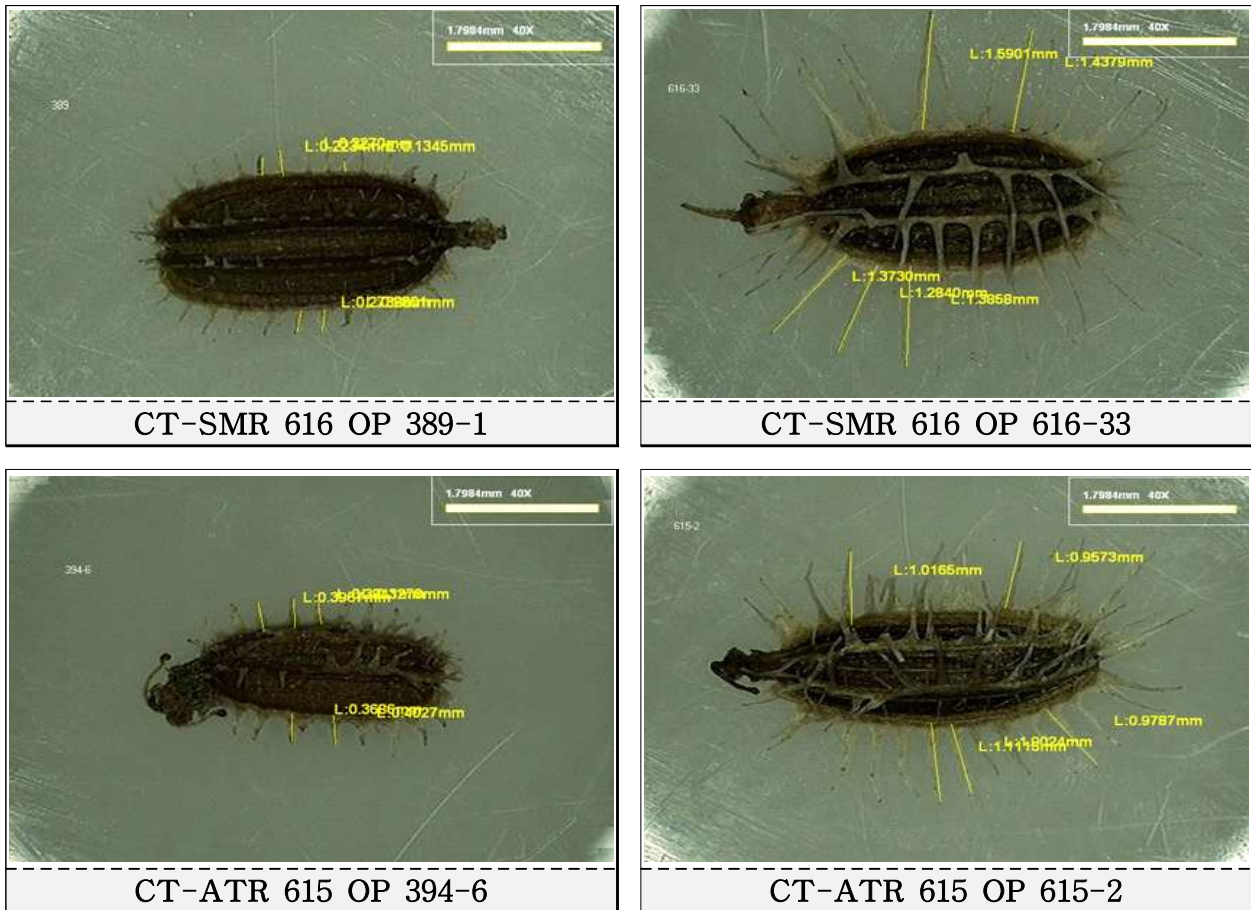


Fig. 11. Seed phenotype of 389-1, 394-6, 616-33, and 615-2 seeds.

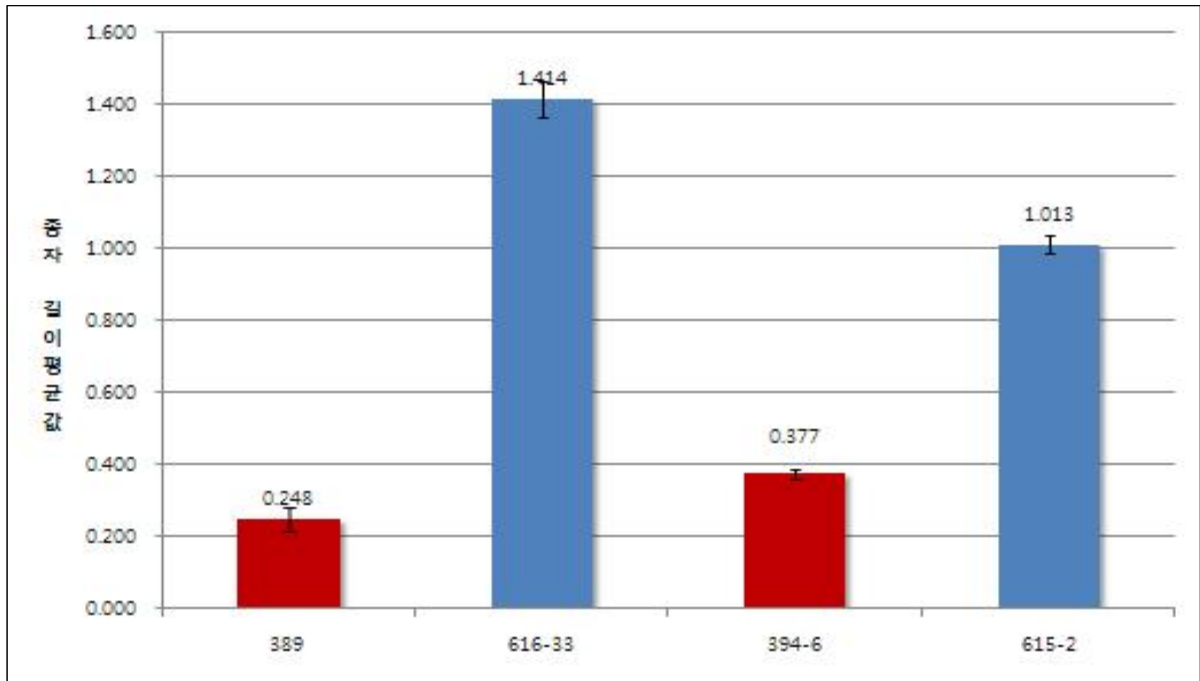


Fig. 12. The mean and standard error of 389-1, 394-6, 616-33, and 615-2 seed-hair length.

2. 2차년도 무모계 종자 관련 연구를 위한 당근 재료 확보

가. 목적

1차년도 무모계 종자 관련 분자마커 개발을 위해 확보된 당근계통 중 표현형 확인을 통해 무모계 종자 표현형을 보인 개체를 선발하였다. 이에 따라 2차년도 무모계 종자 관련 분자마커 개발에 효과적인 이용을 위해, 1차년도 CT-SMR 616 line에서 육성된 CT-SMR 616 OP 389 line과 CT-ATR 615 line에서 육성된 CT-ATR 615 OP 394 line을 확보하였으며, 이들 개체의 selfing progeny line과 sib cross line을 확보하여 2차년도 당근 무모계 종자 관련 연구에 이용하고 하였다.

나. 재료 및 방법

1차년도 실험 재료로 사용된 당근 개체들의 표현형 조사결과를 바탕으로 단모종자 표현형 CT-SMR 616 OP 389 개체와 CT-ATR 615 OP 394-6 개체를 선발하여 각각 selfing 교배하여 progeny line을 육성하였고, CT-SMR 616 OP 389 개체의 경우 selfing 시 많은 수의 종자가 확보되지 못해 sib cross를 통해 추가적인 개체들을 확보하였다.

(1) 1차년도 선발 단모형 종자 표현형 CT-SMR 616 OP 689-1 개체의 progeny line 육성

08년도 CT-SMR 616 OP 계통의 sib cross를 통해 CT-SMR 616 OP 389 line이 육성되었으며 (Fig. 13), 09년도에 표현형을 조사한 결과 389-1개체의 단모종자 표현형을 확인 하였다 (Fig. 14). 이후 이 개체를 마커 개발을 위한 재료로서의 개발을 위해 selfing하여 CT-SMR 616 OP 659 line으로 육성하였다. 659 line은 389-1개체의 정상적인 selfing이 이루어

지지 않아 많은 종자량을 확보하지 못해 파종 후 3개체만이 확보되었으며, 이에 따라 389-1개체의 sibling line인 CT-SMR 616 OP 660 line을 파종 재배하여 실험재료로서 육성하였다.

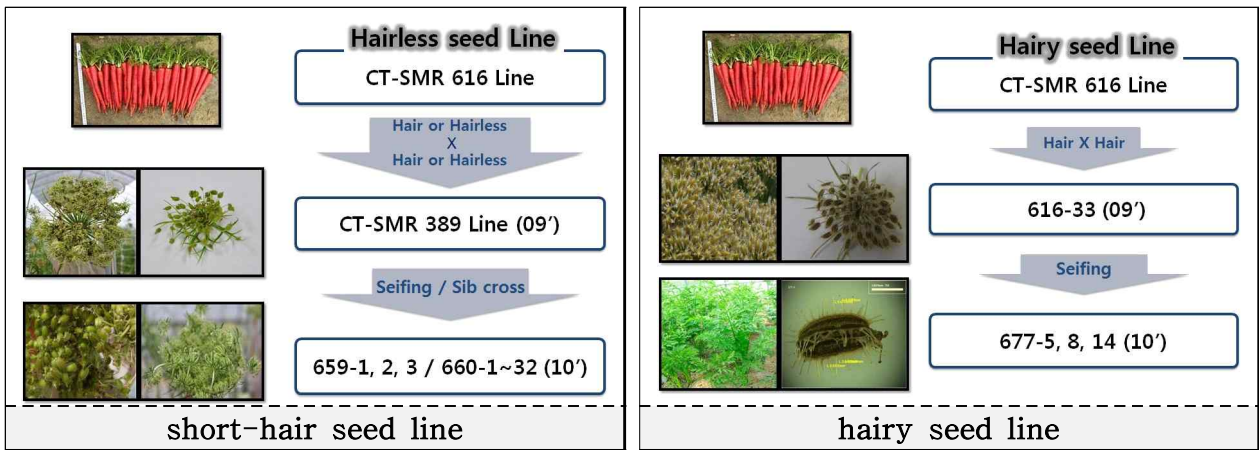


Fig. 13. The genealogy of CT-SMR 616 OP line for molecular marker development.

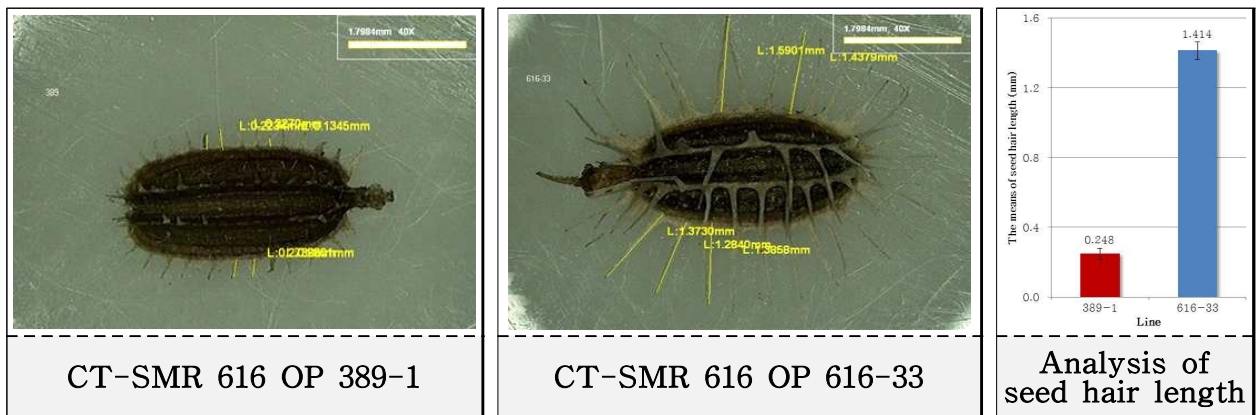


Fig. 14. Short-hair seed phenotype analysis of CT-SMR 616 OP 389-1 comparing with hairy seed CT-SMR 616 OP 616-33.

(2) 1차년도 선발 단모형 종자 표현형 CT-ATR 615 OP 394-6 개체의 progeny line 육성

08년도에 CT-ATR 615 OP 계통을 sib cross를 통해 CT-ATR 615 OP 394 line이 육성되었으며 (Fig. 15), 09년도에 표현형을 조사한 결과 394-6 개체에서 단모형 종자표현형을 확인 하였었다 (Fig. 16). 이후 이 개체를 차후 마커 개발을 위한 재료 확보를 위해 selfing하여 CT-ATR 615 OP 666 line을 육성하였다. 획득된 종자 중 1차 32개체를 파종하였고 2차 34개체를 파종하였다. 1차 파종 32개체는 우선 cell tray에 파종 후 정식하였으며 2차 파종 34개체는 비닐하우스에서 파종하여 재배하였다.

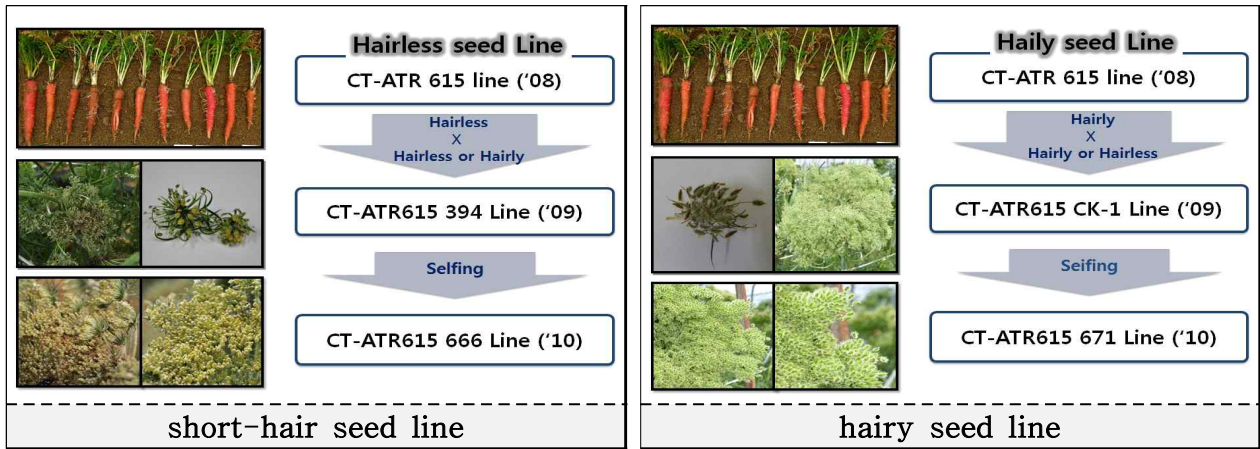


Fig. 15. The genealogy of CT-ATR 615 OP line for molecular marker development.

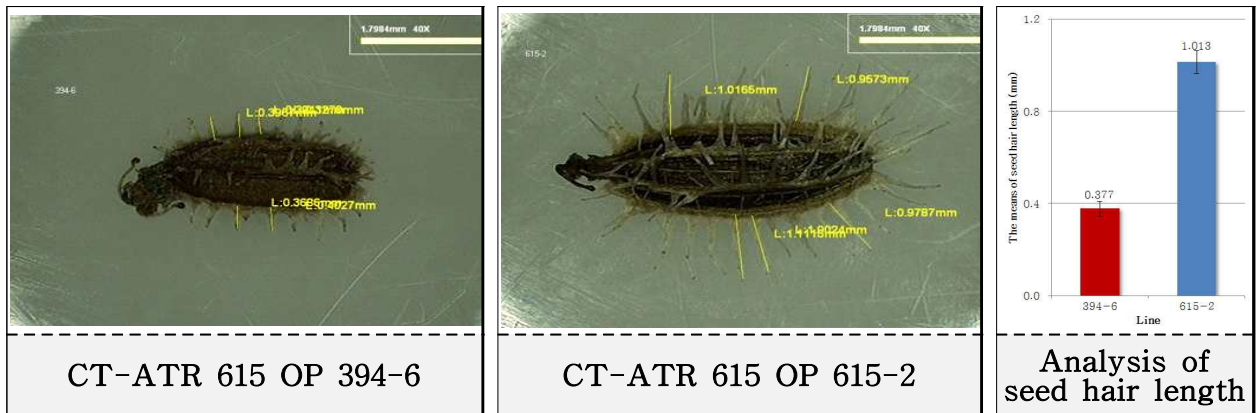


Fig. 16. Short-hair seed phenotype analysis of CT-ATR 615 OP 394-6 comparing with hairy seed CT-ATR 615 OP 615-2.

다. Sampling 및 결과

(1) 단모형 종자 표현형 개체 CT-SMR 616 OP 389-1 selfing progeny CT-SMR 616 OP 659 line과 sib cross CT-SMR 616 OP 660 line 확보 및 sampling

09년도 단모형 종자 표현형을 보인 CT-SMR 616 OP 389-1개체의 selfing progeny CT-SMR 616 OP 659 line에서 3개체를 sampling 하였으며, sib cross progeny CT-SMR 616 OP 660 line 에서 32개체를 sampling하였다 (Fig. 17). 또한 09년도 단모형 종자 표현형을 보인 389-1개체의 selfing progeny 659 line의 3개체는 다시 selfing하여 CT-SMR 616 OP 1024, 1025, 1026 line으로 육성함으로써 점차 당근 무모종자 형질을 고정시켜 나가며 지속적인 무모계 종자 분자마커 개발을 위해 이용하였다.

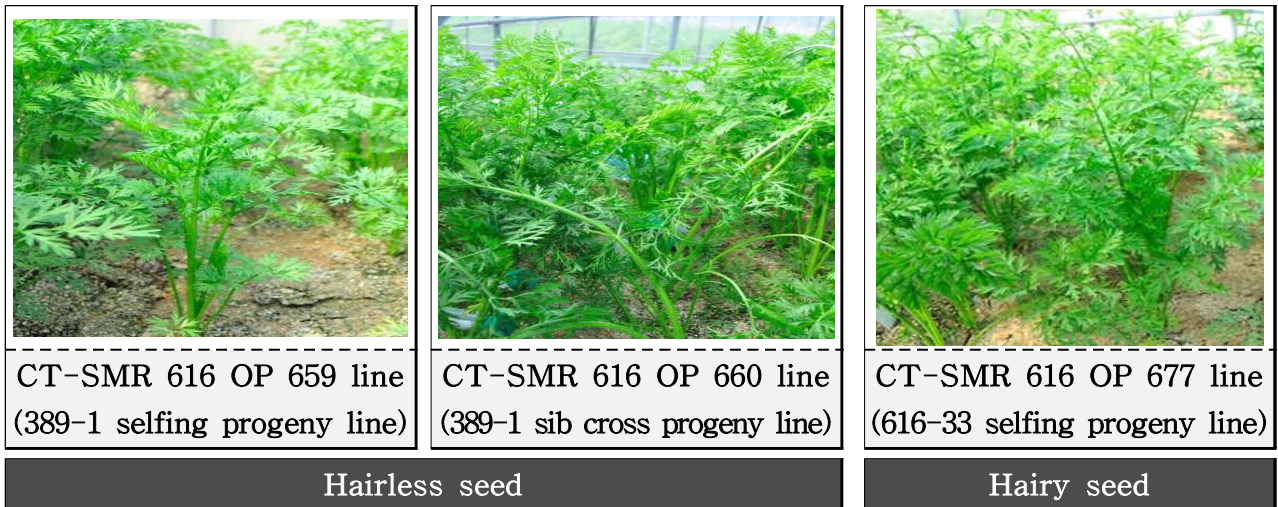


Fig. 17. Selfing progenies of short-hair seed CT-SMR 616 OP 659 line and hairy seed (control) line.

(2) 단모형 종자 표현형 개체 CT-ATR 615 OP 394-6 selfing progeny CT-ATR 615 OP 666 line 확보 및 sampling

09년도 단모형 종자 표현형을 보인 CT-ATR 615 OP 394-6개체의 selfing progeny CT-ATR 615 OP 666 개체들을 1차로 32개체를 sampling 하였고, 이후 추가 파종 하여 2차로 34개체를 sampling 하였다 (Fig. 18). 또한 394-6개체의 selfing progeny 666 line의 무모형 종자 표현형을 보인 6개체는 selfing하여 CT-ATR 615 OP 1031, 1032, 1033, 1035, 1036, 1037 line으로 육성함으로써 점차 당근 무모종자 형질을 고정시켜 나가며 지속적인 무모계 종자 분자마커 개발을 위해 이용하였다.



Fig. 18. Selfing progenies of short-hair seed CT-ATR 615 OP 666 line and hairy-seed (control) lines

라. 당근 종자 표현형 확인 및 분석

육성중인 당근의 종자모 길이와 형태 등의 표현형을 분석하여, 무모형 종자 표현형을 가지는 개체를 선발하였다. 선발된 결과를 바탕으로 RAPD 및 AFLP 실험 결과와의 상관관계를 분석하여 분자마커의 정확성을 검증하였다. 이 후 선발된 개체들의 자식세대 유지를 통해 무모형질이 고정되도록 하여 후세대의 보다 정확한 분자마커를 개발하는데 그 목적이 있다.

(1) 재료 및 방법

1차년도 개체군 중 단모형 종자 표현형을 보인 CT-SMR 616 OP 389-1개체의 selfing progeny CT-SMR 616 OP 659 line과 sib cross progeny CT-SMR 616 OP. 660 line 및 단모형 종자 표현형 CT-ATR 615 OP 394-6개체의 selfing progeny CT-ATR 615 OP 666 line의 종자모 표현형을 Video Microscope System (ALPHASYSTEC)을 이용하여 40배 배율로 조사하였다. 종자모의 길이는 3 반복으로 각각의 종자의 모 5개 길이 평균으로 분석하였으며, 종자의 크기는 3 반복으로 각 종자의 면적 평균값을 조사하였다.

(2) 결과 및 분석

(가) 2차년도 대상 개체군 단모형 종자 표현형 CT-SMR 616 OP 389-1 selfing progeny CT-SMR 616 OP 659 line 및 sib cross progeny CT-SMR 616 OP 660 line 개체 종자

1차년도 개체군 중 단모형 종자 표현형을 보인 389-1개체의 selfing progeny 659 line과 sib cross 660 line의 종자 표현형을 분석한 결과(Fig. 19) 659 line의 3개체가 각각 0.076, 0.161, 0.036mm로 1차년도 단모형 종자 표현형을 보인 389-1 종자모 길이인 0.248mm 보다 짧게 나타남 것이 확인되었다. 특히, 659-3 개체의 경우, 종자모의 길이가 0.036mm로 완벽한 무모 종자 표현형을 가진 것으로 확인되었다. 한편 660 line의 종자모 길이를 조사한 결과 총 29개체 중에서 7개체만이 389-1 종자모 길이인 0.248mm보다 짧게 나타남 것으로 확인되어졌다(Table 3; Fig. 20).

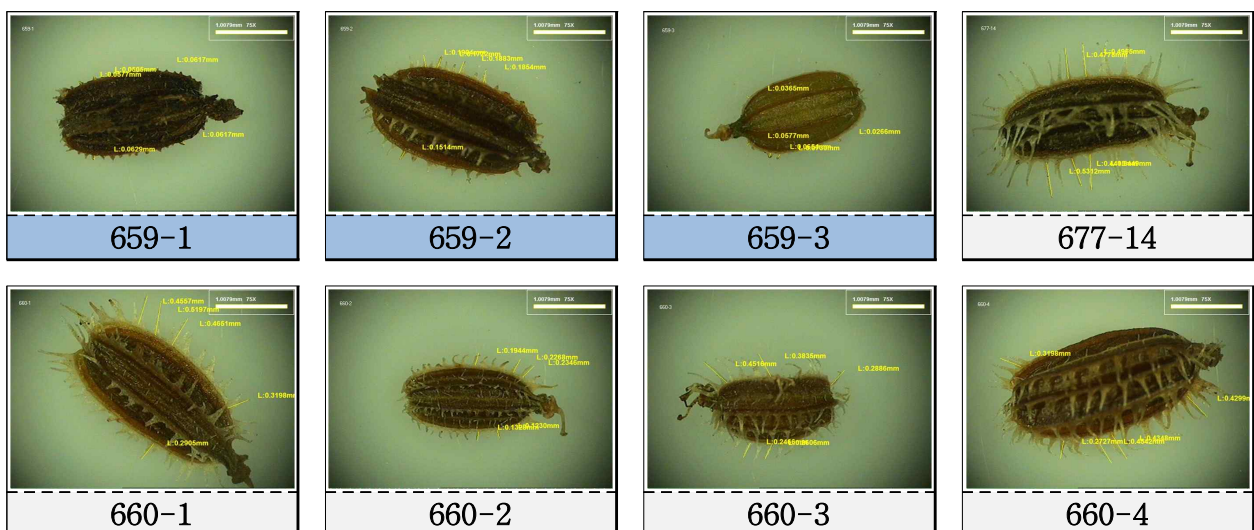


Fig. 19. Seed phenotype of CT-SMR 616 OP 659, CT-SMR 616 OP 660 line and control CT-SMR 616 OP 677-14 line.

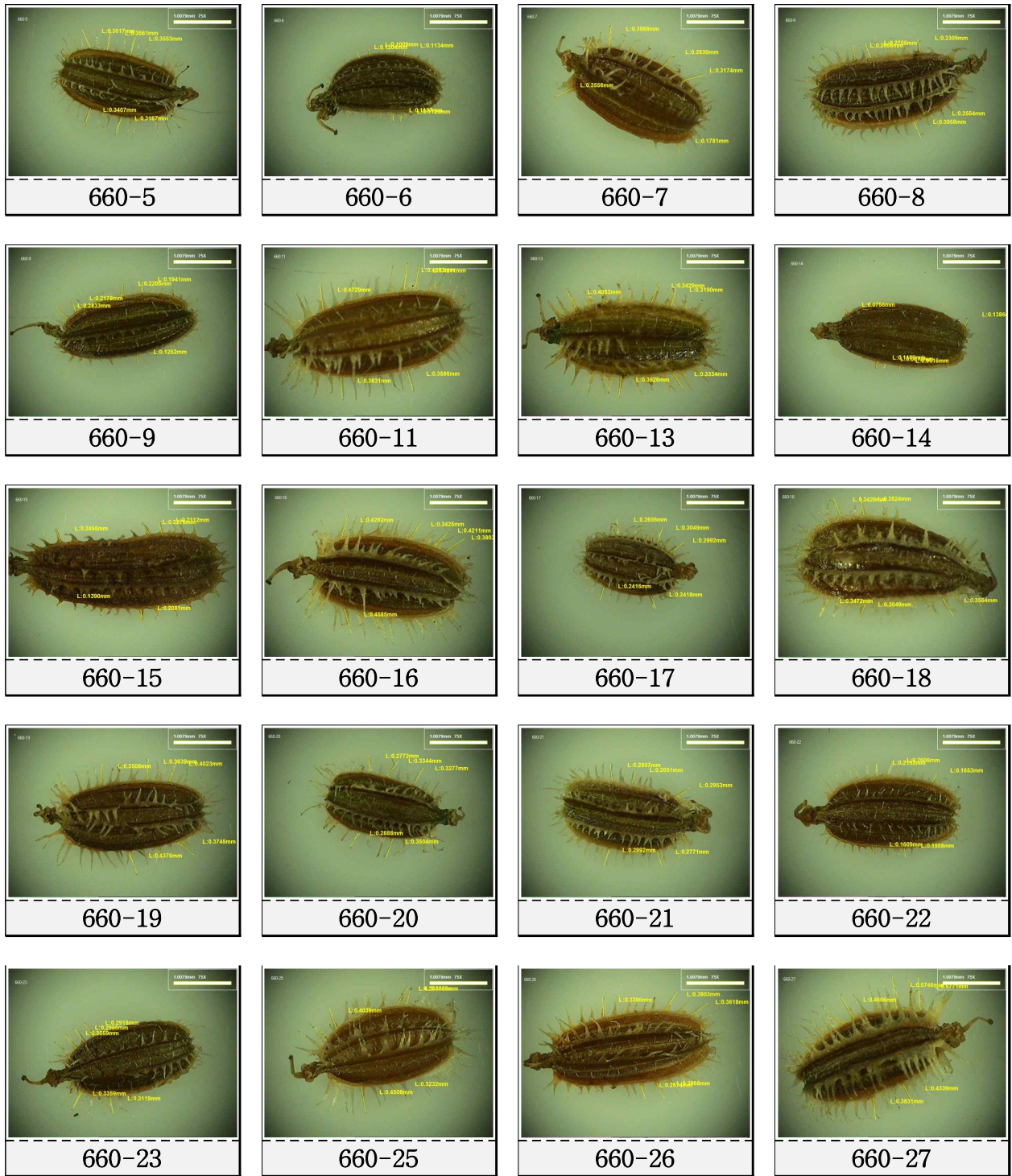


Fig. 19. Continued.

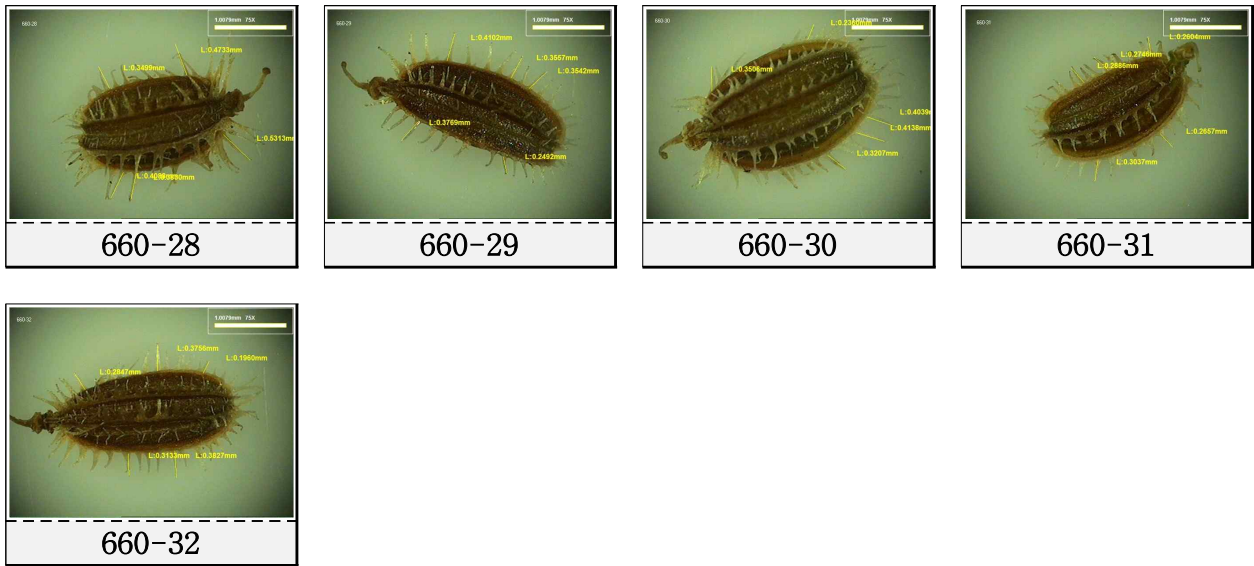


Fig. 19. Continued.

Table 3. The seed hair length of CT-SMR 616 OP 659, CT-SMR 616 OP 660 lines and control CT-SMR 616 OP 677-14 line.

Sample (No.)	Seed hair length (mm)	Sample (No.)	Seed hair length (mm)
659-1	0.076 ± 0.004 ^z	660-16	0.389 ± 0.019
659-2	0.161 ± 0.007	660-17	0.233 ± 0.014
659-3	0.036 ± 0.008	660-18	0.325 ± 0.012
677-14	0.543 ± 0.017	660-19	0.383 ± 0.012
660-1	0.420 ± 0.022	660-20	0.377 ± 0.023
660-2	0.173 ± 0.013	660-21	0.286 ± 0.012
660-3	0.330 ± 0.015	660-22	0.219 ± 0.010
660-4	0.417 ± 0.034	660-23	0.273 ± 0.012
660-5	0.303 ± 0.013	660-25	0.342 ± 0.014
660-6	0.126 ± 0.005	660-26	0.271 ± 0.017
660-7	0.334 ± 0.031	660-27	0.532 ± 0.019
660-8	0.286 ± 0.008	660-28	0.478 ± 0.030
660-9	0.193 ± 0.014	660-29	0.313 ± 0.018
660-11	0.488 ± 0.019	660-30	0.328 ± 0.020
660-13	0.367 ± 0.017	660-31	0.309 ± 0.012
660-14	0.147 ± 0.015	660-32	0.298 ± 0.012
660-15	0.240 ± 0.013		

^z Standard error.

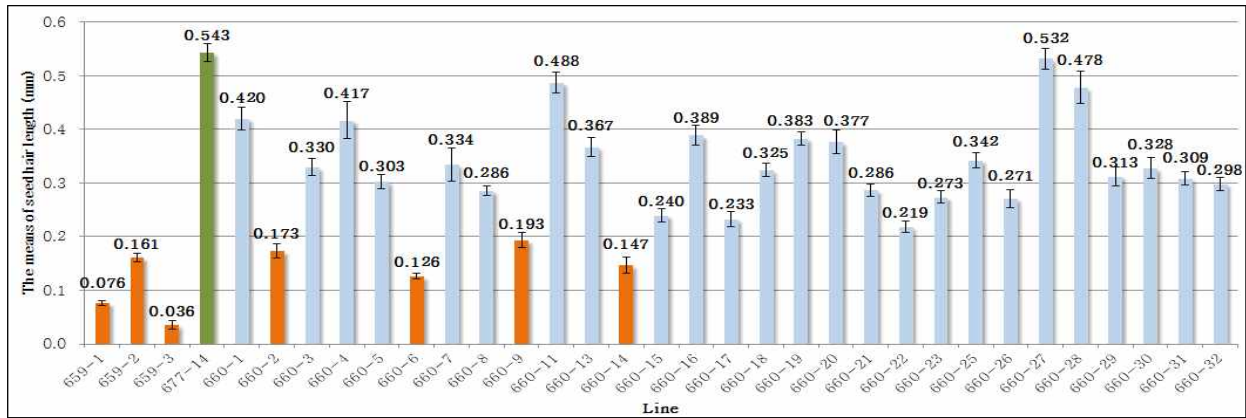


Fig. 20. The seed hair length of CT-SMR 616 OP 659, CT-SMR 616 OP 660 line and control CT-SMR 616 OP 677-14 line.

분석된 결과를 바탕으로 지난해 무모형 종자 표현형을 보인 CT-SMR 616 OP 389-1 개체의 종자모 길이인 0.248mm 보다 짧게 나타난 7개 개체들 간의 유의성을 “Duncan Grouping” ($p < 0.05$)으로 분석하였다. 이에 따라 control인 No. 677-14과 유의적으로 group이 나누어 졌으며, 특히 No. 659-3, No. 659-1, No. 660-6 순으로 유의적으로 짧은 종자모 길이를 가지는 것으로 나타났다. 그러나 종자 크기에서 No. 659-3과 No. 660-6의 경우 대조구에 비하여 종자의 크기가 유의적으로 작음이 확인되었다(Table 4; Fig. 21). 이러한 종자의 크기 차이는 종자의 활력 및 생육에 영향을 미칠 것으로 판단하였다. 이에 반해 No. 659-1, No. 660-9, No. 660-14의 경우 유의적으로 짧은 종자모 길이를 가지면서, 종자의 크기가 대조구와 유의적 차이가 없기 때문에 우수 line으로 선발하였다(Table 5; Fig. 22).

Table 4. The seed size of CT-SMR 616 OP 659, CT-SMR 616 OP 660 line and control CT-SMR 616 OP 677-14 line.

Sample (No.)	Seed size (mm ²)	Sample (No.)	Seed size (mm ²)
659-1	2.022 ± 0.078 ^z	660-16	0.082 ± 0.082
659-2	2.354 ± 0.096	660-17	0.114 ± 0.114
659-3	1.353 ± 0.102	660-18	0.123 ± 0.123
677-14	2.103 ± 0.128	660-19	0.060 ± 0.060
660-1	2.900 ± 0.157	660-20	0.117 ± 0.117
660-2	1.447 ± 0.088	660-21	0.171 ± 0.171
660-3	1.496 ± 0.109	660-22	0.289 ± 0.289
660-4	3.270 ± 0.253	660-23	0.046 ± 0.046
660-5	1.851 ± 0.169	660-25	0.208 ± 0.208
660-6	1.632 ± 0.075	660-26	0.109 ± 0.109
660-7	2.395 ± 0.080	660-27	0.162 ± 0.162
660-8	2.641 ± 0.195	660-28	0.230 ± 0.230
660-9	2.096 ± 0.202	660-29	0.253 ± 0.253
660-11	2.852 ± 0.110	660-30	0.264 ± 0.264
660-13	2.866 ± 0.252	660-31	0.182 ± 0.182
660-14	2.284 ± 0.281	660-32	0.053 ± 0.053
660-15	3.658 ± 0.342		

^z Standard error.

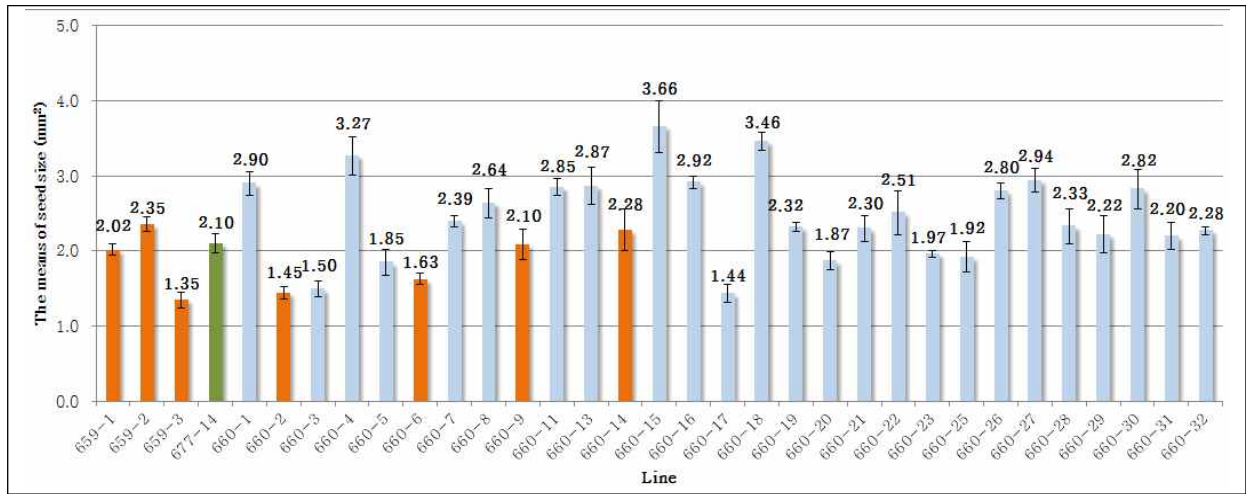


Fig. 21. The seed size of CT-SMR 616 OP 659, CT-SMR 616 OP 660 line and control CT-SMR 616 OP 677-14 line.

Table 5. The seed hair length and seed size of CT-SMR 616 OP 659, CT-SMR 616 OP 660 line and control CT-SMR 616 OP 677-14 line by Duncan grouping ($p < 0.05$).

Sample (No.)	Seed hair length (mm)	Seed size (mm ²)
677-14	0.543 ± 0.017 ^z A	2.103 ± 0.128 A
659-1	0.076 ± 0.004 E	2.022 ± 0.078 A
659-2	0.161 ± 0.007 CB	2.354 ± 0.096 A
659-3	0.036 ± 0.008 F	1.353 ± 0.102 B
660-2	0.173 ± 0.013 CB	1.447 ± 0.088 B
660-6	0.126 ± 0.005 D	1.632 ± 0.075 B
660-9	0.193 ± 0.014 B	2.096 ± 0.202 A
660-14	0.147 ± 0.015 CD	2.284 ± 0.281 A

^z Standard error.

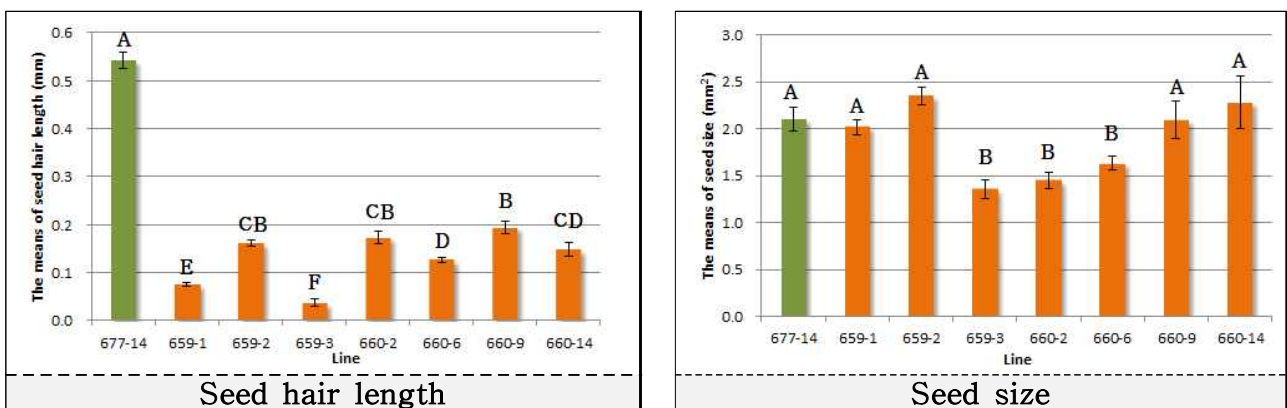


Fig. 22. The seed hair length and seed size of CT-SMR 616 OP 659, CT-SMR 616 OP 660 line and control CT-SMR 616 OP 677-14 by Duncan grouping ($p < 0.05$).

(나) 2차년도 대상 개체군 단모형 종자 표현형 CT-ATR 615 OP 394-6 selfing progeny CT-ATR 615 OP 666 line 개체 종자

1차년도 개체군 중 단모형 종자 표현형을 보인 CT-ATR 616 OP 394-6개체의 selfing progeny CT-ATR 616 OP 666 line의 종자 표현형을 조사한 결과 총 29개체 중 666-46을 제외한 28개체에서 지난해 단모형 종자 표현형을 보인 No. 394-6 개체의 종자모 길이인 0.377mm보다 짧게 나타난 것을 확인하였다 (Fig. 23, 24; Table 6).

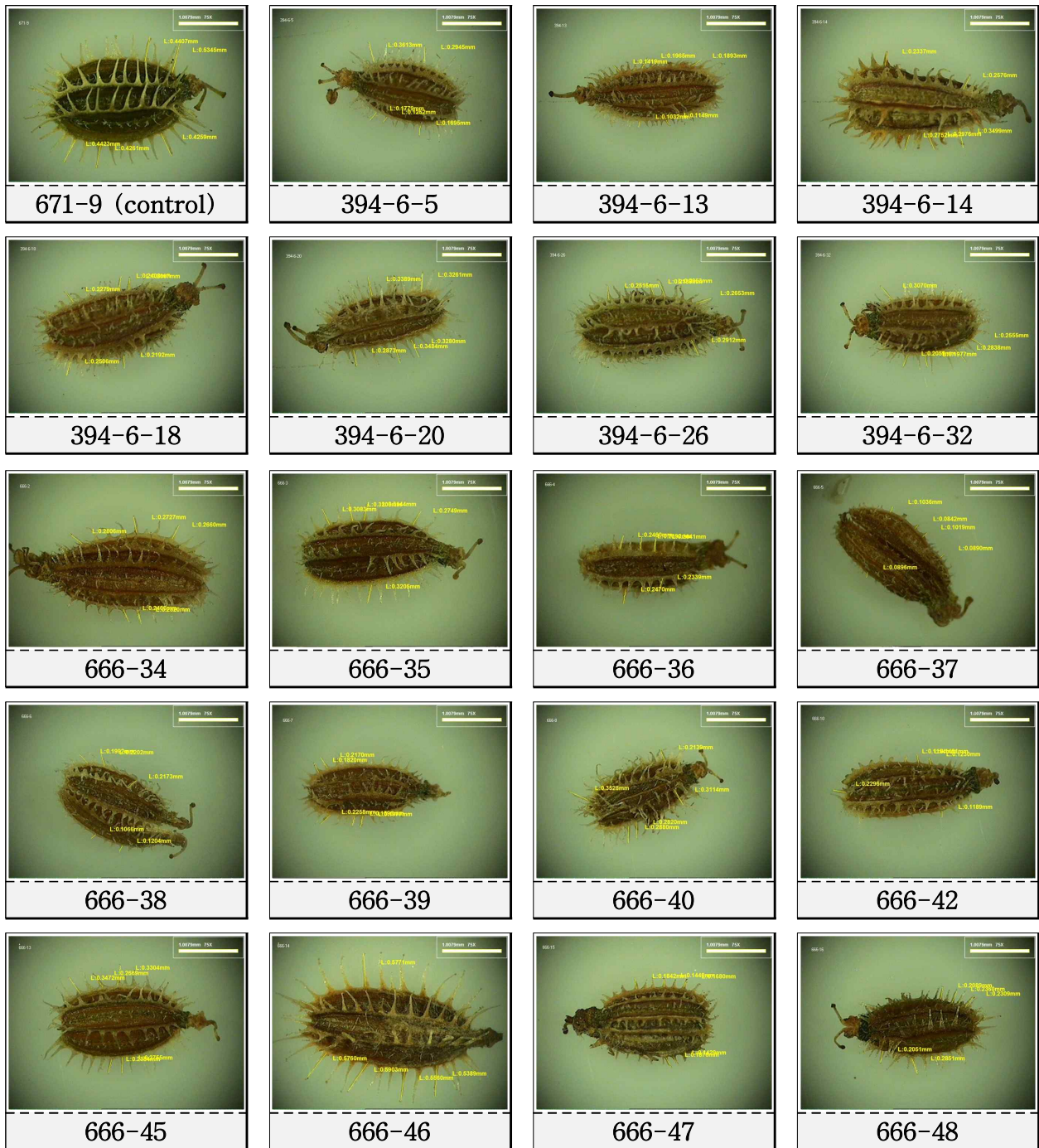


Fig. 23. Seed phenotype of CT-ATR 615 OP 666 line seeds and control CT-ATR 615 OP 671-9.

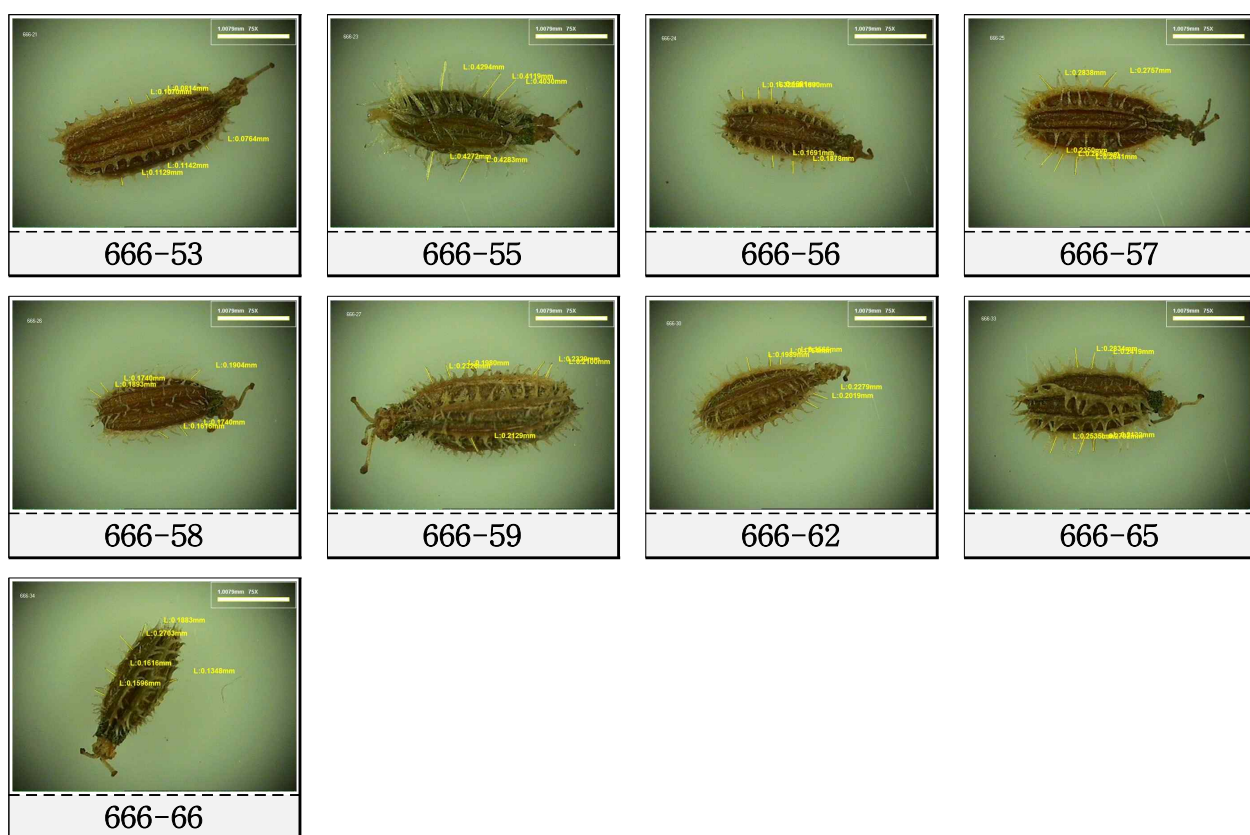


Fig. 23. Continued.

Table 6. The seed hair length of CT-ATR 615 OP 666 line and control CT-ATR 615 OP 671-9.

Sample (No.)	Seed hair length (mm)	Sample (No.)	Seed hair length (mm)
671-9	0.419 ± 0.012 ^z	666-42	0.148 ± 0.008
666-5	0.236 ± 0.014	666-45	0.333 ± 0.015
666-13	0.137 ± 0.009	666-46	0.562 ± 0.014
666-14	0.273 ± 0.021	666-47	0.169 ± 0.008
666-18	0.252 ± 0.010	666-48	0.261 ± 0.009
666-20	0.345 ± 0.009	666-53	0.136 ± 0.008
666-26	0.244 ± 0.008	666-55	0.307 ± 0.025
666-32	0.281 ± 0.014	666-56	0.168 ± 0.005
666-34	0.220 ± 0.010	666-57	0.244 ± 0.008
666-35	0.267 ± 0.021	666-58	0.198 ± 0.010
666-36	0.238 ± 0.012	666-59	0.223 ± 0.012
666-37	0.111 ± 0.008	666-62	0.195 ± 0.006
666-38	0.149 ± 0.010	666-65	0.233 ± 0.010
666-39	0.200 ± 0.011	666-66	0.170 ± 0.009
666-40	0.284 ± 0.015		

^z Standard error.

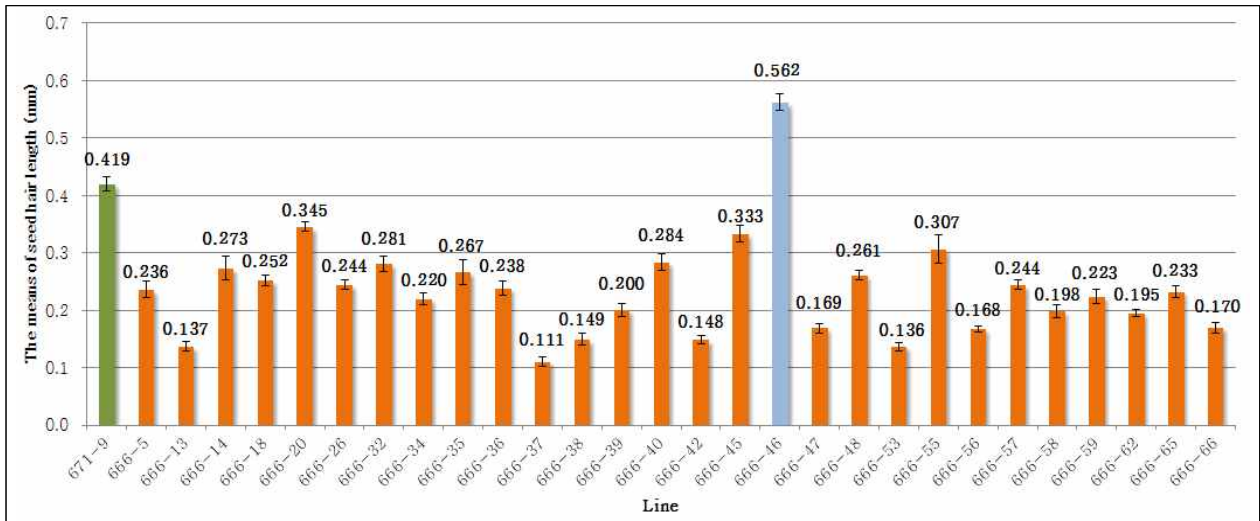


Fig. 24. The seed hair length of CT-ATR 615 OP 666 line and control CT-ATR 615 OP 671-9.

분석된 결과를 바탕으로 지난해 단모형 종자 표현형을 보인 CT-ATR 615 OP 394-6 종자모 길이인 0.377mm 보다 짧게 나타난 line이 666-46을 제외한 28개체로 나타났다. 또한 종자의 활력 및 생육에 영향을 미칠 것으로 판단되는 종자의 크기를 “Duncan Grouping” ($p < 0.05$)으로 대조구와의 유의성이 없는 CT-ATR 616 OP 666-34을 확인하였다. No. 666-34의 경우 유의적으로 짧은 종자모 길이를 가지면서, 종자의 크기 역시 유의적 차이가 없기 때문에 우수 line으로 선발하였다(Table 7, 8; Fig. 25, 26).

Table 7. The seed size of CT-ATR 615 OP 666 line and control CT-ATR 615 OP 671-9.

Sample (No.)	Seed size (mm ²)	Sample (No.)	Seed size (mm ²)
671-9	2.426 ± 0.209 ^z	666-42	1.338 ± 0.095
666-5	1.143 ± 0.047	666-45	1.836 ± 0.143
666-13	1.502 ± 0.130	666-46	2.805 ± 0.014
666-14	1.821 ± 0.187	666-47	1.634 ± 0.117
666-18	1.683 ± 0.205	666-48	1.355 ± 0.008
666-20	1.593 ± 0.305	666-53	1.668 ± 0.037
666-26	1.442 ± 0.110	666-55	1.099 ± 0.060
666-32	1.335 ± 0.051	666-56	1.224 ± 0.098
666-34	2.377 ± 0.402	666-57	1.452 ± 0.076
666-35	1.912 ± 0.117	666-58	1.017 ± 0.038
666-36	1.448 ± 0.064	666-59	1.840 ± 0.151
666-37	1.657 ± 0.214	666-62	0.951 ± 0.053
666-38	1.375 ± 0.130	666-65	1.073 ± 0.075
666-39	1.286 ± 0.029	666-66	1.048 ± 0.032
666-40	1.195 ± 0.038		

^z Standard error.

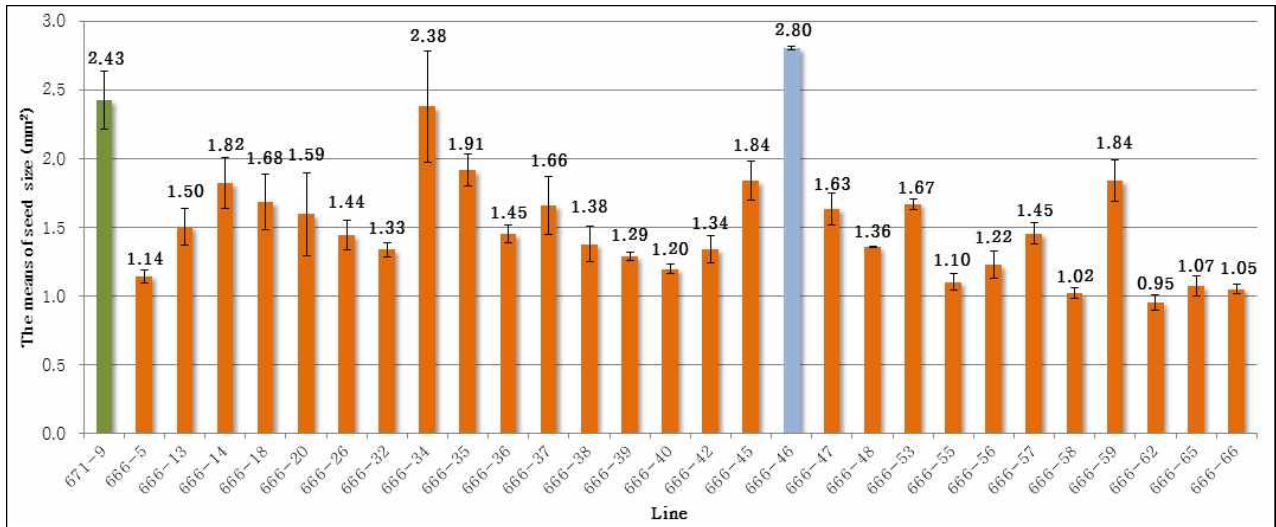


Fig. 25. The seed size of CT-ATR 615 OP 666 line and control CT-ATR 615 OP 671-9.

Table 8. The seed hair length and seed size of CT-ATR 615 OP 666 line and control CT-ATR 615 OP 671-9 by Duncan grouping ($p < 0.05$).

Sample (No.)	Seed hair length (mm)	Seed size (mm ²)
671-9	0.419 ± 0.012 ^z A	0.543 ± 0.017 A
666-34	0.220 ± 0.010 B	2.377 ± 0.402 A

^z Standard error.

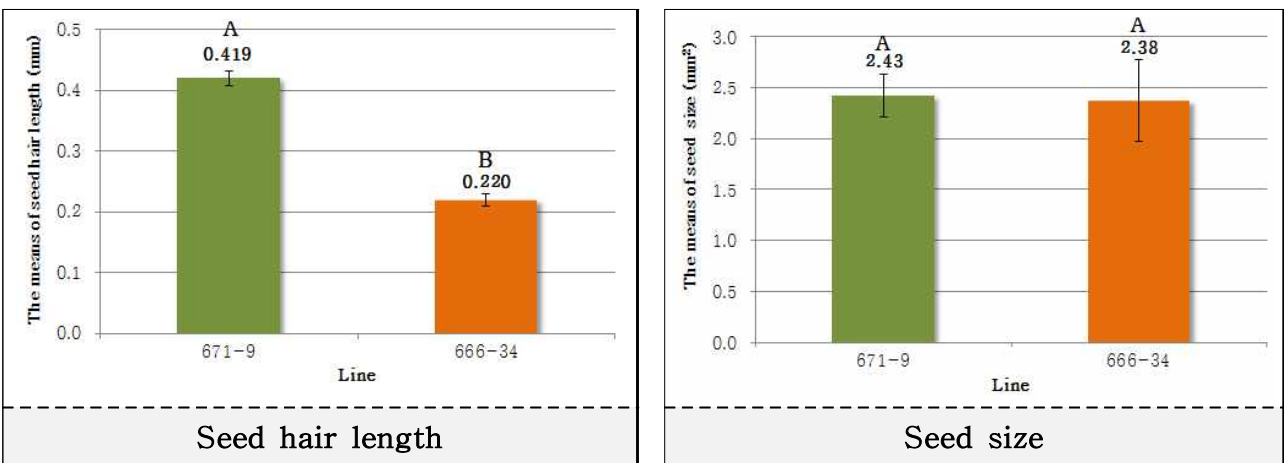


Fig. 26. The seed hair length and seed size of CT-ATR 615 OP 666 line and control CT-ATR 615 OP 671-9 by Duncan grouping ($p < 0.05$).

3. 3차년도 무모계 종자 관련 연구 및 분자마커 개발을 위한 당근 확보

가. 목적

1차년도 무모계 종자 관련 분자마커 개발을 위해 확보된 당근계통 중 표현형 확인을 통해 단모계 종자 표현형을 보인 개체를 선발하였다. 이에 선발된 개체의 selfing을 통해 2차년도 역시 무모계 종자 관련 분자마커 개발을 위한 CT-SMR 616 OP 659 line을 선발하였다. 이에 따라 3차년도 무모계 종자 관련 분자마커 개발의 효율성을 높이기 위해 CT-SMR 616 OP 659line의 3개체를 확보하였으며, 이들 개체의 selfing progeny line을 육성하여 분자마커 개발 연구에 있어 정확성을 높이고자 실시하였다.

나. 재료 및 방법

2차년도 실험 재료로 사용된 당근 개체들의 표현형 조사를 바탕으로 CT-SMR 616 OP 659-1, 2 그리고 659-3 개체를 단모형 종자 개체로 선발하여 각각 selfing 교배하여 progeny line을 육성하였고 또한 2차년도 대조구 실험개체 CT-SMR 616 OP 677-14 또한 3차년도 실험 수행을 위해 selfing 교배하여 progeny line을 육성하였다.

(1) 2차년도 선발 단모형 종자 표현형 개체 CT-SMR 616 OP 659-1, 2, 3 selfing progeny line 육성

08년도 CT-SMR 616 OP 계통을 sib cross를 통해 CT-SMR 616 OP 389 line이 육성되었으며 1차년도 이들 line의 표현형을 조사한 결과 CT-SMR 616 OP 389-1개체의 표현형이 단모형 표현형을 나타내는 것을 확인하였다. 이후 이 개체를 차후 마커 개발을 위한 재료로서 selfing하여 CT-SMR 616 OP 659 line을 육성하였다 (Fig. 27). 2차년도 육성된 CT-SMR 616 OP 659-1, 2, 3 개체의 표현형을 확인한 결과 무모형, 단모형 표현형을 나타내는 것을 확인하여 (Fig. 28) 이들 세 개체의 selfing 교배를 통해 3차년도 무모계 종자 관련 분자마커 개발을 위한 당근 실험 재료를 확보하였다.

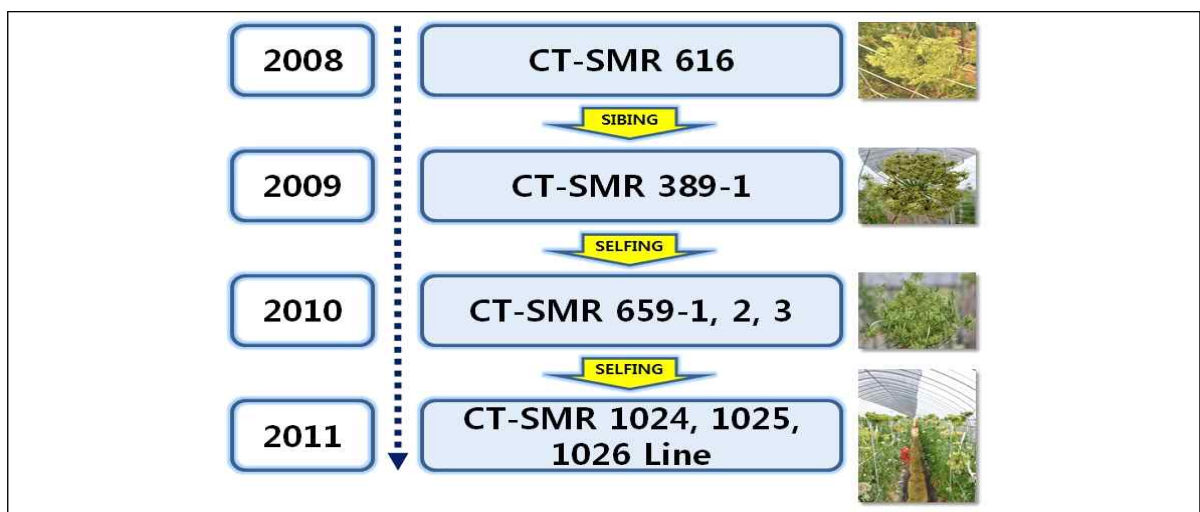


Fig. 27. The genealogy of CT-SMR 616 OP for molecular marker development from 2008 to 2011.

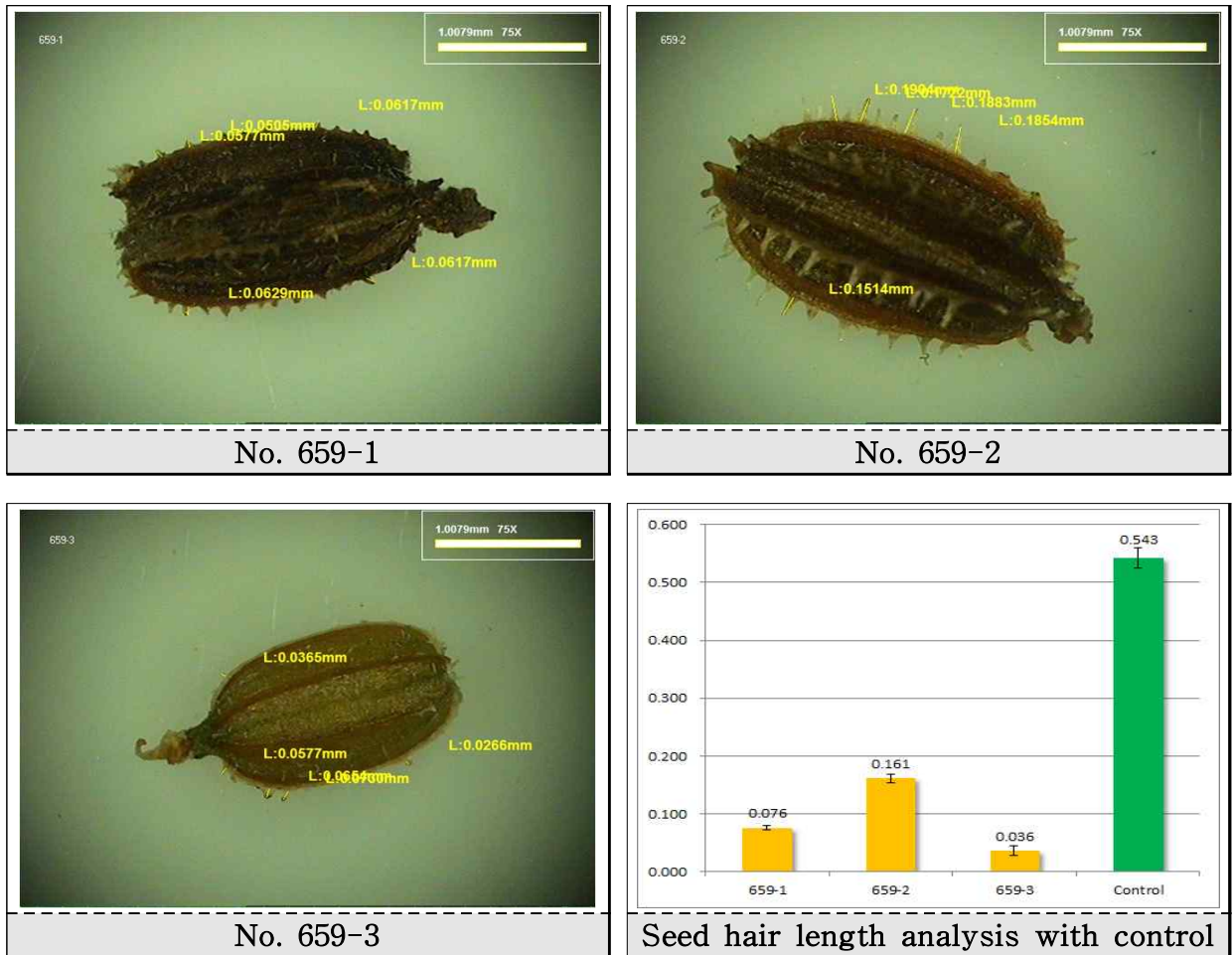


Fig. 28. Seed phenotype of CT-SMR 616 OP 659-1, 2, 3 and seed hair length analysis with control.

(2) 2차년도 선발 대조구 유모형 종자 표현형 개체 CT-SMR 616 OP 677-14 selfing progeny line 육성

08년도 CT-SMR 616 OP 계통을 sib cross를 통해 CT-SMR 616 OP 616 line이 육성되었으며 1차년도에 이들 line의 표현형을 조사한 결과 단모형 종자 표현형 CT-SMR 616 OP 389-1개체에 대한 대조구 line으로서 유모형 종자 표현형 CT-SMR 616 OP 616-33 개체가 선발되었다. 이후 이 개체를 차후 마커 개발을 위한 재료로서 selfing하여 CT-SMR 616 OP 677 line으로 육성하였다 (Fig. 29). 2차년도 육성된 677 line에서 대조구 개체로서 677-5, 8, 14개체가 실험재료로서 사용되었으며 이들 개체 중 표현형을 확인한 후 (Fig. 30) 3차년도 실험을 위한 무모형 종자 표현형 개체의 대조구 line으로서 CT-SMR 616 OP 677-14 개체의 selfing 교배를 통해 3차년도 대조구 당근 실험 재료를 확보하였다.

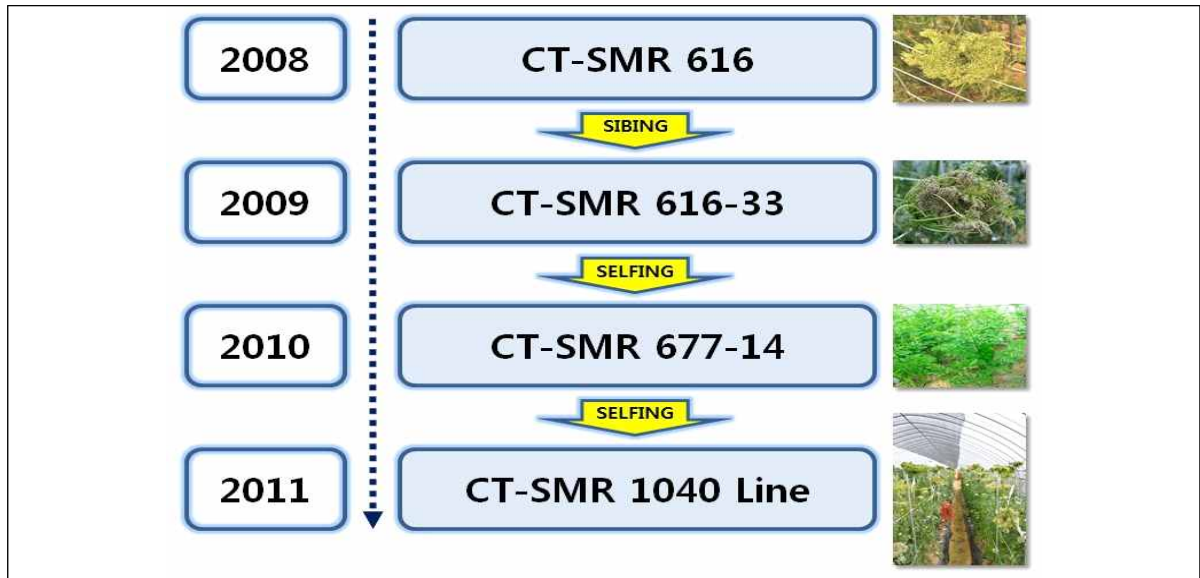


Fig. 29. The genealogy of CT-SMR 616 OP as a control line for molecular marker development from 2008 to 2011.

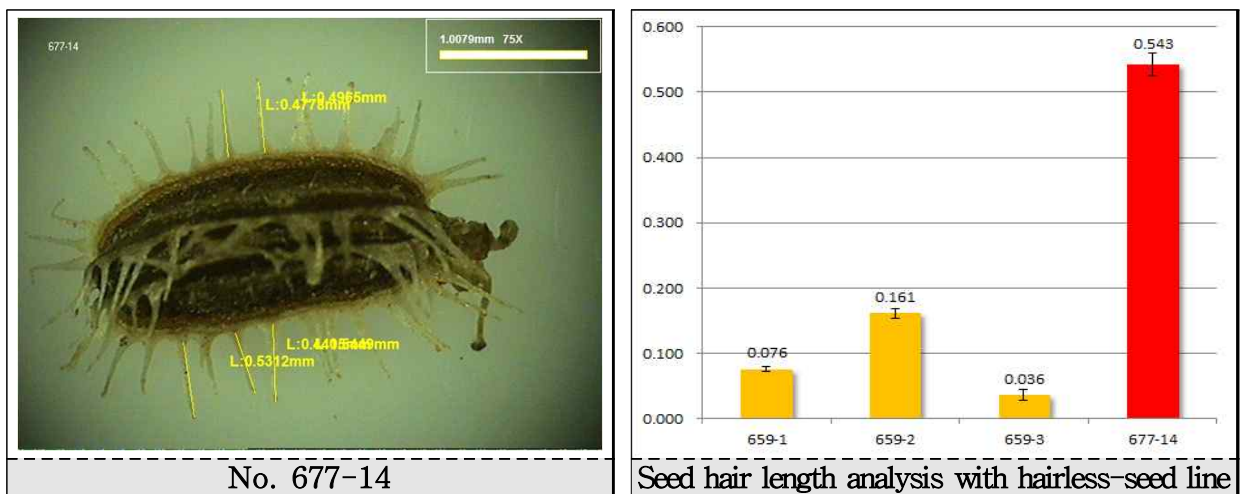


Fig. 30. Seed phenotype of CT-SMR 616 OP 677-14 and seed hair length analysis with hairless-seed line.

다. Sampling 및 결과

(1) 단모형 종자 표현형 개체 CT-SMR 616 OP 659-1, 2, 3의 selfing progeny CT-SMR 616 OP 1024, 1025, 1026 line 확보 및 sampling

2차년도 단모형 종자 표현형을 보인 CT-SMR 616 OP 659-1, 2, 3개체 각각의 selfing progeny CT-SMR 616 OP 1024, 1025, 1026 line을 sampling 하였으며 (Fig. 31), 이후 마커 실험과 표현형 조사 결과를 바탕으로 3 line 각각 3차년도 당근 부모 종자 관련 마커 개발을 위한 실험재료로서 25개체씩을 선발하여 실험을 진행하였다 (Table 9).



Fig. 31. Sampling of selfing progenies CT-SMR 616 OP 1024, 1025, 1026 lines of short-hair seed CT-SMR 616 OP 659 line.

Table 9. Selected individuals in hairless-seed CT-SMR 616 OP 1024, 1025, 1026 line as a material.

Line	Selected Individuals	Line	Selected Individuals	Line	Selected Individuals
	1024-2		1025-1		1026-1
	1024-3		1025-2		1026-2
	1024-4		1025-3		1026-4
	1024-7		1025-5		1026-5
	1024-5		1025-6		1026-6
	1024-8		1025-7		1026-7
	1024-9		1025-8		1026-10
	1024-10		1025-9		1026-11
	1024-11		1025-10		1026-13
	1024-13		1025-11		1026-15
	1024-16		1025-12		1026-16
	1024-17		1025-13		1026-17
1024	1024-18	1025	1025-14	1026	1026-18
	1024-19		1025-15		1026-20
	1024-20		1025-16		1026-21
	1024-21		1025-18		1026-22
	1024-22		1025-19		1026-23
	1024-23		1025-20		1026-24
	1024-24		1025-21		1026-26
	1024-25		1025-22		1026-27
	1024-26		1025-23		1026-29
	1024-27		1025-24		1026-30
	1024-28		1025-25		1026-31
	1024-29		1025-28		1026-34
	1024-30		1025-29		1026-35

(2) 대조구 유모형 종자 표현형 개체 CT-SMR 616 OP 677-14의 selfing progeny CT-SMR 616 OP 1040 line 확보 및 sampling

2차년도 대조구 유모형 종자 표현형을 보인 CT-SMR 616 OP 677-14 개체의 selfing progeny CT-SMR 616 OP 1040 line을 10개체 sampling 하였고 (Fig. 32), 이후 마커 실험과 표현형 조사 결과를 바탕으로 3차년도 당근 무모 종자 관련 마커 개발을 위한 대조구 실험재료로서 6개체를 확정하여 실험을 진행하였다 (Table 10).



Fig. 32. Sampling of selfing progenies CT-SMR 616 OP 1040 line of hairy seed CT-SMR 616 OP 677-14 line as a control materials.

Table 10. Selected individuals in hairy seed CT-SMR 616 OP 1040 line as a material.

Line		Selected individuals				
1040	1040-1	1040-5	1040-6	1040-7	1040-8	1040-10

라. 종자표현형 확인 및 분석

3차년도 종자모 형질 관련 분자마커 개발을 위한 당근의 종자모 길이와 형태 등의 표현형을 분석하여, 단모 및 무모형 종자 표현형을 가지는 개체를 선발하였다. 선발된 결과를 바탕으로 RAPD 및 SSR 등의 실험 결과와의 상관관계를 분석하여 분자마커 개발의 정확성을 검증하였다. 이 후 선발된 개체들의 자식세대 유지를 통해 무모형질이 고정되도록 하여 후세대

의 보다 정확한 분자마커를 개발하는데 그 목적이 있다.

(1) 재료 및 방법

1차년도 개체군 중 무모형 종자 표현형을 보인 CT-SMR 616 OP 389-1개체의 selfing progeny CT-SMR 616 OP 659 line 에서 2차년도 선발된 659-1, 2, 3 개체의 3차년도 실험 개체 selfing progeny CT-SMR 616 OP 1024, 1025, 1206 line과 이들 line의 control로써 2차년도 선발된 CT-SMR 616 OP 677-14 개체의 3차년도 실험 개체 selfing progeny CT-SMR 616 OP 1040 line의 종자 표현형을 Video Microscope System (ALPHASYSTEC)을 이용하여 40배 배율로 조사하였다. 종자모의 길이는 3반복으로 각각의 종자의 모 5개 길이 평균으로 분석하였다. 분석결과를 2차년도 단모 및 무모형 종자 표현형 개체 CT-SMR 616 OP 659-1, 2, 3과 control 유모형 종자 표현형 개체 CT-SMR 616 OP 677-14와 우선 비교 분석하였다.

(2) 결과 및 분석

(가) 3차년도 대상 개체군 중 단모형 종자 표현형 CT-SMR 616 OP 659-1 selfing progeny CT-SMR 616 OP 1024 line 개체 종자

단모형 종자 표현형을 보인 CT-SMR 616 OP 659 line 중 659-1 개체의 selfing progeny CT-SMR 616 OP 1024line의 종자 표현형을 분석한 결과 충실한 종자 상태에 비해 종자모가 짧은 단모형의 표현형을 보이는 것을 확인하였다 (Fig. 33; Table 11). 또한 2차년도 CT-SMR 616 OP 659-1 개체와 비교한 결과 659-1 개체의 종자모 길이인 0.076mm 보다 길어진 것으로 확인되었다 (Fig. 34). 이는 세대가 진전됨에 따라 종자모 길이의 미세한 차이가 있었지만 대조구 (1.001mm)와 비교시 확연한 짧은 종자모 표현형을 보이므로 형질이 고정된 것으로 생각되어 진다.

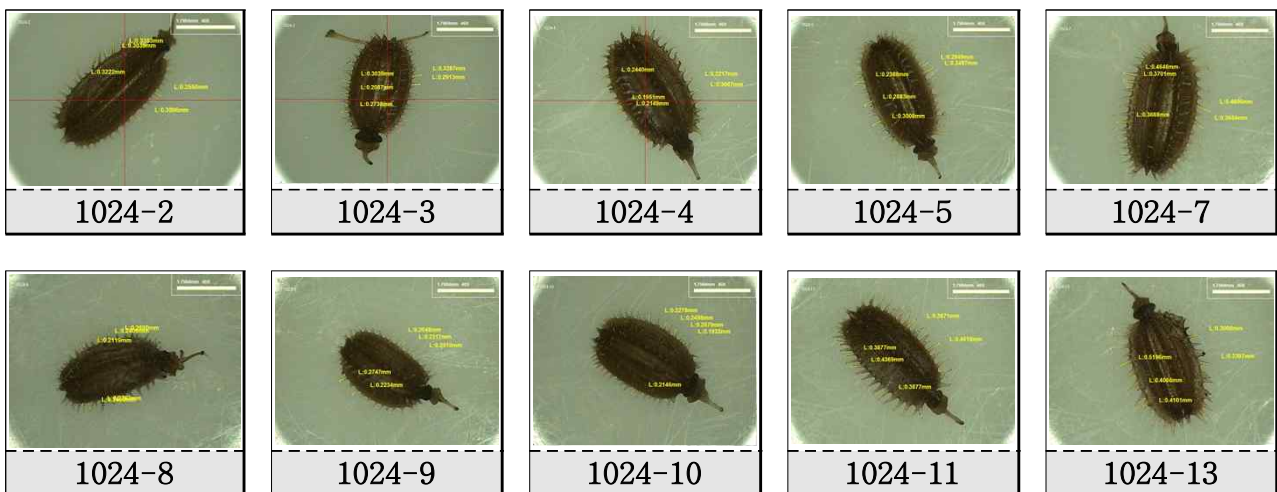


Fig. 33. Seed phenotype of CT-SMR 616 OP 1024 line.

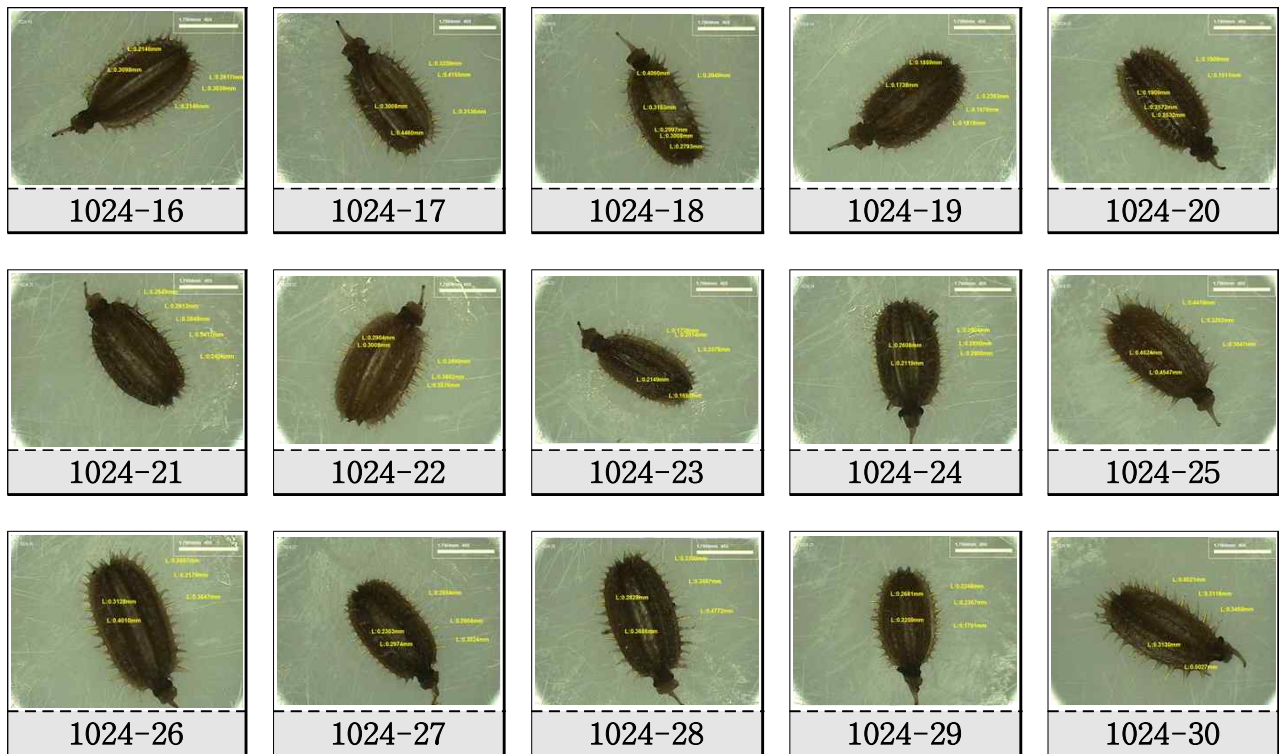


Fig. 33. Continued.

Table 11. The seed hair length of CT-SMR 616 OP 659-1 and CT-SMR 616 OP 659-1 selfing progeny CT-SMR 616 OP 1024 line.

Sample (No.)	Seed hair length (mm)	Sample (No.)	Seed hair length (mm)
659-1	0.076 ± 0.004 ^z	1024-18	0.317 ± 0.012
1024-2	0.316 ± 0.008	1024-19	0.213 ± 0.009
1024-3	0.281 ± 0.011	1024-20	0.230 ± 0.011
1024-4	0.247 ± 0.011	1024-21	0.286 ± 0.007
1024-5	0.302 ± 0.011	1024-22	0.335 ± 0.012
1024-7	0.400 ± 0.013	1024-23	0.227 ± 0.011
1024-8	0.202 ± 0.014	1024-24	0.284 ± 0.007
1024-9	0.240 ± 0.006	1024-25	0.384 ± 0.015
1024-10	0.220 ± 0.009	1024-26	0.331 ± 0.014
1024-11	0.379 ± 0.012	1024-27	0.227 ± 0.014
1024-13	0.363 ± 0.017	1024-28	0.352 ± 0.017
1024-16	0.244 ± 0.013	1024-29	0.223 ± 0.016
1024-17	0.285 ± 0.018	1024-30	0.338 ± 0.017

^z Standard error.

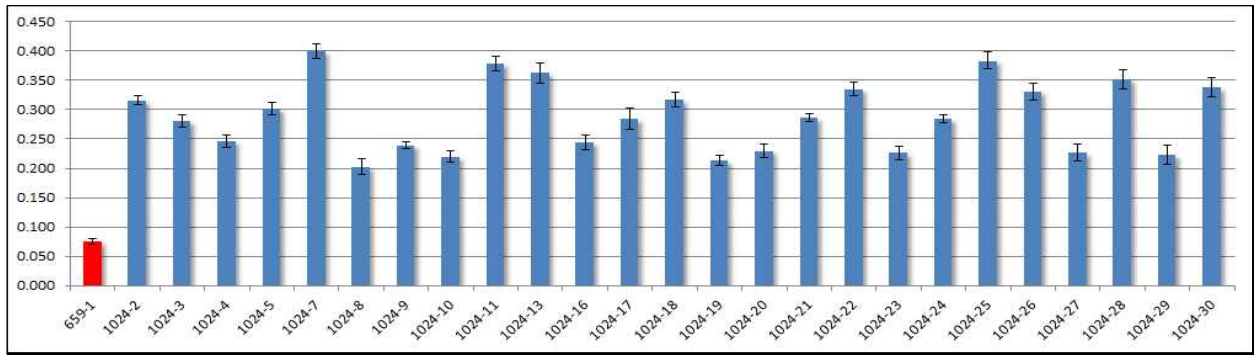


Fig. 34. The seed hair length of CT-SMR 616 OP 659-1 and CT-SMR 616 OP 659-1 selfing progeny CT-SMR 616 OP 1024 line.

(나) 3차년도 대상 개체군 중 단모형 종자 표현형 CT-SMR 616 OP 659-2 selfing progeny CT-SMR 616 OP 1025 line 개체 종자

단모형 종자 표현형을 보인 CT-SMR 616 OP 659 line 중 659-2 개체의 selfing progeny CT-SMR 616 OP 1025 line의 종자 표현형을 분석한 결과 충실한 종자 상태에 비해 종자모가 짧은 단모형의 표현형을 보이는 것을 확인하였다 (Fig. 35; Table 12). 또한 2차년도 CT-SMR 616 OP 659-2 개체와 비교한 결과 659-2 개체의 종자모 길이인 0.161mm 보다 다소 길어진 것으로 확인되었다 (Fig. 36). 이는 세대가 진전됨에 따라 종자모 길이가 미세한 차이가 있었지만 대조구 (1.001mm)와 비교시 확연한 짧은 종자모 표현형을 보이므로 형질이 고정된 것으로 판단되었다.

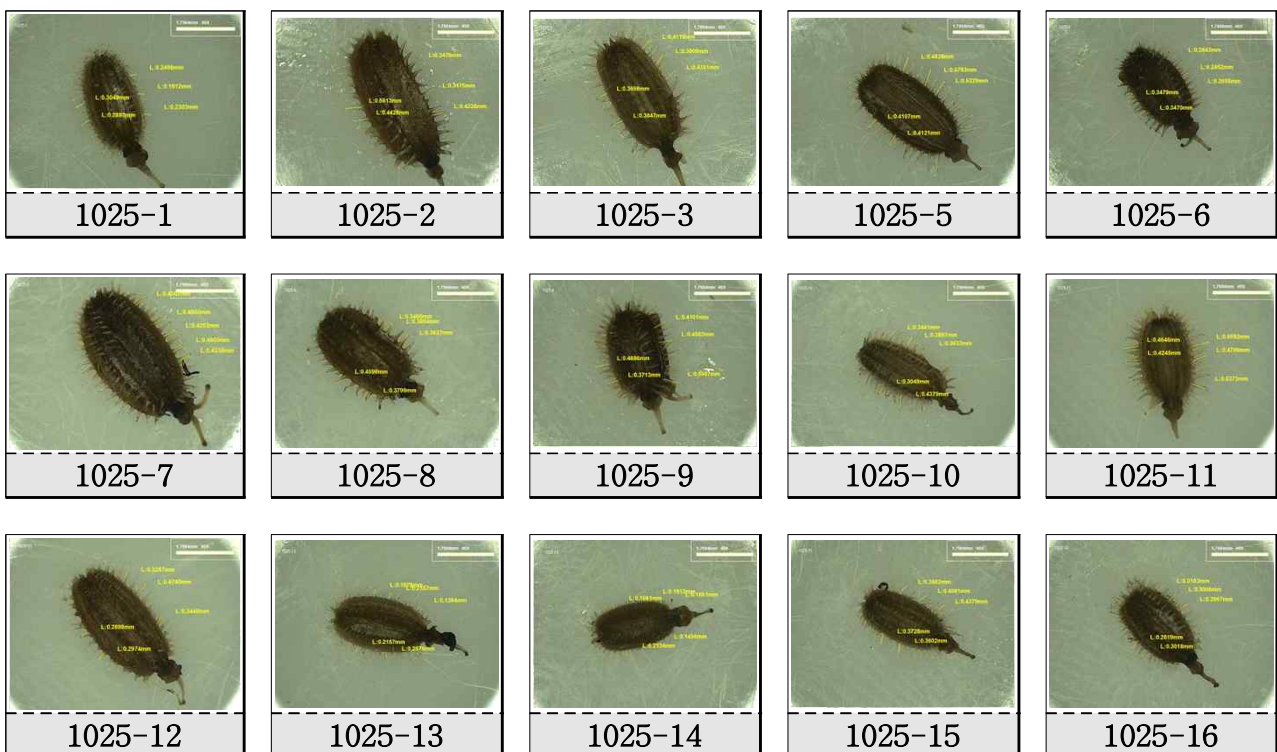


Fig. 35. Seed phenotype of CT-SMR 616 OP 1025 line.

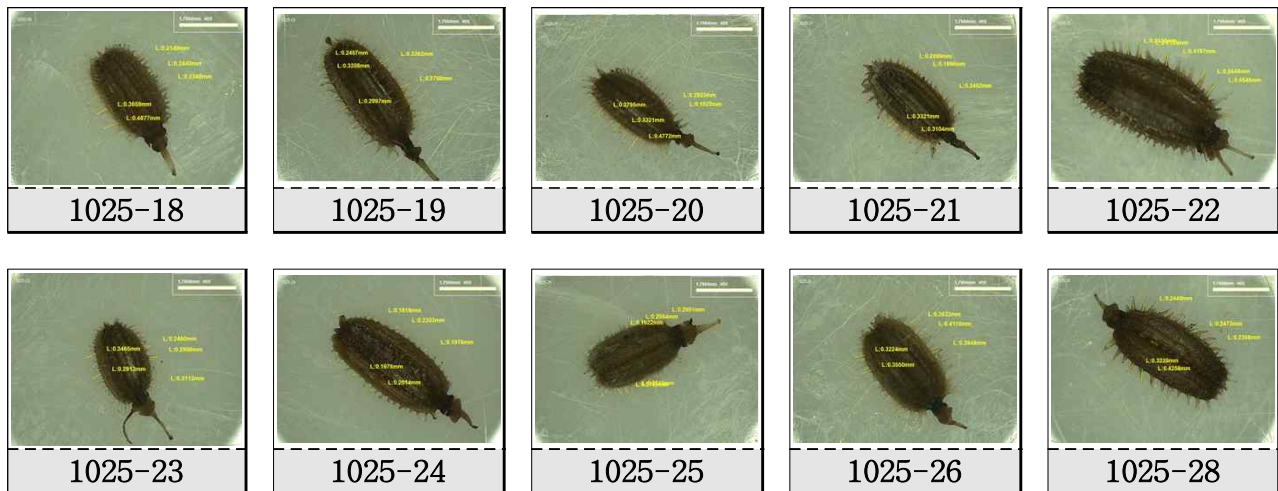


Fig. 35. Continued.

Table 12. The seed hair length of CT-SMR 616 OP 659-2 and CT-SMR 616 OP 659-2 selfing progeny CT-SMR 616 OP 1025 line.

Sample (No.)	Seed hair length (mm)	Sample (No.)	Seed hair length (mm)
659-2	0.161 ± 0.007 ^z	1025-14	0.204 ± 0.009
1025-1	0.286 ± 0.014	1025-15	0.309 ± 0.020
1025-2	0.425 ± 0.019	1025-16	0.315 ± 0.016
1025-3	0.407 ± 0.010	1025-18	0.392 ± 0.026
1025-5	0.516 ± 0.021	1025-19	0.357 ± 0.025
1025-6	0.283 ± 0.010	1025-20	0.364 ± 0.020
1025-7	0.432 ± 0.018	1025-21	0.351 ± 0.028
1025-8	0.346 ± 0.023	1025-22	0.530 ± 0.023
1025-9	0.413 ± 0.021	1025-23	0.276 ± 0.012
1025-10	0.327 ± 0.019	1025-24	0.199 ± 0.011
1025-11	0.458 ± 0.018	1025-25	0.353 ± 0.025
1025-12	0.369 ± 0.021	1025-26	0.385 ± 0.018
1025-13	0.271 ± 0.018	1025-28	0.359 ± 0.022

^z Standard error.

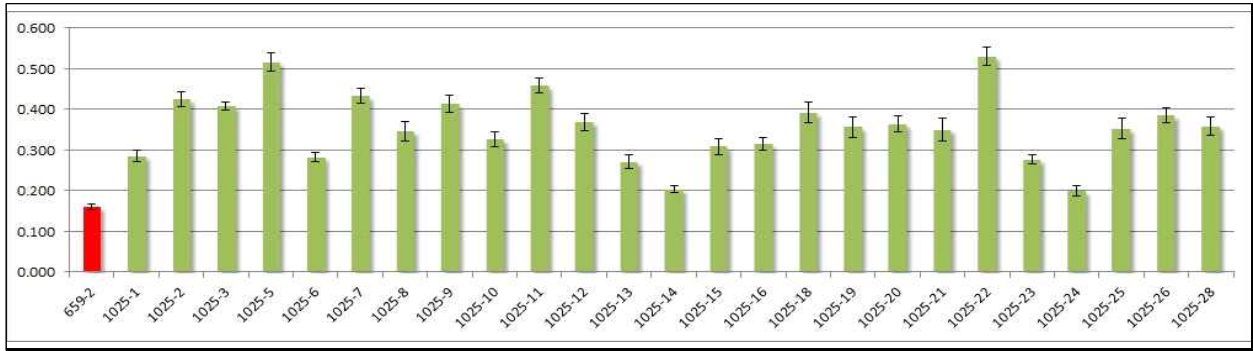


Fig. 36. The seed hair length of CT-SMR 616 OP 659-2 and CT-SMR 616 OP 659-2 selfing progeny CT-SMR 616 OP 1025 line.

(다) 3차년도 대상 개체군 중 무모형 종자 표현형 CT-SMR 616 OP 659-3 selfing progeny CT-SMR 616 OP 1026 line 개체 종자

단모형 종자 표현형을 보인 CT-SMR 616 OP 659 line 중 무모종자 표현형을 보인 659-3 개체의 selfing progeny CT-SMR 616 OP 1026 line의 종자 표현형을 분석한 결과 충실한 종자 상태에 비해 종자모가 짧은 단모형이거나 거의 종자모가 존재하지 않는 무모형 표현형을 보이는 것을 확인하였다 (Fig. 37; Table 13). 또한 2차년도 CT-SMR 616 OP 659-3 개체와 비교한 결과 659-3 개체의 종자모 길이인 0.036mm 보다 다소 길어진 개체와 보다 짧아진 개체 모두 확인되었다 (Fig. 38).

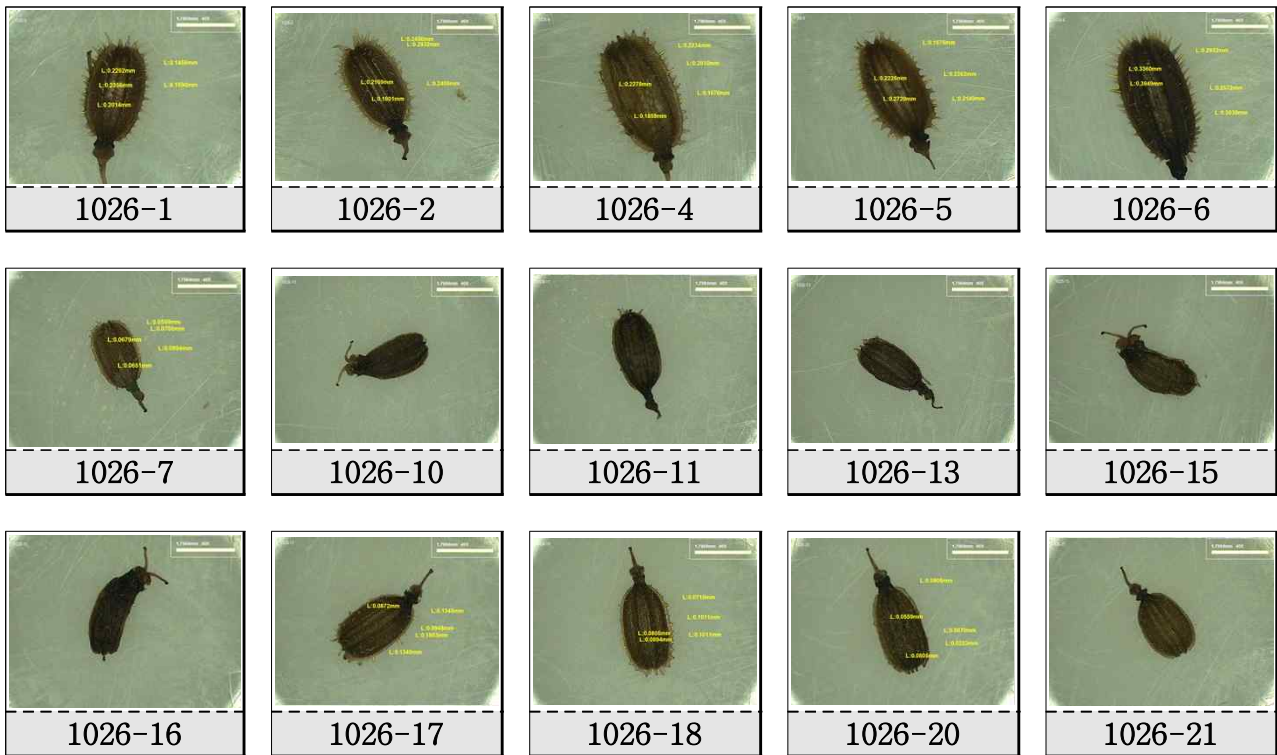


Fig. 37. Seed phenotype of CT-SMR 616 OP 1026 line.

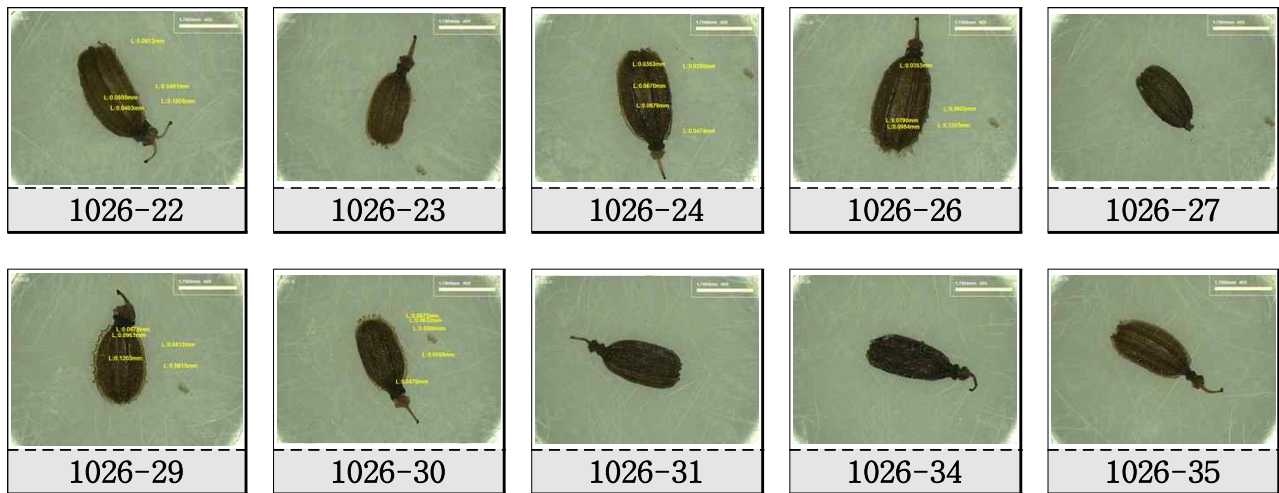


Fig. 37. Continued.

Table 13. The seed hair length of CT-SMR 616 OP 659-3 and CT-SMR 616 OP 659-3 selfing progeny CT-SMR 616 OP 1026 line.

Sample (No.)	Seed hair length (mm)	Sample (No.)	Seed hair length (mm)
659-3	0.036 ± 0.008 ^z	1026-18	0.065 ± 0.005
1026-1	0.204 ± 0.010	1026-20	0.039 ± 0.009
1026-2	0.263 ± 0.018	1026-21	0.000 ± 0.000
1026-4	0.194 ± 0.011	1026-22	0.096 ± 0.016
1026-5	0.208 ± 0.012	1026-23	0.020 ± 0.008
1026-6	0.297 ± 0.020	1026-24	0.048 ± 0.005
1026-7	0.064 ± 0.004	1026-26	0.093 ± 0.010
1026-10	0.009 ± 0.006	1026-27	0.000 ± 0.000
1026-11	0.000 ± 0.000	1026-29	0.049 ± 0.011
1026-13	0.000 ± 0.000	1026-30	0.021 ± 0.008
1026-15	0.000 ± 0.000	1026-31	0.000 ± 0.000
1026-16	0.000 ± 0.000	1026-34	0.000 ± 0.000
1026-17	0.092 ± 0.010	1026-35	0.000 ± 0.000

^z Standard error.

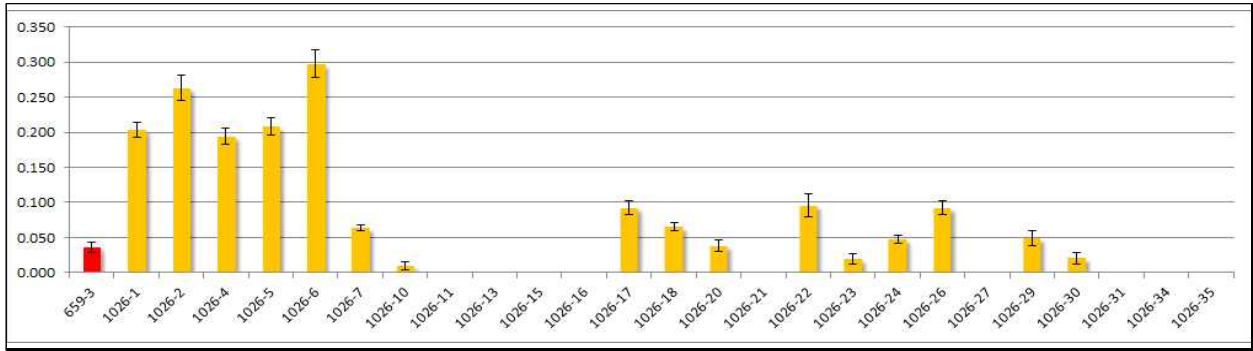


Fig. 38. The seed hair length of CT-SMR 616 OP 659-3 and CT-SMR 616 OP 659-3 selfing progeny CT-SMR 616 OP 1026 line.

(라) 3차년도 대상 개체군 중 대조구 유모형 종자 표현형 CT-SMR 616 OP 677-14 selfing progeny CT-SMR 616 OP 1040 line 개체 종자

2차년도 대조구로 사용된 유모형 종자 표현형을 보인 CT-SMR 616 OP 677 line 중 677-14 개체의 selfing progeny line CT-SMR 616 OP 1040 line의 종자 표현형을 분석한 결과 충실한 종자 상태와 종자모 표현형 모두 정상적인 장모형 표현형을 보이는 것을 확인하였다 (Fig. 39; Table 14). 또한 2차년도 CT-SMR 616 OP 677-14 개체와 비교한 결과 677-14 개체의 종자모 길이인 0.543mm 보다 전체적으로 다소 길어진 것을 확인하였으며 이에 따라 세대가 진전됨에 따라 유모형 표현형이 더욱 강해지고 있는 것을 확인하였다 (Fig. 40).

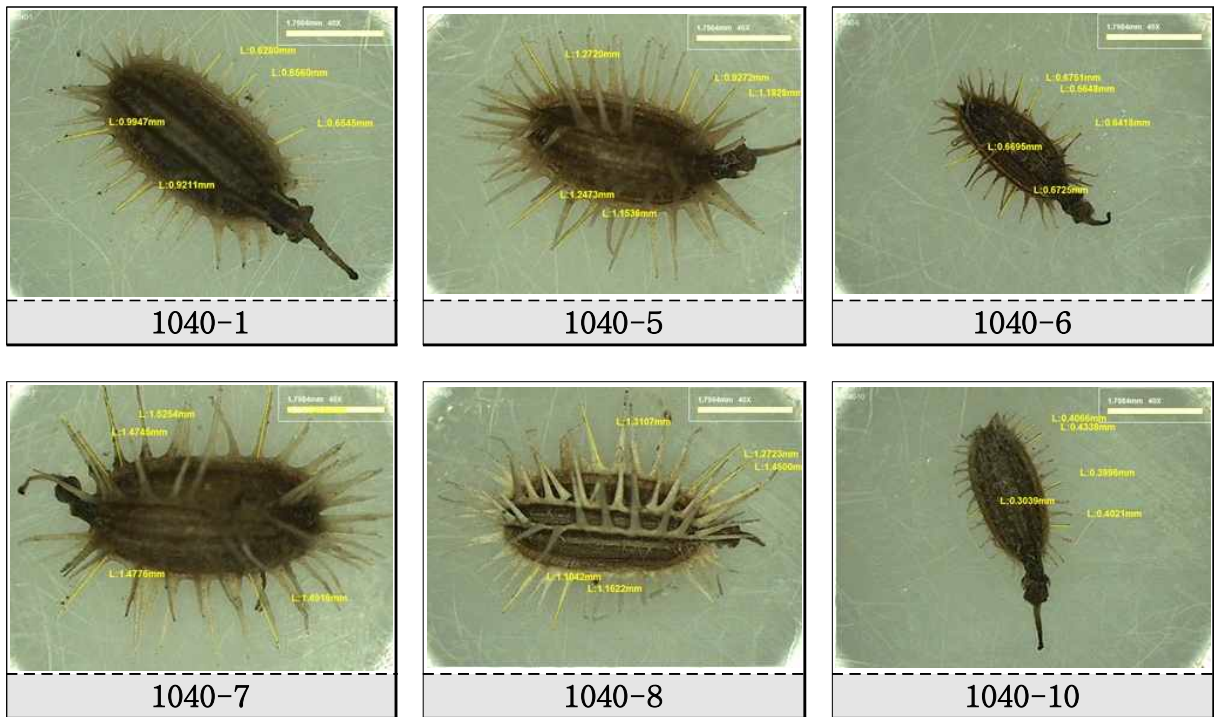


Fig. 39. Seed phenotype of CT-SMR 616 OP 1040 line.

Table 14. The seed hair length of CT-SMR 616 OP 677-14 and CT-SMR 616 OP 677-14 selfing progeny CT-SMR 616 OP 1040.

Sample (No.)	Seed hair length (mm)	Sample (No.)	Seed hair length (mm)
677-14	0.543 ± 0.017 ^z	1040-7	1.485 ± 0.025
1040-1	0.857 ± 0.036	1040-8	1.317 ± 0.026
1040-5	1.270 ± 0.043	1040-10	0.404 ± 0.016
1040-6	0.671 ± 0.017		

^z Standard error.

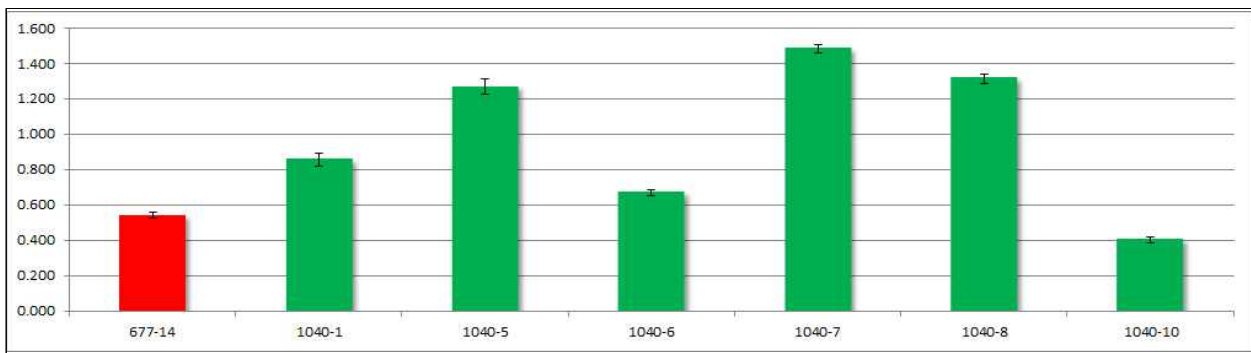


Fig. 40. The seed hair length of CT-SMR 616 OP 677-14 and CT-SMR 616 OP 677-14 selfing progeny CT-SMR 616 OP 1040 line.

(마) 3차년도 대상 개체군 단모 및 무모형 종자 표현형 CT-SMR 616 OP 1024, 1025, 1026 line과 대조구 유모형 종자 표현형 CT-SMR 616 OP 1040 line의 비교 분석

단모형 종자 표현형을 보인 CT-SMR 616 OP 659 line의 selfing progeny line CT-SMR 616 OP 1024, 1025, 1026 line의 종자 표현형을 분석한 결과 대조구 유모형 종자 표현형 CT-SMR 616 OP 1040 line에 비해 확연히 짧거나 거의 종자모가 생성되지 않는 상태인 것을 확인하였다 (Fig. 41). 또한 2차년도 실험 대상 개체군 CT-SMR 616 OP 659-1, 2, 3 개체의 종자모 길이에 대한 분석 결과 659-3 개체의 종자모가 가장 짧고 다음으로 659-1, 659-2 개체 순이었으며 이러한 결과가 그대로 selfing progeny line에 이어져 1026 line이 가장 짧은 형태의 종자모를 보였으며 그 뒤를 1024, 1025 line 순서대로 표현형을 보였다. 이는 당근 종자의 종자모 형질이 세대를 거침에 따라 유전되며 그 표현형 또한 유사하게 유전되는 것을 확인 할 수 있었다 (Fig. 42). 2차년도 무모형 종자 표현형 개체를 이용한 3차년도 무모형 종자 표현형 개체들을 2년에 걸친 self cross를 통해 육성함으로써 년차가 진행됨에 따라 종자모 형질의 고정 확인되었으며, 이들 결과를 바탕으로 3차년도 개체들의 마커 실험을 통해 표현형과 유전자적 특성의 연관성을 판별하였다. 각각의 line별 표현형을 비교한 결과 2차년도 개체들과 3차년도 개체들간의 종모길이의 분석을 통해 각각의 자식세대에서도 역시 line별 종모길이의 차이를 보이는 것을 확인하였으며, 이를 바탕으로 분자마커의 개발과 동시에 line별 특이적 분자마커 또한 선별하였다.

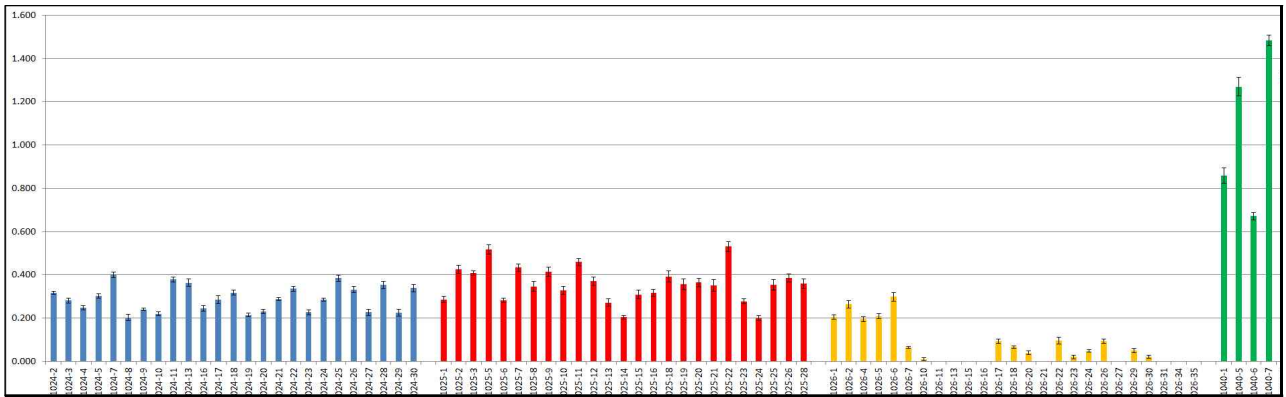


Fig. 41. The seed hair length of short-hair seed phenotype CT-SMR 616 OP 1024, 1025, 1026 lines and hairy seed phenotype CT-SMR 616 OP 1040 line.

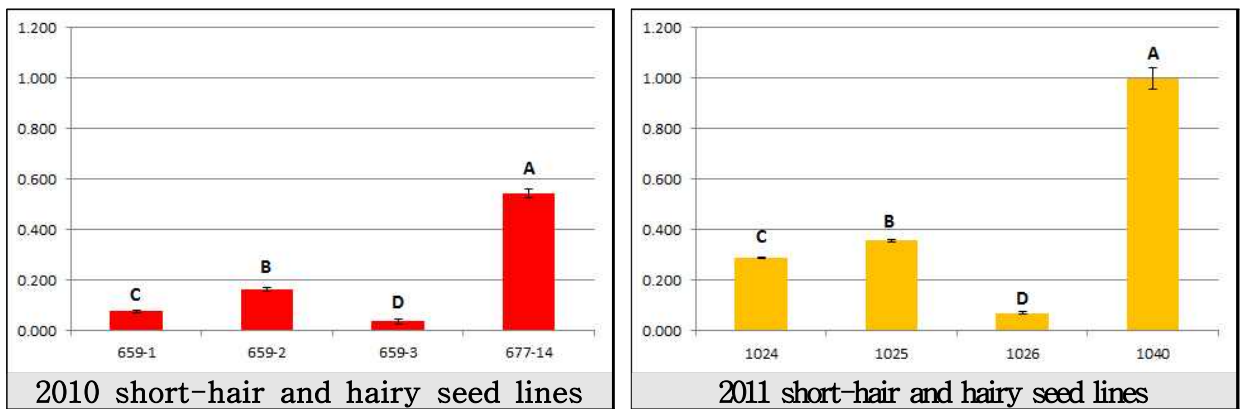


Fig. 42. Analysis of the genetic flow in 2010 short-hair and hairy seed lines and 2011 short-hair and hairy seed lines by Duncan grouping ($P < 0.05$).

4. 4차년도 무모계 종자 관련 연구 및 분자마커 개발, 후대 검정 및 정확성 검정을 위한 당근 확보

가. 목적

1차년도에 무모계 종자 관련 분자마커 개발을 위해 확보된 당근계통 중 표현형 확인을 통해 단모형 종자 표현형을 보인 개체를 선발하였다. 이에 선발된 개체의 selfing을 통해 2차년도 역시 무모계종자 관련 분자마커 개발을 위한 CT-SMR 616 OP 659 line을 선발하였다. 이에 따라 3차년도에는 무모계 종자 관련 분자마커 개발의 효율성을 높이기 위해 CT-SMR 616 OP 659 line의 3개체를 확보하였으며, 이들 개체의 selfing progeny line CT-SMR 616 OP 1024, 1025, 1026 line을 육성하여 분자마커 개발 연구 재료로서 사용하였다. 4차년도에는 이들 개체의 무모종자 표현형 selfing progeny line 및 유모종자 표현형 line을 육성함으로써 분자마커 개발, 개발된 분자마커의 후대검정 및 정확성 검정을 위한 재료로서 이용하고자 하였다.

나. 재료 및 방법

3차년도에 육성된 CT-SMR 616 OP 1024, 1025 및 1026 line의 개체를 각각 선발하고

selfing 교배하여 progeny line을 육성하였고 또한, 3차년도에 control 실험개체 CT-SMR 616 OP 1040 또한 selfing 교배하여 progeny line을 육성하였다. 이외에도 무모종자 표현형 개체 및 유모종자 표현형 개체를 확보하여 당근 종자모 형질 관련 분자마커의 정확성 검정을 위한 재료로서 육성하였다.

(1) 3차년도 선발 단모 및 무모형 종자 표현형 CT-SMR 616 OP 1024, 11025, 1026 line의 progeny line 육성

2008년도 CT-SMR 616 OP 계통을 sib cross를 통해 CT-SMR 616 OP 389 line이 육성되었으며 1차년도에 이들 line의 표현형을 조사한 결과 389-1개체의 표현형이 단모형 표현형을 나타내는 것을 확인하였다. 이후 이 개체를 차후 마커 개발을 위한 재료로서 selfing하여 CT-SMR 616 OP 659 line을 육성하였다. 2차년도에는 육성된 단모 및 무모형 종자 표현형 659-1, 2, 3개체를 확인한 후, 이들 세 개체의 selfing 교배를 통해 3차년도에 progeny CT-SMR 616 OP 1024, 1025, 1026 line을 각각 육성하였다 (Fig. 43, 44, 45). Line별 개체의 종자모 표현형을 조사하여 무모형, 단모형 표현형을 확인하였으며, 이를 통해 각각의 line별 selfing을 통한 progeny line을 육성하였다 (Fig. 46).

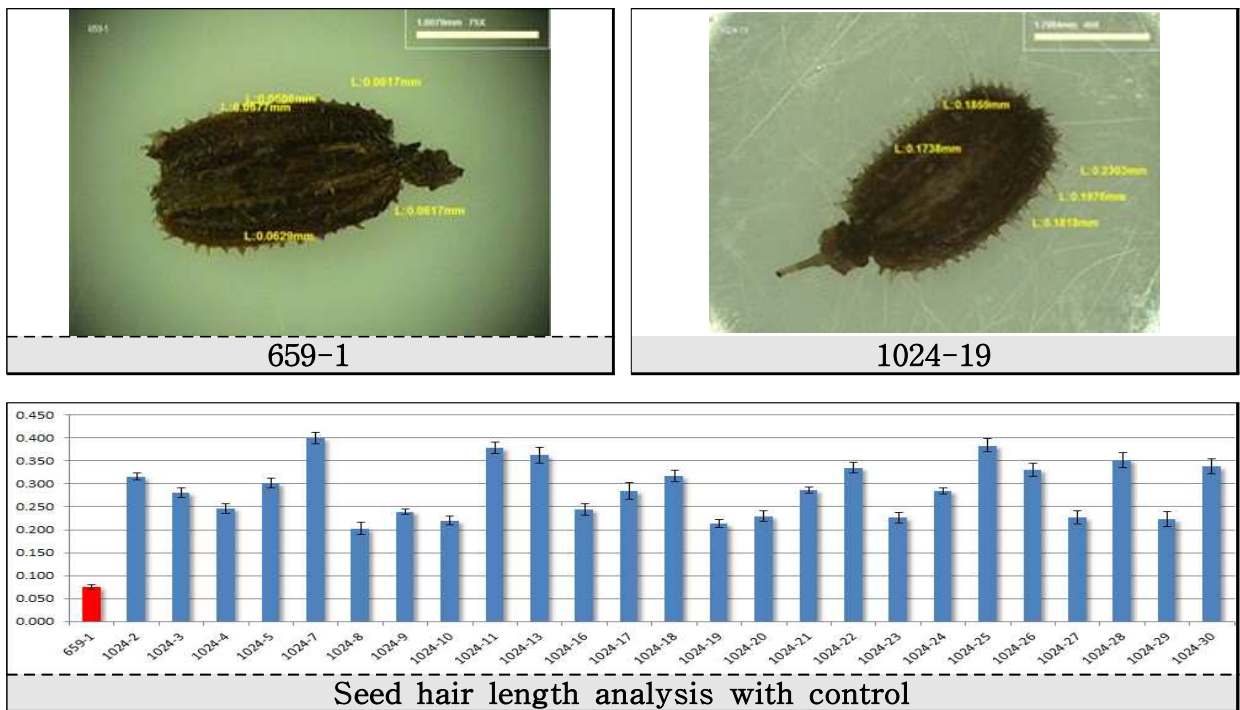


Fig. 43. Seed phenotype and seed hair length of CT-SMR 616 OP 659-1 and selfing progeny CT-SMR 616 OP 1024 line.

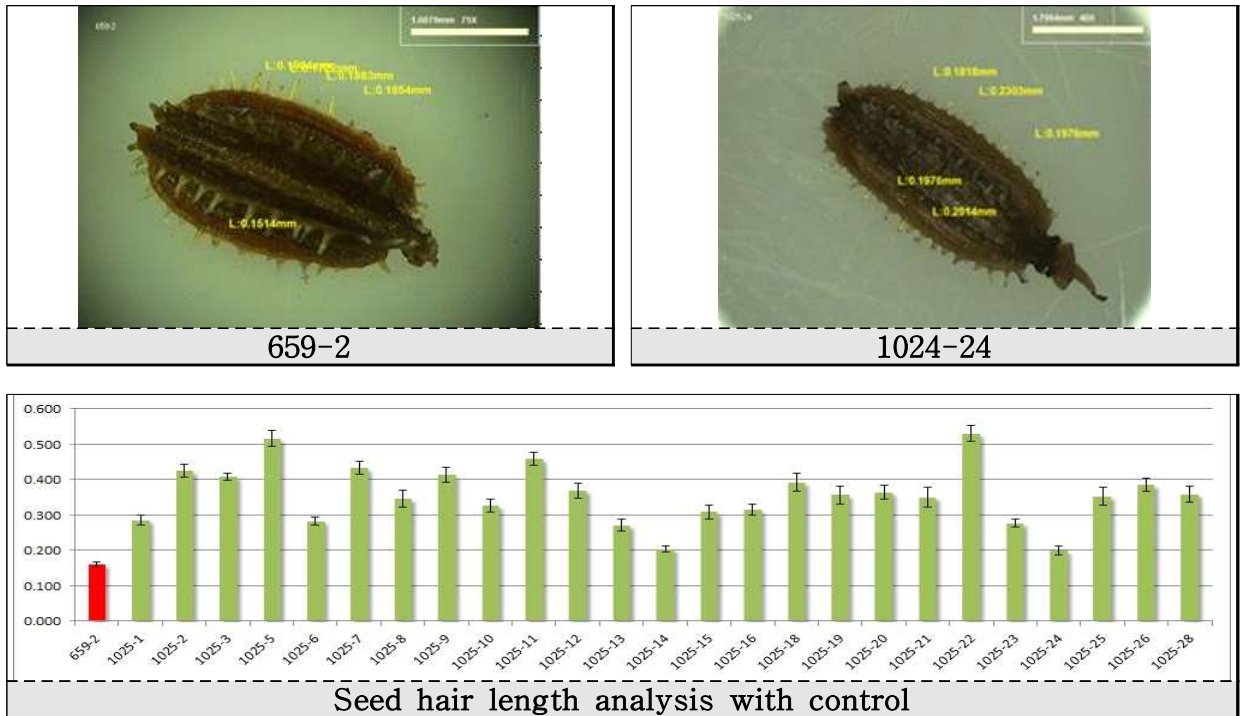


Fig. 44. Seed phenotype and seed hair length of CT-SMR 616 OP 659-2 and selfing progeny CT-SMR 616 OP 1025 line.

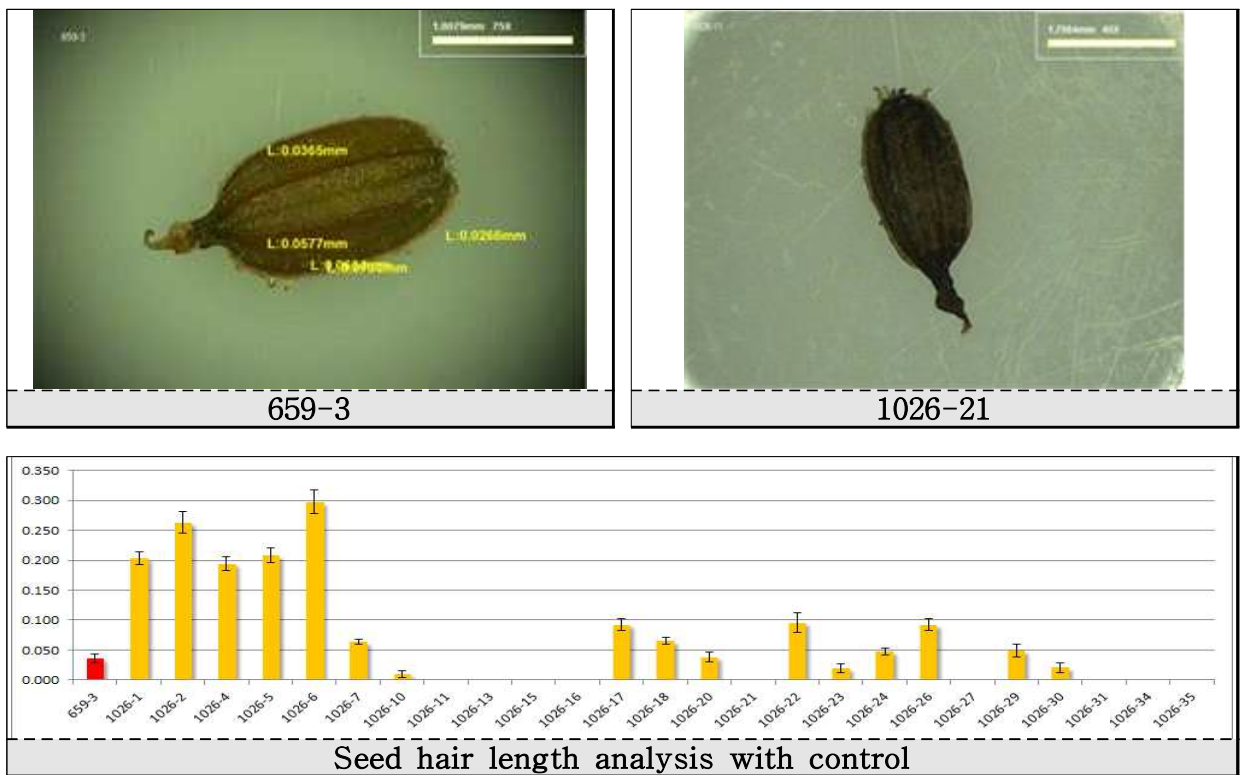


Fig. 45. Seed phenotype and seed hair length of CT-SMR 616 OP 659-3 and selfing progeny CT-SMR 616 OP 1026 line.

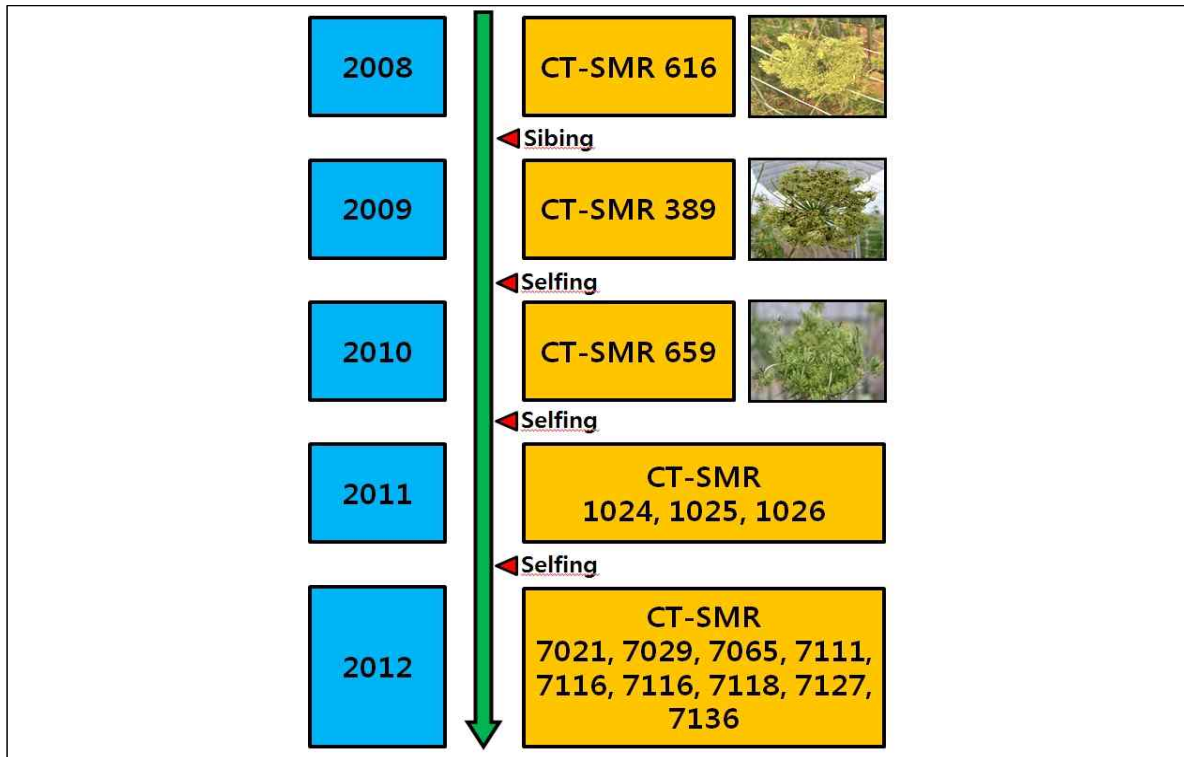


Fig. 46. The genealogy of CT-SMR 616 OP for molecular marker development from 2008 to 2012.

(2) 3차년도 선발 유모형 종자 표현형 CT-SMR 616 OP 1040 line의 progeny line 육성

2008년도에 CT-SMR 616 OP 계통을 sib cross를 통해 CT-SMR 616 OP 616 line이 육성되었으며 2009년도에 이들 line의 표현형을 조사한 결과 무모형 종자 표현형 CT-SMR 616 OP 389-1개체에 대한 control line으로서 유모형 종자 표현형 616-33 개체가 선발되었다. 이후 이 개체를 차후 마커 개발을 위한 재료로서 selfing하여 CT-SMR 616 OP 677 line을 육성하였다. 2차년도에 육성된 677 line에서 control 개체로서 677-14개체가 실험재료로서 사용되었으며, selfing 교배를 통해 3차년도에 progeny CT-SMR 616 OP 1040 line을 육성하였다 (Fig. 47). 1040 line 개체의 종자모 표현형을 조사하여 유모형 표현형을 가진 것을 확인하였으며, 이를 selfing을 통해 progeny line을 육성하였다 (Fig. 48)

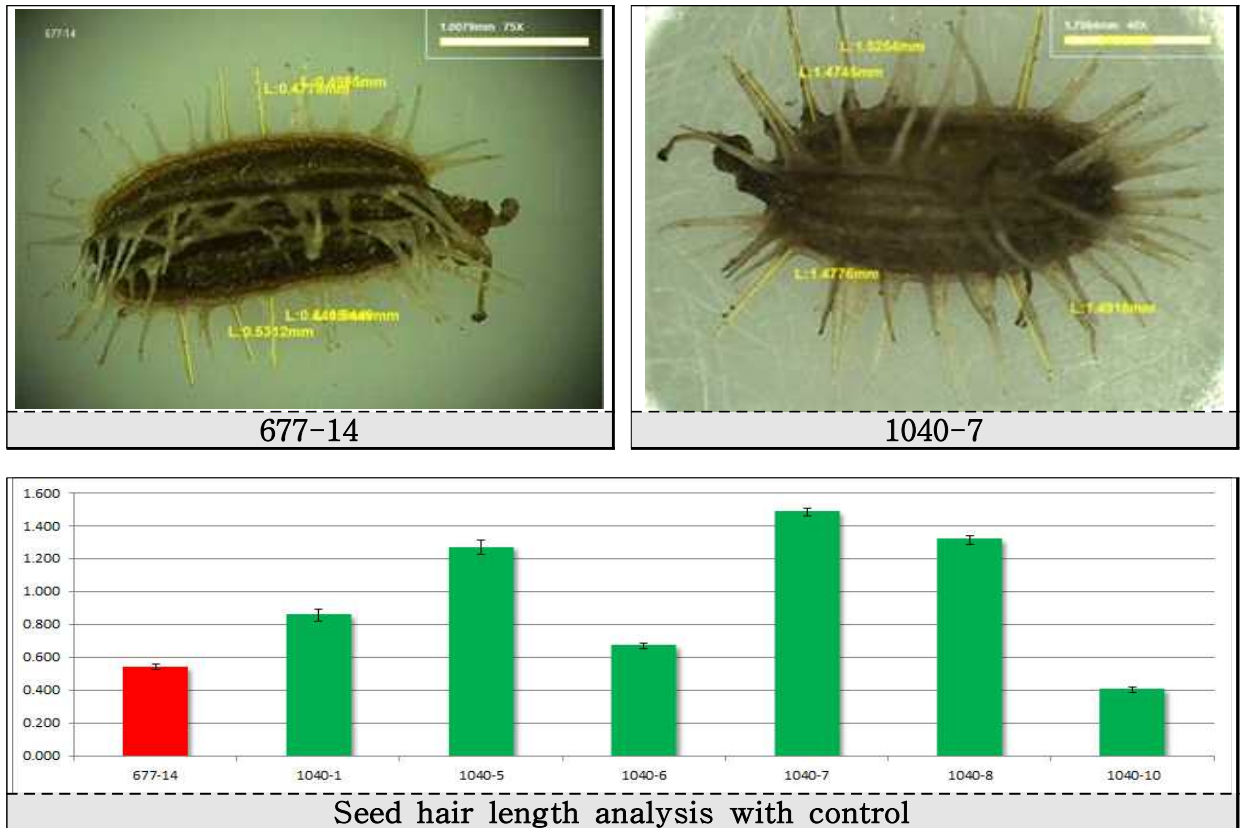


Fig. 47. Seed phenotype and seed hair length of CT-SMR 616 OP 677-14 and selfing progeny CT-SMR 616 OP 1040 line.

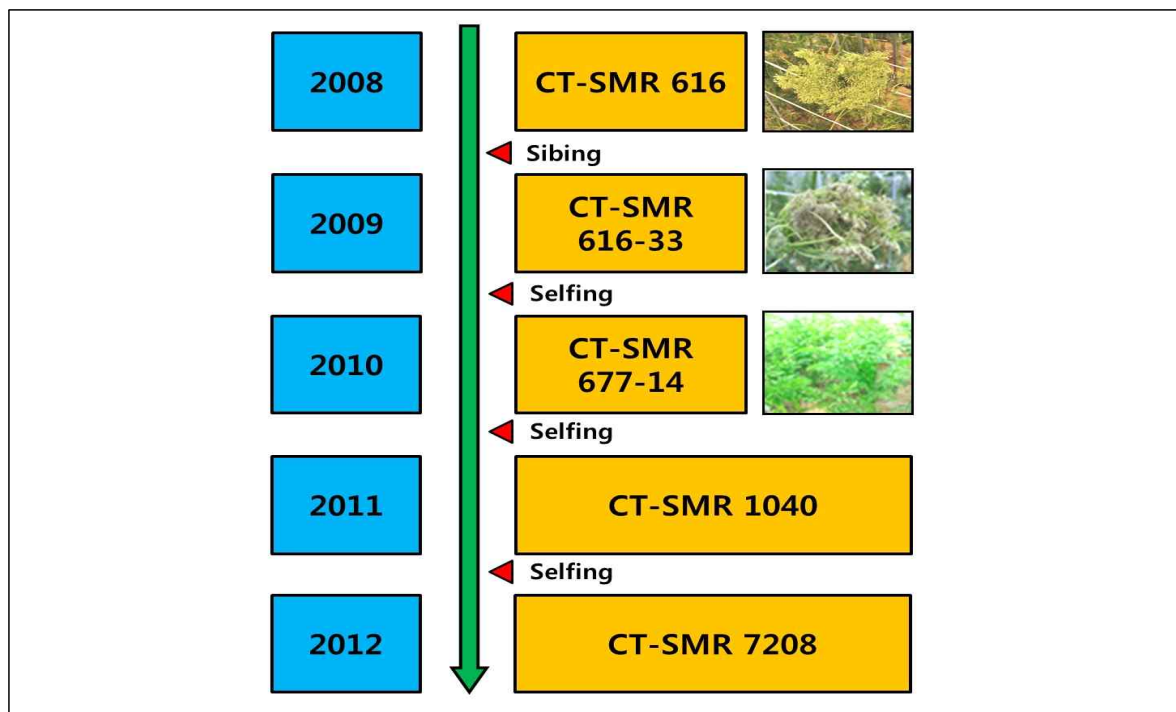


Fig. 48. The genealogy of CT-SMR 616 OP as a control line for molecular marker development from 2008 to 2012.

(3) 개발된 당근 종자모 형질 관련 분자마커 정확성 검정을 위한 재료 확보

1-3차년도 및 앞으로 개발될 당근 종자모 형질 관련 분자마커의 후대검정과 더불어 정확성 검정을 위하여 기존 당근 실험재료와 육성경로가 다른 무모종자 표현형을 가진 계통 및 대조구로써 사용할 유모종자 표현형을 가진 계통을 선발하였다.

다. sampling 및 결과

(1) 단모 및 무모형 종자 표현형 CT-SMR 616 OP 1024, 1025, 1026 line의 selfing progeny line 확보 및 sampling

3차년도에 단모형 종자 표현형을 보인 No. 1024 line의 CT-SMR 616 OP 1024-8 selfing progeny CT-SMR 616 OP 7021 line, CT-SMR 616 OP 1024-19 selfing progeny CT-SMR 616 OP 7029 line을 육성하여 sampling하였으며, CT-SMR 616 OP 1025 line의 CT-SMR 616 OP 1025-14 selfing progeny CT-SMR 616 OP 7065 line을 육성하여 sampling 하였다(Fig. 49). 또한 무모형 종자 표현형을 보인 CT-SMR 616 OP 1026 line의 CT-SMR 616 OP 1026-17 selfing progeny CT-SMR 616 OP 7111 line, CT-SMR 616 OP 1026-21 selfing progeny CT-SMR 616 OP 7114 line, CT-SMR 616 OP 1026-23 selfing progeny CT-SMR 616 OP 7116 line, CT-SMR 616 OP 1026-36 selfing progeny CT-SMR 616 OP 7118 line, CT-SMR 616 OP 1026-40 selfing progeny CT-SMR 616 OP 7127 line, CT-SMR 616 OP 1026-54 selfing progeny CT-SMR 616 OP 7136 line을 육성하여 sampling하였다(Fig. 50; Table 15, 16, 17).



Fig. 50. Sampling of selfing progenies lines of short-hair and hairless seed CT-SMR 616 OP 1024, 1025, 1026 lines.

Table 15. Selected individuals in selfing progeny lines of short-hair seed CT-SMR 616 OP 1024 line as a material.

Line	Selected individuals	Line	Selected individuals
7021	7021-1	7029	7029-1
	7021-2		7029-2
	7021-3		7029-3
	7021-4		7029-4
	7021-5		7029-5
	7021-6		7029-6
	7021-7		7029-7
	7021-8		7029-8
	7021-9		7029-9
	7021-10		7029-10
	7021-11		7029-11
	7021-12		7029-12

Table 16. Selected individuals in selfing progeny line of short-hair seed CT-SMR 616 OP 1025 line as a material.

Line	Selected individuals
7065	7065-1
	7065-2
	7065-3
	7065-4
	7065-5
	7065-6
	7065-7
	7065-8
	7065-9
	7065-10

Table 17. Selected individuals in selfing progeny line of hairless-seed CT-SMR 616 OP 1026 line as a material.

Line	Selected individuals	Line	Selected individuals	Line	Selected individuals
7111	7111-1	7114	7114-1	7116	7116-1
	7111-3		7114-2		7116-2
	7111-4		7114-3		7116-3
	7111-5		7114-5		7116-4
	7111-6		7114-6		7116-5
	7111-7		7114-7		7116-6
	7111-8		7114-8		7116-7
	7111-9		7114-9		7116-8
	7111-10				7116-9
	7111-11				7116-10
	7118		7118-1		7127
7118-2		7127-2	7136-2		
7118-3					
7118-5		7127-3	7136-3		
7118-6		7127-4			
7118-7					
7118-8					
7118-9					
7118-10					

(2) 대조구 유모형 종자 표현형 CT-SMR 616 OP 1040 line의 selfing progeny line 확보 및 sampling

3차년도에 control 유모형 종자 표현형을 보인 CT-SMR 616 OP 1040 line의 CT-SMR 616 OP 1040-7 selfing progeny CT-SMR 616 OP 7208 line을 sampling하였다(Fig. 51; Table 18).



Fig. 51. Sampling of selfing progenies lines of hairy seed CT-SMR 616 OP 1040 line.

Table 18. Selected individuals in selfing progeny line of hairy seed CT-SMR 616 OP 1040 line as a material.

Line	Selected individuals	
7208	7208-1	7208-7
	7208-2	7208-8
	7208-3	7208-10
	7208-4	7208-12
	7208-5	7208-13
	7208-6	

(3) 개발된 당근 종자모 형질 관련 분자마커 정확성 검정을 위한 재료 확보

기존 개발된 당근 종자모 형질 관련 분자마커와 추후 선발예정인 분자마커의 후대검정과 더불어 정확성 검정을 위해 기존 당근 실험재료와 육성경로가 다른 무모종자 표현형을 가진 7159 line, 7148 line을 sampling 하였으며, 대조구로써 사용할 유모종자 표현형을 가진 928 line을 sampling 하였다(Table 19).

Table 19. Selected individuals in hairy seed 928 line and hairless seed 7127, 7136 lines as a material.

Line	Selected individuals	Line	Selected individuals	Line	Selected individuals
	928-1				
	928-2		7148-2		7159-1
	928-3				
	928-4				
	928-5				7159-2
928	928-6	7148	7148-5	7159	
	928-7				
	928-8				7159-3
	928-9				
	928-10		7148-7		
	928-11				7159-4
	928-12				

라. 종자 표현형 확인 및 분석

4차년도의 종자모 형질 관련 분자마커 개발을 위한 단모 및 무모종자 표현형 CT-SMR 616 OP 1024, 1025, 1026 line의 selfing progeny line들의 당근 종자모 길이 표현형을 유모종자 표현형 928 line 개체들의 당근 종자모 길이 표현형과 비교 분석하였다. 비교 분석한 결과를 바탕으로 RAPD, SCAR, SSR 및 SNP 실험 결과와의 상관관계를 분석하여 분자마커 개발의 정확성을 검증하였다. 이 후 선발된 개체들의 자식세대 유지를 통해 무모형질이 고정되도록 하여 후세대의 보다 정확한 분자마커를 개발하는데 그 목적이 있다.

(1) 재료 및 방법

1차년도 개체군 중 무모형 종자 표현형을 보인 CT-SMR 616 OP 389-1개체의 selfing progeny CT-SMR 616 OP 659 line에서 2차년도에 선발된 659-1, 2, 3 개체를 바탕으로 3차년도 실험 개체 selfing progeny CT-SMR 616 OP No. 1024, 1025, 1026을 선발하였다. 4차년도에는 단모 및 무모 종자 표현형을 보인 1024, 1025, 1026 line의 selfing progeny line들의 표현형을 Video Microscope System (ALPHASYSTEC)을 이용하여 40배 배율로 조사하였다. 종자모의 길이는 3반복으로 각각의 종자의 모 5개 길이의 평균으로 분석하였다. 또한 이들 조사된 결과를 유모종자 표현형을 가진 928 line과 비교 분석하였다. 분석결과를 바탕으로 3차년도 무모형 종자 표현형 개체 CT-SMR 616 OP 1024, 1025, 1026 line의 종자모 표현형과 비교 분석하였다.

(2) 결과 및 분석

(가) 단모형 종자 표현형 CT-SMR 616 OP 1024 line selfing progeny CT-SMR

616 OP 7021, 7029 line 종자모 표현형 분석

3차년도 단모형 종자 표현형을 보인 CT-SMR 616 OP 1024 line의 1024-8 selfing progeny CT-SMR 616 OP 7021 line과 1024-19 selfing progeny CT-SMR 616 OP 7029 line의 종자모 표현형을 조사하였다. 7021, 7029 line들의 종자 표현형을 분석한 결과 충실한 종자 상태에 비해 종자모가 짧은 단모형의 표현형을 보이는 것을 확인하였다(Fig. 52, 53; Table 20, 21). 또한 3차년도 CT-SMR 616 OP 1024 line과 비교한 결과 대체적으로 비슷한 종자모 표현형을 보였다(Fig. 54). 이러한 종자모 길이와 형태를 봤을 때 각각의 line별로 종자모 형질이 고정된 것으로 생각되어 진다.

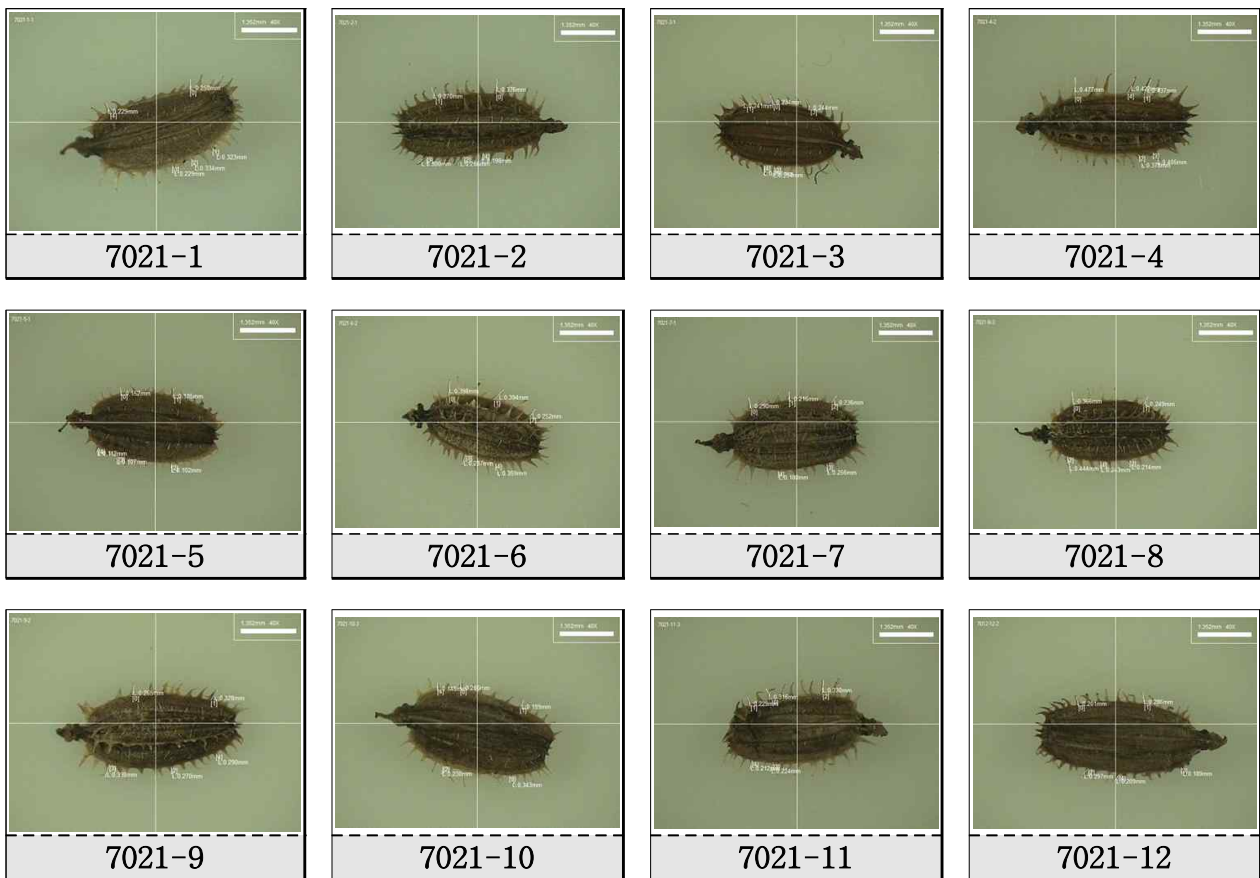


Fig. 52. Seed phenotype of individuals in CT-SMR 616 OP 7021 line.

Table 20. The seed hair length of individuals in CT-SMR 616 OP 7021 line.

Sample (No.)	Seed hair length (mm)	Sample (No.)	Seed hair length (mm)
7021-1	0.228 ± 0.014 ^z	7021-7	0.237 ± 0.008
7021-2	0.290 ± 0.016	7021-8	0.341 ± 0.020
7021-3	0.243 ± 0.009	7021-9	0.286 ± 0.009
7021-4	0.422 ± 0.022	7021-10	0.216 ± 0.012
7021-5	0.128 ± 0.007	7021-11	0.256 ± 0.014
7021-6	0.306 ± 0.023	7021-12	0.204 ± 0.013

^z Standard error.

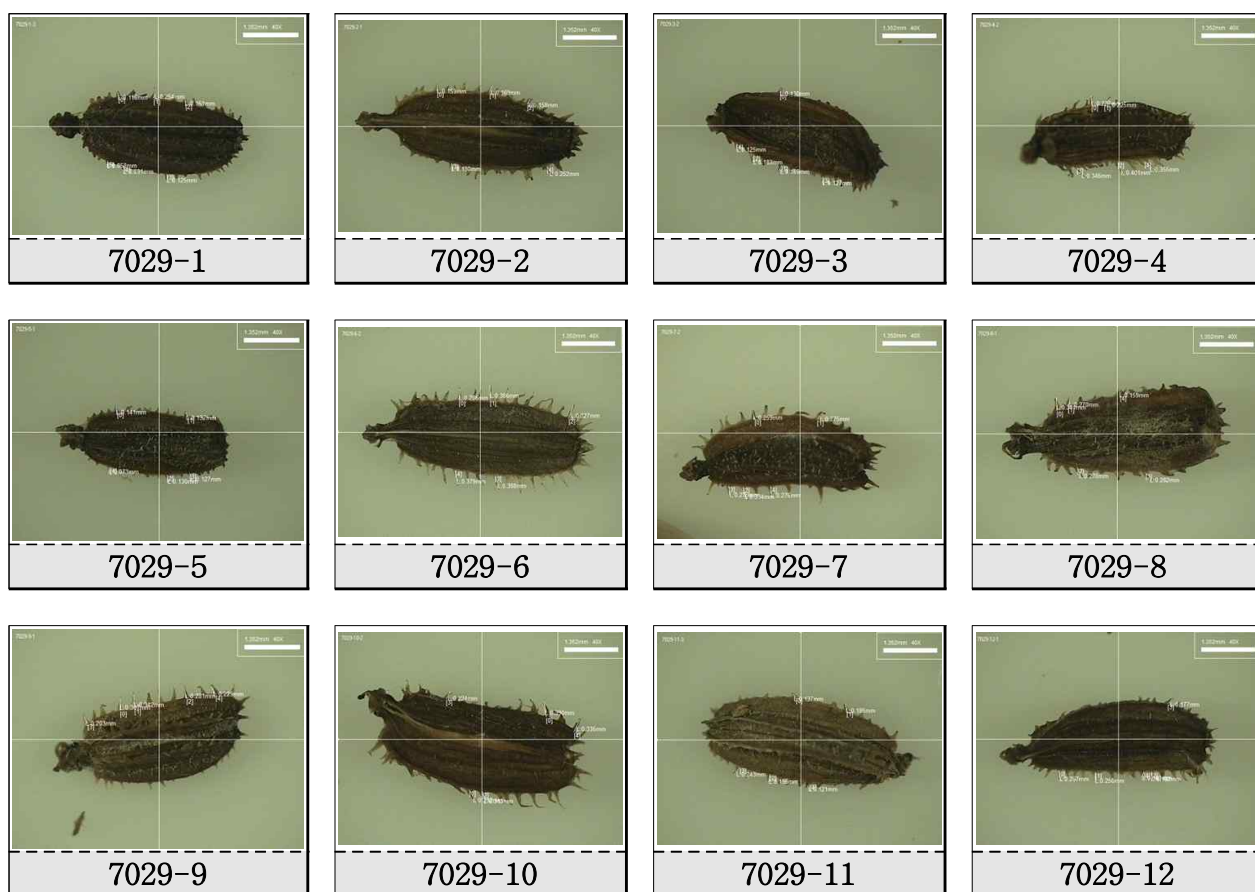


Fig. 53. Seed phenotype of individuals in CT-SMR 616 OP 7029 line.

Table 21. The seed hair length of individuals in CT-SMR 616 OP 7029 line.

Sample (No.)	Seed hair length (mm)	Sample (No.)	Seed hair length (mm)
7029-1	0.209 ± 0.018 ^z	7029-7	0.304 ± 0.015
7029-2	0.200 ± 0.014	7029-8	0.284 ± 0.015
7029-3	0.154 ± 0.018	7029-9	0.247 ± 0.014
7029-4	0.316 ± 0.022	7029-10	0.322 ± 0.019
7029-5	0.168 ± 0.016	7029-11	0.221 ± 0.018
7029-6	0.308 ± 0.018	7029-12	0.253 ± 0.014

^z Standard error.

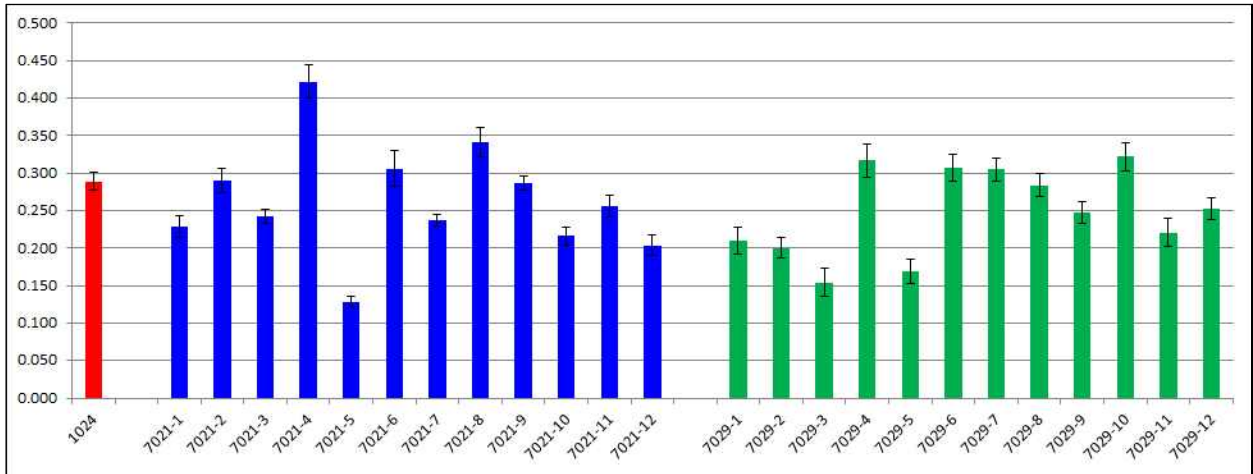


Fig. 54. The seed hair length of CT-SMR 616 OP 1024 line and individuals in CT-SMR 616 OP 1024 selfing progeny CT-SMR 616 OP 7021, 7029 lines.

(나) 단모형 종자 표현형 CT-SMR 616 OP 1025 line selfing progeny CT-SMR 616 OP 7065 line 종자모 표현형 분석

3차년도에 단모형 종자 표현형을 보인 CT-SMR 616 OP 1025 line의 1025-14 selfing progeny CT-SMR 616 OP 7065 line의 종자모 표현형을 조사하였다. CT-SMR 616 OP 7065 line의 종자 표현형을 분석한 결과 충실한 종자 상태에 비해 종자모가 짧은 단모형의 표현형을 보이는 것을 확인하였다(Fig. 55; Table 22). 또한 3차년도 CT-SMR 616 OP 1025 line과 비교한 결과 대체적으로 비슷한 종자모 표현형을 보였다(Fig. 56). 이러한 종자모 길이와 형태를 봤을 때 각각의 line별로 종자모 형질이 고정된 것으로 생각되어 진다.

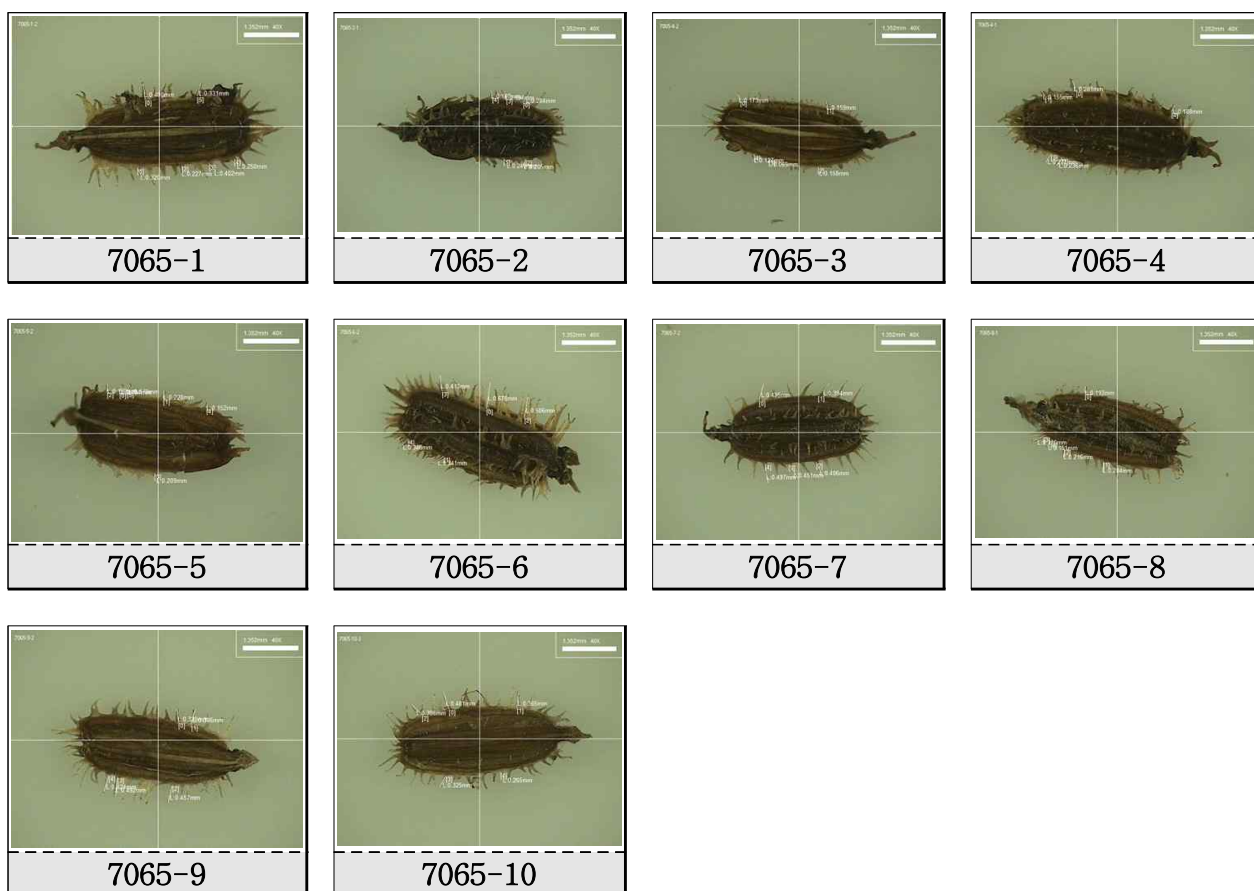


Fig. 55. Seed phenotype of individuals in CT-SMR 616 OP 7065 line.

Table 22. The seed hair length of individuals in CT-SMR 616 OP 7065 line.

Sample (No.)	Seed hair length (mm)	Sample (No.)	Seed hair length (mm)
7065-1	0.318 ± 0.018^z	7065-6	0.455 ± 0.033
7065-2	0.242 ± 0.022	7065-7	0.350 ± 0.023
7065-3	0.217 ± 0.020	7065-8	0.255 ± 0.024
7065-4	0.205 ± 0.015	7065-9	0.336 ± 0.023
7065-5	0.193 ± 0.015	7065-10	0.352 ± 0.018

^z Standard error.

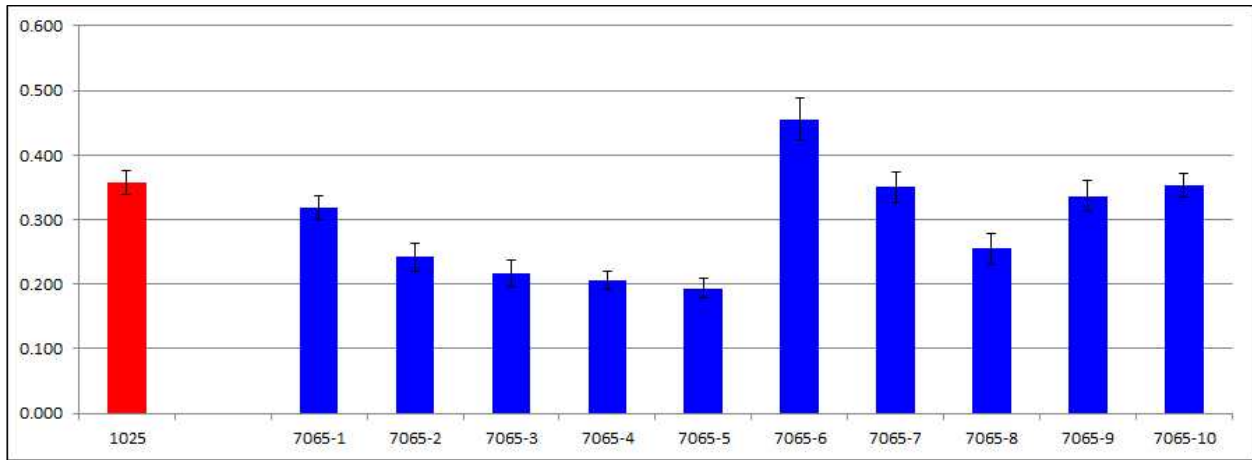


Fig. 56. The seed hair length of CT-SMR 616 OP 1025 line and individuals in CT-SMR 616 OP 1025 selfing progeny CT-SMR 616 OP 7065 lines.

(다) 단모형 종자 표현형 CT-SMR 616 OP 1026 line selfing progeny CT-SMR 616 OP 7111, 7114, 7116, 7118, 7127, 7136 line 종자모 표현형 분석

3차년도에 무모형 종자 표현형을 보인 CT-SMR 616 OP 1026 line의 CT-SMR 616 OP 1026-17 selfing progeny CT-SMR 616 OP 7111 line, CT-SMR 616 OP 1026-21 selfing progeny CT-SMR 616 OP 7114 line, CT-SMR 616 OP 1026-23 selfing progeny CT-SMR 616 OP 7116 line, CT-SMR 616 OP 1026-36 selfing progeny CT-SMR 616 OP 7118 line, CT-SMR 616 OP 1026-40 selfing progeny CT-SMR 616 OP 7127 line, CT-SMR 616 OP 1026-54 selfing progeny CT-SMR 616 OP 7136의 종자모 표현형을 조사하였다. 7111, 7114, 7116, 7118, 7127, 7136 line의 종자 표현형을 분석한 결과 종자모가 거의 존재하지 않는 무모형의 표현형을 보이는 것을 확인하였다(Fig. 57, 58, 59, 60, 61, 62; Table 23, 24, 25, 26, 27, 28). 또한 3차년도 CT-SMR 616 OP 1026 line과 비교한 결과 대체적으로 비슷한 종자모 표현형을 보이거나 보다 짧은 종자모 표현형을 나타냈다(Fig. 63). 이러한 종자모 길이 표현형을 봤을 때 CT-SMR 616 OP 1026 selfing progeny line들은 거의 종자모가 없는 무모 형태의 형질이 고정된 것으로 생각되어 진다.

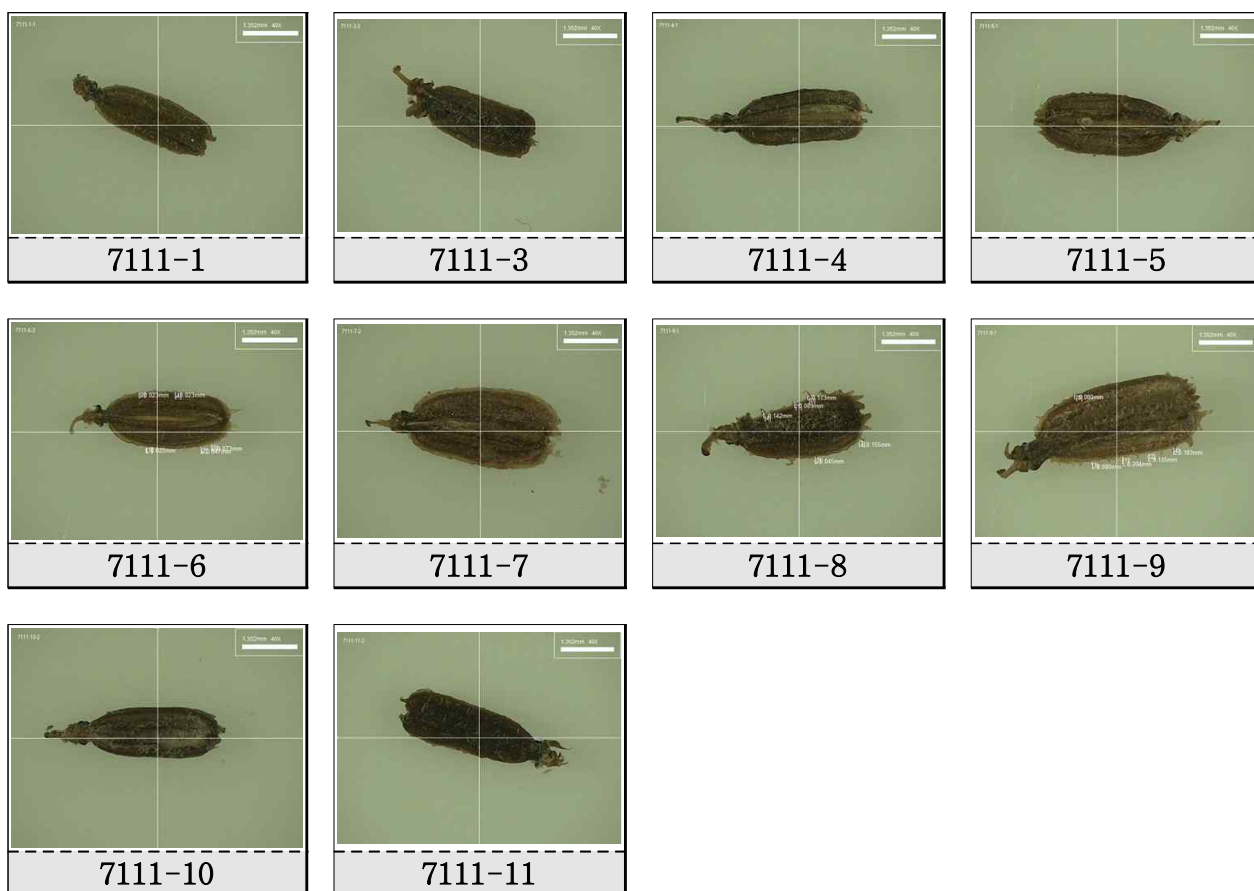


Fig. 57. Seed phenotype of individuals in CT-SMR 616 OP 7111 line.

Table 23. The seed hair length of individuals in CT-SMR 616 OP 7111 line.

Sample (No.)	Seed hair length (mm)	Sample (No.)	Seed hair length (mm)
7111-1	0.010 ± 0.004 ^z	7111-7	0.000 ± 0.000
7111-3	0.000 ± 0.000	7111-8	0.107 ± 0.019
7111-4	0.000 ± 0.000	7111-9	0.107 ± 0.012
7111-5	0.000 ± 0.000	7111-10	0.000 ± 0.000
7111-6	0.086 ± 0.016	7111-11	0.000 ± 0.000

^z Standard error.

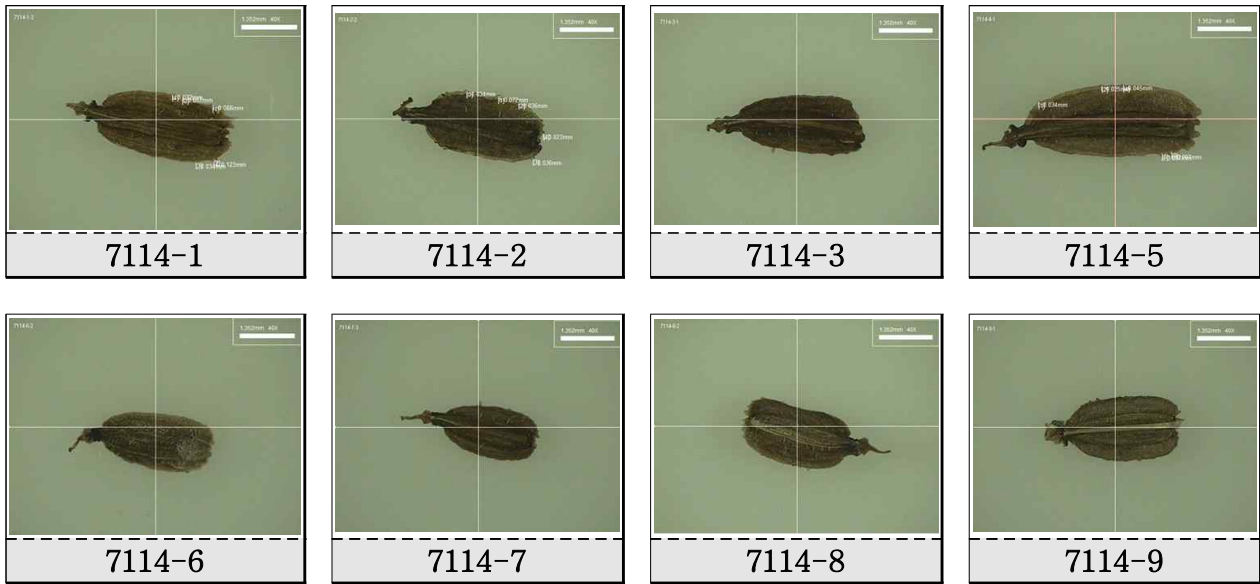


Fig. 58. Seed phenotype of individuals in CT-SMR 616 OP 7114 line.

Table 24. The seed hair length of individuals in CT-SMR 616 OP 7114 line.

Sample (No.)	Seed hair length (mm)	Sample (No.)	Seed hair length (mm)
7114-1	0.065 ± 0.011^z	7114-6	0.000 ± 0.000
7114-2	0.023 ± 0.005	7114-7	0.012 ± 0.005
7114-3	0.016 ± 0.006	7114-8	0.000 ± 0.000
7114-5	0.075 ± 0.017	7114-9	0.006 ± 0.002

^z Standard error.

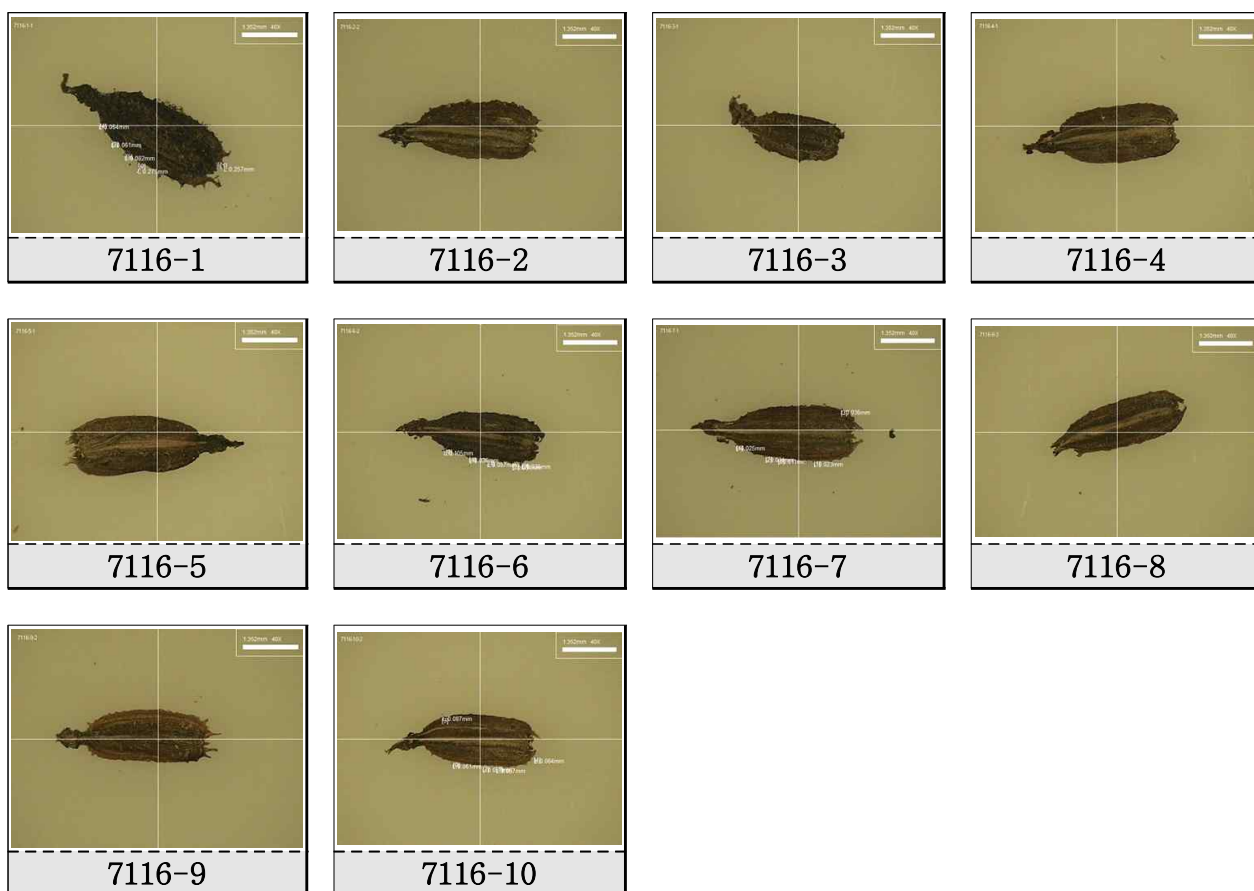


Fig. 59. Seed phenotype of individuals in CT-SMR 616 OP 7116 line.

Table 25. The seed hair length of individuals in CT-SMR 616 OP 7116 line.

Sample (No.)	Seed hair length (mm)	Sample (No.)	Seed hair length (mm)
7116-1	0.132 ± 0.020^z	7116-6	0.054 ± 0.007
7116-2	0.052 ± 0.011	7116-7	0.025 ± 0.006
7116-3	0.017 ± 0.007	7116-8	0.000 ± 0.000
7116-4	0.000 ± 0.000	7116-9	0.013 ± 0.005
7116-5	0.000 ± 0.000	7116-10	0.033 ± 0.007

^z Standard error.

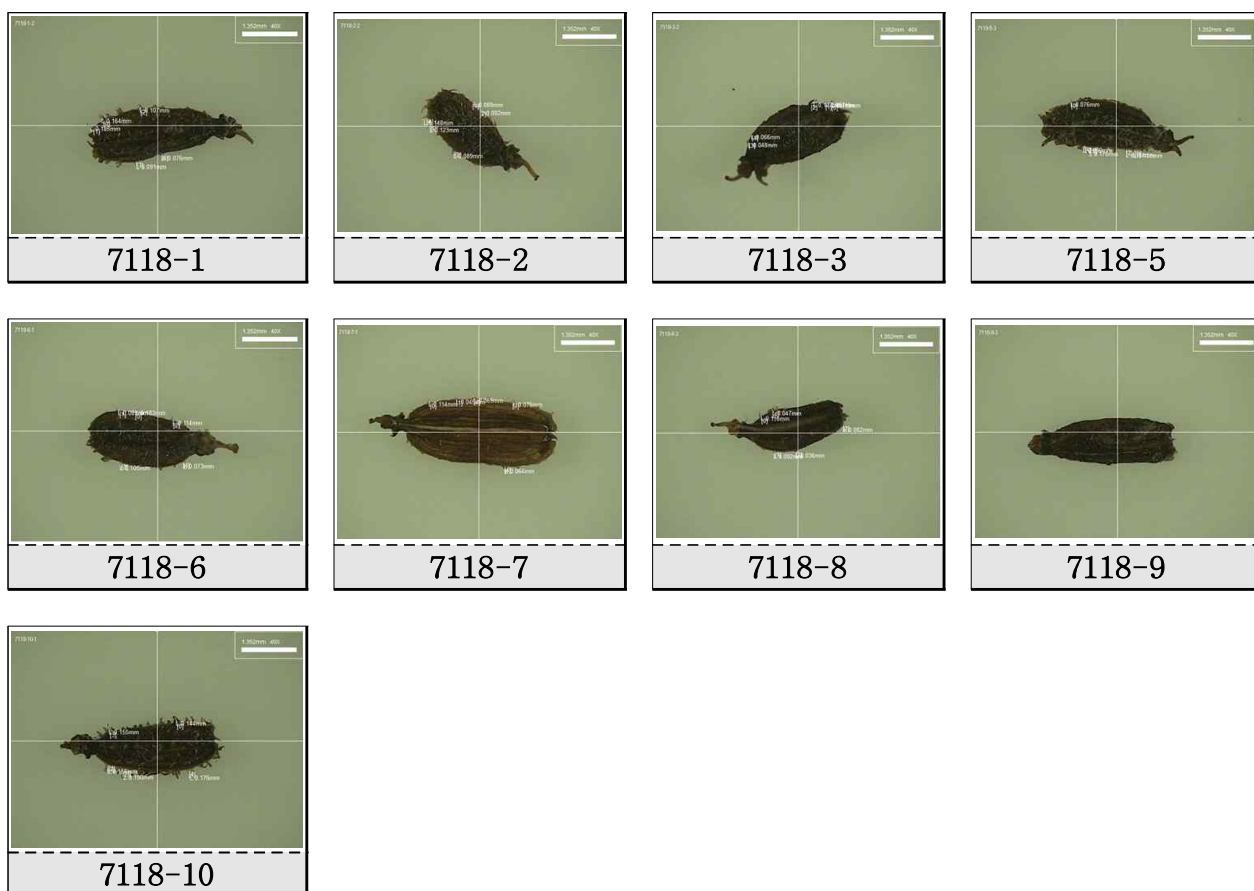


Fig. 60. Seed phenotype of individuals in CT-SMR 616 OP 7118 line.

Table 26. The seed hair length of individuals in CT-SMR 616 OP 7118 line.

Sample (No.)	Seed hair length (mm)	Sample (No.)	Seed hair length (mm)
7118-1	0.096 ± 0.013^z	7118-7	0.068 ± 0.008
7118-2	0.108 ± 0.014	7118-8	0.042 ± 0.010
7118-3	0.087 ± 0.010	7118-9	0.000 ± 0.000
7118-5	0.121 ± 0.011	7118-10	0.115 ± 0.023
7118-6	0.056 ± 0.014		

^z Standard error.

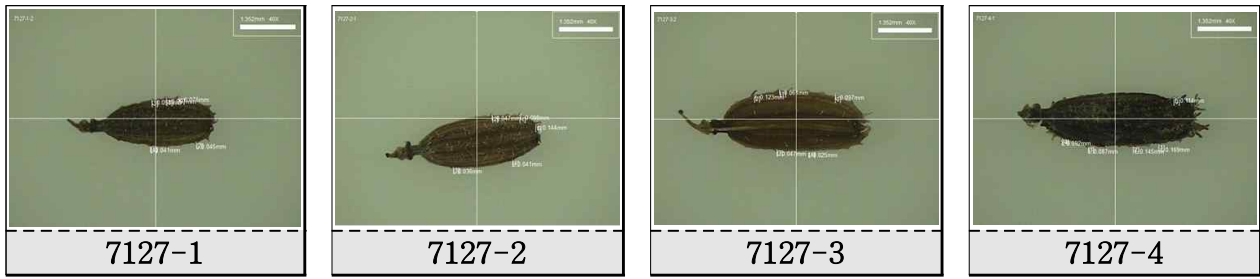


Fig. 61. Seed phenotype of individuals in CT-SMR 616 OP 7127 line.

Table 27. The seed hair length of individuals in CT-SMR 616 OP 7127 line.

Sample (No.)	Seed hair length (mm)	Sample (No.)	Seed hair length (mm)
7127-1	0.057 ± 0.007 ^z	7127-3	0.091 ± 0.013
7127-2	0.024 ± 0.011	7127-4	0.094 ± 0.009

^z Standard error.

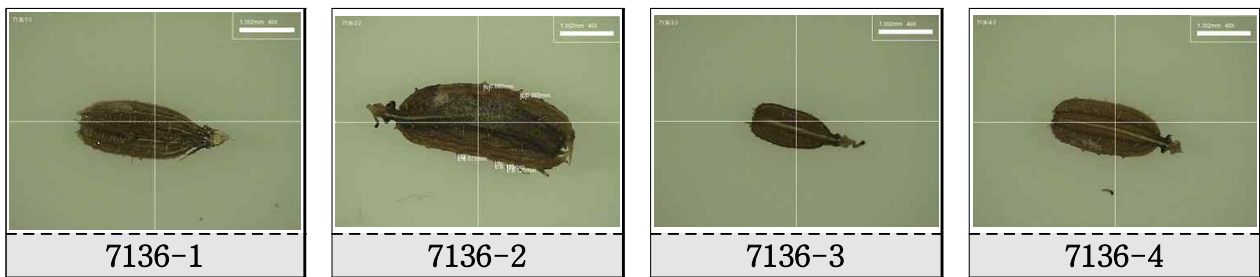


Fig. 62. Seed phenotype of individuals in CT-SMR 616 OP 7136 line.

Table 28. The seed hair length of individuals in CT-SMR 616 OP 7136 line.

Sample (No.)	Seed hair length (mm)	Sample (No.)	Seed hair length (mm)
7136-1	0.000 ± 0.000 ^z	7136-3	0.077 ± 0.017
7136-2	0.000 ± 0.000	7136-4	0.000 ± 0.000

^z Standard error.

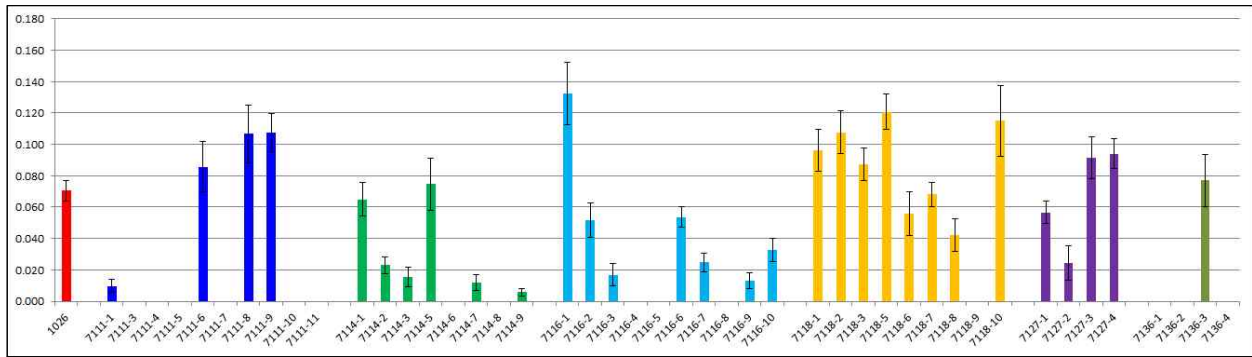


Fig. 63. The seed hair length of CT-SMR 616 OP 1026 line and individuals in CT-SMR 616 OP 1026 selfing progeny CT-SMR 616 OP 7111, 7114, 7116, 7118, 7127, 7136 lines.

(라) 유모형 종자 표현형 928 line 종자모 표현형 분석 및 무모형 종자 표현형 line들과의 비교 분석

유모형 종자 표현형을 가지는 928 line의 종자모 표현형을 조사한 바(Fig. 64; Table 29). 928 line 유모종자의 종자모 길이 평균값은 1.012mm로 나타났다. 이러한 결과에 비해 CT-SMR 616 OP 1024 line selfing progeny 7021 line은 0.263mm로서 25.9%, 7029 line은 0.249mm로서 24.6%의 종자모 길이를 나타내며 단모형의 결과를 보였다. CT-SMR 616 OP 1025 line selfing progeny 7065 line은 0.292mm로서 28.9%의 종자모 길이를 나타내며 역시 단모형의 결과를 보였다. 이러한 결과는 단모형 일지라도 상대적으로 보다 짧은 형태의 종자모를 가지므로 종자모 형질 관련 분자마커 개발에 사용될 재료로서 문제가 없을 것으로 보인다. CT-SMR 616 OP 1026 line selfing progeny 7111 line의 종자모 길이 평균값은 0.031mm로 유모종자 표현형 928 line 대비 3%, 7114 line은 0.024mm로 2.4%, 7116 line은 0.33mm로 3.2%, 7118 line은 0.077mm로 7.6%, 7127 line은 0.067mm로 6.6%, 7136 line은 0.019mm로 928 line 대비 1.9%의 종자모 길이를 확인하였다. 이는 거의 무모에 가까운 수치로서 이러한 개체들을 이용한 종자모 형질 분자마커 개발은 상당한 신뢰도를 가질 것으로 생각된다(Fig. 65). 또한 위 line들은 당근 종자모 형질 관련 개발된 분자마커들의 후대 검정을 위해 사용하였으며 928 line 과 함께 분자마커 정확성 검정을 수행하였다.

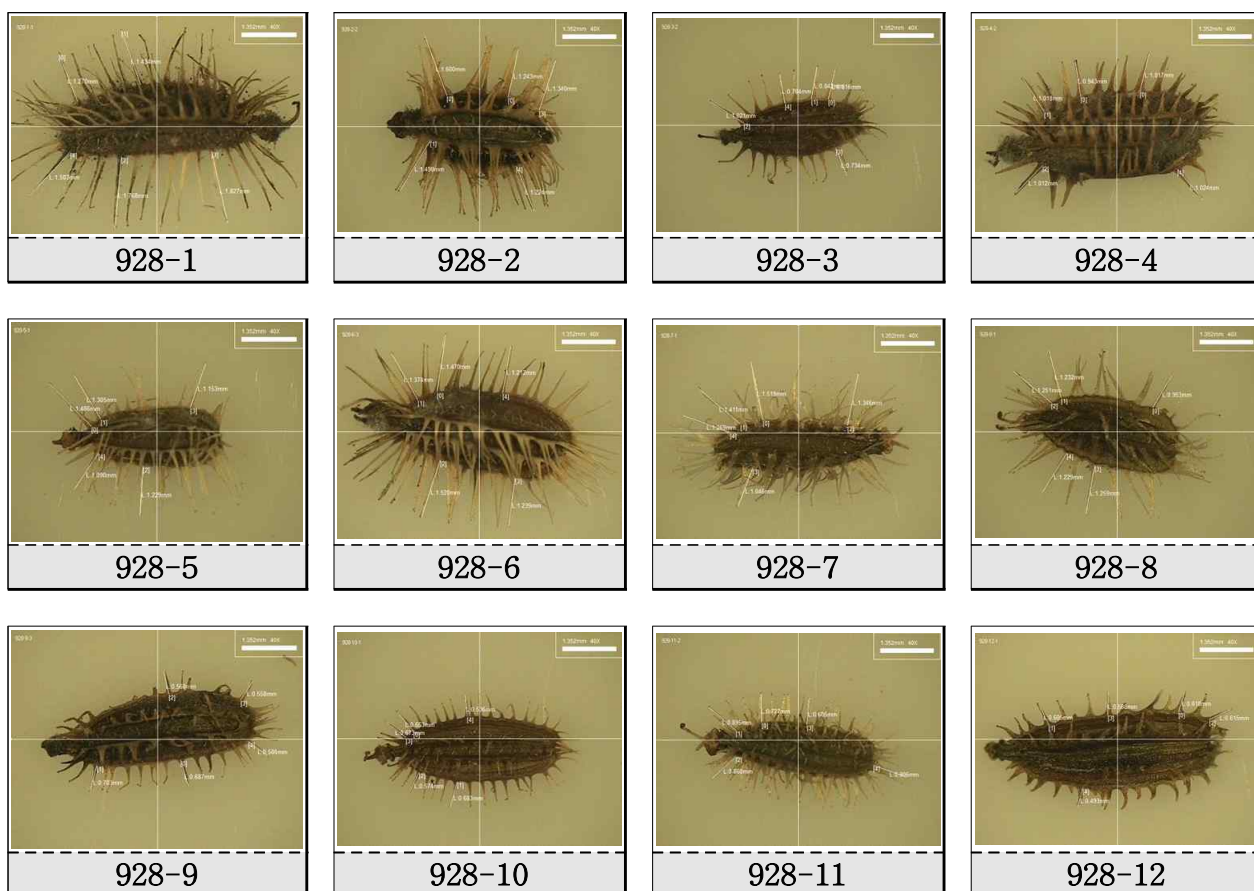


Fig. 64. Seed phenotype of individuals in 928 line.

Table 29. The seed hair length of individuals in 928 line.

Sample (No.)	Seed hair length (mm)	Sample (No.)	Seed hair length (mm)
928-1	1.481 ± 0.044^z	928-7	1.282 ± 0.038
928-2	1.371 ± 0.030	928-8	1.136 ± 0.035
928-3	0.837 ± 0.023	928-9	0.617 ± 0.012
928-4	0.951 ± 0.033	928-10	0.608 ± 0.012
928-5	1.082 ± 0.048	928-11	0.758 ± 0.042
928-6	1.345 ± 0.035	928-12	0.683 ± 0.027

^z Standard error.

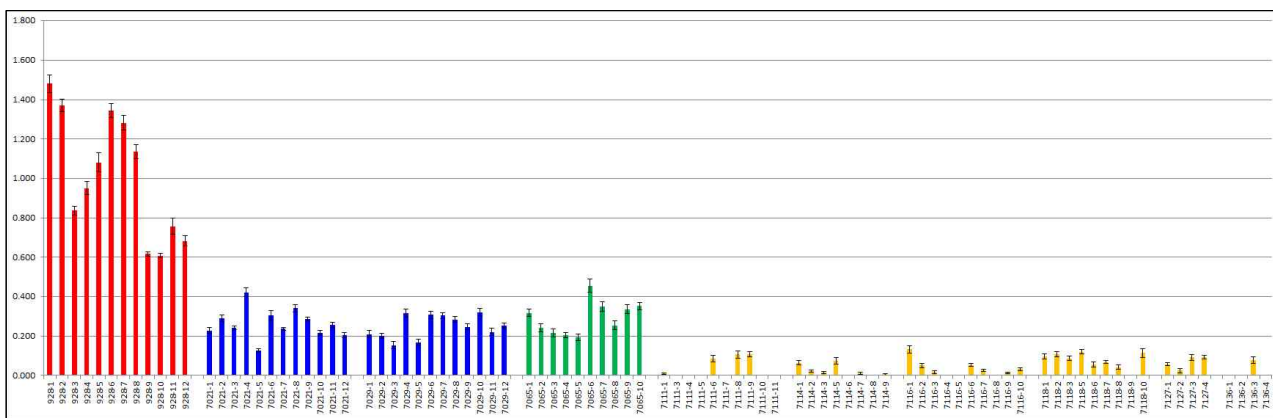


Fig. 65. The seed hair length of individuals in short-hair and hairless-seed phenotype CT-SMR 616 OP 1024, 1025, 1026 selfing progeny lines and hairy seed phenotype 928 line.

5. 5차년도 무모계 종자 관련 연구 및 분자마커 개발, 후대 검정 및 정확성 검정을 위한 당근 확보

가. 목적

1차년도에 무모계 종자 관련 분자마커 개발을 위해 확보된 당근계통 중 표현형 확인을 통해 단모형 종자 표현형을 보인 개체를 선발하였다. 이에 선발된 개체의 selfing을 통해 2차년도 역시 무모계종자 관련 분자마커 개발을 위한 CT-SMR 616 OP 659 line을 선발하였다. 이에 따라 3차년도에는 무모계 종자 관련 분자마커 개발의 효율성을 높이기 위해 CT-SMR 616 OP 659 line의 3개체를 확보하였으며, 이들 개체의 selfing progeny line CT-SMR 616 OP 1024, 1025, 1026 line을 육성하여 분자마커 개발 연구 재료로서 사용하였다. 4차년도에는 이들 개체의 무모종자 표현형 selfing progeny line 및 유모종자 표현형 line을 육성하였다. 5차년도 역시 4차년도 단모종자 표현형 line의 selfing progeny line 및 4차년도 유모종자 표현형 line의 selfing progeny line을 육성함으로써 분자마커 개발, 개발된 분자마커의 후대검정 및 정확성 검정을 위한 재료로서 이용하고자 하였다.

나. 재료 및 방법

4차년도에 육성된 CT-SMR 616 OP 7114, 7116, 7118, 7127 및 7136 line의 개체를 각각 선발하고 selfing교배하여 progeny line을 육성하였고 또한, 4차년도의 control 실험개체 CT-SMR 616 OP 7208 또한 selfing 교배하여 progeny line을 육성하였다. 이외에도 무모종자 표현형 개체를 추가적으로 확보하여 당근 종자모 형질 관련 분자마커의 정확성 검정을 위한 재료로서 육성하였다.

(1) 4차년도 선발 단모 및 무모형 종자 표현형 CT-SMR 616 OP 7114, 7116, 7118, 7127 및 7136 line의 progeny line 육성

2008년도 CT-SMR 616 OP 계통을 sib cross를 통해 CT-SMR 616 OP 389 line이 육성되었으며 1차년도에 이들 line의 표현형을 조사한 결과 389-1개체의 표현형이 단모형 표현형

을 나타내는 것을 확인하였다. 이후 이 개체를 차후 마커 개발을 위한 재료로서 selfing하여 CT-SMR 616 OP 659 line을 육성하였다. 2차년도에는 육성된 단모 및 무모형 종자 표현형 659-1, 2, 3개체를 확인한 후, 이들 세 개체의 selfing 교배를 통해 3차년도에 progeny CT-SMR 616 OP 1024, 1025, 1026 line을 각각 육성하였다. 또한 이들 line별 개체들의 selfing progeny line을 4차년도에 육성하였으며, 그 중 가장 무모에 가까운 표현형을 보인 CT-SMR 616 OP 1026 line의 selfing progeny 7111, 7114, 7116, 7118, 7127 및 7136 line을 선발하여 각각의 line별 selfing을 통한 progeny line을 육성하였다.

(2) 4차년도 선발 유모형 종자 표현형 CT-SMR 616 OP 7208 line의 progeny line 육성

2008년도에 CT-SMR 616 OP 계통을 sib cross를 통해 CT-SMR 616 OP 616 line이 육성되었으며 2009년도에 이들 line의 표현형을 조사한 결과 무모형 종자 표현형 CT-SMR 616 OP 389-1개체에 대한 대조구 line으로서 유모형 종자 표현형 616-33 개체가 선발되었다. 이후 이 개체를 차후 마커 개발을 위한 재료로서 selfing하여 CT-SMR 616 OP 677 line을 육성하였다. 2차년도에 육성된 677 line에서 대조구 개체로서 677-14개체가 실험재료로서 사용되었으며, selfing 교배를 통해 3차년도에 progeny CT-SMR 616 OP 1040 line을 육성하였다. 또한 4차년도에 CT-SMR 616 OP 1040 line의 selfing progeny 7208 line을 육성하였으며, 지속적인 후대 검정을 위해 5차년도 CT-SMR 616 OP 7208 line의 selfing progeny 9182 line을 육성하였다.

(3) 개발된 당근 종자모 형질 관련 분자마커 정확성 검정을 위한 재료 확보

당근 종자모 형질 관련 분자마커의 후대검정과 더불어 정확성 검정을 위하여 기존 당근 실험재료와 육성경로가 다른 9140, 9142, 9145, 9146, 9153, 9156 및 9163 line 등의 무모종자 표현형을 가진 계통을 선발하였다.

다. sampling 및 결과

(1) 단모 및 무모형 종자 표현형 CT-SMR 616 OP 7114, 7116, 7118, 7127 및 7136 line 확보 및 sampling

4차년도에 단모형 종자 표현형을 보인 CT-SMR 616 OP 7111 line의 CT-SMR 616 OP 7111-4 selfing progeny CT-SMR 616 OP 9087 line, CT-SMR 616 OP 7111-7 selfing progeny CT-SMR 616 OP 9090 line을 육성하여 sampling 하였으며, CT-SMR 616 OP 7114 line에서 CT-SMR 616 OP 7114-1 selfing progeny CT-SMR 616 OP 9095 line, CT-SMR 616 OP 7114-6 selfing progeny CT-SMR 616 OP 9099 line, CT-SMR 616 OP 7114-7 selfing progeny CT-SMR 616 OP 9100 line, CT-SMR 616 OP 7114-8 selfing progeny CT-SMR 616 OP 9101 line을 육성하여 sampling 하였다. 또한 CT-SMR 616 OP 7116 line의 CT-SMR 616 OP 7116-1 selfing progeny CT-SMR 616 OP 9104 line, CT-SMR 616 OP 7116-2 selfing progeny CT-SMR 616 OP 9105 line, CT-SMR 616 OP 7116-4 selfing progeny CT-SMR 616 OP 9107 line, CT-SMR 616 OP 7116-5 selfing progeny CT-SMR 616 OP 9108 line, CT-SMR 616 OP 7116-7 selfing progeny CT-SMR 616 OP 9110 line을 육성하여 sampling 하였다. CT-SMR 616 OP 7118 line의 CT-SMR 616 OP 7118-1 selfing

progeny CT-SMR 616 OP 9114 line, CT-SMR 616 OP 7118-2 selfing progeny CT-SMR 616 OP 9115 line, CT-SMR 616 OP 7118-4 selfing progeny 9117 line, CT-SMR 616 OP 7118-7 selfing progeny CT-SMR 616 OP 9119 line을 육성하여 sampling 하였다. 또한 CT-SMR 616 OP 7127-2 selfing progeny 9123 line, CT-SMR 616 OP 7136-1 selfing progeny 9127 line, CT-SMR 616 OP 7136-5 selfing progeny 9129 line 등의 CT-SMR 616 OP 1026 line 계열의 line을 육성하여 sampling 하였다(Fig. 66; Table 30).



Fig. 66. Sampling of selfing progeny lines of short-hair and hairless seed CT-SMR 616 OP 7111, 7114, 7116, 7118, 7127 and 7136 lines.

Table 30. Selected individuals in selfing progeny line of hairless-seed CT-SMR 616 OP 7111, 7114, 7116, 7118, 7127 and 7136 lines as a material.

Line	Selected individuals	Line	Selected individuals	Line	Selected individuals
9087	9087-1	9090	9090-1	9095	9095-1
	9087-2		9090-2		9095-2
	9087-3		9090-3		9095-3
	9087-4		9090-4		9095-4
	9087-5		9090-5		9095-5
	9087-6		9090-6		9095-6
9099	9099-1	9100	9100-1	9101	9101-1
	9099-2		9100-2		9101-2
	9099-3		9100-3		9101-3
	9099-4		9100-4		9101-4
	9099-5		9100-5		9101-5
	9099-6		9100-6		9101-6
9104	9104-1	9105	9105-1	9107	9107-1
	9104-2		9105-2		9107-2
	9104-3		9105-3		9107-3
	9104-4		9105-4		9107-4
	9104-5		9105-5		9107-5
	9104-6		9105-6		9107-6

Table 30. Continued.

Line	Selected individuals	Line	Selected individuals	Line	Selected individuals
9108	9108-1	9110	9110-1	9114	9114-1
	9108-2		9110-2		9114-2
	9108-3		9110-3		9114-3
	9108-4		9110-4		9114-4
	9108-5		9110-5		9114-5
	9108-6		9110-6		9114-6
9115	9115-1	9117	9117-1	9119	9119-1
	9115-2		9117-2		9119-2
	9115-3		9117-3		9119-3
	9115-4		9117-4		9119-4
	9115-5		9117-5		9119-5
	9115-6		9117-6		9119-6
9123	9123-1	9127	9127-1	9129	9129-1
	9123-2		9127-2		9129-2
	9123-3		9127-3		9129-3
	9123-4		9127-4		9129-4
	9123-5		9127-5		9129-5
	9123-6		9127-6		9129-6

(2) Control 유모형 종자 표현형 CT-SMR 616 OP 7208 line의 selfing progeny line 확보 및 sampling

4차년도에 control 유모형 종자 표현형을 보인 CT-SMR 616 OP 7208 line의 CT-SMR 616 OP 1040-7 selfing progeny CT-SMR 616 OP 9182 line을 sampling하였다(Fig. 67, Table 31).



Fig. 67. Sampling of selfing progenies lines of hairy seed CT-SMR 616 OP 7208 line.

Table 31. Selected individuals in selfing progeny line of hairy seed CT-SMR 616 OP 7208 line as a material.

Line	Selected individuals
9182	9182-1
	9182-2
	9182-3
	9182-4
	9182-5
	9182-6

(3) 개발된 당근 종자모 형질 관련 분자마커 정확성 검정을 위한 재료 확보

기존 개발된 당근 종자모 형질 관련 분자마커와 앞으로 선발예정인 분자마커의 후대 검정과 더불어 정확성 검정을 위해 기존 당근 실험재료와 육성경로가 다른 무모종자 표현형을 가진 9140, 9142, 9145, 9146, 9153, 9156, 9163 line을 sampling 하였다(Table 32).

Table 32. Selected individuals in hairless seed 9140, 9142, 9145, 9146, 9153, 9156, 9163 lines as a material.

Line	Selected individuals	Line	Selected individuals	Line	Selected individuals
9140	9140-1	9142	9142-1	9145	9145-1
	9140-2		9142-2		9145-2
	9140-3		9142-3		9145-3
	9140-4		9142-4		9145-5
	9140-5		9142-5		9145-6
	9140-6		9142-7		9145-15
9146	9146-1	9153	9153-1	9156	9156-1
	9146-4		9153-3		9156-2
	9146-6		9153-5		9156-4
	9146-7		9153-6		9156-5
	9146-10		9153-7		9156-6
	9146-12		9153-9		9156-7
9163	9163-1				
	9163-2				
	9163-3				
	9163-4				
	9163-5				
	9163-6				

라. 종자 표현형 확인 및 분석

종자모 형질 관련 분자마커 개발을 위한 단모 및 무모종자 표현형 CT-SMR 616 OP 7111, 7114, 7116, 7118, 7127 및 7136 progeny line들과 또다른 무모종자 표현형 line들의 당근 종자모 길이 표현형을 유모종자 표현형 CT-SMR 616 OP 7208 selfing progeny line 개체들의 당근 종자모 길이 표현형과 비교 분석하였다. 비교 분석한 결과를 바탕으로 RAPD, SCAR, SSR 및 SNP 실험 결과와의 상관관계를 분석하여 분자마커 개발의 정확성을 검증하였다.

(1) 재료 및 방법

1차년도 개체군 중 무모형 종자 표현형을 보인 CT-SMR 616 OP 389-1개체의 selfing progeny CT-SMR 616 OP 659 line에서 2차년도에 선발된 659-1, 2, 3 개체를 바탕으로 3차년도 실험 개체 selfing progeny CT-SMR 616 OP No. 1024, 1025, 1026을 선발하였다. 4차년도에 또한 단모 및 무모 종자 표현형을 보인 CT-SMR 616 OP 7111, 7114, 7116, 7118, 7127 및 7136 line의 selfing progeny line들의 표현형을 Video Microscope System (ALPHASYSTEC)을 이용하여 40배 배율로 조사하였다. 종자모의 길이는 3반복으로 각각의 종자의 모 5개 길이의 평균으로 분석하였다. 또한 이들 조사된 결과를 또 다른 단모 및 무모종자 표현형을 가진 CT-SMR 616 OP 7147, 7148, 7150, 7001 line 및 유모종자 표현형을 가진 CT-SMR 616 OP 7208 selfing progeny 9182 line과 비교 분석하였다.

(2) 결과 및 분석

(가) 단모 및 무모형 종자 표현형 CT-SMR 616 OP 7111, 7114, 7116, 7118, 7127 및 7136 line selfing progeny CT-SMR 616 OP 9087, 9090, 9095, 9099, 9100, 9101, 9104, 9105, 9107, 9108, 9110, 9114, 9115, 9117, 9119, 9123, 9127 및 9129 line 종자모 표현형 분석

4차년도 단모형 종자 표현형을 보인 CT-SMR 616 OP 7111, 7114, 7116, 7118, 7127 및 7136 line의 selfing progeny CT-SMR 616 OP 9087, 9090, 9095, 9099, 9100, 9101, 9104, 9105, 9107, 9108, 9110, 9114, 9115, 9117, 9119, 9123, 9127 및 9129 line의 종자모 표현형을 조사하였다. 종자 표현형을 분석한 결과 충실한 종자 상태에 비해 종자모가 짧은 단모형의 표현형을 보이는 것을 확인하였다(Fig. 68; Table 33). 이러한 종자모 길이와 형태를 봤을 때 각각의 line별로 종자모 형질이 고정된 것으로 판단되었다.

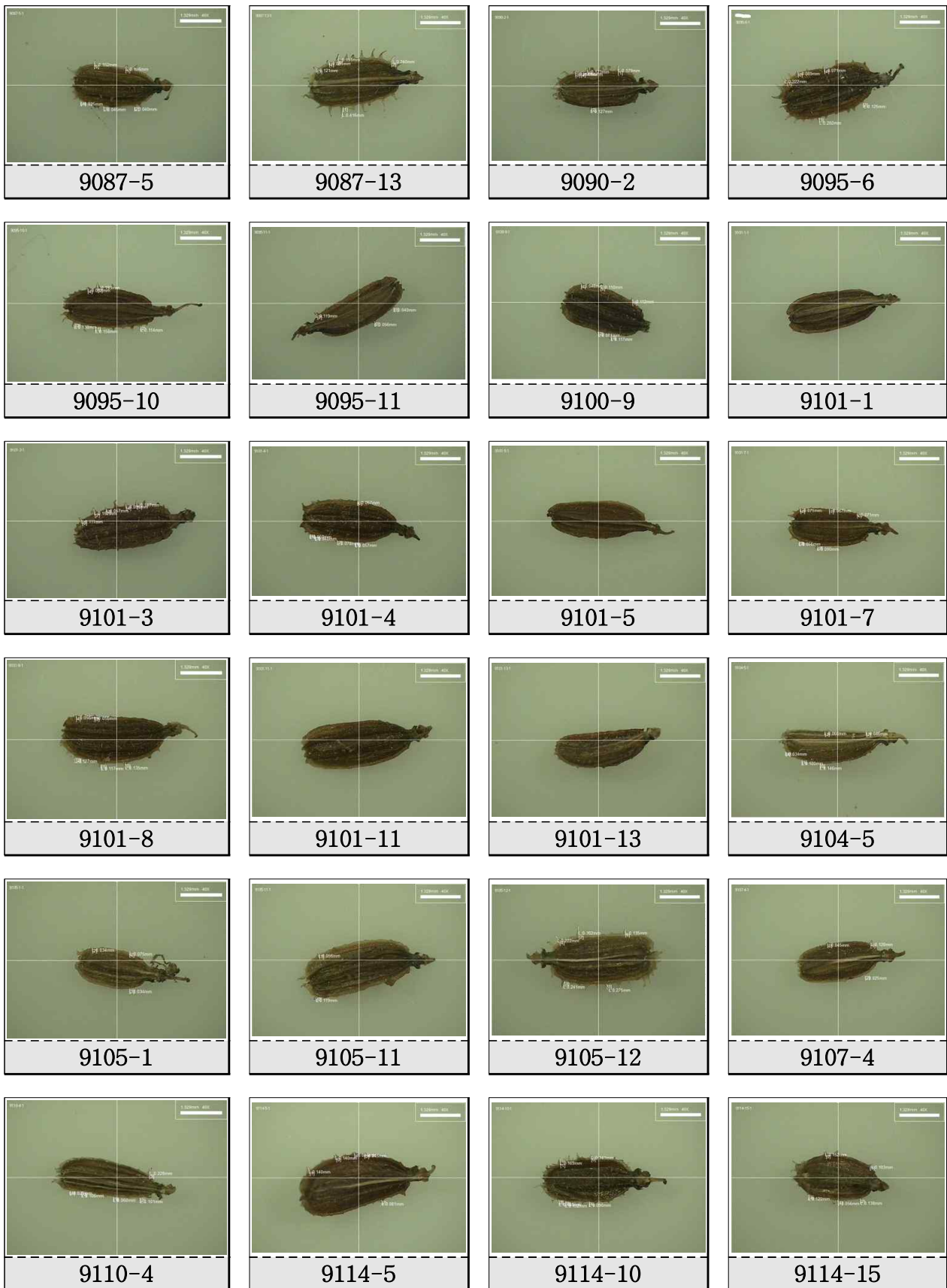


Fig. 68. Seed phenotype of individuals in CT-SMR 616 OP 9087, 9090, 9095, 9099, 9100, 9101, 9104, 9105, 9107, 9108, 9110, 9114, 9115, 9117, 9119, 9123, 9127, 9129 line.

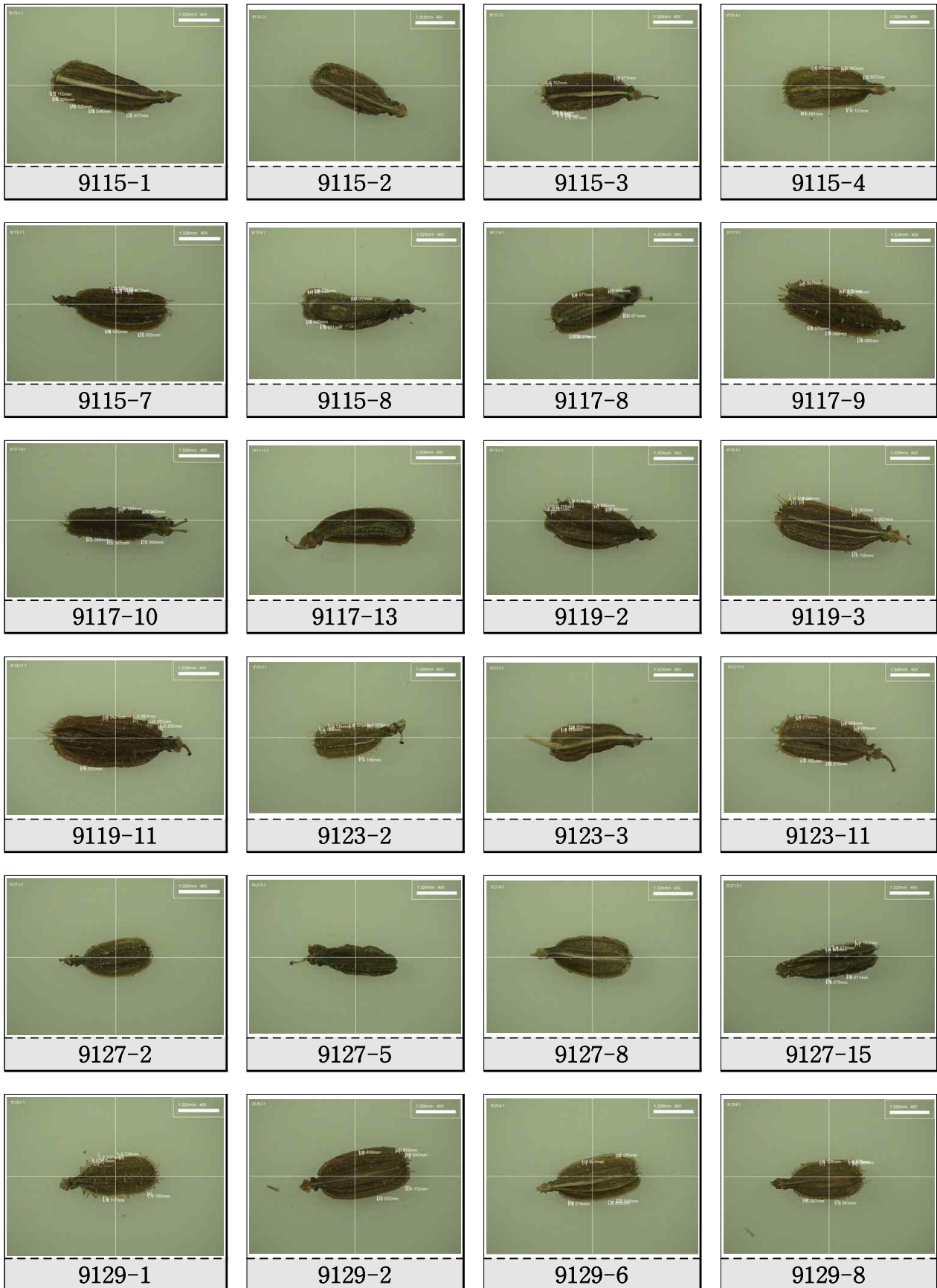


Fig. 68. Continued.

Table 33. The seed hair length of individuals in CT-SMR 616 OP 9087, 9090, 9095, 9099, 9100, 9101, 9104, 9105, 9107, 9108, 9110, 9114, 9115, 9117, 9119, 9123, 9127 and 9129 line.

Sample (No.)	Seed hair length (mm)	Sample (No.)	Seed hair length (mm)
9087-5	0.063 ± 0.011 ^z	9115-1	0.079 ± 0.016
9087-13	0.180 ± 0.026	9115-2	0.025 ± 0.005
9090-2	0.102 ± 0.010	9115-3	0.102 ± 0.017
9095-6	0.147 ± 0.019	9115-4	0.046 ± 0.011
9095-10	0.095 ± 0.014	9115-7	0.057 ± 0.014
9095-11	0.048 ± 0.012	9115-8	0.000 ± 0.000
9100-9	0.038 ± 0.012	9117-8	0.070 ± 0.007
9101-1	0.000 ± 0.000	9117-9	0.086 ± 0.010
9101-3	0.068 ± 0.015	9117-10	0.050 ± 0.012
9101-4	0.062 ± 0.007	9117-13	0.011 ± 0.006
9101-5	0.030 ± 0.011	9119-2	0.083 ± 0.015
9101-7	0.071 ± 0.007	9119-3	0.116 ± 0.024
9101-8	0.080 ± 0.008	9119-11	0.116 ± 0.017
9101-11	0.000 ± 0.000	9123-2	0.090 ± 0.011
9101-13	0.034 ± 0.010	9123-3	0.046 ± 0.009
9104-5	0.087 ± 0.013	9123-11	0.079 ± 0.005
9105-1	0.054 ± 0.014	9127-2	0.000 ± 0.000
9105-11	0.095 ± 0.018	9127-5	0.000 ± 0.000
9105-12	0.195 ± 0.019	9127-8	0.000 ± 0.000
9107-4	0.013 ± 0.008	9127-15	0.071 ± 0.008
9110-4	0.082 ± 0.013	9129-1	0.120 ± 0.024
9114-5	0.067 ± 0.011	9129-2	0.050 ± 0.006
9114-10	0.112 ± 0.010	9129-6	0.082 ± 0.011
9114-15	0.053 ± 0.015	9129-8	0.079 ± 0.017

^z Standard error.

(나) 단모 및 무모형 종자 표현형 9140, 9142, 9145, 9146, 9153, 9156 및 9163 line 종자모 표현형 분석

CT-SMR 616 OP 계열의 단모 및 무모종자 표현형 line과 육성경로가 다른 계통의 단모 및 무모종자 표현형 9140, 9142, 9145, 9146, 9153, 9156 및 9163 line의 종자모 표현형을 조사하였다(Fig. 69; Table 34). 그 결과를 기존의 무모 및 단모 종자모 표현형을 보인 line들과 비교하고 이를 이용한 당근 종자모 형질 관련 마커의 검정에 이용하였다.

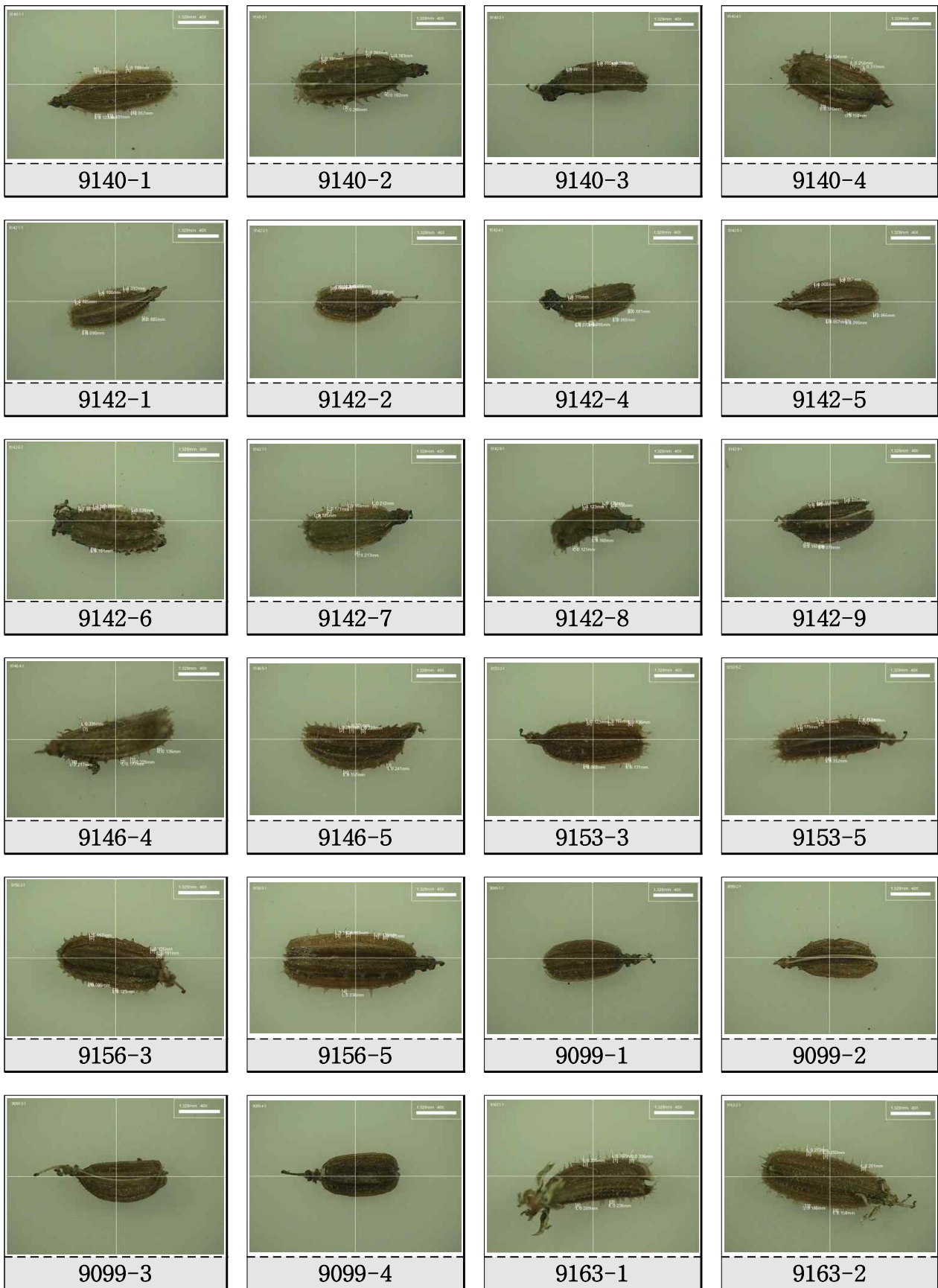


Fig. 69. Seed phenotype of individuals in 9140, 9142, 9145, 9146, 9153, 9156 and 9163 line.

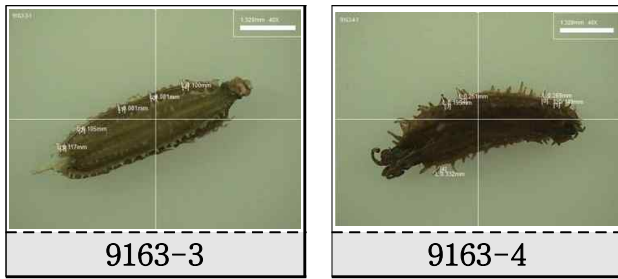


Fig. 69. Continued

Table 34. The seed hair length of individuals in CT-SMR 616 OP 9087, 9090, 9095, 9099, 9100, 9101, 9104, 9105, 9107, 9108, 9110, 9114, 9115, 9117, 9119, 9123, 9127 and 9129 line.

Sample (No.)	Seed hair length (mm)	Sample (No.)	Seed hair length (mm)
9140-1	0.162 ± 0.015	9146-5	0.167 ± 0.021
9140-2	0.178 ± 0.014	9153-3	0.094 ± 0.010
9140-3	0.138 ± 0.024	9153-5	0.104 ± 0.013
9140-4	0.069 ± 0.028	9156-3	0.146 ± 0.010
9142-1	0.085 ± 0.010	9156-5	0.135 ± 0.012
9142-2	0.055 ± 0.006	9099-1	0.000 ± 0.000
9142-4	0.047 ± 0.010	9099-2	0.000 ± 0.000
9142-5	0.067 ± 0.007	9099-3	0.000 ± 0.000
9142-6	0.084 ± 0.018	9099-4	0.000 ± 0.000
9142-7	0.151 ± 0.010	9163-1	0.260 ± 0.016
9142-8	0.149 ± 0.012	9163-2	0.247 ± 0.016
9142-9	0.088 ± 0.010	9163-3	0.236 ± 0.032
9146-4	0.147 ± 0.023	9163-4	0.238 ± 0.020

^z Standard error.

(다) 유모형 종자 표현형 CT-SMR 616 OP 7208 selfing progeny 9182 line 종자모 표현형 분석 및 무모형 종자 표현형 line들과의 비교 분석

유모형 종자 표현형을 가지는 CT-SMR 616 OP 7208 selfing progeny 9182 line의 종자모 표현형을 조사하였다(Fig. 70; Table 35). 9182 line 유모종자의 종자모 길이 평균값은 1.473mm로 나타났다. 이러한 결과에 비해 CT-SMR 616 OP 7111, 7114, 7116, 7118, 7127 및 7136 selfing progeny 9087, 9090, 9095, 9099, 9100, 9101, 9104, 9105, 9107, 9108, 9110, 9114, 9115, 9117, 9119, 9123, 9127 및 9129 line은 0.067mm로서 4.57%, 또 다른 단모 및 무모 종자 표현형 9140, 9142, 9145, 9146, 9153, 9156 및 9163 line은 0.117mm로서 7.95%의 종자모 길이를 나타내며 단모형의 결과를 보였다. 이는 거의 무모에 가까운 수치로서 이러한 개체들을 이

용한 종자모 형질 분자마커 개발은 상당한 신뢰도를 가질 것으로 판단하였다(Fig. 71). 또한 위 line들은 당근 종자모 형질 관련 개발된 분자마커들의 후대 검정을 위해 사용하였으며 9182 line과 함께 분자마커 정확성 검정을 수행하였다.

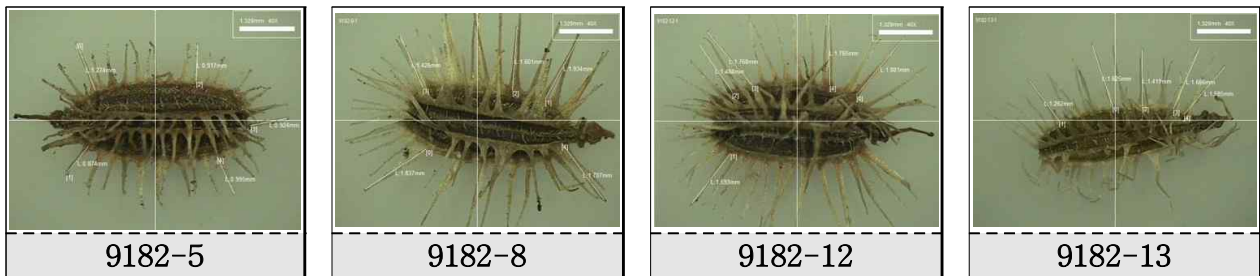


Fig. 70. Seed phenotype of individuals in CT-SMR 616 OP 7208 selfing progeny 9182 line.

Table 35. The seed hair length analysis of individuals in 928 line.

Sample (No.)	Seed hair length (mm)	Sample (No.)	Seed hair length (mm)
9182-5	1.086 ± 0.046 ^z	9182-12	1.704 ± 0.050
9182-8	1.483 ± 0.059	9182-13	1.619 ± 0.045

^z Standard error.

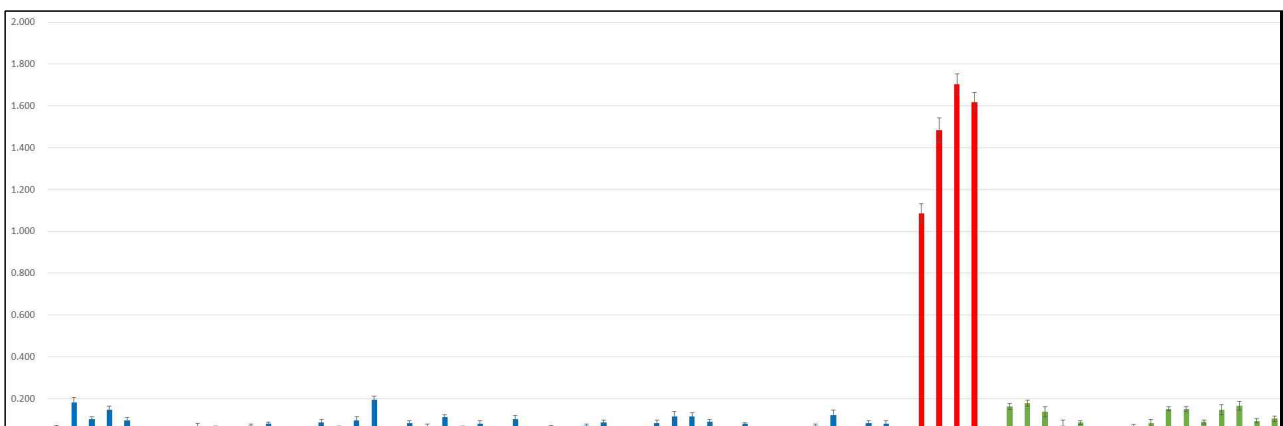


Fig. 71. The seed hair length of individuals in short-hair and hairless-seed phenotype CT-SMR 616 OP 7111, 7114, 7116, 7118, 7127 and 7136 selfing progeny 9087, 9090, 9095, 9099, 9100, 9101, 9104, 9105, 9107, 9108, 9110, 9114, 9115, 9117, 9119, 9123, 9127 and 9129 lines and hairy seed phenotype CT-SMR 616 OP 7208 selfing progeny 9182 line, short-hair and hairless-seed phenotype 9140, 9142, 9145, 9146, 9153, 9156, 9163 lines.

제3절 당근 무모계 종자 관련 RAPD 및 SCAR 분자마커 개발 및 분석

1. 1차년도 무모계 종자 관련 RAPD 분자마커 개발 및 분석

가. 목적

분자마커를 개발을 위한 RAPD 실험을 통해 당근 line별 개체들 간의 유연관계를 밝히고 이를 바탕으로 유전적 연관관계를 분석하여 효과적인 분자마커 개발에 적용하기 위함이다.

나. 재료 및 방법

(1) 1차 sampling 재료를 이용한 RAPD 분자마커 개발

1차년도 1차 sampling 재료인 무모계 종자 표현형을 보일 것으로 예상되는 CT-SMR 616 line의 무모형 개체와 유모형 개체의 교배 line인 CT-SMR 616 OP 388 line을 유모형 종자 표현형을 보일 것으로 예상되는 394 line과 함께 RAPD 실험을 진행하였다. 본 실험은 UBC random primer 20개, OPERON random primer 40개(Table 1)를 이용해 총 60개의 random primer를 통해 실험을 진행하였다. PCR 반응조건은 *Taq* polymerase를 이용하여 94°C에서 1분, 37°C에서 1분, 72°C에서 2분을 1 cycle로 최종 36회 반복하고 72°C에서 10분간 처리 후 반응을 종료하였다. 반응결과를 확인하기 위하여 1.5% agarose gel에서 전기영동 하였다.

Table 1. Random primers that tested for CT-SMR 616 OP 388 line.

Primer	Nucleotide sequence (5' to 3')	Primer	Nucleotide sequence (5' to 3')		
UBC-7	CCT GGG GGT T	UBC-24	ACA GGG GTG A	UBC Random primer	
UBC-31	CCG GCC TTC C	UBC-39	TTA ACC GGG C		
UBC-50	TTC CCC GCG C	UBC-66	GAG GGC GTG A		
UBC-70	GGG CAC GCG A	UBC-71	GAG GGC GAG G		
UBC-72	GAG CAC GGG A	UBC-81	GAG CAC GGG G		
UBC-82	GGG CCC GAG G	UBC-86	GGG GGG AAG G		
UBC-93	GGG GGG AAA G	UBC-96	GGC GGC ATG G		
UBC-100	ATC GGG TCC G	UBC-133	GGA AAC CTC T		
UBC-157	CGT GGG CAG G	UBC-173	CAG GCG GCG T		
UBC-177	TCA GGC AGT C	UBC-197	TCC CCG TTC C		
OPA-1	CAG GCC CTT C	OPA-2	TGC CGA GCT G		OPERON Kit A
OPA-3	AGT CAG CCA C	OPA-4	AAT CGG GCT G		
OPA-5	AGG GGT CTT G	OPA-6	GGT CCC TGA C		
OPA-7	GAA ACG GGT G	OPA-8	GTG ACG TAG G		
OPA-9	GGG TAA CGC C	OPA-10	GTG ATC GCA G		
OPA-11	CAA TCG CCG T	OPA-12	TCG GCG ATA G		
OPA-13	CAG CAC CCA C	OPA-14	TCT GTG CTG G		
OPA-15	TTC CGA ACC C	OPA-16	AGC CAG CGA A		
OPA-17	GAC CGC TTG T	OPA-18	AGG TGA CCG T		
OPA-19	CAA ACG TCG G	OPA-20	GTT GCG ATC C		
OPV-1	TGA CGC ATG G	OPV-2	AGT CAC TCC C	OPERON Kit V	
OPV-3	CTC CCT GCA A	OPV-4	CCC CTC ACG A		
OPV-5	TCC GAG AGG G	OPV-6	ACG CCC AGG T		
OPV-7	GAA GCC AGC C	OPV-8	GGA CGG CGT T		
OPV-9	TGT ACC CGT C	OPV-10	GGA CCT GCT G		
OPV-11	CTC GAC AGA G	OPV-12	ACC CCC CAC T		
OPV-13	ACC CCC TGA A	OPV-16	AGA TCC CGC C		
OPV-15	CAG TGC CGG T	OPV-18	ACA CCC CAC A		
OPV-17	ACC GGC TTG T	OPV-20	TGG TGG CGT T		

(2) 2차 sampling 재료를 이용한 RAPD 분자마커 개발

본 실험은 단모형 종자 표현형이 확인된 CT-SMR 616 line의 무모형 개체와 유모형 개체의 교배 line인 CT-SMR 389 line에서의 389-1 개체와 CT-ATR 615 OP 394 line의 selfing line에서의 394-6개체를 각각의 대조구로 616-33, 615-2 개체와 함께 RAPD 실험을 진행하였으며 OPERON random primer 40개(Table 2)를 이용하여 진행하였다. PCR 반응조건은 *Taq* polymerase를 이용하여 94℃에서 1분, 37℃에서 1분, 72℃에서 2분을 1cycle로 최종 36회 반복하고 72℃에서 10분간 처리 후 반응을 종료하였다. 반응결과를 확인하기 위하여 1.5%

agarose gel에서 전기영동 하였다.

Table 2. Random primers that tested for 389-1, 394-6 and 616-33, 615-2.

Primer	Nucleotide sequence (5' to 3')	Primer	Nucleotide sequence (5' to 3')	
OPA-1	CAG GCC CTT C	OPA-2	TGC CGA GCT G	
OPA-3	AGT CAG CCA C	OPA-4	AAT CGG GCT G	
OPA-5	AGG GGT CTT G	OPA-6	GGT CCC TGA C	
OPA-7	GAA ACG GGT G	OPA-8	GTG ACG TAG G	
OPA-9	GGG TAA CGC C	OPA-10	GTG ATC GCA G	OPERON
OPA-11	CAA TCG CCG T	OPA-12	TCG GCG ATA G	Kit A
OPA-13	CAG CAC CCA C	OPA-14	TCT GTG CTG G	
OPA-15	TTC CGA ACC C	OPA-16	AGC CAG CGA A	
OPA-17	GAC CGC TTG T	OPA-18	AGG TGA CCG T	
OPA-19	CAA ACG TCG G	OPA-20	GTT GCG ATC C	
OPV-1	TGA CGC ATG G	OPV-2	AGT CAC TCC C	
OPV-3	CTC CCT GCA A	OPV-4	CCC CTC ACG A	
OPV-5	TCC GAG AGG G	OPV-6	ACG CCC AGG T	
OPV-7	GAA GCC AGC C	OPV-8	GGA CGG CGT T	OPERON
OPV-9	TGT ACC CGT C	OPV-10	GGA CCT GCT G	Kit V
OPV-11	CTC GAC AGA G	OPV-12	ACC CCC CAC T	
OPV-13	ACC CCC TGA A	OPV-16	AGA TCC CGC C	
OPV-15	CAG TGC CGG T	OPV-18	ACA CCC CAC A	
OPV-17	ACC GGC TTG T	OPV-20	TGG TGG CGT T	

(3) 3차 sampling 재료를 이용한 RAPD 분자마커 개발

3차 sampling 재료인 단모형 종자 표현형을 가지는 것으로 확인된 389-1, 394-6 개체의 selfing된 종자들을 파종하여 재배된 개체들 중 우선 많은 개체수의 394-6개체 자식세대 line과 394-6번 개체의 RAPD 실험을 진행하였다. 본 실험은 OPERON random primer 20개 (Table 3)를 이용하여 진행하였다. PCR 반응조건은 *Taq* polymerase를 이용하여 94°C에서 1분, 37°C에서 1분, 72°C에서 2분을 1 cycle로 최종 36회 반복하고 72°C에서 10분간 처리 후 반응을 종료하였다. 반응결과를 확인하기 위하여 1.5% agarose gel에서 전기영동 하였다.

Table 3. Random primers used RAPD for 394-6 and 394-6 progeny line.

Primer	Nucleotide sequence (5' to 3')	Primer	Nucleotide sequence (5' to 3')	
OPA-1	CAG GCC CTT C	OPA-2	TGC CGA GCT G	
OPA-3	AGT CAG CCA C	OPA-4	AAT CGG GCT G	
OPA-5	AGG GGT CTT G	OPA-6	GGT CCC TGA C	
OPA-7	GAA ACG GGT G	OPA-8	GTG ACG TAG G	
OPA-9	GGG TAA CGC C	OPA-10	GTG ATC GCA G	OPERON
OPA-11	CAA TCG CCG T	OPA-12	TCG GCG ATA G	Kit A
OPA-13	CAG CAC CCA C	OPA-14	TCT GTG CTG G	
OPA-15	TTC CGA ACC C	OPA-16	AGC CAG CGA A	
OPA-17	GAC CGC TTG T	OPA-18	AGG TGA CCG T	
OPA-19	CAA ACG TCG G	OPA-20	GTT GCG ATC C	

다. 결과 및 분석

(1) 1차 sampling 재료를 이용한 RAPD 분자마커 개발

CT-SMR 616 line의 무모형 개체와 유모형 개체의 교배 line인 CT-SMR 616 OP 388 line을 유모형 종자 표현형을 보일 것으로 예상되는 394 line과 함께 RAPD 실험을 수행하였으며 이는 무모계 종자 표현형을 보일 것으로 예상되는 388 line의 RAPD 실험을 통해 표현형을 확인하기 이전에 개체들 간의 분리를 예상하기 위함이다. 또한 이를 바탕으로 표현형을 확인한 후 RAPD 실험의 결과와 비교하여 적용 가능한 마커를 선별하기 위해 수행하였다.

388 line을 이용하여 최초 UBC random primer 20개를 사용해 388-1~10번 개체에서 RAPD 실험을 진행하였으며 20개 random primer중 14개의 primer, 총 121 band 중 52개 band에서 polymorphism을 확인하였다. 또한 OPERON random primer 40개를 이용하여 388-1~20번 개체에서 RAPD 실험을 진행한 결과 40개 random primer중 21개의 primer, 총 148 band 중 139개 band에서 polymorphism을 확인하였다(Fig. 1; Table 4). 이 결과를 바탕으로 NTSYSpc21 프로그램을 이용, UPGMA 방법에 따라 dendrogram을 작성하였다.

388-1~10개체에서 20개 UBC random primer를 사용한 RAPD 실험결과 cluster dendrogram의 결과는 388-3과 388-4사이에서 84.6%의 유전적 유의성을 보이는 것을 제외하곤 53~77% 사이의 유전적 유의성을 보이므로 개체별 연관관계가 적은 것으로 나타났다. 388-1~20개체에서 40개 OPERON random primer를 사용한 RAPD 실험결과에서는 cluster dendrogram으로 보아 388-6과 388-10사이에서 84.2%, 388-10과 388-11사이에서 83.5%, 388-2와 388-4사이에서 82%, 388-3과 388-4사이에서 80.6%의 유전적 유의성을 보이는 것으로 나타났다(Fig. 2). 또한 388-2, 3, 4와 388-6, 10, 11사이에 높은 유의성을 보이는 것으로 확인되었다. 나머지 개체들은 50%~79.8% 사이의 유전적 유의성을 보이므로 개체별 연관관계가 적은 것으로 나타났다.

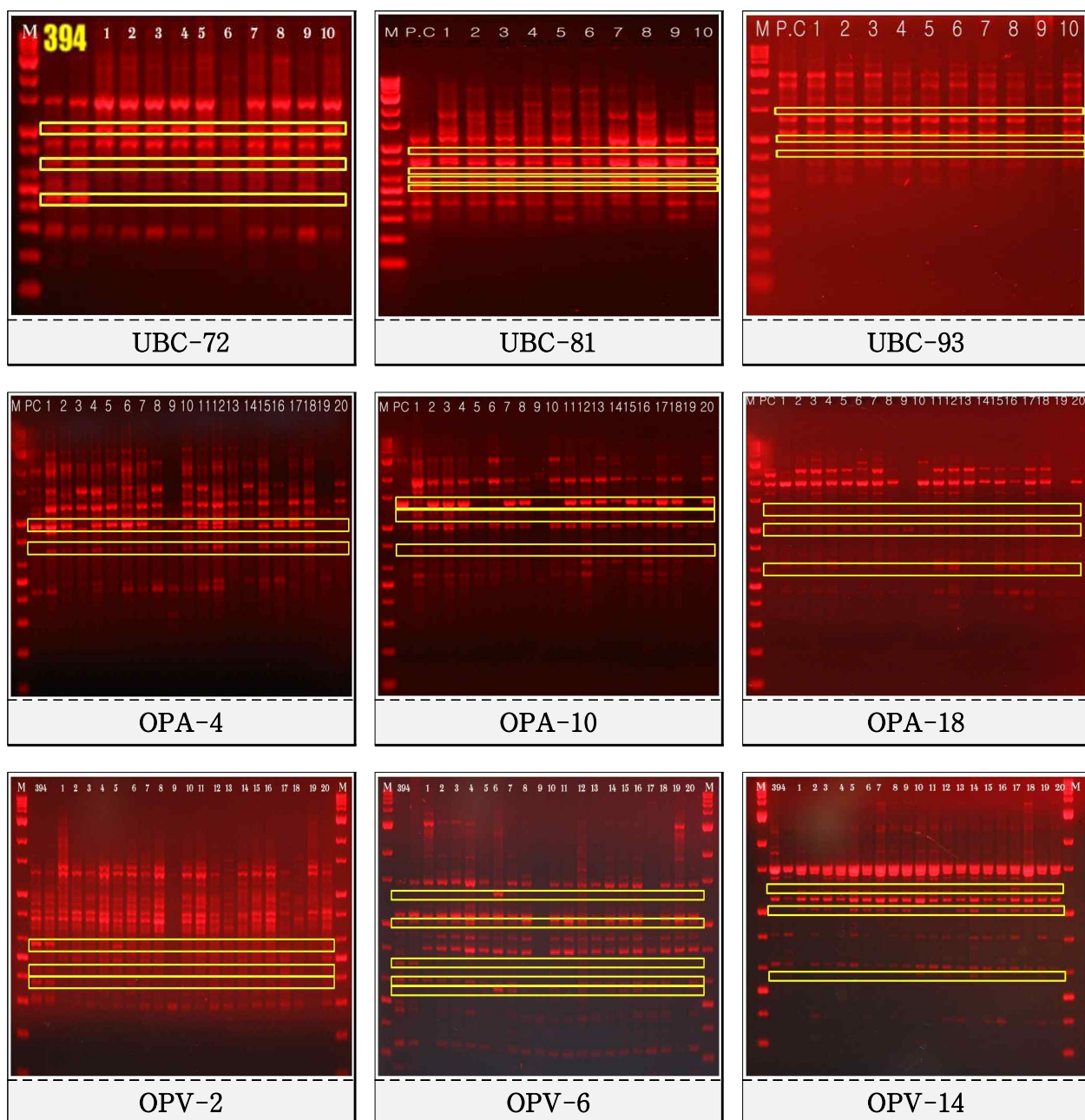


Fig. 1. RAPD showing polymorphisms from CT-SMR 616 OP 388 line using different primers.

Table 4. Genetic similarity and polymorphism from RAPD markers in CT-SMR 616 OP 388 line compared with control.

No. of accession analyzed	No. of polymorphic / total band	Percent of polymorphism (%)	GS AVG (min-max)	Primer / Sample
14 / 20	52 / 121	42.9 %	0.64 (0.53-0.85)	UBC / 388 1-10
21 / 40	139 / 148	93.9 %	0.66 (0.39-1.00)	OPERON / 388 1-20

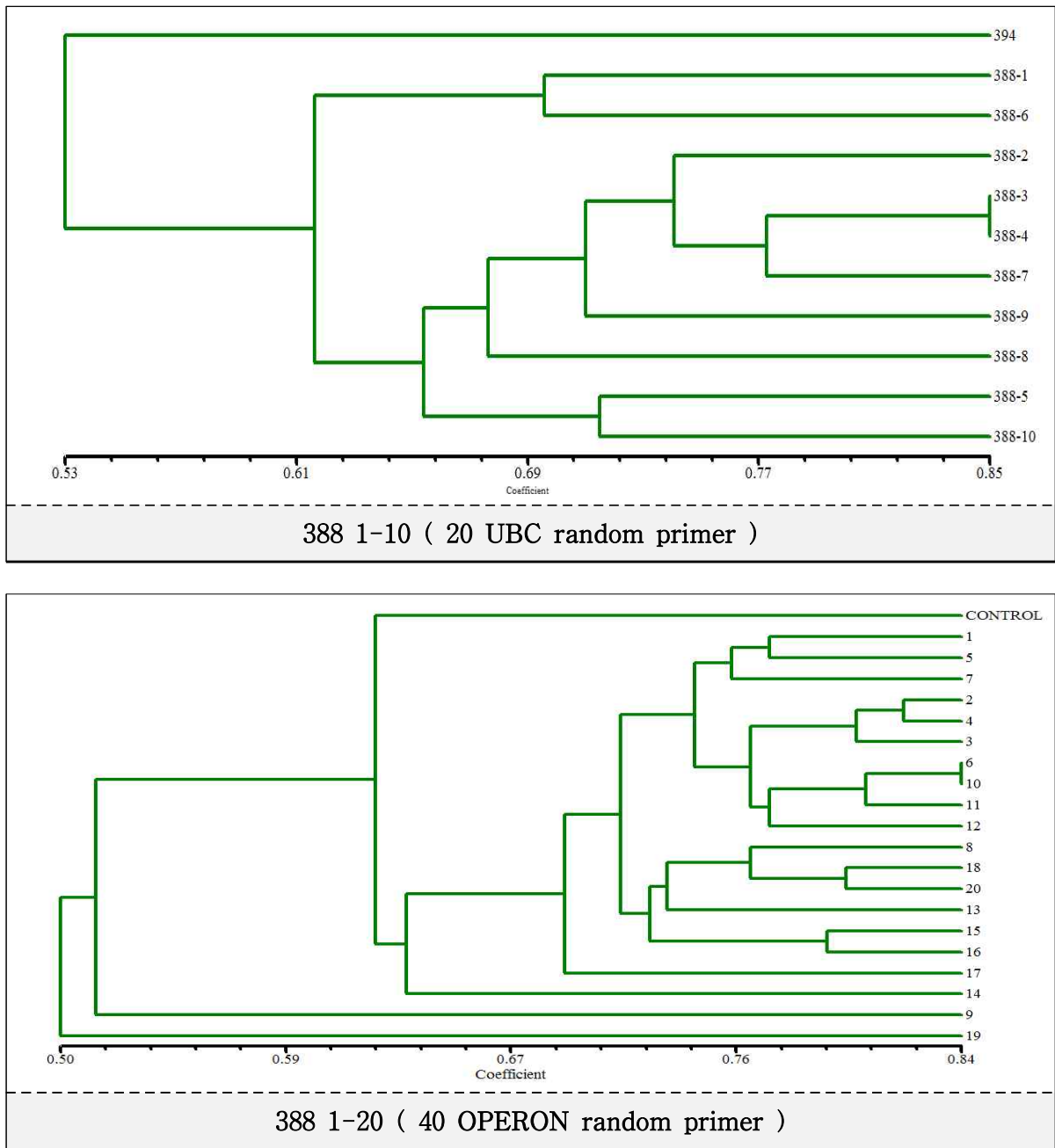


Fig. 2. Cluster dendrogram based on RAPD markers for CT-SMR 616 OP 388 line.

(2) 2차 sampling 재료를 이용한 RAPD 분자마커 개발

2차 sampling 재료인 무모형 종자 표현형이 확인된 CT-SMR 616 line의 무모형 개체와 유모형 개체의 교배 line인 CT-SMR 616 OP 389 line에서의 389-1 개체와 CT-ATR 615 OP 394 line의 selfing line에서의 394-6개체를 각각의 control로 616-33, 615-2 개체와 함께 RAPD 실험을 진행하였다(Fig. 2). 표현형을 확인한 단계에서 line별 한 개체씩만이 무모계 종자 표현형을 보였으므로 각각의 대조구 개체를 선정하여 무모형과 유모형을 비교함으로써 마커를 선발하고자 하였다.

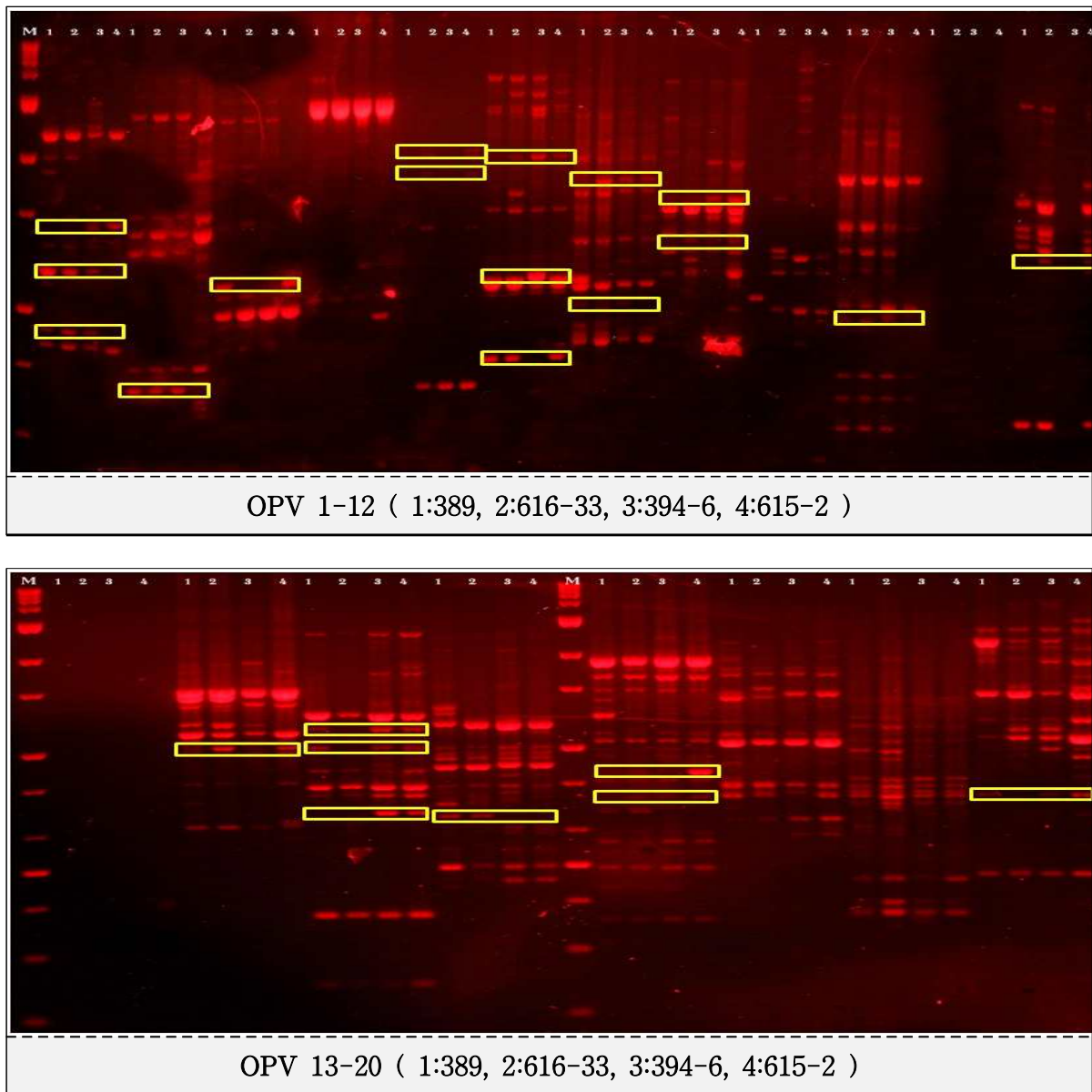


Fig. 2. RAPD showing polymorphisms from 389, 394-6, 616-33, and 615-2 lines using different primers.

(3) 3차 sampling 재료를 이용한 RAPD 분자마커 개발

무모형 종자 표현형을 가지는 것으로 확인된 389, 394-6 개체의 selfing된 개체들 중 우선 많은 개체수의 394-6개체 자식세대 line과 394-6번 개체의 RAPD 실험을 진행하였다. 이를 통하여 394-6개체의 selfing으로 인해 무모계 종자 형질이 어떠한 유전적 관계를 가지는지 연구하고 무모계 종자 관련 마커를 선별하기 위해 수행하였다. 본 실험을 통해 결과를 표현형과 비교하여 더욱 확실한 유전적 관계를 확인할 수 있을 것으로 기대하였다.

394-6개체와 394-6 progeny line을 이용하여 OPERON random primer 20개를 사용해 RAPD 실험을 진행하였다(Fig. 3). 20개 random primer중 20개의 primer, 총 178 band 중 161개 band에서 polymorphism을 확인하였다(Table 5). 이 결과를 바탕으로 NTSYSpc21 프로그램

을 이용, UPGMA 방법에 따라 dendrogram을 작성하였다.

무모형 종자 개체인 394-6과 394-6의 selfing 자식세대(394-6-2~4, 394-6-6~16)에서 20개 OPERON random primer를 사용한 RAPD 실험결과, cluster dendrogram에서 394-6-6과 394-6-16사이에서 가장 높은 91.3%의 유전적 유의성을 보이며, 394-6, 394-6-6, 394-6-16, 394-6-7, 394-6-3, 394-6-13 개체들 간에서 85.1% 이상의 유전적 유의성을 나타내며 그룹을 형성하였다. 또한 394-6-8, 394-6-12, 394-6-15 개체들 간에서 80.1%의 유전적 유의성을 나타내며 그룹을 형성하였다. 나머지 개체들은 77.6% 이하의 유의성을 보이므로 개체별 연관관계가 적은 것으로 나타났다(Fig. 4).

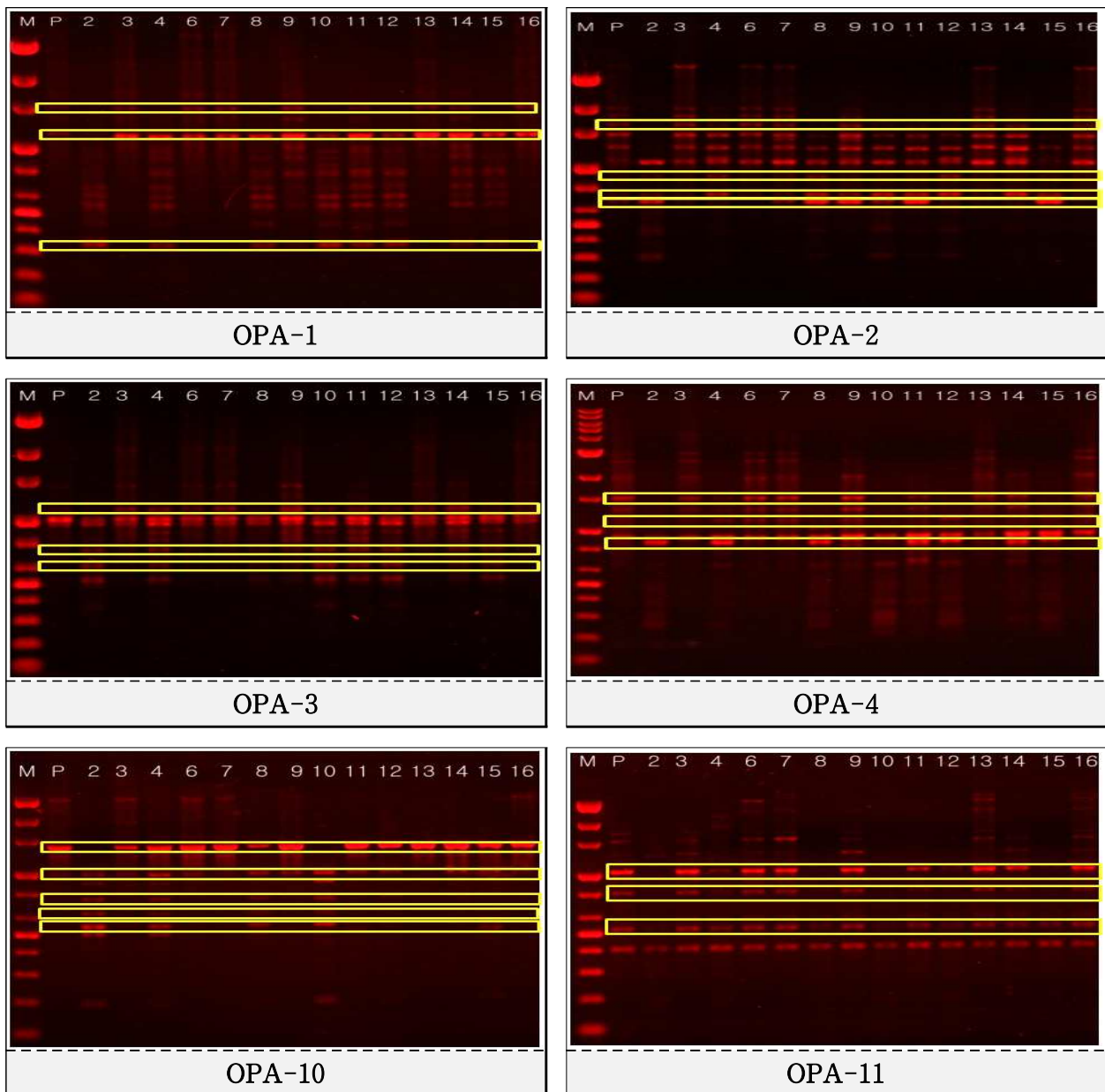


Fig. 3. RAPD showing polymorphisms from 394-6 and 394-6 progeny line using different primers.

Table 5. Genetic similarity and polymorphism from RAPD markers in 394-6 progeny line compared with 394-6.

No. of accession analyzed	No. of polymorphic / total band	Percent of polymorphism (%)	GS AVG (min-max)
20 / 20	161 / 178	90.4%	0.58 (0.44-0.91)

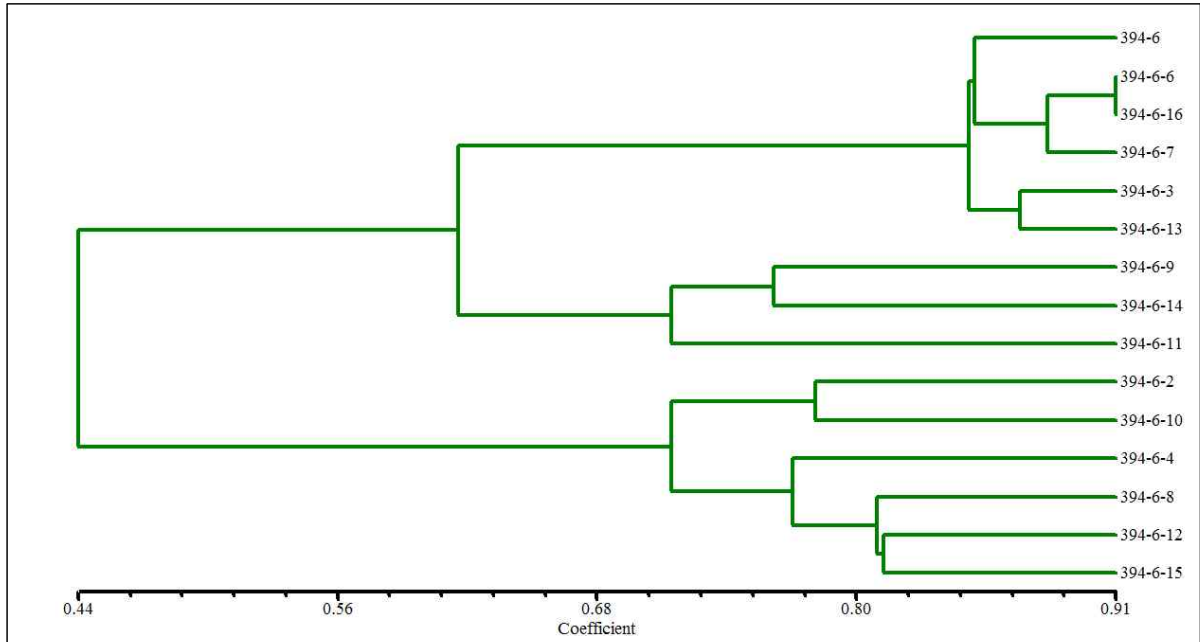


Fig. 4. Cluster dendrogram based on RAPD marker for 394-6 and 394-6 progeny line.

2. 2차년도 무모계 종자 관련 RAPD 분자마커 개발 및 분석

가. 목적

효과적인 분자마커의 개발에 적용하기 위하여, RAPD 분석으로 당근 line별 개체들 간의 유전적 연관관계를 분석을 실시하였다. 더 나아가 유모개체와 무모개체에 특이적 band 양상을 보이는 primer를 선별하여 차후 SCAR 마커의 개발을 그 목적으로 한다.

나. 재료 및 방법

당근 무모계 종자 관련 RAPD 분자마커 개발을 위해 1차년도에 확립한 2X CTAB을 이용한 당근 gDNA 추출 방법을 이용하였다. CTAB 2%, 1.0M Tris-HCl (pH 8.0), 5.0M NaCl, 0.5M EDTA, 2-Mercaptoethanol로 구성된 2X CTAB을 이용하여 sample powder에 800 μ l을 넣어준 뒤 65°C에서 60분간 반응시킨다. 이후 chloroform:isoamyl alcohol (24:1) 용액을 800 μ l 넣어주어 5분간 invert 한 후 8000rpm, 4°C, 10분간 원심분리 하여 gDNA를 분리하였다.

(1) 단모형 종자 표현형 개체 389-1의 selfing progeny 659 line와 유모개체 616-33의 selfing progeny 677 line을 이용한 RAPD 분자마커 개발

1차년도 단모형 종자 표현형을 가지는 것으로 확인 된 389-1 개체와 389-1 selfing progeny 659 line을 유모개체 616-33 개체와 616-33 selfing progeny 677 line과 함께 RAPD 실험을 수행하였다. 본 실험은 총 40개의 OPERON random primer를 이용해 실험을 진행하였다 (Table 6). PCR 반응조건은 *Taq* polymerase를 이용하여 94°C에서 1분, 37°C에서 1분, 72°C에서 2분을 1 cycle로 최종 36회 반복하고 72°C에서 10분간 처리 후 반응을 종료하였다. 반응 결과를 확인하기 위하여 1.5% agarose gel에서 전기영동 하였다.

(2) 단모형 종자 표현형 개체 389-1의 selfing progeny 659 line과 sib cross progeny 660 line을 이용한 RAPD 분자마커 개발

1차년도 단모형 종자 표현형을 가지는 것으로 확인 된 389-1 개체, 389-1 selfing progeny 659 line 및 389-1 sib cross progeny 660 line과 함께 RAPD 실험을 수행하였다(Fig. 5). 본 실험은 총 40개의 OPERON random primer를 이용해 실험을 진행하였다(Table 1). PCR 반응조건은 *Taq* polymerase를 이용하여 94°C에서 1분, 37°C에서 1분, 72°C에서 2분을 1 cycle로 최종 36회 반복하고 72°C에서 10분간 처리 후 반응을 종료하였다. 반응결과를 확인하기 위하여 1.5% agarose gel에서 전기영동 하였다.

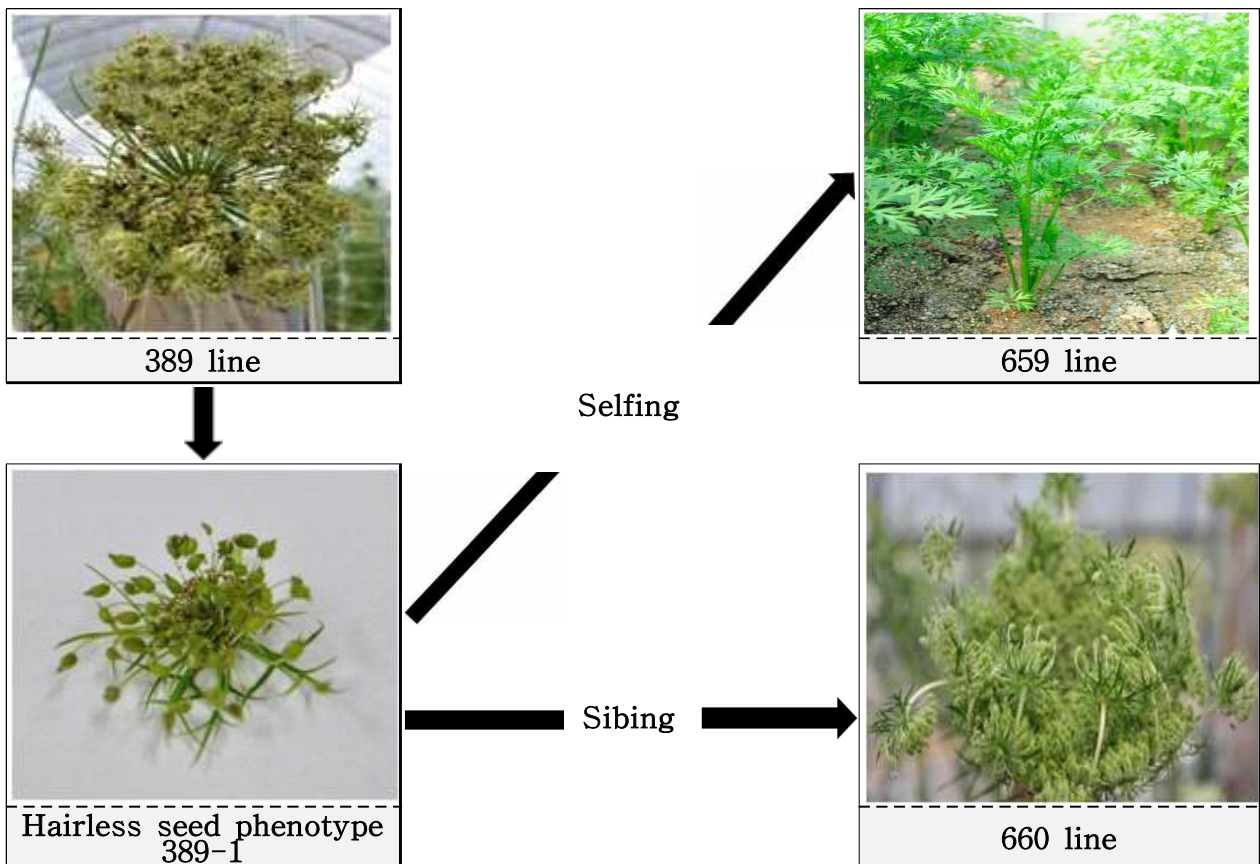


Fig. 5. Schematic development of 659 line and 660 line in '10 from CT-SMR 616 OP 389 line in 2009.

(3) 단모형 종자 표현형 개체 394-6의 selfing progeny 666 line 1차 sampling 개체를 이용한 RAPD 분자마커 개발

1차년도 단모형 종자 표현형 개체 394-6 개체의 selfing progeny 666 line의 1차 sampling 개체들 중 sample 상태가 양호한 666-2~4, 666-6~16개체들을 이용하여 RAPD 실험을 진행하였다. 본 실험은 OPERON random primer 20개 (Table 7)를 이용하여 진행하였다. PCR 반응조건은 *Taq* polymerase를 이용하여 94℃에서 1분, 37℃에서 1분, 72℃에서 2분을 1 cycle로 최종 36회 반복하고 72℃에서 10분간 처리 후 반응을 종료하였다 (Table 6). 반응결과를 확인하기 위하여 1.5% agarose gel에서 전기영동 하였다.

(4) 단모형 종자 표현형 개체 394-6의 selfing progeny 666 line 2차 sampling 개체를 이용한 RAPD 분자마커 개발

1차년도 단모형 종자 표현형 개체 394-6 개체의 selfing progeny 666 line의 2차 sampling 개체들 중 666-33~57번 개체들을 이용하여 RAPD 실험을 진행하였다. 이 후 재배과정 중 발육상태가 좋지 않거나 정상적인 교배가 이루어지지 않은 개체를 제외한 28개체를 이용하여 다시 RAPD 실험을 진행하였다. 본 실험은 OPERON random primer 20개 (Table 7)를 이용하여 진행하였다. PCR 반응조건은 *Taq* polymerase를 이용하여 94℃에서 1분, 37℃에서 1분, 72℃에서 2분을 1 cycle로 최종 36회 반복하고 72℃에서 10분간 처리 후 반응을 종료하였다 (Table 6). 반응결과를 확인하기 위하여 1.5% agarose gel에서 전기영동 하였다.

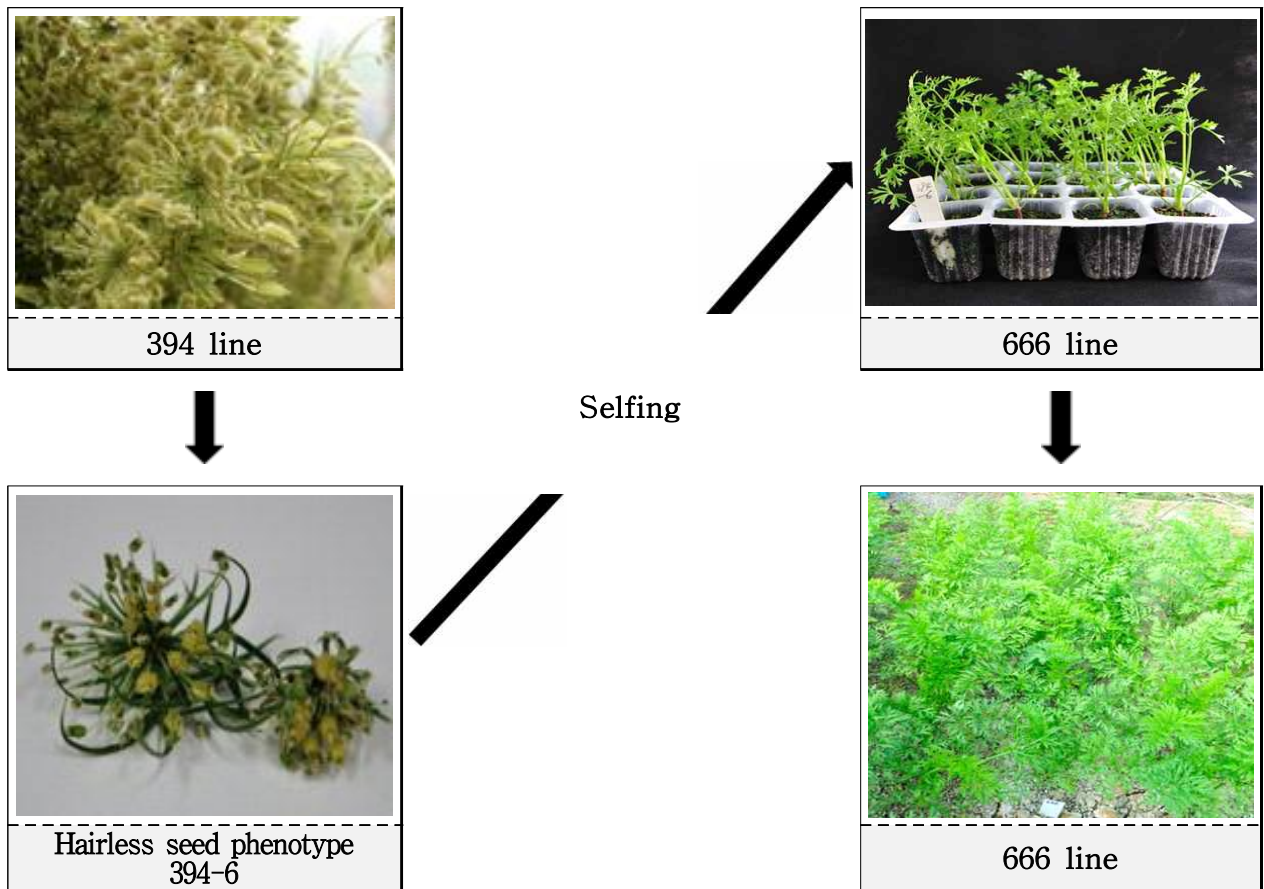


Fig. 6. Schematic development of 666 line in '10 from CT-ATR 615 OP 394 line in 2009.

Table 6. PCR condition for development of RAPD markers.

gDNA	2 μ l	Pre-denaturation	94°C 3min	1 cycle
Primer	0.67 μ l	Denaturation	94°C 1min	
dNTP	0.4 μ l	Annealing reaction	37°C 1min	36 cycle
10x Buffer	2 μ l	Extension reaction	72°C 2min	
<i>Taq</i>	0.2 μ l	Final extension reaction	72°C 10min	1 cycle
dH ₂ O	14.73 μ l			
Total	20 μ l			

Table 7. Random primers used for RAPD analysis.

Primer	Nucleotide sequences (5' to 3')	Primer	Nucleotide sequences (5' to 3')	
OPA-1	CAG GCC CTT C	OPA-2	TGC CGA GCT G	
OPA-3	AGT CAG CCA C	OPA-4	AAT CGG GCT G	
OPA-5	AGG GGT CTT G	OPA-6	GGT CCC TGA C	
OPA-7	GAA ACG GGT G	OPA-8	GTG ACG TAG G	
OPA-9	GGG TAA CGC C	OPA-10	GTG ATC GCA G	OPERON
OPA-11	CAA TCG CCG T	OPA-12	TCG GCG ATA G	Kit A
OPA-13	CAG CAC CCA C	OPA-14	TCT GTG CTG G	
OPA-15	TTC CGA ACC C	OPA-16	AGC CAG CGA A	
OPA-17	GAC CGC TTG T	OPA-18	AGG TGA CCG T	
OPA-19	CAA ACG TCG G	OPA-20	GTT GCG ATC C	
OPV-1	TGA CGC ATG G	OPV-2	AGT CAC TCC C	
OPV-3	CTC CCT GCA A	OPV-4	CCC CTC ACG A	
OPV-5	TCC GAG AGG G	OPV-6	ACG CCC AGG T	
OPV-7	GAA GCC AGC C	OPV-8	GGA CGG CGT T	
OPV-9	TGT ACC CGT C	OPV-10	GGA CCT GCT G	OPERON
OPV-11	CTC GAC AGA G	OPV-12	ACC CCC CAC T	Kit V
OPV-13	ACC CCC TGA A	OPV-14	AGA TCC CGC C	
OPV-15	CAG TGC CGG T	OPV-16	AGA TCC CGC C	
OPV-17	ACC GGC TTG T	OPV-18	ACA CCC CAC A	
OPV-19	GGG TGT GCA G	OPV-20	TGG TGG CGT T	

다. 결과 및 분석

(1) 단모계체 389-1의 selfing progeny 659 line과 유모계체 616-33의 selfing progeny 677 line 을 이용한 RAPD 실험 결과 분석

CT-SMR 616 OP 389 line의 단모 종자 표현형을 가진 389-1개체와 389-1개체의 selfing progeny 659 line을 RAPD 방법으로 분석하였으며, 대조구로 유모 종자 표현형을 가진 616-33 개체와 616-33 selfing progeny 677 line을 함께 수행하였다(Fig. 7, 8). OPERON random primer 40개를 이용하여 RAPD 실험을 수행한 결과 40개 random primer중 19개의 primer, 총 237 band 중 84개 band에서 polymorphism (38.9%)을 확인하였으며, 이를 바탕으로 부모의 표현형이 기대되는 No. 659 line에 polymorphism을 보이는 primer를 선발하였다(Table 8, 9, 10).

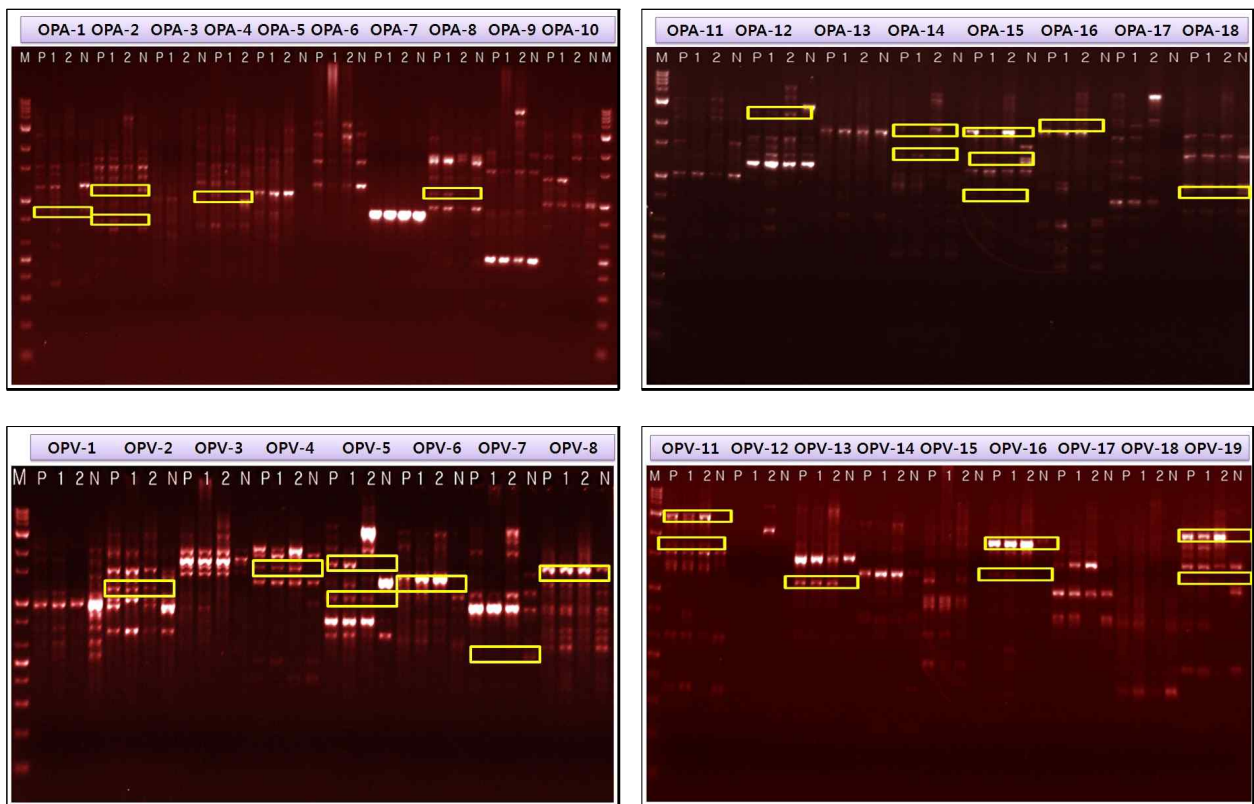


Fig. 7. RAPD from 389-1, 389-1 selfing progeny 659-1, 2 and control 616-33 using different primers.

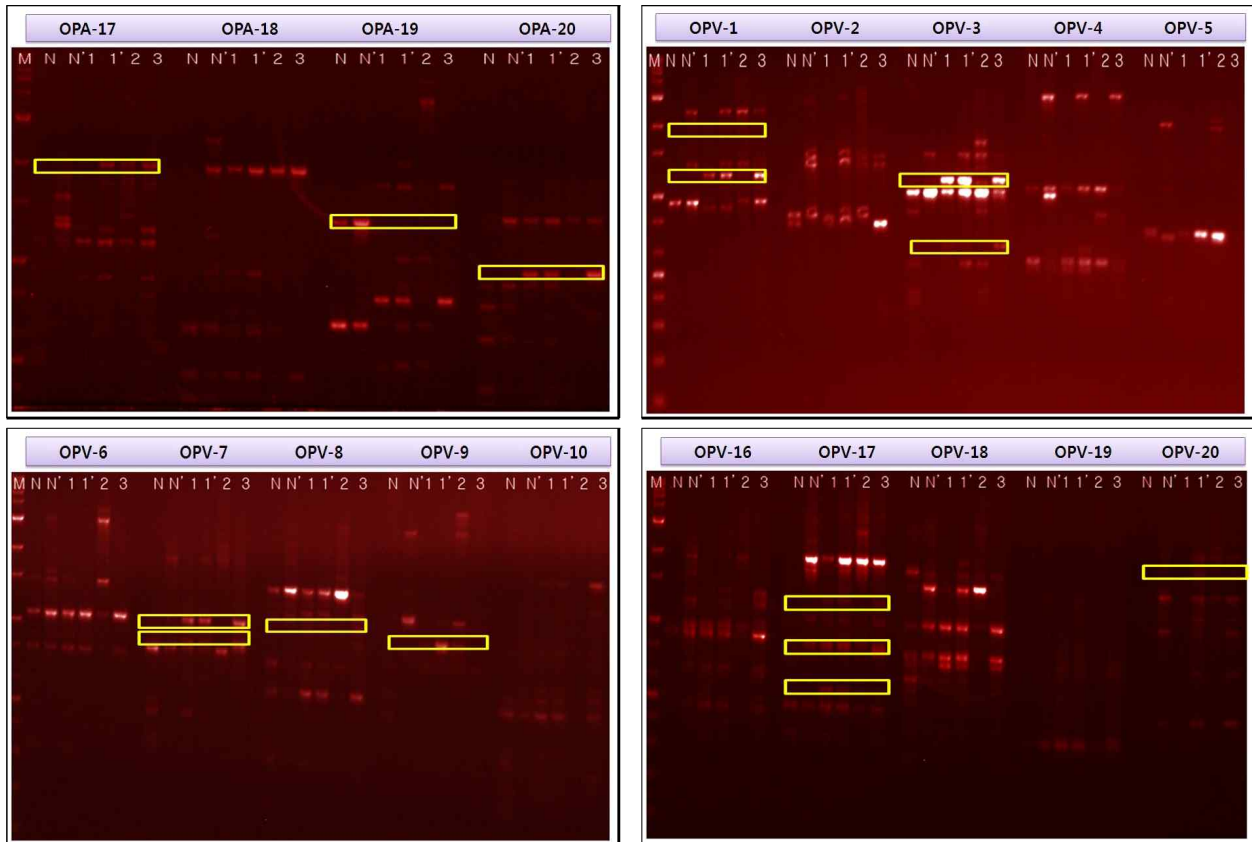


Fig. 8. RAPD from 389-1 selfing progeny 659-1, 2, 3 and control 616-33 selfing progeny 677-5, 8 using different primers.

Table 8. Selection 19 OPERON primers that showed polymorphism in 389-1 and 389-1 selfing progeny 659 line compared with control 616-33.

Line	Specific band primers
389-1 and selfing progeny 659-1, 2	OPA-1, OPA-2, OPA-7, OPA-12, OPA-14, OPA-15, OPA-16, OPA-17, OPA-19, OPA-20, OPV-1, OPV-3, OPV-7, OPV-8, OPV-9, OPV-16, OPV-20
616-33	OPA- 3, OPA-5, OPV-19

Table 9. Genetic similarity and polymorphism from RAPD markers in 389-1 and 389 selfing progeny 659 line compared with control 616-33 and 616-33 selfing progeny 677 line.

No. of accession analyzed	No. of polymorphic / total band	Percent of polymorphism (%)
19 / 40	98 / 252	38.9%

Table 10. Random primers showed specific polymorphism in results of RAPD for 389-1 selfing progeny 659-1, 2, 3 and control 616-33 selfing progeny 677-5, 8.

Specific polymorphism	Primer	Nucleotide sequences (5' to 3')	
Specific primers for 389 selfing progeny 659-1, 2, 3	OPA-1	CAG GCC CTT C	
	OPA-2	TGC CGA GCT G	
	OPA-4	AAT CGG GCT G	
	OPA-6	GGT CCC TGA C	
	OPA-8	GTG ACG TAG G	
	OPA-10	GTG ATC GCA G	
	OPA-12	TCG GCG ATA G	
	OPA-17	GAC CGC TTG T	
	OPA-20	GTT GCG ATC C	
	OPV-7	GAA GCC AGC C	
	OPV-8	GGA CGG CGT T	
	OPV-14	AGA TCC CGC C	
	OPV-15	CAG TGC CGG T	
	OPV-16	AGA TCC CGC C	
	OPV-17	ACC GGC TTG T	
	Specific primers for 616-33 selfing progeny 677-5, 8.	OPA-14	TCT GTG CTG G
		OPA-19	CAA ACG TCG G
OPV-18		ACA CCC CAC A	

(2) 단모개체 389-1의 selfing progeny 659 line과 sib cross 660 line을 이용한 RAPD 실험 결과 분석

1차년도 단모형 종자 표현형을 가지는 것으로 확인 된 389-1개체와 389-1 selfing progeny 659 line 및 389-1 sib cross progeny 660 line을 대상으로 RAPD 실험을 수행하였다(Fig. 9). OPERON random primer 40개를 이용하여 RAPD 실험을 수행한 결과 40개 random primer 중 11개의 primer, 총 107개 band 중 269개 band에서 polymorphism (39.8%)을 확인하였다(Table 11, 12). 이 결과를 바탕으로 NTSYSp21 프로그램을 이용하여, UPGMA 방법에 따라 dendrogram을 작성하였다. Cluster 분석 결과, 단모형 종자 표현형인 389-1개체와 659 line 및 660-6, 7 개체가 한 그룹으로 분류되고, 660 line에서 660-6, 7 개체를 제외한 개체들이 나머지 한 그룹으로 나누어졌다. 단모형 종자 표현형 389-1 개체와 659-1에서 88.1%의 유전적 유연성을 보이며, 389-1와 659-2에서는 85.2%의 유전적 유의성을 나타내며 그룹을 형성하였다. 또한 660-30과 660-32 개체 간에 93.9%의 유전적 유의성을 나타내며 나머지 개체들과 함께 그룹을 형성하였다(Fig. 10).

종자 표현형과 일치하는 cluster 분석에 따라 단모형 종자 표현형 389-1와 389-1 selfing progeny 659 line은 높은 유전적 유의성을 나타내므로, 확인한 11개의 OPERON random primers는 무모형 종자 표현형에 관련한 분자마커로서 개발이 가능하였으며 후대 무모형 종자 표현형으로 예상되는 659 selfing progeny line에 적용하여 검증하였다.

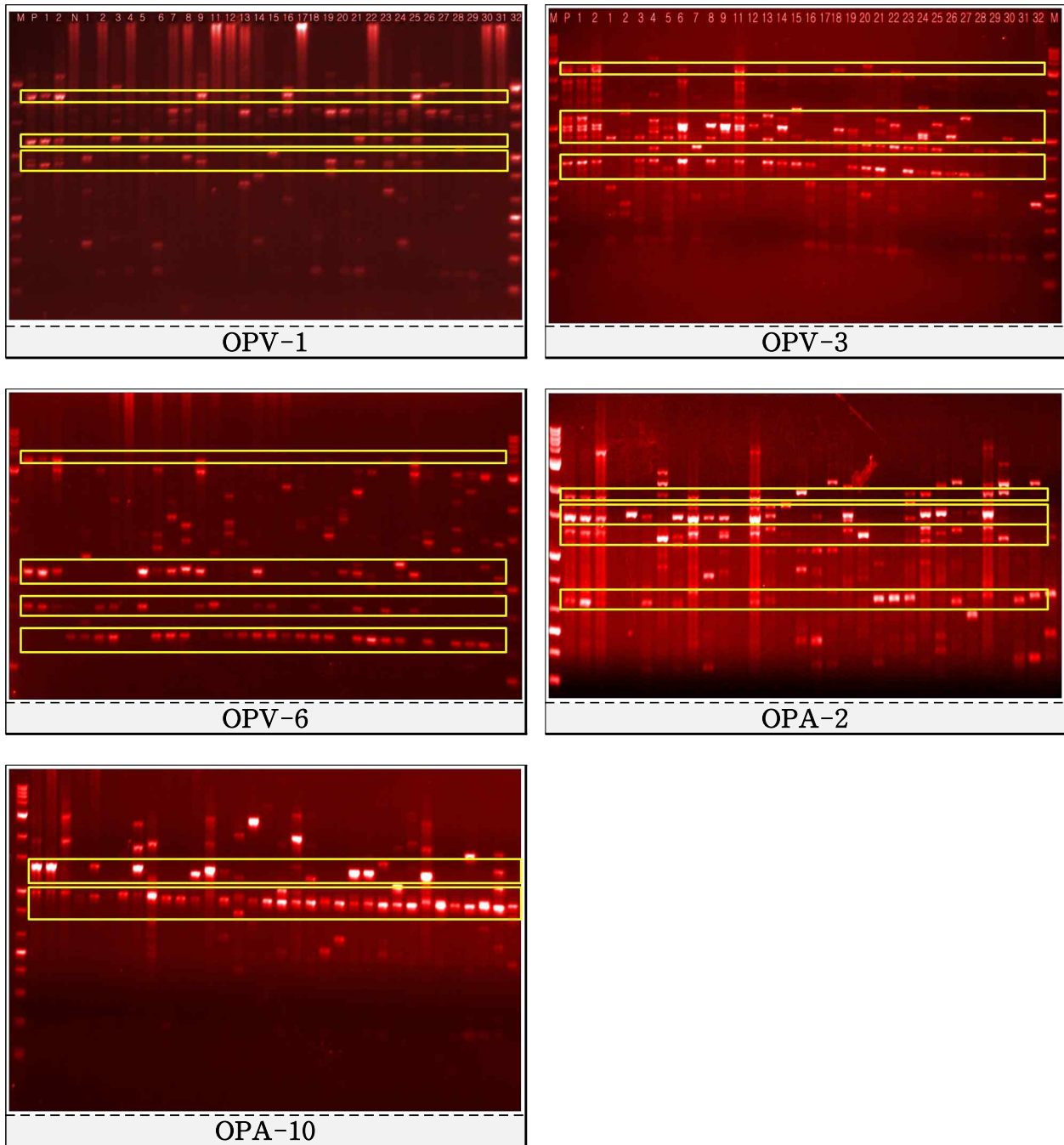


Fig. 9. RAPD from 389-1, 389-1 selfing progeny 659 line and 389-1 sib cross progeny 660 line using different primers.

Table 11. Genetic similarity and polymorphism from RAPD markers in 389-1, 389-1 selfing progeny 659 line and 389-1 sib cross progeny 660 line.

No. of accession analyzed	No. of polymorphic / total band	Percent of polymorphism (%)	GS AVG (min-max)
11 / 40	107 / 269	39.8%	0.62 (0.48-0.94)

Table 12. Genetic similarity matrix for 389-1, 389 selfing progeny 659 line and 389-1 sib cross progeny 660 line using 40 RAPD markers.

	389	659-1	659-2	660-1	660-2	660-3	660-4	660-5	660-6	660-7	660-8	660-9	660-11	660-12	660-13	660-14	660-15	660-16	660-17	660-18	660-19	660-20	660-21	660-22	660-23	660-24	660-25	660-26	660-27	660-28	660-29	660-30	660-31	660-32				
389	1.00E+00																																					
659-1	8.86E-01	1.00E+00																																				
659-2	8.57E-01	8.57E-01	1.00E+00																																			
660-1	2.86E-01	4.00E-01	3.71E-01	1.00E+00																																		
660-2	3.14E-01	3.71E-01	2.86E-01	7.43E-01	1.00E+00																																	
660-3	3.14E-01	4.29E-01	4.00E-01	8.57E-01	6.57E-01	1.00E+00																																
660-4	5.43E-01	6.00E-01	5.14E-01	6.86E-01	6.57E-01	7.14E-01	1.00E+00																															
660-5	4.29E-01	5.43E-01	4.57E-01	7.43E-01	6.00E-01	7.71E-01	6.57E-01	1.00E+00																														
660-6	6.00E-01	6.57E-01	6.29E-01	5.14E-01	4.86E-01	4.86E-01	6.00E-01	5.43E-01	1.00E+00																													
660-7	5.71E-01	5.71E-01	5.43E-01	4.86E-01	4.57E-01	5.14E-01	5.71E-01	5.14E-01	5.14E-01	1.00E+00																												
660-8	5.43E-01	5.43E-01	5.71E-01	6.86E-01	4.86E-01	6.57E-01	6.57E-01	5.43E-01	5.43E-01	4.57E-01	1.00E+00																											
660-9	5.43E-01	4.86E-01	5.14E-01	6.29E-01	6.00E-01	5.43E-01	7.14E-01	4.86E-01	4.86E-01	4.57E-01	8.29E-01	1.00E+00																										
660-11	5.71E-01	5.71E-01	6.00E-01	5.43E-01	6.29E-01	5.14E-01	5.71E-01	5.71E-01	6.29E-01	3.71E-01	5.14E-01	5.71E-01	1.00E+00																									
660-12	6.00E-01	6.57E-01	5.14E-01	6.86E-01	6.00E-01	6.00E-01	7.14E-01	7.71E-01	5.43E-01	6.29E-01	6.00E-01	6.00E-01	5.14E-01	1.00E+00																								
660-13	4.00E-01	5.14E-01	5.43E-01	7.71E-01	5.71E-01	7.43E-01	6.86E-01	6.86E-01	5.14E-01	4.86E-01	6.29E-01	5.71E-01	6.00E-01	6.86E-01	1.00E+00																							
660-14	4.00E-01	4.57E-01	4.86E-01	6.57E-01	5.71E-01	6.29E-01	6.29E-01	5.71E-01	5.71E-01	4.29E-01	6.29E-01	6.29E-01	6.57E-01	5.71E-01	7.71E-01	1.00E+00																						
660-15	4.29E-01	4.29E-01	4.00E-01	6.86E-01	8.29E-01	6.57E-01	6.57E-01	4.86E-01	5.43E-01	4.57E-01	6.57E-01	7.14E-01	6.86E-01	4.86E-01	5.71E-01	5.71E-01	1.00E+00																					
660-16	3.14E-01	4.29E-01	4.00E-01	8.57E-01	7.14E-01	8.29E-01	7.14E-01	6.57E-01	5.43E-01	5.14E-01	7.71E-01	7.14E-01	5.71E-01	6.57E-01	7.43E-01	6.86E-01	7.14E-01	1.00E+00																				
660-17	4.00E-01	4.00E-01	5.43E-01	7.71E-01	5.71E-01	6.86E-01	5.14E-01	6.29E-01	4.57E-01	4.86E-01	7.43E-01	6.29E-01	5.43E-01	5.14E-01	6.57E-01	6.57E-01	5.71E-01	7.43E-01	1.00E+00																			
660-18	4.86E-01	5.43E-01	5.71E-01	8.00E-01	6.00E-01	7.14E-01	6.57E-01	6.57E-01	6.00E-01	5.14E-01	7.14E-01	6.57E-01	5.71E-01	6.57E-01	6.29E-01	6.29E-01	5.43E-01	7.71E-01	7.43E-01	1.00E+00																		
660-19	3.14E-01	4.29E-01	3.43E-01	6.86E-01	6.00E-01	6.57E-01	5.43E-01	6.57E-01	5.43E-01	4.57E-01	6.57E-01	6.00E-01	5.71E-01	5.43E-01	5.14E-01	5.71E-01	6.57E-01	7.14E-01	5.71E-01	5.43E-01	1.00E+00																	
660-20	4.29E-01	4.86E-01	4.57E-01	7.43E-01	5.43E-01	7.14E-01	6.00E-01	5.43E-01	6.00E-01	5.14E-01	7.71E-01	6.57E-01	5.71E-01	5.43E-01	7.43E-01	7.43E-01	6.57E-01	7.71E-01	6.86E-01	7.14E-01	6.00E-01	1.00E+00																
660-21	4.29E-01	4.86E-01	5.14E-01	6.86E-01	6.00E-01	7.14E-01	7.14E-01	6.57E-01	5.43E-01	5.71E-01	7.71E-01	6.57E-01	5.71E-01	6.00E-01	6.86E-01	5.71E-01	6.57E-01	7.14E-01	6.29E-01	6.57E-01	7.14E-01	6.57E-01	1.00E+00															
660-22	4.29E-01	4.86E-01	4.00E-01	5.71E-01	6.00E-01	4.86E-01	5.43E-01	4.86E-01	3.71E-01	5.71E-01	6.00E-01	6.57E-01	4.00E-01	6.00E-01	4.57E-01	4.00E-01	6.00E-01	6.00E-01	5.14E-01	4.86E-01	6.57E-01	4.86E-01	6.00E-01	1.00E+00														
660-23	5.43E-01	6.00E-01	5.14E-01	6.29E-01	6.57E-01	6.00E-01	6.57E-01	6.57E-01	5.43E-01	4.57E-01	6.57E-01	5.43E-01	5.14E-01	6.00E-01	5.14E-01	5.14E-01	6.00E-01	6.57E-01	6.86E-01	6.57E-01	6.00E-01	5.43E-01	6.57E-01	5.43E-01	1.00E+00													
660-24	3.43E-01	4.57E-01	3.71E-01	7.71E-01	6.86E-01	7.43E-01	6.86E-01	6.86E-01	5.71E-01	4.86E-01	6.29E-01	6.29E-01	5.43E-01	6.29E-01	7.14E-01	7.14E-01	6.29E-01	8.57E-01	6.57E-01	6.29E-01	6.86E-01	6.29E-01	6.86E-01	6.29E-01	5.14E-01	6.86E-01	1.00E+00											
660-25	4.86E-01	5.43E-01	5.71E-01	6.29E-01	6.57E-01	6.00E-01	6.00E-01	4.86E-01	6.00E-01	6.29E-01	6.57E-01	6.00E-01	5.71E-01	4.86E-01	5.71E-01	5.14E-01	7.71E-01	6.57E-01	6.86E-01	5.43E-01	6.57E-01	6.57E-01	7.14E-01	6.00E-01	7.14E-01	6.29E-01	1.00E+00											
660-26	4.86E-01	4.29E-01	5.71E-01	6.29E-01	6.00E-01	6.57E-01	6.57E-01	4.86E-01	4.86E-01	4.57E-01	6.57E-01	6.00E-01	6.86E-01	5.43E-01	6.29E-01	5.71E-01	6.57E-01	6.86E-01	6.00E-01	6.00E-01	6.00E-01	4.86E-01	7.14E-01	4.29E-01	5.43E-01	5.71E-01	5.43E-01	1.00E+00										
660-27	5.71E-01	5.71E-01	4.86E-01	6.00E-01	6.29E-01	5.71E-01	6.29E-01	5.14E-01	5.14E-01	5.43E-01	6.29E-01	6.29E-01	4.86E-01	7.43E-01	5.43E-01	6.00E-01	6.29E-01	6.86E-01	6.00E-01	5.71E-01	5.71E-01	5.71E-01	5.14E-01	7.43E-01	7.43E-01	6.57E-01	6.29E-01	4.57E-01	1.00E+00									
660-28	2.86E-01	4.00E-01	3.14E-01	8.86E-01	6.29E-01	8.00E-01	6.86E-01	8.00E-01	5.14E-01	5.43E-01	6.29E-01	5.71E-01	4.86E-01	6.86E-01	7.14E-01	6.00E-01	8.00E-01	7.14E-01	6.86E-01	6.86E-01	6.86E-01	7.43E-01	6.29E-01	6.29E-01	7.71E-01	5.71E-01	5.71E-01	6.00E-01	1.00E+00									
660-29	4.00E-01	3.43E-01	4.29E-01	7.71E-01	6.29E-01	7.43E-01	6.86E-01	6.86E-01	4.57E-01	4.86E-01	7.43E-01	6.86E-01	5.43E-01	6.29E-01	6.57E-01	5.43E-01	6.29E-01	6.86E-01	7.14E-01	7.43E-01	5.71E-01	6.86E-01	7.43E-01	5.71E-01	6.29E-01	6.00E-01	6.29E-01	6.29E-01	5.43E-01	7.14E-01	1.00E+00							
660-30	3.71E-01	3.14E-01	3.43E-01	8.00E-01	7.14E-01	7.71E-01	6.57E-01	6.57E-01	4.29E-01	5.14E-01	7.14E-01	7.14E-01	5.71E-01	6.00E-01	6.29E-01	5.71E-01	7.71E-01	7.14E-01	6.86E-01	7.14E-01	6.00E-01	6.57E-01	7.14E-01	6.00E-01	6.00E-01	6.29E-01	6.00E-01	6.57E-01	6.29E-01	7.43E-01	8.57E-01	1.00E+00						
660-31	4.86E-01	4.86E-01	4.57E-01	6.86E-01	6.00E-01	6.00E-01	6.00E-01	7.14E-01	5.43E-01	4.57E-01	5.43E-01	5.43E-01	5.71E-01	6.57E-01	5.71E-01	5.14E-01	4.86E-01	6.00E-01	6.86E-01	7.14E-01	6.00E-01	4.86E-01	5.43E-01	4.86E-01	7.71E-01	6.86E-01	6.00E-01	5.43E-01	6.29E-01	6.29E-01	7.43E-01	6.57E-01	1.00E+00					
660-32	3.71E-01	3.14E-01	3.43E-01	8.57E-01	7.14E-01	7.14E-01	6.00E-01	6.00E-01	4.29E-01	4.57E-01	7.14E-01	7.14E-01	5.71E-01	6.00E-01	6.29E-01	5.71E-01	7.71E-01	7.14E-01	6.86E-01	7.14E-01	6.00E-01	6.57E-01	6.00E-01	6.00E-01	6.29E-01	6.00E-01	6.57E-01	6.29E-01	6.00E-01	6.57E-01	9.43E-01	6.57E-01	1.00E+00					

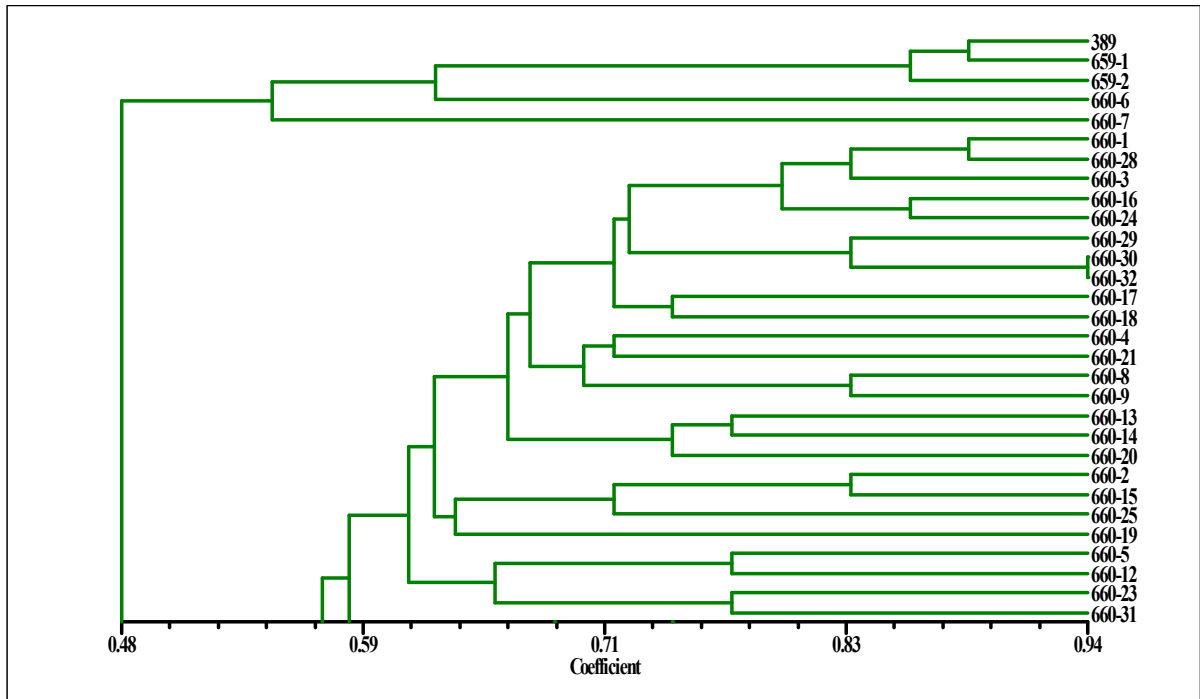


Fig. 10. Cluster dendrogram based on RAPD marker for 389-1, 389-1 selfing progeny 659 line and 389-1 sib cross progeny 660 line.

(3) 단모개체 394-6의 selfing progeny 666 line 1차 sampling 개체를 이용한 RAPD 실험 결과 분석

1차년도 단모형 종자 표현형 개체 394-6 개체의 selfing progeny 666 line의 1차 sampling 개체들을 이용하여 RAPD 실험을 진행하였다. 이를 통하여 394-6 개체의 selfing으로 인해 무모계 종자 형질이 어떠한 유전적 관계를 가지는지 연구하고, 무모계 종자 관련 마커를 선별하기 위해 수행하였다. 본 실험을 바탕으로 RAPD 결과와 표현형 간의 정확한 유전적 관계를 확인함을 목적으로 하였다.

394-6 개체와 394-6 progeny line을 이용하여 OPERON random primer 20개를 사용해 RAPD 실험을 진행하였다(Fig. 11). 20개 random primer 중 20개의 primer, 총 178 band 중 161개 band에서 polymorphism을 확인하였으며(Table 13), 이 결과를 바탕으로 NTSYSpc21 프로그램을 이용, UPGMA 방법에 따라 dendrogram을 작성하였다(Table 14; Fig. 12).

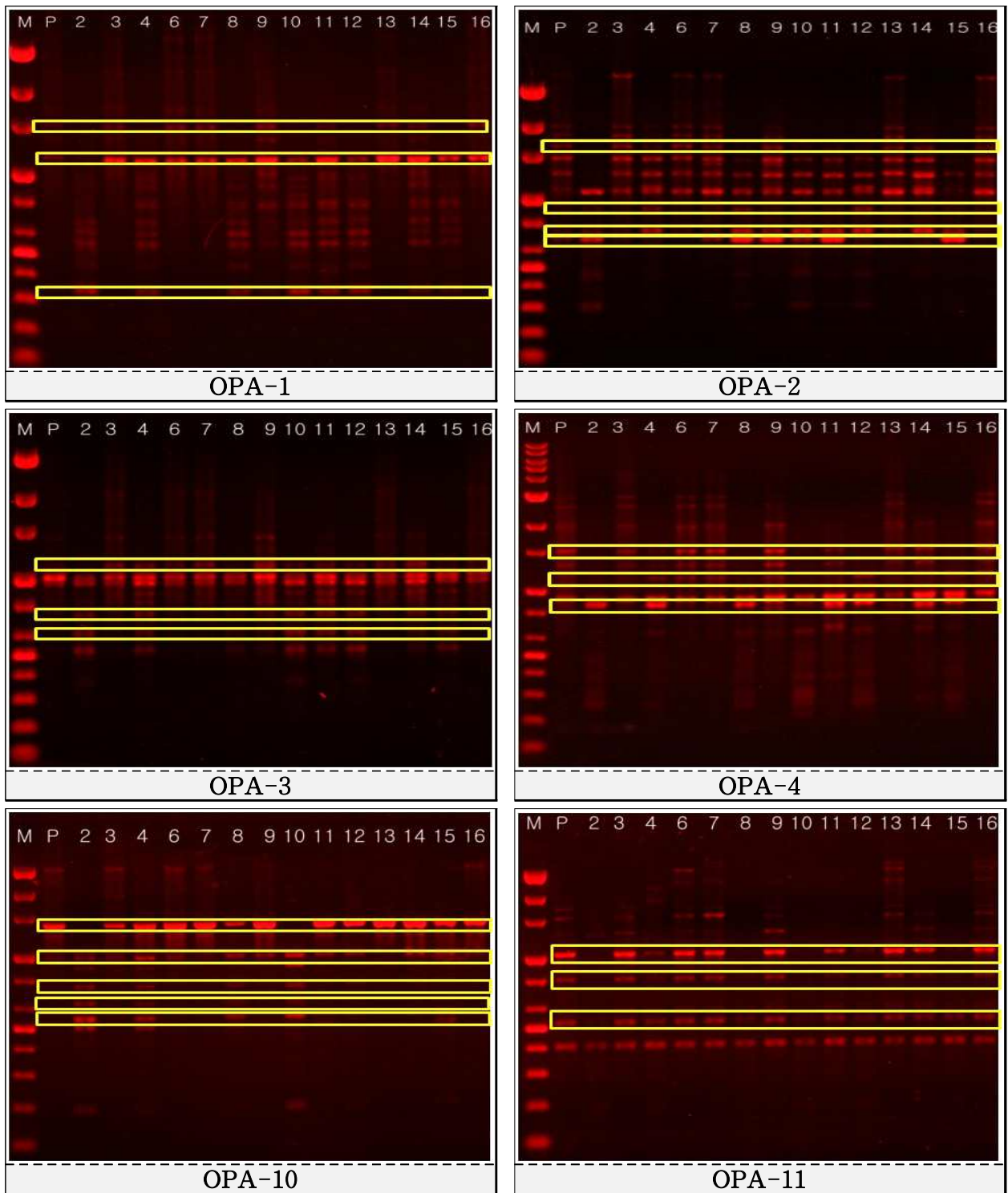


Fig. 11. RAPD showing polymorphisms from 394-6 and 394-6 selfing progeny 666 line using different primers.

Table 13. Genetic similarity and polymorphism from RAPD markers in 394-6 selfing progeny 666 line compared with 394-6.

No. of accession analyzed	No. of polymorphic / total band	Percent of polymorphism (%)	GS AVG (min-max)
20 / 20	161 / 178	90.4%	0.58 (0.44-0.91)

Table 14. Genetic similarity matrix for 394-6 selfing progeny 666 line with 394-6 using 20 RAPD markers.

	394-6	394-6-2	394-6-3	394-6-4	394-6-6	394-6-7	394-6-8	394-6-9	394-6-10	394-6-11	394-6-12	394-6-13	394-6-14	394-6-15	394-6-16
394-6	1.00E+00														
666-2	2.17E-01	1.00E+00													
666-3	8.45E-01	2.11E-01	1.00E+00												
666-4	4.66E-01	6.52E-01	4.10E-01	1.00E+00											
666-6	8.45E-01	2.61E-01	8.51E-01	4.97E-01	1.00E+00										
666-7	8.70E-01	2.36E-01	8.39E-01	4.60E-01	9.01E-01	1.00E+00									
666-8	3.66E-01	7.89E-01	3.35E-01	7.52E-01	3.85E-01	3.60E-01	1.00E+00								
666-9	8.14E-01	3.29E-01	7.08E-01	5.90E-01	7.33E-01	7.70E-01	4.41E-01	1.00E+00							
666-10	3.42E-01	7.76E-01	3.48E-01	6.77E-01	3.48E-01	3.60E-01	7.76E-01	4.16E-01	1.00E+00						
666-11	5.47E-01	5.47E-01	4.78E-01	7.33E-01	4.78E-01	5.03E-01	6.34E-01	6.71E-01	5.59E-01	1.00E+00					
666-12	4.10E-01	7.33E-01	3.54E-01	7.70E-01	3.79E-01	3.79E-01	8.07E-01	4.97E-01	7.33E-01	6.89E-01	1.00E+00				
666-13	8.51E-01	2.05E-01	8.70E-01	4.66E-01	8.57E-01	8.32E-01	3.42E-01	7.27E-01	3.54E-01	5.22E-01	3.85E-01	1.00E+00			
666-14	6.58E-01	4.22E-01	5.40E-01	7.33E-01	5.78E-01	6.15E-01	5.47E-01	7.58E-01	5.34E-01	7.52E-01	6.27E-01	6.09E-01	1.00E+00		
666-15	4.78E-01	6.77E-01	4.22E-01	7.76E-01	4.72E-01	4.47E-01	8.01E-01	5.40E-01	6.52E-01	7.45E-01	8.07E-01	4.53E-01	6.71E-01	1.00E+00	
666-16	8.32E-01	2.86E-01	8.51E-01	4.84E-01	9.13E-01	8.63E-01	3.85E-01	7.08E-01	3.98E-01	4.66E-01	4.04E-01	8.45E-01	6.02E-01	4.84E-01	1.00E+00

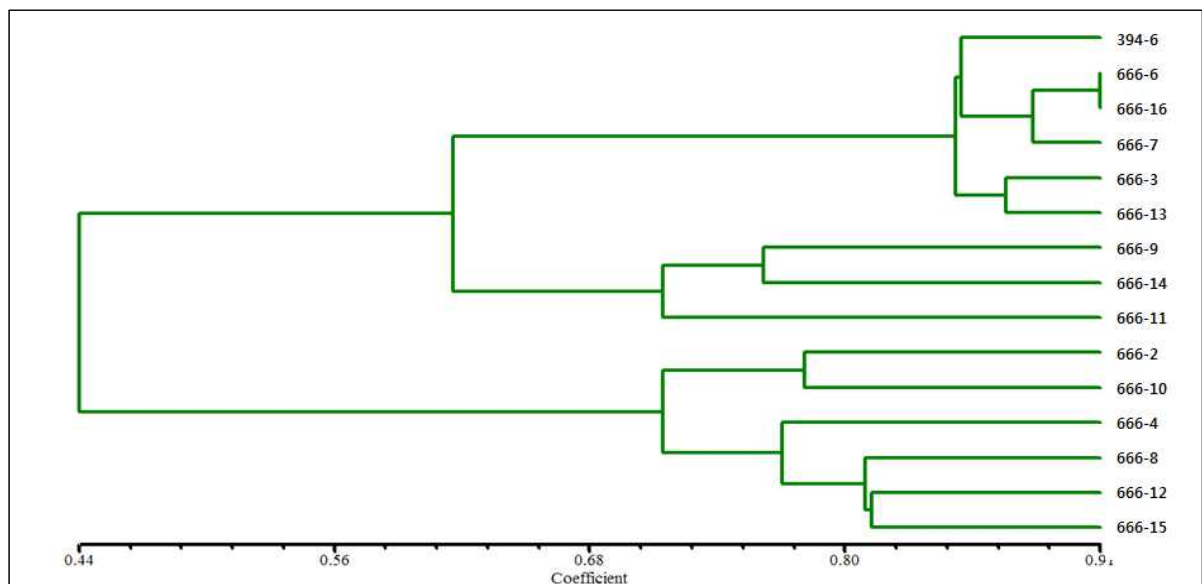


Fig. 12. Cluster dendrogram based on RAPD marker for 394-6 and 394-6 selfing progeny 666 line.

단모형 종자 개체인 394-6과 394-6의 selfing progeny line (666-2~4, 666-6~16)에서 20개 OPERON random primer를 사용한 RAPD 실험결과, cluster dendrogram에서 666-6과 666-16 사이에서 가장 높은 91.3%의 유전적 유의성을 보이며, 394-6, 666-6, 666-16, 666-7, 666-3 및 666-13 개체들 간에서 85.1% 이상의 유전적 유의성을 나타내며 그룹을 형성하였다. 또한 666-8, 666-12 및 666-15 개체들 간에서 80.1%의 유전적 유의성을 나타내며 그룹을 형성하였다. 나머지 개체들은 77.6% 이하의 유의성을 보이므로 개체별 연관관계가 적은 것으로 나타났다.

이러한 결과를 바탕으로 단모형 종자 표현형을 가진 394-6과 비교하였을 때 666-6, 666-16, 666-7, 666-3 및 666-13개체들이 동일한 단모형 종자 표현형을 보일 것이라고 예상할 수 있었으며 나머지 개체들은 394-6개체와 유전적 유사도 낮으므로 유모형 종자 표현형을 보일 것이라고 예상하였다. 이에 그룹이 형성된 이들 6개 개체들에만 band가 나타나거나 band가 나타나지 않는 특이적인 band 양상이 보이는 primer를 선발하였다(Table 15).

Table 15. Random primers showed specific polymorphism in results of RAPD for 394-6 and 666-6, 666-16, 666-7, 666-3, 666-13.

Specific polymorphism	Primer	Nucleotide sequences (5' to 3')
Specific primers for 394-6 and 666-6, 666-16, 666-7, 666-3, 666-13	OPA-1	CAG GCC CTT C
	OPA-2	TGC CGA GCT G
Specific primers for 666 line except 394-6 and No. 666-6, 666-16, 666-7, 666-3, 666-13	OPA-3	AGT CAG CCA C
	OPA-4	AAT CGG GCT G
	OPA-10	GTG ATC GCA G

(4) 단모개체 394-6의 selfing progeny 666 line 2차 sampling 개체를 이용한 RAPD 실험 결과 분석

1차년도 단모형 종자 표현형 개체 394-6 개체의 selfing progeny 666 line의 2차 sampling 개체들 중 666-33~57 개체들을 이용하여 RAPD 실험을 진행하였다. 이 후 재배과정 중 발육상태가 좋지 않거나 정상적인 교배가 이루어지지 않은 개체를 제외한 28개체를 이용하여 다시 RAPD 실험을 진행하였다. 이를 통하여 394-6개체의 selfing으로 인해 무모계 종자 형질이 어떠한 유전적 관계를 가지는지 연구하고 무모계 종자 관련 marker를 선발하기 위해 수행하였다. 본 실험을 바탕으로 RAPD 결과와 표현형 간의 정확한 유전적 관계를 확인함을 목적으로 하였다.

394-6개체와 666-33~57까지의 개체들을 이용하여 OPERON random primer 20개를 사용해 RAPD 실험을 진행하였다(Fig. 13). 20개 random primer 중 15개의 primer, 총 72 band 중 48개 band에서 polymorphism을 확인하였으며(Table 16), 이 결과를 바탕으로 NTSYSpc21 프로그램을 이용, UPGMA 방법에 따라 dendrogram을 작성하였다. 분석 결과 666 line 개체들이 대체로 394-6 개체에서 파생되어 나오는 결과를 확인하였으며, 이를 바탕으로 더욱 많은 수의 primer를 이용하여

실험을 수행 시 더 정확한 cluster를 작성할 수 있을 것으로 판단된다(Table 17, Fig. 14).

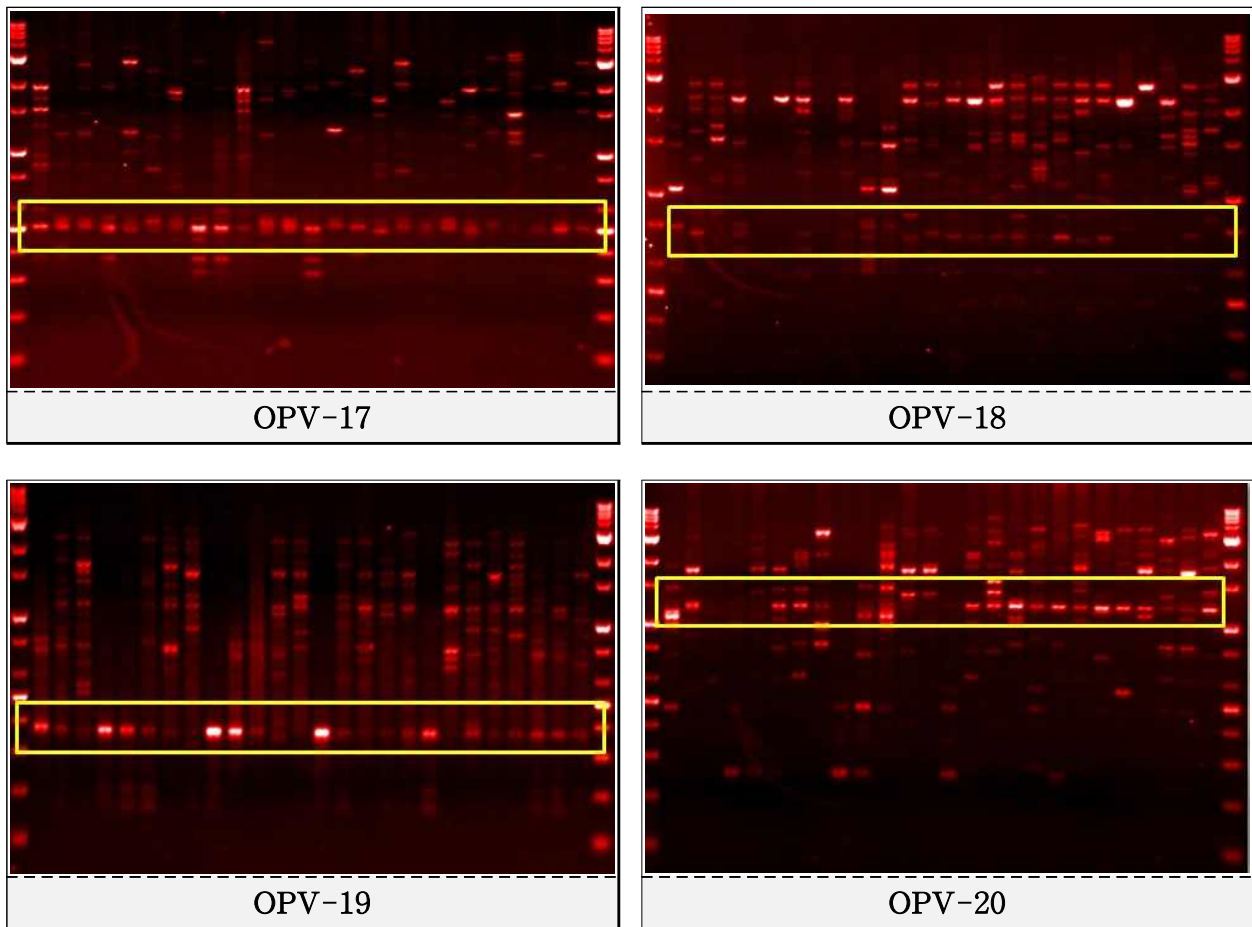


Fig. 13. RAPD showing polymorphisms from 394-6 and 394-6 selfing progeny 666-33~57 using different primers.

Table 16. Genetic similarity and polymorphism from RAPD markers in 394-6 selfing progeny 666-33~57 compared with 394-6.

No. of accession analyzed	No. of polymorphic / total band	Percent of polymorphism (%)	GS AVG (min-max)
15 / 20	48 / 72	66.6%	0.72 (0.51-0.89)

Table 17. Genetic similarity matrix for 394-6 selfing progeny 666-33~57 with 394-6 using 20 RAPD markers.

	394-6	666-33	666-34	666-35	666-36	666-37	666-38	666-39	666-40	666-41	666-42	666-43	666-44	666-45	666-46	666-47	666-48	666-49	666-50	666-51	666-52	666-53	666-54	666-55	666-56	666-57	
394-6	1.00E+00																										
666-33	3.91E-01	1.00E+00																									
666-34	3.70E-01	8.91E-01	1.00E+00																								
666-35	5.00E-01	6.74E-01	6.52E-01	1.00E+00																							
666-36	4.35E-01	6.96E-01	7.17E-01	7.61E-01	1.00E+00																						
666-37	4.57E-01	8.04E-01	7.83E-01	6.52E-01	7.61E-01	1.00E+00																					
666-38	4.13E-01	7.61E-01	6.96E-01	6.09E-01	6.74E-01	7.83E-01	1.00E+00																				
666-39	3.70E-01	8.04E-01	7.83E-01	6.09E-01	6.30E-01	7.39E-01	6.96E-01	1.00E+00																			
666-40	5.22E-01	6.96E-01	6.30E-01	7.61E-01	7.39E-01	6.74E-01	5.87E-01	5.87E-01	1.00E+00																		
666-41	6.52E-01	5.22E-01	5.00E-01	6.74E-01	5.65E-01	5.43E-01	5.43E-01	4.13E-01	6.09E-01	1.00E+00																	
666-42	6.30E-01	5.87E-01	6.09E-01	5.65E-01	5.43E-01	6.09E-01	4.78E-01	5.22E-01	4.57E-01	7.17E-01	1.00E+00																
666-43	4.35E-01	7.39E-01	7.61E-01	6.30E-01	5.65E-01	6.74E-01	6.74E-01	6.74E-01	6.09E-01	5.22E-01	5.87E-01	1.00E+00															
666-44	4.13E-01	8.04E-01	8.26E-01	6.09E-01	6.30E-01	7.39E-01	6.96E-01	8.26E-01	6.30E-01	4.13E-01	4.78E-01	7.61E-01	1.00E+00														
666-45	4.57E-01	7.61E-01	7.39E-01	7.39E-01	7.61E-01	6.96E-01	6.52E-01	6.52E-01	8.04E-01	5.87E-01	5.65E-01	6.74E-01	6.52E-01	1.00E+00													
666-46	4.13E-01	8.04E-01	7.39E-01	6.09E-01	6.74E-01	7.39E-01	7.83E-01	6.96E-01	6.30E-01	5.00E-01	5.65E-01	7.17E-01	6.52E-01	7.39E-01	1.00E+00												
666-47	4.35E-01	7.83E-01	7.17E-01	5.87E-01	6.52E-01	8.48E-01	8.04E-01	7.17E-01	6.09E-01	4.78E-01	5.87E-01	7.83E-01	7.17E-01	6.74E-01	7.61E-01	1.00E+00											
666-48	3.91E-01	7.83E-01	7.17E-01	5.87E-01	6.52E-01	7.61E-01	7.17E-01	7.61E-01	6.96E-01	5.65E-01	5.00E-01	6.96E-01	6.30E-01	7.17E-01	8.04E-01	7.39E-01	1.00E+00										
666-49	4.35E-01	8.26E-01	8.04E-01	6.74E-01	7.39E-01	8.48E-01	8.04E-01	8.04E-01	7.39E-01	5.65E-01	6.30E-01	7.39E-01	8.04E-01	8.04E-01	8.04E-01	8.26E-01	7.83E-01	1.00E+00									
666-50	3.26E-01	7.61E-01	7.39E-01	7.83E-01	7.61E-01	7.83E-01	7.39E-01	7.39E-01	7.17E-01	5.87E-01	5.65E-01	6.30E-01	6.52E-01	8.26E-01	7.39E-01	7.17E-01	7.61E-01	8.04E-01	1.00E+00								
666-51	4.13E-01	8.91E-01	8.70E-01	6.52E-01	7.17E-01	8.70E-01	8.26E-01	7.83E-01	6.74E-01	5.43E-01	5.65E-01	8.04E-01	7.83E-01	7.83E-01	8.26E-01	8.48E-01	8.04E-01	8.48E-01	7.83E-01	1.00E+00							
666-52	3.91E-01	8.70E-01	8.04E-01	6.30E-01	6.96E-01	8.04E-01	7.61E-01	6.74E-01	6.96E-01	5.22E-01	6.74E-01	7.83E-01	7.17E-01	7.61E-01	8.04E-01	8.70E-01	7.39E-01	8.26E-01	7.17E-01	8.48E-01	1.00E+00						
666-53	4.13E-01	8.48E-01	8.26E-01	6.52E-01	7.61E-01	8.70E-01	7.39E-01	7.83E-01	6.30E-01	5.00E-01	6.96E-01	7.17E-01	7.39E-01	7.39E-01	8.26E-01	8.48E-01	7.61E-01	8.91E-01	7.83E-01	8.26E-01	8.91E-01	1.00E+00					
666-54	4.78E-01	8.26E-01	8.04E-01	6.74E-01	6.96E-01	8.04E-01	7.17E-01	8.04E-01	6.52E-01	5.65E-01	6.30E-01	6.96E-01	7.61E-01	7.17E-01	7.61E-01	7.39E-01	7.83E-01	8.70E-01	7.61E-01	8.04E-01	7.39E-01	8.48E-01	1.00E+00				
666-55	4.13E-01	7.17E-01	6.96E-01	5.65E-01	6.30E-01	8.26E-01	7.83E-01	6.96E-01	7.17E-01	5.00E-01	5.22E-01	6.74E-01	7.39E-01	6.52E-01	6.96E-01	7.17E-01	7.17E-01	8.48E-01	7.39E-01	7.39E-01	7.17E-01	7.39E-01	7.17E-01	1.00E+00			
666-56	4.57E-01	7.17E-01	6.96E-01	6.96E-01	6.74E-01	7.83E-01	6.96E-01	7.39E-01	6.30E-01	5.43E-01	6.09E-01	6.30E-01	6.96E-01	6.96E-01	7.39E-01	6.74E-01	7.17E-01	8.48E-01	7.83E-01	7.39E-01	6.74E-01	7.83E-01	8.04E-01	7.83E-01	8.04E-01	1.00E+00	
666-57	3.91E-01	8.26E-01	8.48E-01	6.74E-01	7.39E-01	8.91E-01	7.61E-01	7.61E-01	6.52E-01	5.22E-01	6.30E-01	6.96E-01	7.17E-01	7.61E-01	8.04E-01	8.26E-01	7.83E-01	8.70E-01	8.04E-01	8.91E-01	8.26E-01	8.91E-01	8.26E-01	7.17E-01	7.61E-01	1.00E+00	

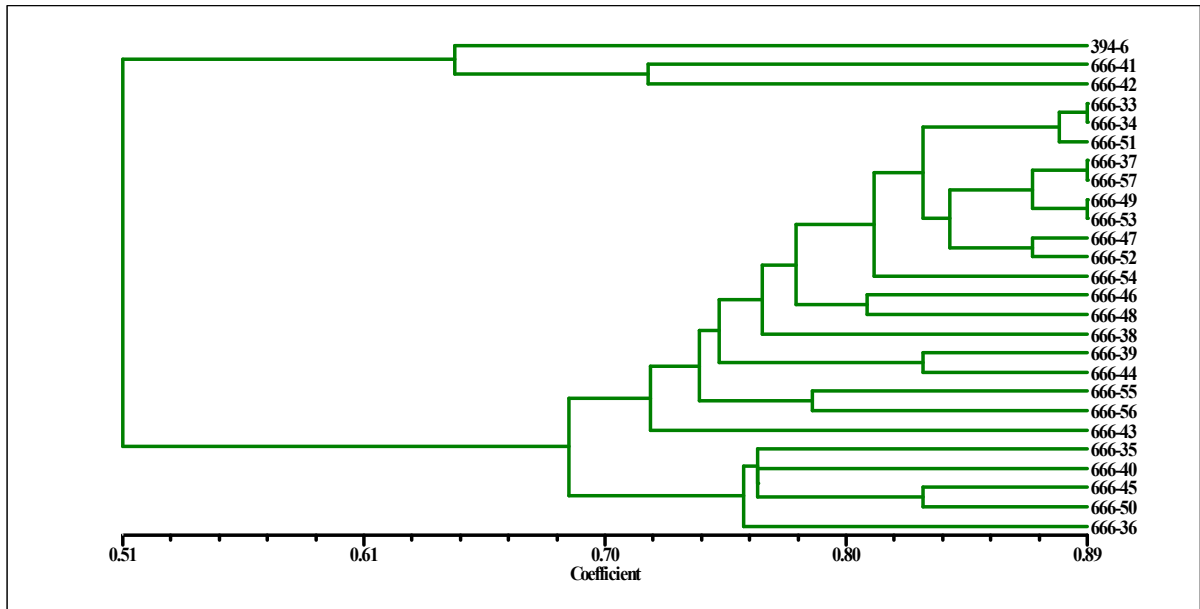


Fig. 14. Cluster dendrogram based on RAPD marker for 394-6 and 394-6 selfing progeny 666-33~57.

3. 3차년도 무모계 종자 관련 RAPD 분자마커 개발 및 분석

가. 목적

RAPD 방법은 높은 효율성과 경제성을 지니고 있으며 분석 방법이 매우 간단하다. 효과적인 분자마커의 개발에 적용하기 위하여, RAPD 분석으로 당근 line별 개체들 간의 유전적 유연관계를 분석하였다. RAPD 결과와 표현형 간의 정확한 유전적 관계를 확인하고, 유모개체와 무모개체에서 특이적 band 양상을 보이는 primer를 선별하여 당근 후대세대를 검정할 것이며 차후 SCAR 마커의 개발을 그 목적으로 한다.

나. 재료 및 방법

(1) 단모형 종자 표현형 659 line의 selfing progeny 1024, 1025, 1026 line과 유모형 종자 표현형 개체 677-14의 selfing progeny 1040을 이용한 당근 종자모 형질 관련 RAPD 분자마커 개발

2차년도 단모형 종자 표현형을 보이는 것으로 확인 된 659-1, 659-2, 659-3 개체들의 selfing progeny 1024, 1025, 1026 line과 유모형 종자 표현형 개체 677-14의 selfing progeny 1040 line으로부터 DNeasy Plant Mini Kit (QIAGEN, USA) 를 이용하여 gDNA를 분리하였고 RAPD 실험을 수행하였다. 본 실험은 총 45개의 OPERON random primer를 이용하여 실험을 진행하였다 (Table 18). 마커개발을 위하여 PCR mixture ($20\mu\text{l}$)는 40ng의 genomic DNA와 10X buffer, 2.5mM dNTP, 2.5 unit i-TaqTM polymerase (iNitRON BIOTECHNOLOGY, Korea)과 10pmol의 primer가 첨가되었다. PCR 반응조건은 Taq polymerase를 이용하여 94°C에서 1분, 37°C에서 1분, 72°C에서 2분을 1 cycle로 최종 36회 반복하고 72°C에서 10분간 처리 후 반응을 종료하였다 (Table 19). 반응결과를 확인하기 위하여 1.5% agarose gel [1X TBE (0.89 M Tris-Hcl pH 8.0, 0.89M

biric acid, 0.02M EDTA pH 8.0] 에서 1600V, 60W, 2시간 동안 전기영동 하였다.

Table 18. Random primers used for RAPD analysis.

Primer	Nucleotide sequences (5' to 3')	Primer	Nucleotide sequences (5' to 3')	
OPA-1	CAG GCC CTT C	OPA-2	TGC CGA GCT G	
OPA-3	AGT CAG CCA C	OPA-4	AAT CGG GCT G	
OPA-5	AGG GGT CTT G	OPA-6	GGT CCC TGA C	
OPA-7	GAA ACG GGT G	OPA-8	GTG ACG TAG G	
OPA-9	GGG TAA CGC C	OPA-10	GTG ATC GCA G	OPERON
OPA-11	CAA TCG CCG T	OPA-12	TCG GCG ATA G	Kit A
OPA-13	CAG CAC CCA C	OPA-14	TCT GTG CTG G	
OPA-15	TTC CGA ACC C	OPA-16	AGC CAG CGA A	
OPA-17	GAC CGC TTG T	OPA-18	AGG TGA CCG T	
OPA-19	CAA ACG TCG G	OPA-20	GTT GCG ATC C	
OPL-1	GGC ATG ACC T	OPL-2	TGG GCG TCA A	
OPL-3	CCA GCA GCT T	OPL-4	GAC TGC ACA C	
OPL-5	ACG CAG GCA C	OPL-6	GAG GGA AGA G	
OPL-7	AGG CGG GAA C	OPL-8	AGC AGG TGG A	
OPL-9	TGC GAG AGT C	OPL-10	TGG GAG ATG G	OPERON
OPL-11	ACG ATG AGC C	OPL-12	GGG CGG TAC T	Kit N
OPL-13	ACC GCC TGC T	OPL-14	GTG ACA GGC T	
OPL-15	AAG AGA GGG G	OPL-16	AGG TTG CAG G	
OPL-17	AGC CTG AGC C	OPL-18	ACC ACC CAC C	
OPL-19	GAG TGG TGA C	OPL-20	TGG TGG ACC A	
OPAN-1	ACT CCA CGT C	OPAN-2	CAC CGC AGT T	OPERON
OPAN-3	AGC CAG GCT G	OPAN-4	GGC GTA AGT C	Kit AN
OPAN-5	GGG TGC AGT T			

Table 19. PCR condition for development of RAPD markers

gDNA	1 μ l	Pre-denaturation	94°C 3min	1 cycle
Primer	0.67 μ l		
dNTP	0.4 μ l	Denaturation	94°C 1min	
10x Buffer	2 μ l	Annealing reaction	37°C 1min	36 cycle
<i>Taq</i>	0.2 μ l			
dH ₂ O	15.73 μ l	Extension reaction	72°C 2min	
Total		20 μ l	Final extension reaction	72°C 10min 1 cycle

다. 결과 및 분석

(1) 단모형 종자 표현형 659 line의 selfing progeny 1024, 1025, 1026 line과 유모형 종자 표현형 개체 677-14 의 selfing progeny 1040을 이용한 당근 종자모 형질 관련 RAPD 분자마커 개발 결과 및 분석

단모 종자 표현형을 가진 659-1개체와 659-1개체의 selfing progeny 1024 line, 659-2개체의 selfing progeny 1025 line, 659-3개체의 selfing progeny 1026 line을 RAPD 방법으로 분석하였으며, 대조구로 유모 종자 표현형을 가진 677-14 개체와 677-14 selfing progeny 1040 line을 함께 수행하였다. OPERON random primer 45개를 이용하여 RAPD 실험을 수행한 결과 PCR 과정을 통하여 증폭된 RAPD fragment는 약 100~4000bp 사이 구간에서 관찰 되었고, 45개 random primer중 42개의 primer, 총 463 band 중 312개 band에서 polymorphism (67.4%)을 확인하였다 (Fig. 15; Table 20). 이 결과를 바탕으로 NTSYSpc21 프로그램을 이용, UPGMA 방법에 따라 dendrogram을 작성하였다 (Fig. 16). Cluster 분석 결과, 단모형 종자 표현형인 1024 line과 1025 line 및 1026 line 이 각각 한 그룹으로 분류되었고, 유모형 종자 표현형인 1040 line 또한 하나의 그룹을 형성하였다. 이들 모든 개체간은 평균 75.5%의 유전적 유사도를 보였으며 단모형 종자 표현형 1024 line과 1025 line 및 1026 line과 유모형 종자 표현형인 1040 line간에는 58.0%의 유전적 유사도를 보였다. 또한 각각의 line 별 유전적 유사도를 확인해 본 결과 1040 line은 82.5%의 유전적 유사도를 보이며 한 그룹을 형성하였고, 1024 line과 1025 line 및 1026 line 은 각각 87.8%, 86.7%, 79.7%의 유전적 유사성으로 한 그룹을 형성하였다. 이는 전체 개체간의 평균 유전적 유사도 75.5% 보다 높은 유전적 유사성을 보이는 결과로 각각의 line별 종자모 형질이 높은 상관관계를 가지는 것으로 분석된다.

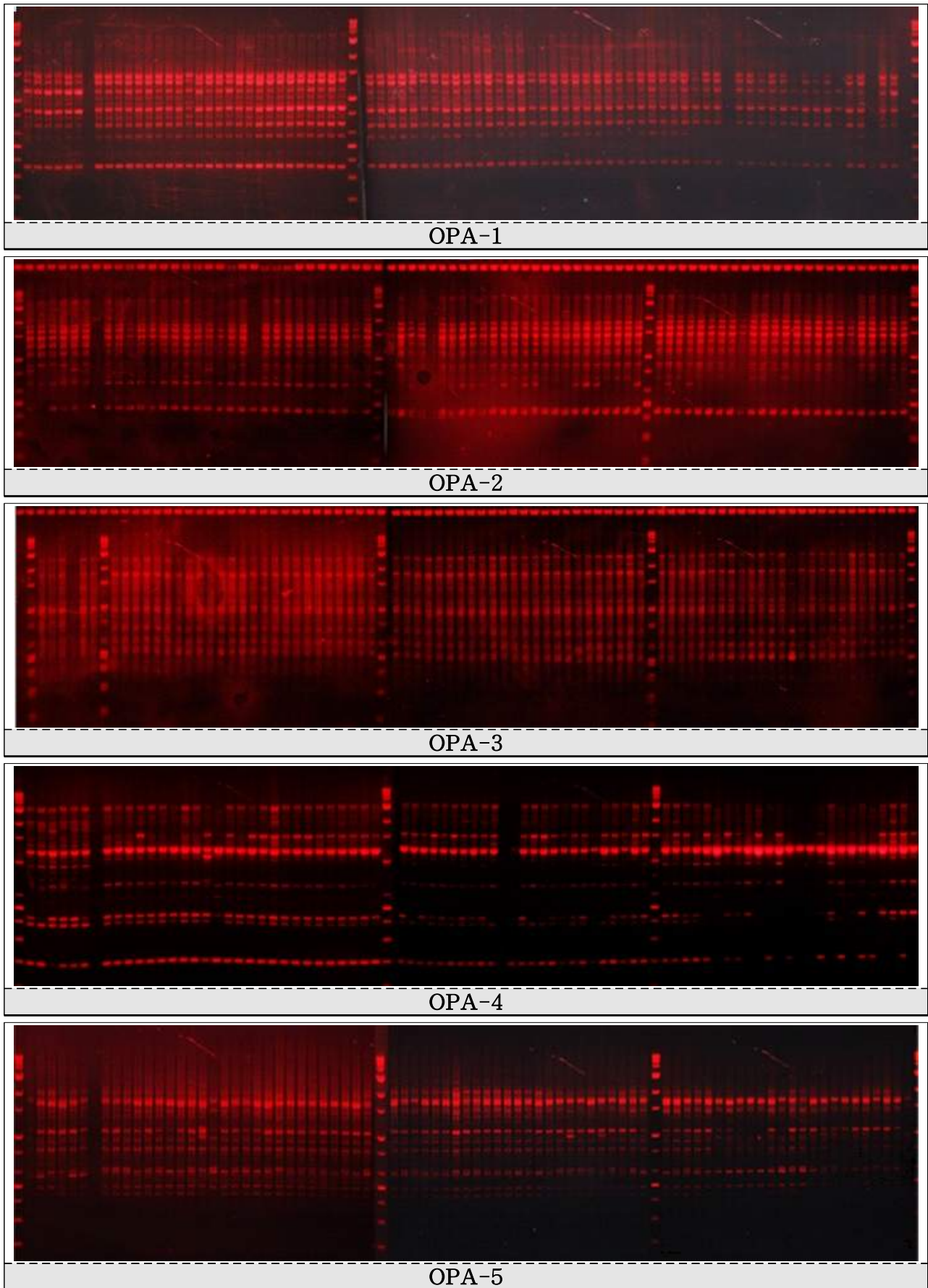


Fig. 15. RAPD analysis from 659-1, 2, 3 selfing progeny 1024, 1025, 1026 lines and control 1040 line using OPERON primers OPA1, 2, 3, 4, 5 primers.

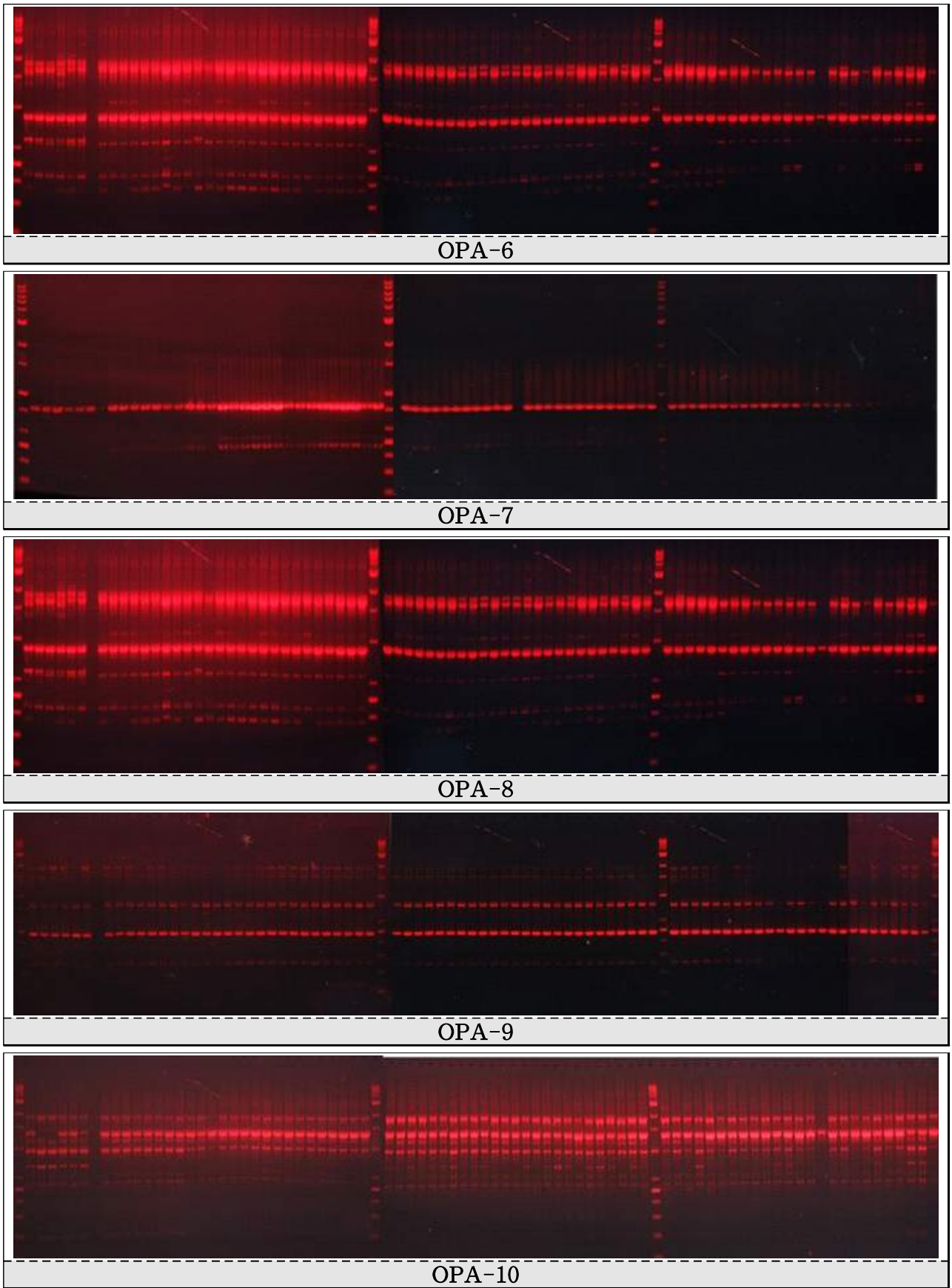


Fig. 15. Continued.

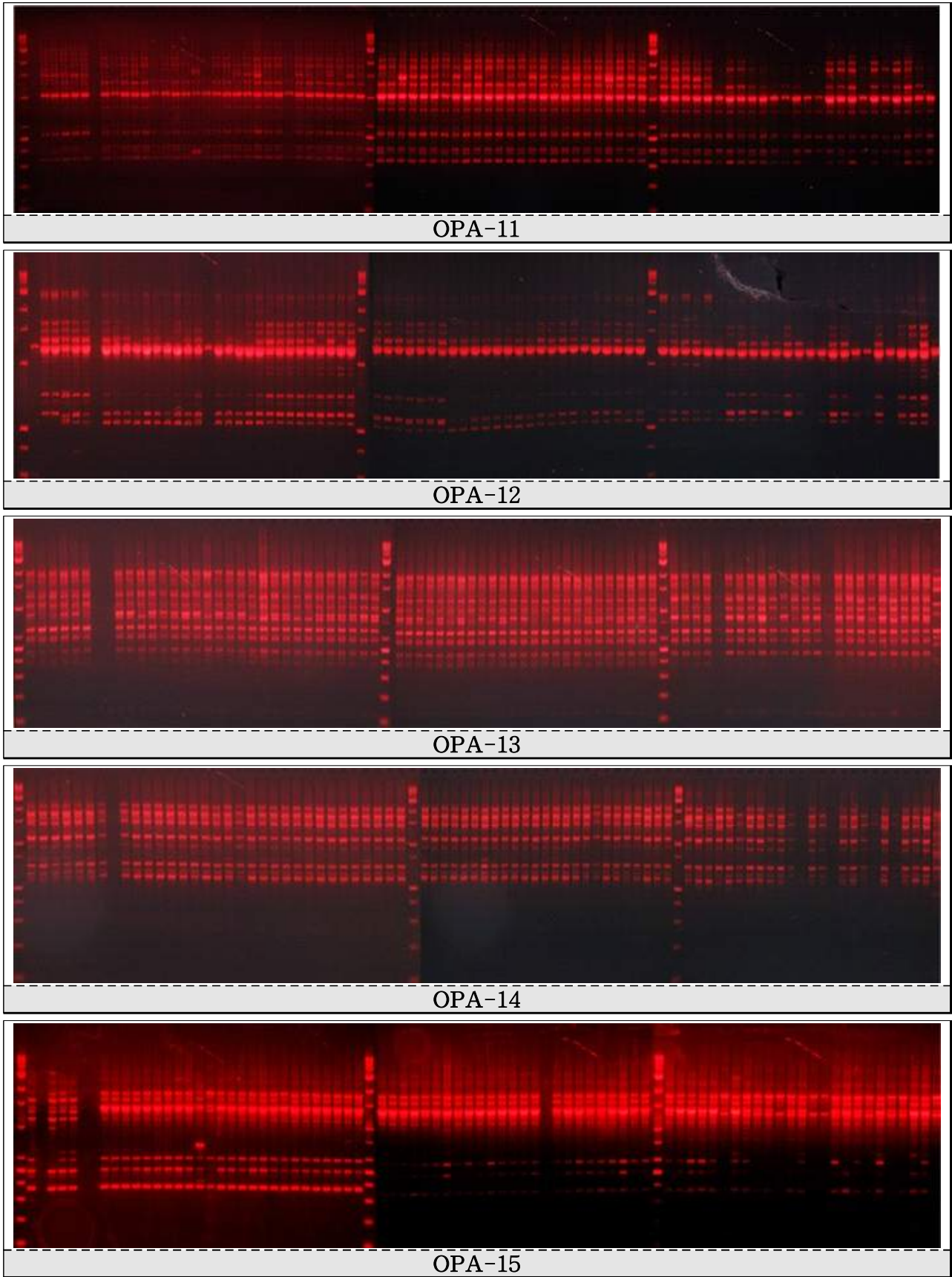


Fig. 15. Continued.

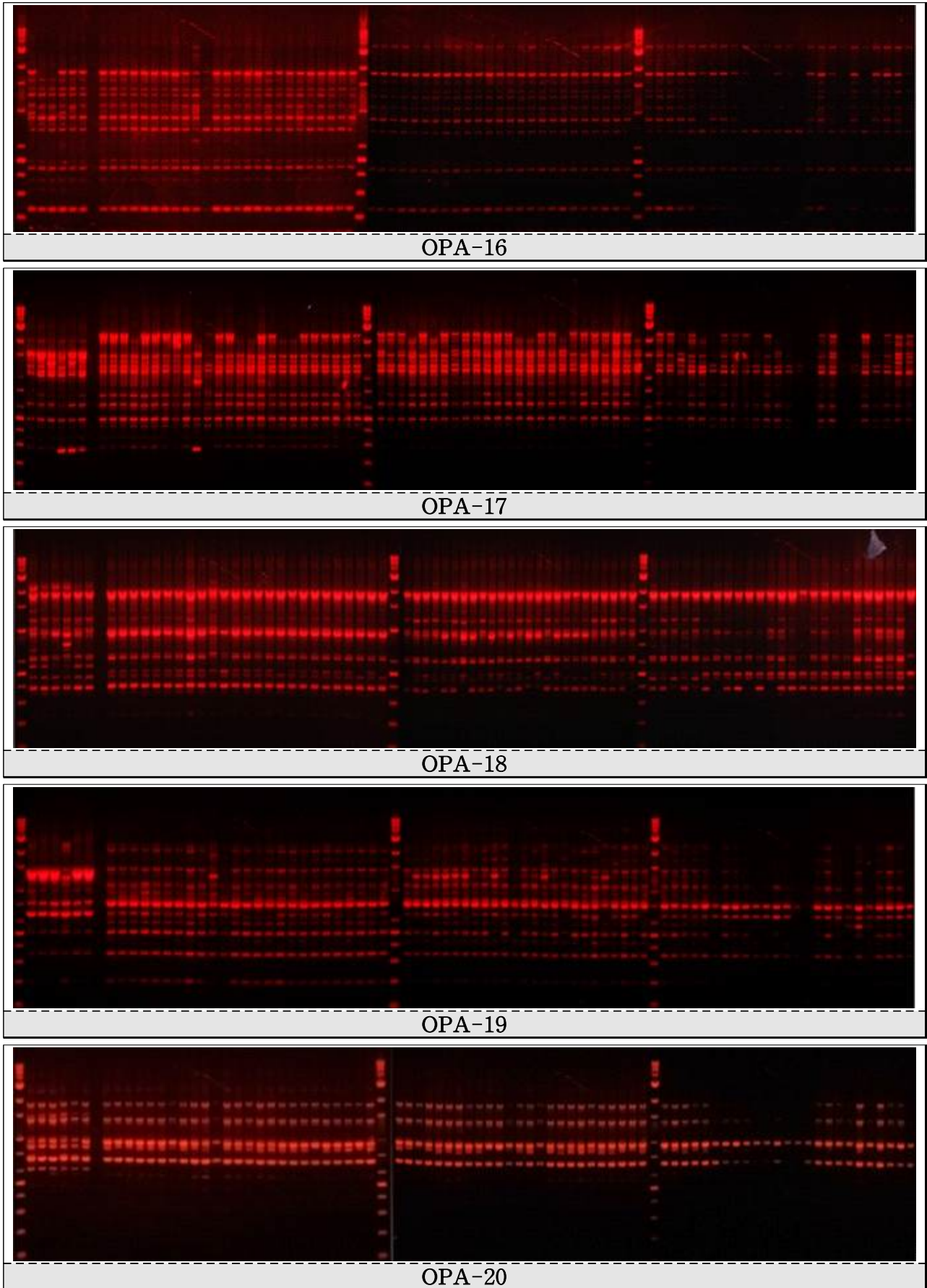


Fig. 15. Continued.

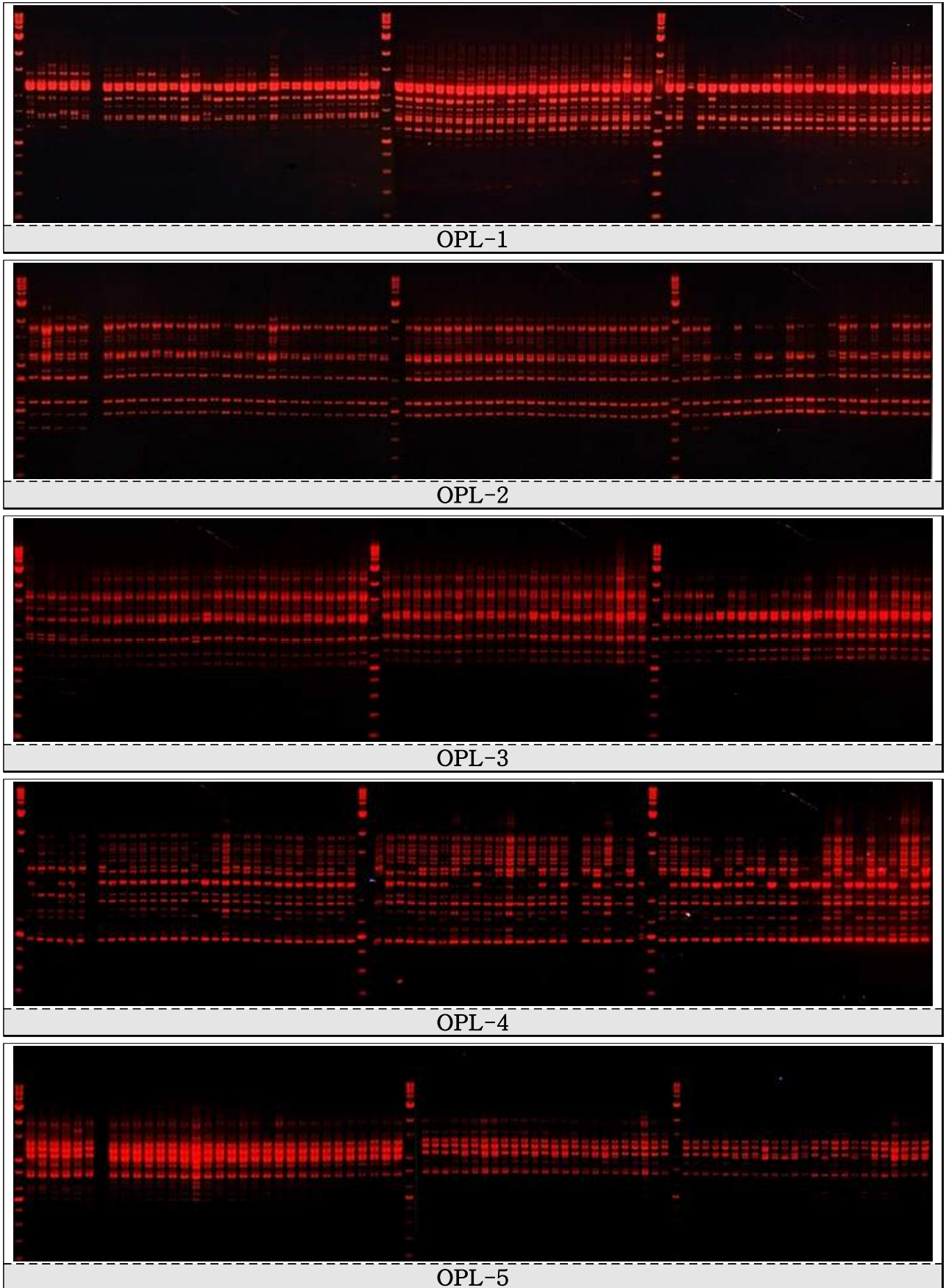


Fig. 15. Continued.

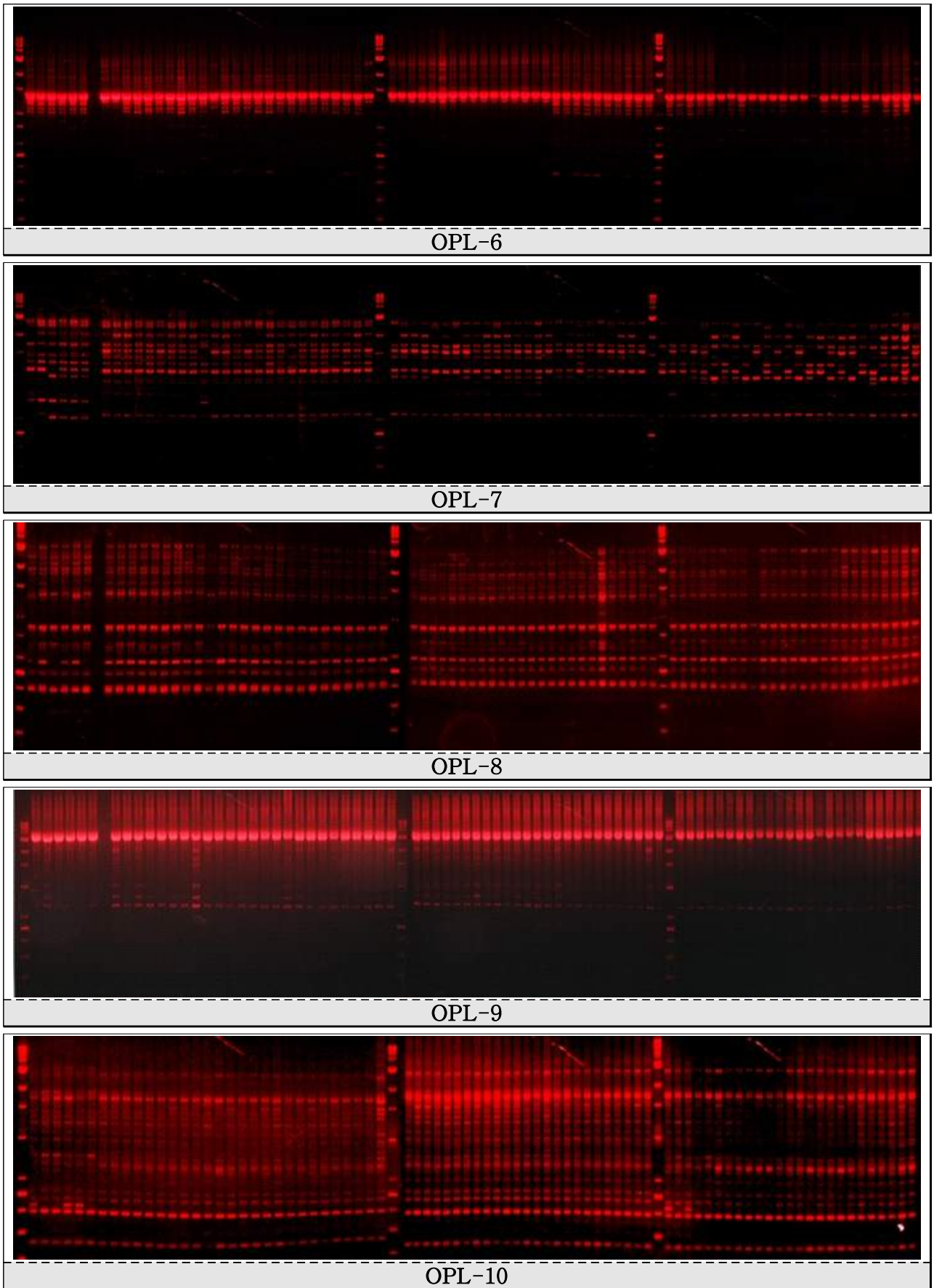


Fig. 15. Continued.

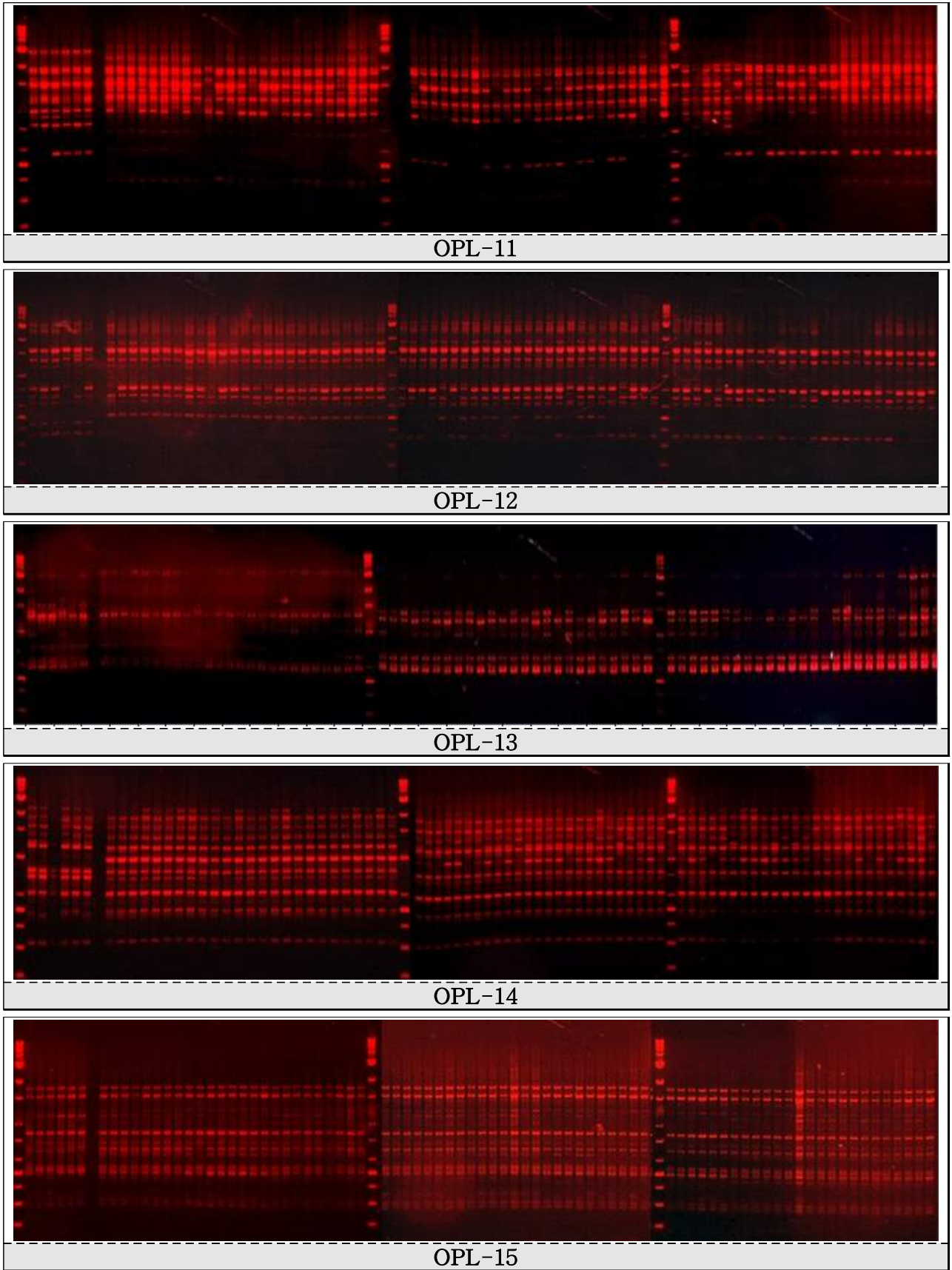


Fig. 15. Continued.

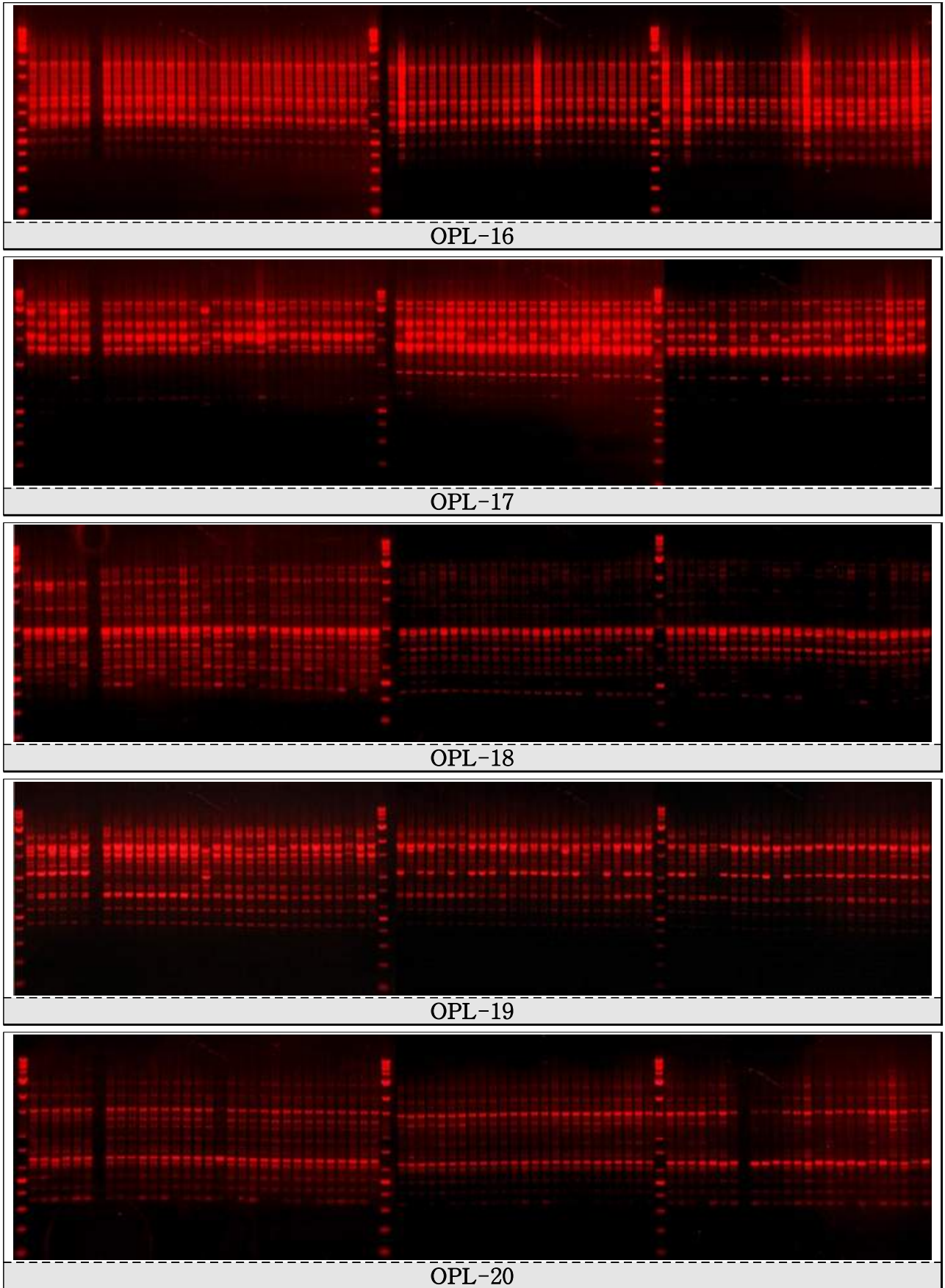


Fig. 15. Continued.

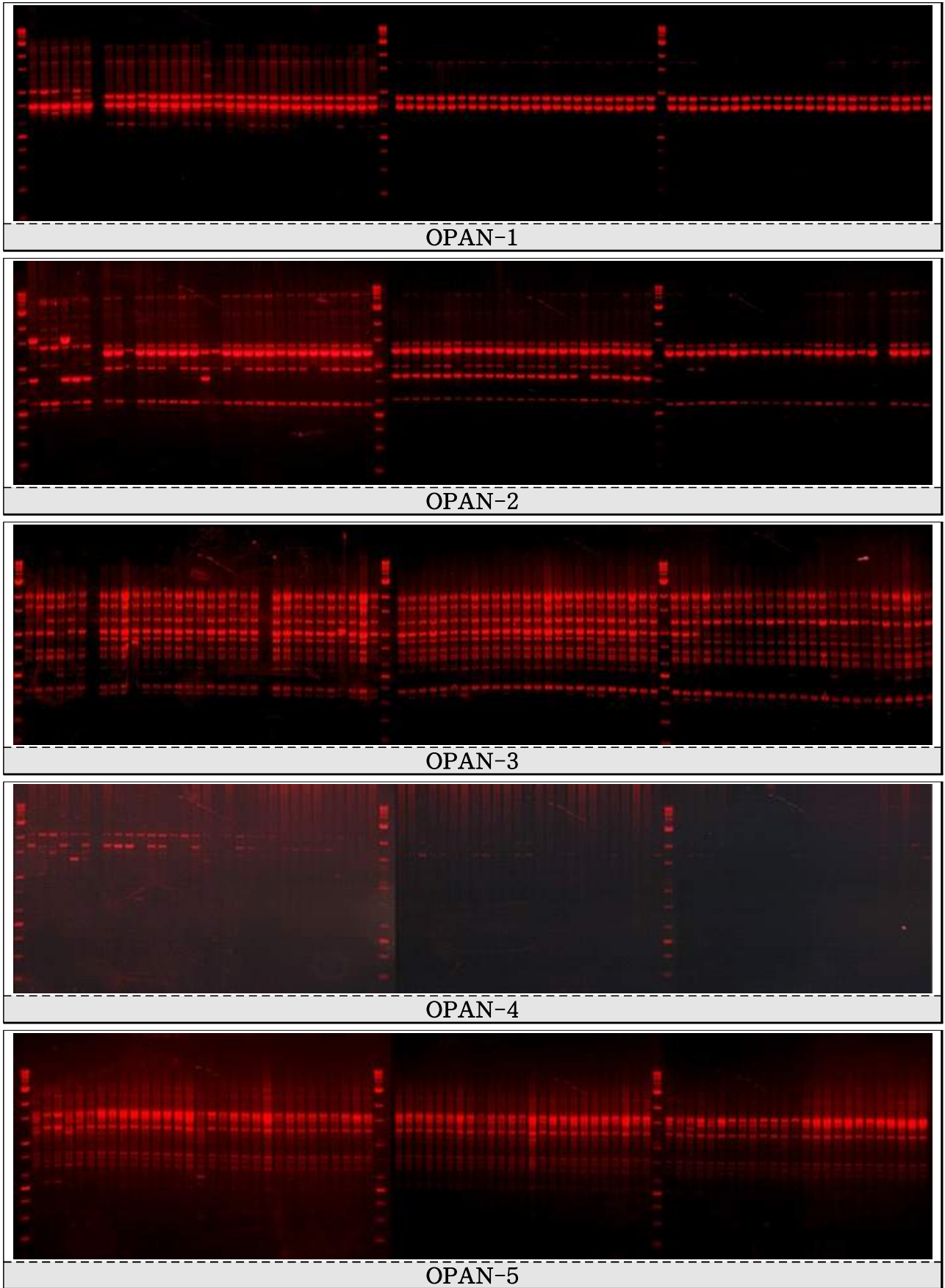


Fig. 15. Continued.

Table 20. Genetic similarity and polymorphism from RAPD markers in 659 selfing progeny 1024, 1025, 1026 lines compared with control 677 selfing progeny 1040 line.

No. of accession analyzed	No. of polymorphic / total band	Percent of polymorphism (%)	GS AVG (min-max)
42 / 45	312 / 463	68.40%	75.5 (0.58-0.98)

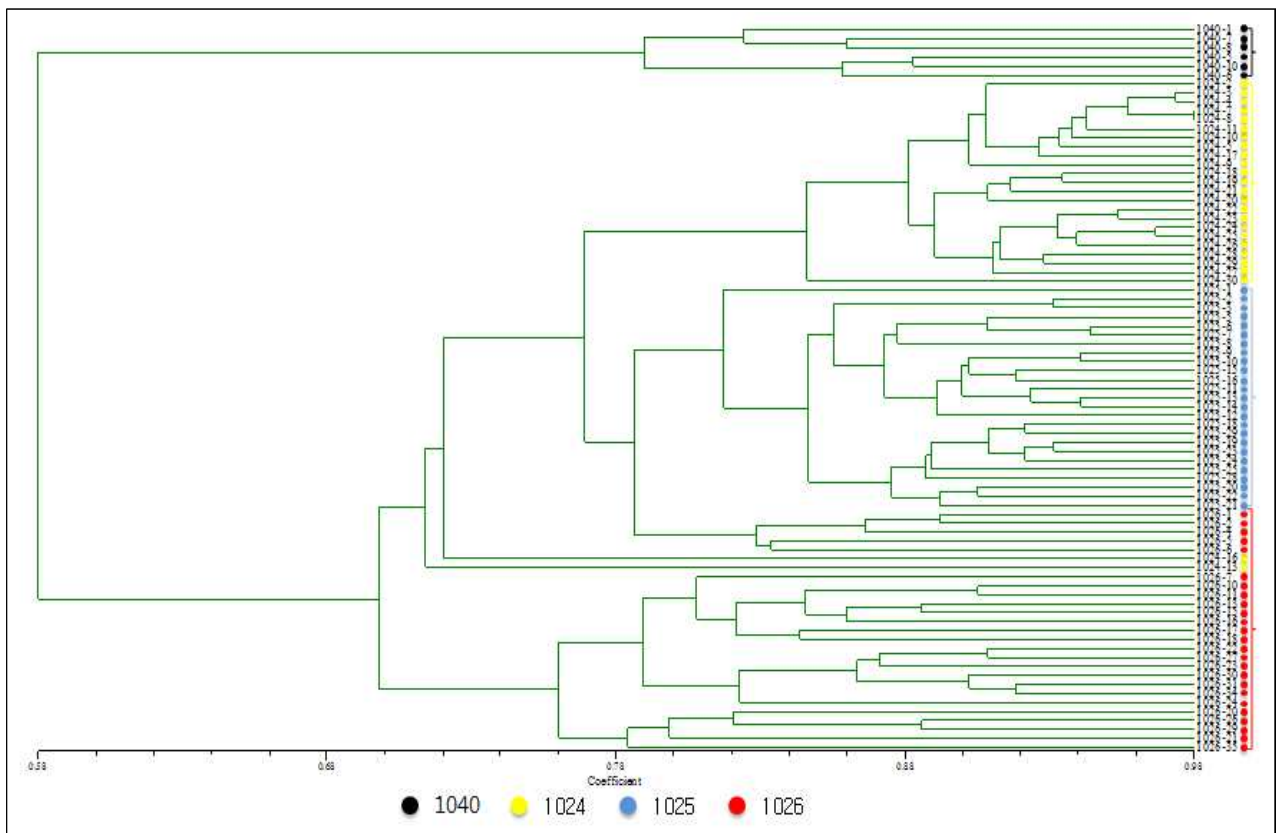


Fig. 16. Cluster dendrogram based on RAPD marker for 659 selfing progeny 1024, 1025, 1026 lines and 677 selfing progeny 1040 line.

(2) 단모형 종자 표현형 1024, 1025, 1026 line 및 유모형 종자 표현형 1040 line간 특이적 band 분석

RAPD는 우성 마커라는 성질과 임의의 짧은 primer는 *Taq* polymerase의 특성상 낮은 온도에서 염색체상의 DNA에 대해 약 70%의 상동성만 지니고 있어도 증폭이 되기 때문에 실험의 재현성 문제에 제한이 있다. RAPD 분석결과에서 생성된 특이적인 band들을 cloning과 염기분석 과정을 거쳐 새로운 Sequenced Characterized Amplified Region (SCAR) primer를 제작하여 특정 DNA 단편을 재현성 있게 증폭하는 공우성 SCAR 마커로 개발할 수 있다. 45개 random primer중 44개의 primer에서 다형성을 관찰하였고, 그 중 1024 line, 1025 line, 1026 line, 및 1040 line에서만 특이적으로 관찰되어지는 17개 primer를 확인하였다 (Table 21). 이들은 1024 line과 1025 line 및 1026

line에서만 특이적으로 관찰되어진 6개 primer와 (Fig. 17) 1040 line에서만 특이적으로 관찰되어진 12개 primer로 확인하였다 (Fig. 18). 단모형 종자 표현형인 개체들과 유모형 종자 표현형인 개체들 사이에서 특이적으로 증폭된 RAPD fragment는 약 300~1000bp 사이 구간에서 관찰 되었다. 이 특이적으로 증폭된 RAPD fragment를 이용하여, 단일 band로 나타나며 유전분석에 유리하고 이형접합체의 분석이 가능한 장점을 가진 공우성 SCAR로의 전환하여 후대 집단에 대한 분석에 활용하려고 하였다. 또한 RAPD 실험을 진행함에 있어 우수한 결과를 확인할 수 있었으며 이러한 결과를 바탕으로 SCAR 마커로의 전환이 가능할 것으로 판단되어 수행하였다. SCAR마커로의 전환이 이루어지면 후대 세대를 바탕으로 종자모 관련 마커로서의 검정을 실시하였으며 SNP, SSR마커와 더불어 연구를 같이 진행함에 따라 보다 확실한 linkage map을 작성할 수 있었으며 종자모 형질과 연관관계를 확인 할 수 있었다. 이를 위해 3차년도 1024 line, 1025 line, 1026 line, 1040 line에서 표현형 확인 후 선발된 개체들을 이용하며 육성된 후대 집단에서의 종자모 형질관련 특이적 RAPD 및 SCAR 분자마커를 이용한 선발을 수행하였다.

Table 21. Development of 17 specific RAPD markers related to seed-hair characteristic in 659 selfing progeny 1024, 1025, 1026 lines compared with control 1040 line.

Line	Specific band primers	
1024, 1025, 1026	OPA-6	GGT CCC TGA C
	OPA-19	CAA ACG TCG G
	OPL-15	AAG AGA GGG G
	OPAN-2	CAC CGC AGT T
	OPAN-3	GGC GTA AGT C
1040	OPA-4	AAT CGG GCT G
	OPA-8	GTG ACG TAG G
	OPA-10	GTG ATC GCA G
	OPA-16	AGC CAG CGA A
	OPA-18	AGG TGA CCG T
	OPA-19	CAA ACG TCG G
	OPA-20	GTT GCG ATC C
	OPL-2	TGG GCG TCA A
	OPL-3	CCA GCA GCT T
	OPL-7	AGG CGG GAA C
	OPL-20	TGG TGG ACC A
	OPAN-1	ACT CCA CGT C

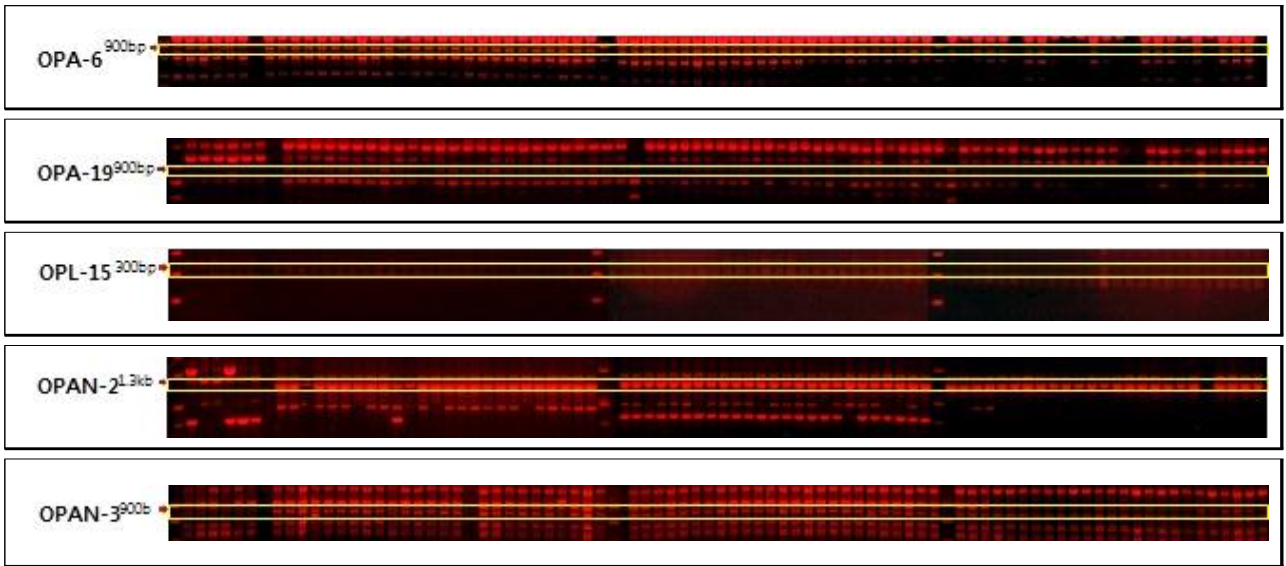


Fig. 17. Hairy seed specific band primers that showed polymorphism in 659 selfing progeny 1024, 1025, 1026 lines compared with control 1040 line.

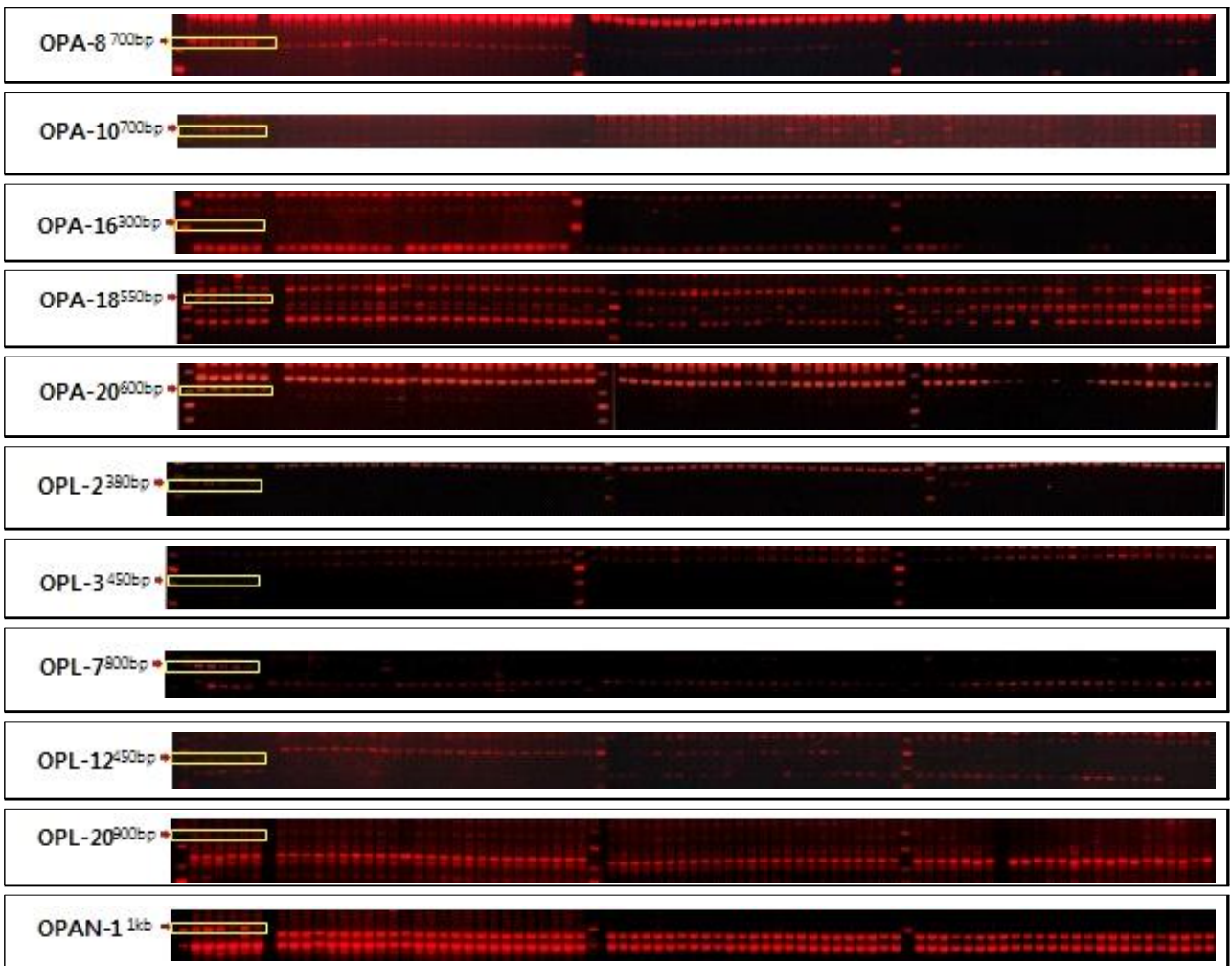


Fig. 18. Short-hair seed specific band primers that showed polymorphism in 659 selfing progeny 1024, 1025, 1026 lines compared with control 1040 line.

4. 4차년도 무모계 종자 관련 RAPD 분자마커 개발 및 SCAR 분자마커 개발

가. 목적

기존의 유전적 정보 없이 다형성을 탐색할 수 있는 Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) 방법은 다른 분자마커 기술과 비교하여 간편하게 이용할 수 있고, 빠른 시간에 적용할 수 있는 장점을 가지고 있다. 분자마커 개발을 효율적으로 적용하기 위해, 먼저 RAPD 분석을 통하여 당근 population별 개체들 간의 유전적 유연관계를 분석하였다. 그러나 RAPD 방법은 짧은 random primer를 이용하여 낮은 annealing 온도에서 증폭이 일어나기 때문에, 반응 조건에 따라 결과가 달라질 수 있다. 이러한 재현성 문제를 해결하기 위해, RAPD 분석을 통해 나타난 특이 band를 cloning과 염기서열 분석과정을 거쳐 더 길고 안전한 Sequence Characterized Amplified Region (SCAR) primer를 제작하였다. 이 SCAR primer를 이용하여 특이 DNA 단편을 재현성 있게 증폭하는 SCAR 마커의 개발을 시도하였다. 또한 이러한 시도는 대부분이 우성인 RAPD 마커의 한계점을 공우성 SCAR 마커로 전환하여 후대 집단에 대한 정보를 더욱 많이 얻을 수 있게 되어서 gene mapping등에 활용될 수 있으리라 기대된다. 따라서 무모 및 단모 종자 품종 감별을 위해 Operon primer set를 이용하여 RAPD를 수행하였고, 특이적 band를 찾아 SCAR마커로 전환하는 실험을 수행하였다.

나. 재료 및 방법

(1) 단모형 종자 표현형 659 line의 selfing progeny 1024, 1025, 1026 line과 유모형 종자 표현형 677 line의 selfing progeny 1040 line을 이용한 당근 종자모 형질과 관련된 RAPD 분자마커 개발

단모형 종자 표현형을 보이는 것으로 확인된 659-1, 659-2, 659-3 개체들의 selfing progeny 1024, 10245, 1026 line과 유모형 종자 표현형 개체 677-14의 selfing progeny 1040 line로부터 DNeasy Plant Mini Kit (QIAGEN, USA) 를 이용하여 gDNA를 분리하여 RAPD 실험을 수행하였다. RAPD 실험은 3차년도 RAPD 실험에 이어 Operon(Operon Technologies, Alameda, CA, USA)에서 제조된 OPAN 15개, OPF 10개 그리고 OPX 10개를 추가적으로 실험하여 총 80개의 random primer를 사용하였다(Table 22). PCR 반응액은 Maxime PCR PreMix(iNtRON BIOTECHNOLOGY, Korea) (2.5mM dNTPs, 10X reaction Buffer, 2.5units i-TaqTMTaq polymerase)에 gDNA 50ng과 random primer 10pmol을 첨가하여 총 반응액을 20 μ L로 조성하였다. PCR 반응은 94 $^{\circ}$ C에서 3분간 초기 변성(pre-denaturing)후, 94 $^{\circ}$ C에서 1분(denaturing), 37 $^{\circ}$ C에서 1분(annealing), 72 $^{\circ}$ C에서 2분간(extension) 과정을 40회 반복 수행한 다음 72 $^{\circ}$ C에서 10분간 처리하였다(Table 23). 증폭된 PCR 산물은 1.5% agarose gel [1X TBE (0.89 M Tris-Hcl pH 8.0, 0.89M boric acid, 0.02M EDTA pH 8.0)] 에서 150V로 150분간 전기 영동하여 다형성을 확인하였다. 각각의 line간의 유연관계 분석을 위해 다형성을 보이는 band의 유무에 따라서 1 또는 0으로 값을 주어 기초 자료 행렬(data matrix)를 작성 하였다. 이를 NTSYSpc 2.1 program(Exeter Software, Setauket, NY USA)에 입력하고 Dice 방법에 준하여 유전적 유사도 값을 계산하였다. 또한 유전적 유사도를 이용하여 비가중산술법(UPGMA, Unweighted Pair-Group method using Arithmetic Average)에 따른 SHAN clustering 방법으로 dendrogram을 작성하였다.

Table 22. Random primers used for RAPD analysis from 2011–2012.

Primer	Nucleotide sequences (5' to 3')	Primer	Nucleotide sequences (5' to 3')	
OPA-1	CAG GCC CTT C	OPA-2	TGC CGA GCT G	
OPA-3	AGT CAG CCA C	OPA-4	AAT CGG GCT G	
OPA-5	AGG GGT CTT G	OPA-6	GGT CCC TGA C	
OPA-7	GAA ACG GGT G	OPA-8	GTG ACG TAG G	
OPA-9	GGG TAA CGC C	OPA-10	GTG ATC GCA G	OPERON
OPA-11	CAA TCG CCG T	OPA-12	TCG GCG ATA G	Kit A
OPA-13	CAG CAC CCA C	OPA-14	TCT GTG CTG G	
OPA-15	TTC CGA ACC C	OPA-16	AGC CAG CGA A	
OPA-17	GAC CGC TTG T	OPA-18	AGG TGA CCG T	
OPA-19	CAA ACG TCG G	OPA-20	GTT GCG ATC C	
OPL-1	GGC ATG ACC T	OPL-2	TGG GCG TCA A	
OPL-3	CCA GCA GCT T	OPL-4	GAC TGC ACA C	
OPL-5	ACG CAG GCA C	OPL-6	GAG GGA AGA G	
OPL-7	AGG CGG GAA C	OPL-8	AGC AGG TGG A	
OPL-9	TGC GAG AGT C	OPL-10	TGG GAG ATG G	OPERON
OPL-11	ACG ATG AGC C	OPL-12	GGG CGG TAC T	Kit N
OPL-13	ACC GCC TGC T	OPL-14	GTG ACA GGC T	
OPL-15	AAG AGA GGG G	OPL-16	AGG TTG CAG G	
OPL-17	AGC CTG AGC C	OPL-18	ACC ACC CAC C	
OPL-19	GAG TGG TGA C	OPL-20	TGG TGG ACC A	
OPAN-1	ACT CCA CGT C	OPAN-2	CAC CGC AGT T	
OPAN-3	AGC CAG GCT G	OPAN-4	GGC GTA AGT C	
OPAN-5	GGG TGC AGT T	OPAN-6	GGG AAC CCG T	
OPAN-7	TCG CTG CGG A	OPAN-8	AAG GCT GCT G	
OPAN-9	GGG GGA GAT G	OPAN-10	CTG TGT GCT C	OPERON
OPAN-11	GTC CAT GCA G	OPAN-12	AAC GGC GGT C	Kit AN
OPAN-13	CTT CCA GGA C	OPAN-14	AGC CGG GTA A	
OPAN-15	TGA TGC CGC T	OPAN-16	GTG TCG AGT C	
OPAN-17	TCA GCA CAG G	OPAN-18	TGT CCT GCG T	
OPAN-19	ACC ACG CCT T	OPAN-20	GAG TCC TCA C	
OPX-1	CTG GGC ACG A	OPX-2	TTC CGC CAC C	
OPX-3	TGG CGC AGT G	OPX-4	CCG CTA CCG A	OPERON
OPX-5	CCT TTC CCT C	OPX-6	ACG CCA GAG G	Kit X
OPX-7	GAG CGA GGC T	OPX-8	CAG GGG TGG A	
OPX-9	GGT CTG GTT G	OPX-10	CCC TAG ACT G	
OPF-1	ACG GAT CCT G	OPF-2	GAG GAT CCC T	
OPF-3	CCT GAT CAC C	OPF-4	GGT GAT CAG G	OPERON
OPF-5	CCG AAT TCC C	OPF-6	GGG AAT TCG G	Kit F
OPF-7	CCG ATA TCC C	OPF-8	GGG ATA TCG G	
OPF-9	CCA AGC TTC C	OPF-10	GGA AGC TTG G	

Table 23. PCR condition for development of RAPD markers

gDNA	1 μ l	Pre-denaturation	94°C 3min	1 cycle
Primer	0.67 μ l		
dNTP	0.4 μ l	Denaturation	94°C 1min	
10x Buffer	2 μ l	Annealing reaction	37°C 1min	36 cycle
<i>Taq</i>	0.2 μ l		
dH ₂ O	15.73 μ l	Extension reaction	72°C 2min	
Total	20 μ l	Final extension reaction	72°C 10min	1 cycle

(2) 선발된 특이적 RAPD fragment의 cloning 및 염기서열 분석

Operon primer를 이용하여 PCR을 수행한 산물들을 전기영동하여 UV transilluminator에서 당근 종자모 형질 특이적 band 여부와 크기를 확인한 다음 선발된 band를 MEGAquick-spinTMPCR and Agarose Gel DNA Extraction system (iNtRON, Korea)을 이용하여 추출하였다. 먼저, elution한 각 DNA를 pGEM-T easy vector system (Promega, USA)을 이용하여 ligation 하였다. 3 μ L DNA와 1 μ L pGEM-T easy vector, 1 μ L T4 ligase 그리고 5 μ L T4 Rapid 2X buffer를 첨가하여 4°C에서 16시간 이상 반응시켰다. 5 μ L ligation mixture를 competent cell (*E.coli* dH10 β) 100 μ l에 혼합하여 transformation시켰다. DNA가 삽입된 transformant를 선발하기 위해 50 μ g/ml ampicillin과 40 μ g/mL X-gal이 첨가된 LB배지에 도말하였다. 그 후 37°C에서 16시간 배양하여 white colony를 선발하였다. *E.coli*에 형질 전환된 clone을 50 μ g/mL ampicillin를 첨가한 LB액체 배지 5mL에 37°C에서 16시간 배양 후 EZ-10 Spin column Plasmid DNA MiniPreps Kit (Bio Basic Inc., Canada)를 이용하여 plasmid DNA를 분리하였다. 분리된 plasmid DNA는 *Eco*R I을 처리하여 37°C에서 1시간 동안 반응 시킨 후 1% agarose gel에서 cloning 여부를 확인한 다음 염기서열 분석을 하였다 (Macrogen Co., Korea). Cloning과 염기서열 분석이 완료된 DNA단편들은 National Center for Biotechnology Information (NCBI)의 Blast program과 CLC Sequence Viewer (Ver. 6.6.2, CLC Bio, Denmark)의 alignment 기능을 이용하여 분석된 염기서열 간 상동성을 비교 하였다.

(3) 단모형 종자 표현형 1024, 1025, 1026 line 및 유모형 종자 표현형 1040 line과 1024 line selfing progeny 7021, 7029, 7042 line, 1025 line selfing progeny 7065, 7075 line, 1026 line selfing progeny 7009, 7100, 7111, 7114, 7116, 7118 line 및 1040 line selfing progeny 7208, 7209 line을 이용한 당근 종자모 형질 관련 SCAR 분자마커 개발

선발된 당근 종자모 형질 특이적 RAPD 마커의 염기서열 분석 결과를 토대로 선발된 primer의 10개 염기를 포함하여 24-28 mer 크기의 SCAR primer를 작성하였다. PCR 반응은 Maxime PCR PreMix(iNtRON BIOTECHNOLOGY, Korea) (2.5mM dNTPs, 10X reaction Buffer, 2.5units i-TaqTMTaq polymerase)에 gDNA 50ng과 SCAR primer 10pmol을 첨가하여

총 20 μ L로 조성하여 진행하였다. PCR 반응은 95 $^{\circ}$ C에서 5분간 초기 변성(pre-denaturing)후, 94 $^{\circ}$ C에서 45초(denaturing), 50-69 $^{\circ}$ C에서 45초(annealing), 72 $^{\circ}$ C에서 1분간(extension) 과정을 35회 반복 수행한 다음 72 $^{\circ}$ C에서 7분간 처리하였다. 증폭된 PCR 산물은 1.0% agarose gel에서 150V로 150분간 전기영동을 통하여 확인하였다. 먼저 무모 및 단모형 종자 표현형을 보이는 것으로 확인된 1024, 1025, 1026 line과 유모형 종자 표현형을 보인 1040 line을 이용하여 SCAR 실험을 수행하였고, 그 중 당근 종자모 형질 특이적 SCAR로 생각되는 SCAR primer를 선별하여 무모 및 단모 종자 표현형 1024 selfing progeny 7021, 7029, 7042 line, 1025 selfing progeny 7065, 7075 line, 1026 seling progeny 7099, 7100, 7111, 7114, 7116, 7118 line 및 유모 종자 표현형 1040 selfing progeny 7208, 7209 line에 적용하여 수행하였다.

다. 결과 및 분석

(1) 단모형 종자 표현형 659 line의 selfing progeny 1024, 1025, 1026 line과 유모형 종자 표현형 677 line의 selfing progeny 1040 line을 이용한 RAPD 결과 분석

Operon사의 총 80개의 random primer를 사용하여 81개 개체들에 대해 RAPD를 실시하여 다형성이 확인되는 78개의 primer를 확인하였다(Fig. 19). 증폭된 band 중 신뢰성이 있는 band는 200bp-1.3kb에서 총 748개였으며, 이 중 다형성을 나타내는 band 수는 540개, 전체 band의 72.2%를 차지하는 것으로 확인하였다. 각각의 line별 개체들 간 유연관계를 분석한 결과, 개체들의 전체 유사도는 0.60~0.96의 범위에 속하였고 평균 유전적 유사도는 0.76을 보였다(Table 24). 그리고 1024-23 개체와 1024-24 개체는 0.96의 유전적 유사도로 가장 높은 유사도를 보였다. 이 유전적 유사도 결과를 바탕으로 NTSYSpc21 프로그램을 이용하여 UPGMA 방법에 따라 dendrogram을 작성하였다. 그 결과, 유사도 지수 0.60에서 유모형 종자 표현형 1040 line과 단모형 종자 표현형 1024, 1025, 1026 line으로 크게 2개의 그룹으로 구분되었다(Fig. 20). 비록 단모형 종자 표현형 1024, 1025, 1026 line 간에 명확하게 하나의 그룹으로 구분되어지지 않았지만, 유모형 종자 표현형 1040 line 과는 분명하게 나뉘어졌다. 이는 단모형과 유모형 개체간 유전적 형질 차이가 분명한 것으로 판단되며, 이는 RAPD profile의 유모형 종자 line과 단모형 종자 line 사이에서 다형성을 보이는 band를 확인하여 SCAR 마커로 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

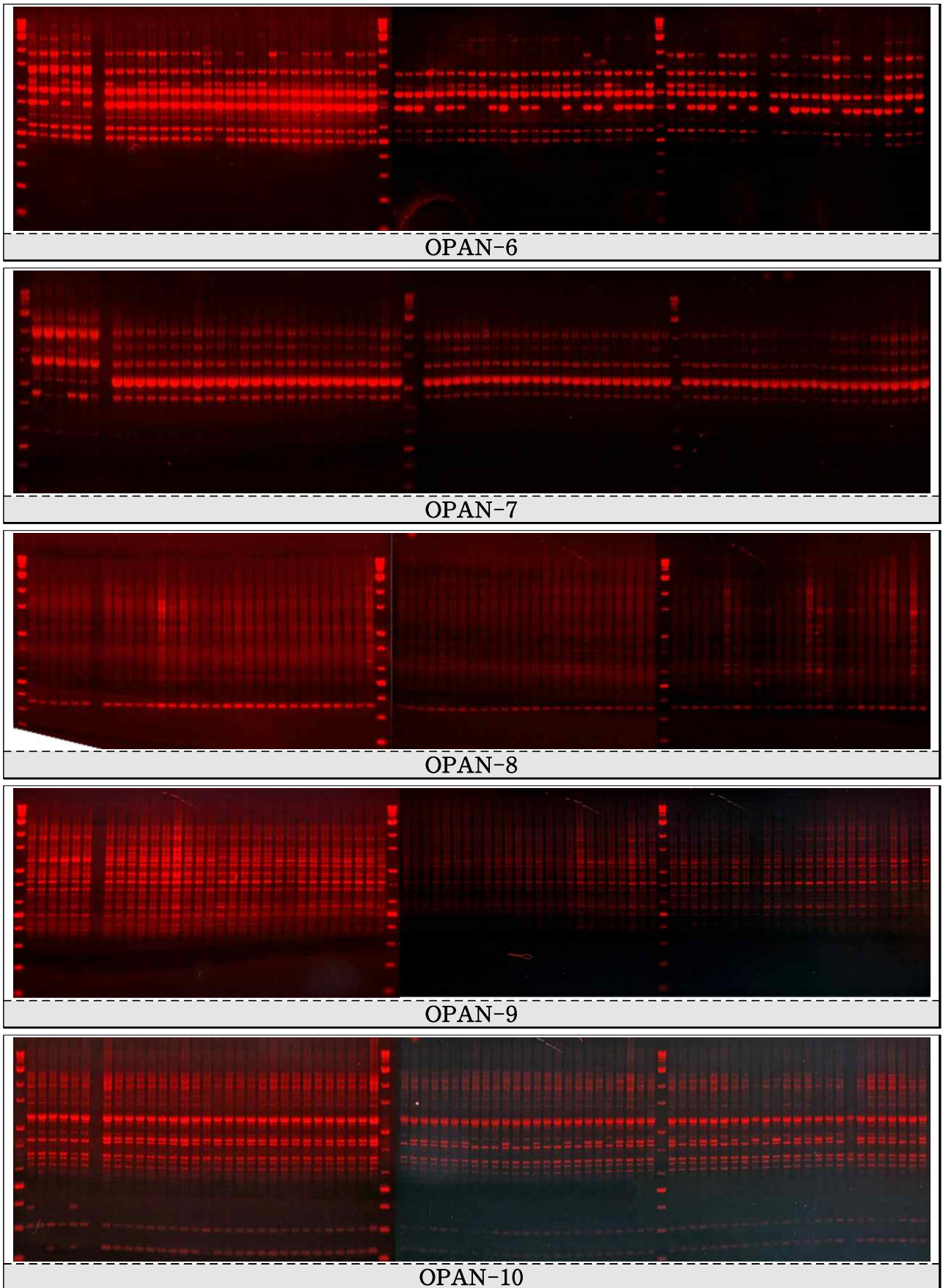
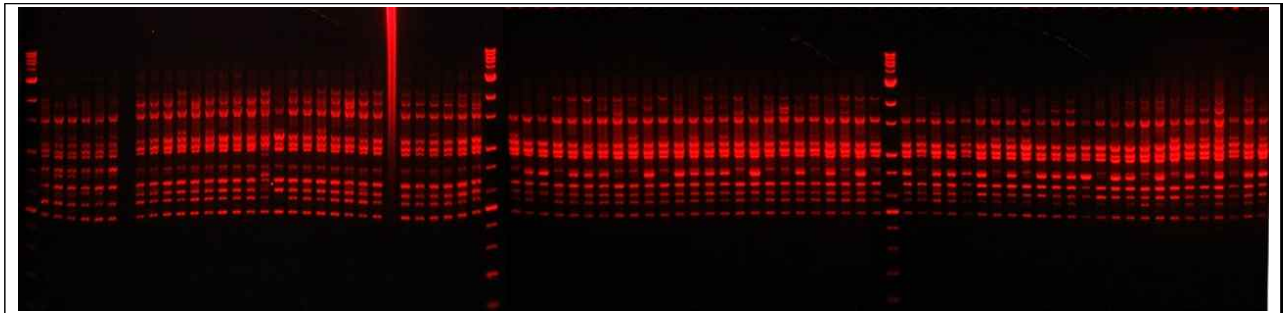
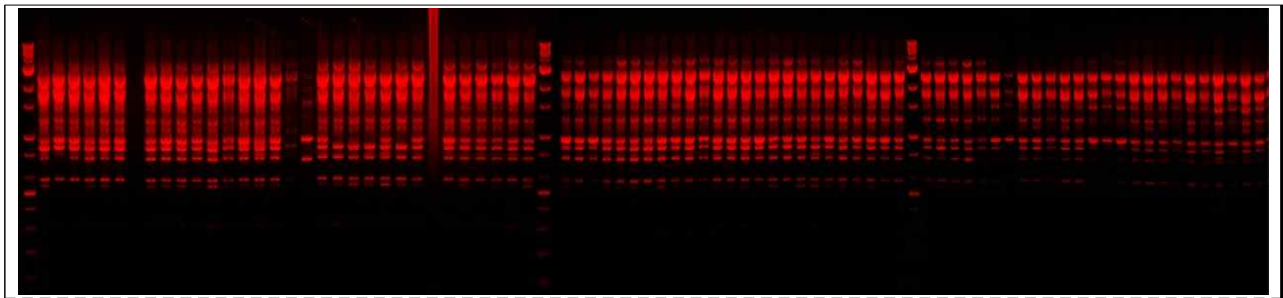


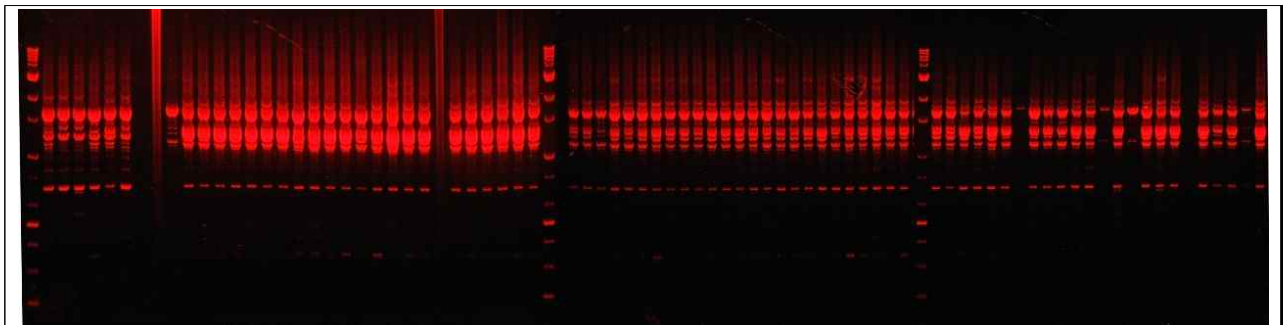
Fig. 19. RAPD analysis of 659-1, 2, 3 selfing progeny 1024, 1025, 1026 lines and 1040 line as a control line using 80 OPERON primers.



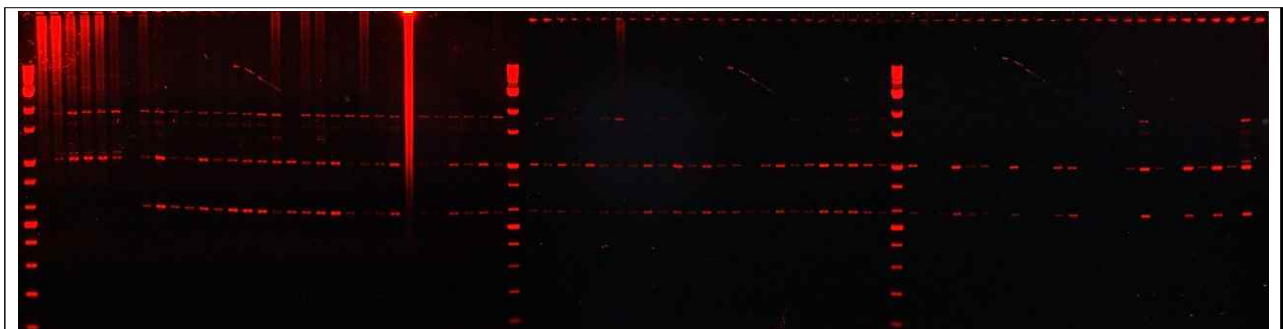
OPAN-11



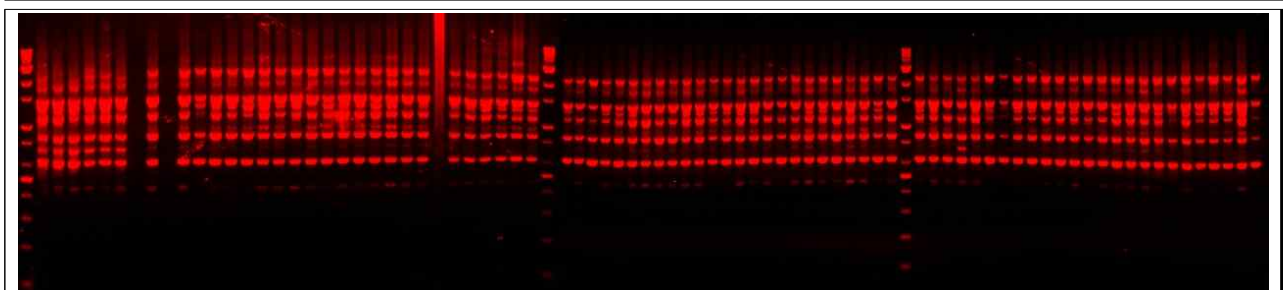
OPAN-12



OPAN-13



OPAN-14



OPAN-15

Fig. 19. Continued.

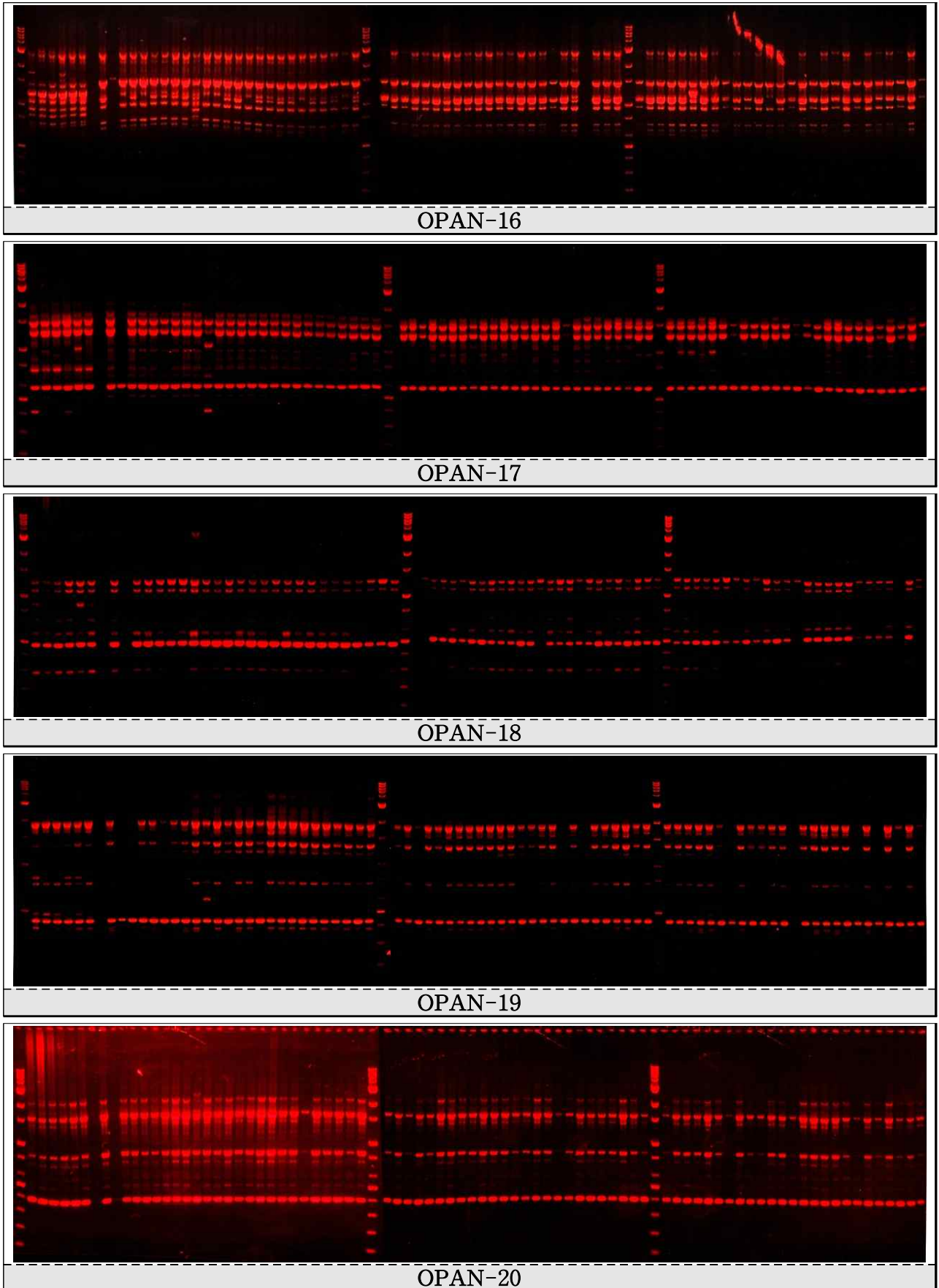


Fig. 19. Continued.

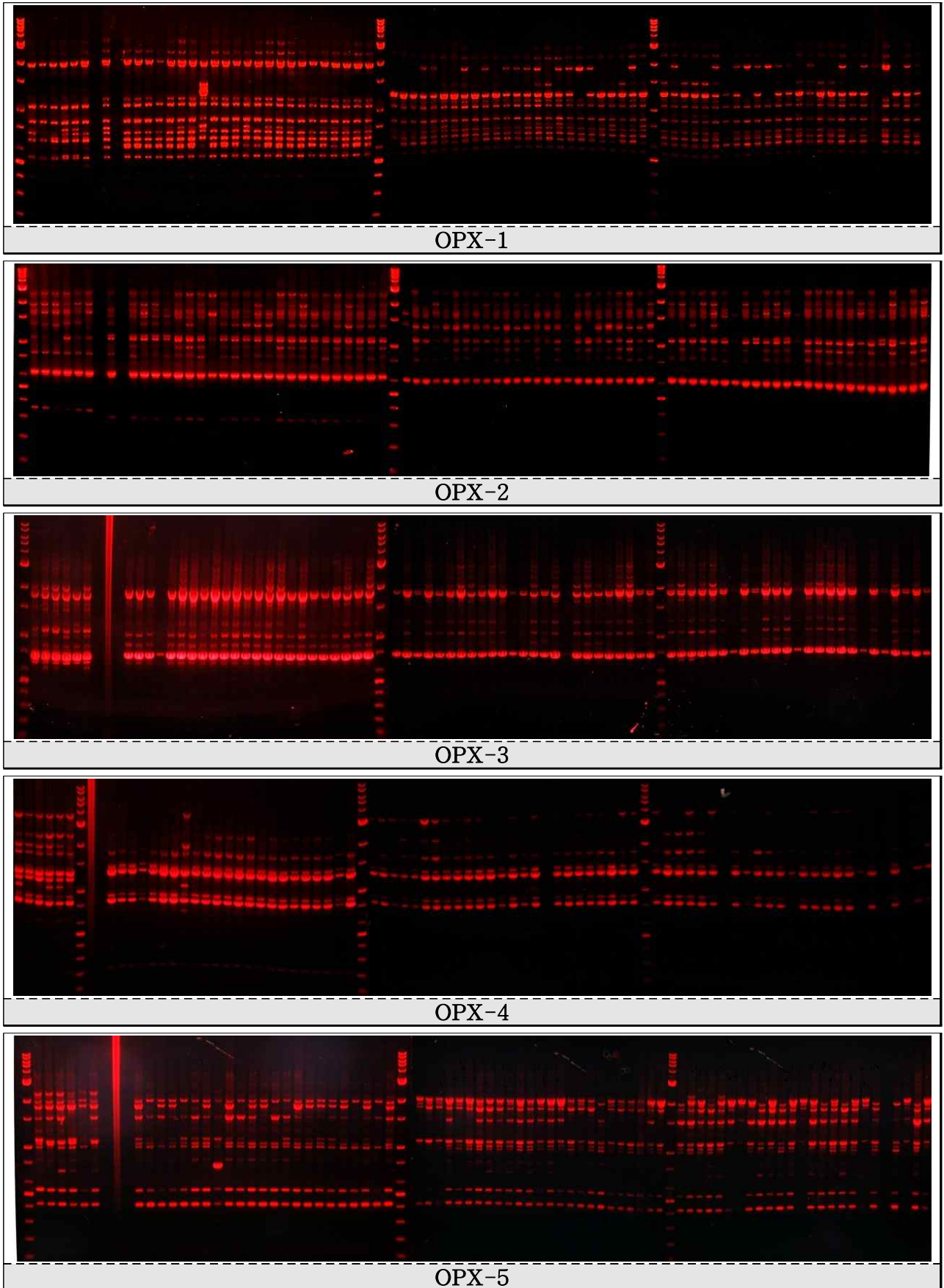


Fig. 19. Continued.

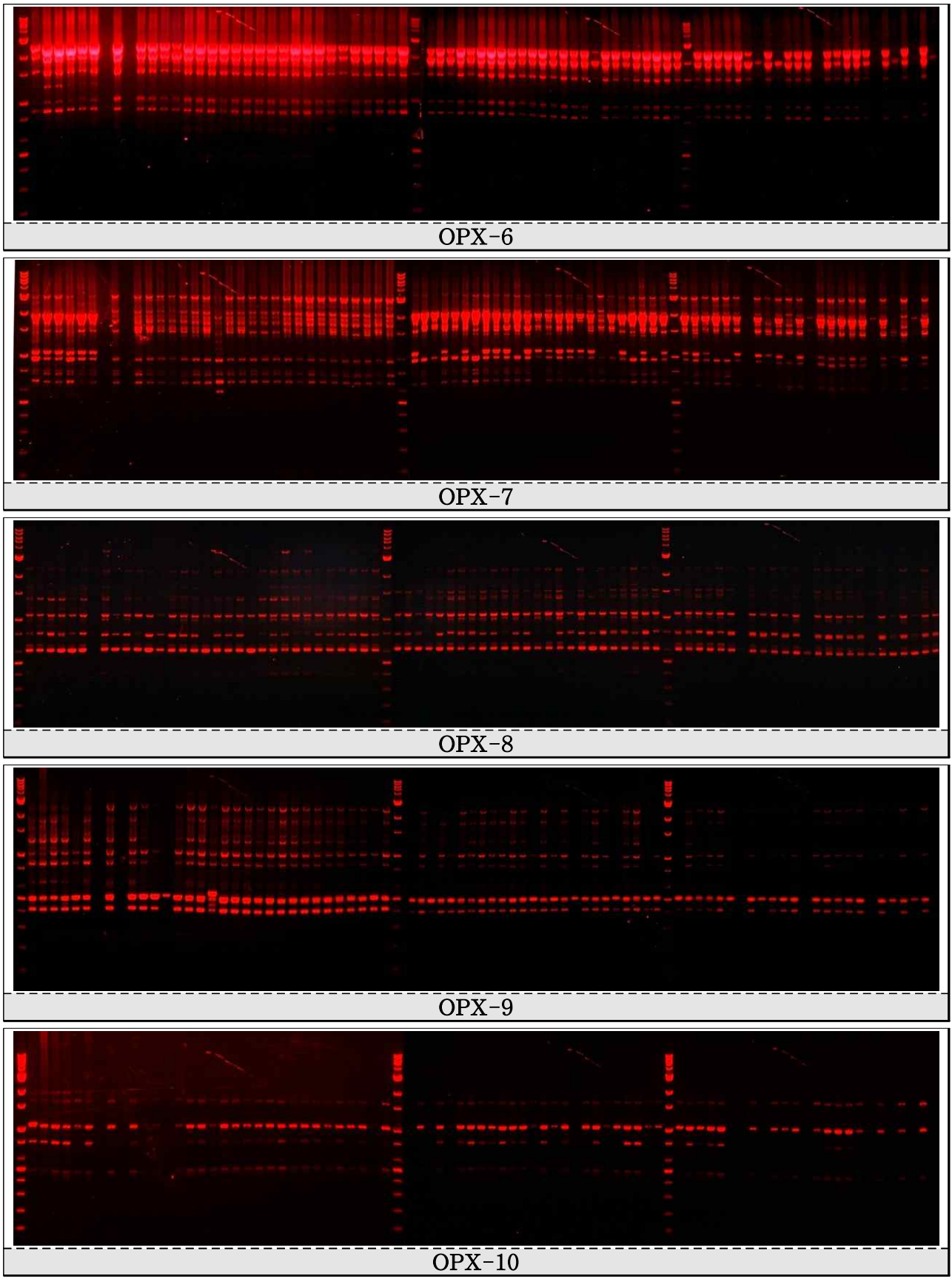


Fig. 19. Continued.

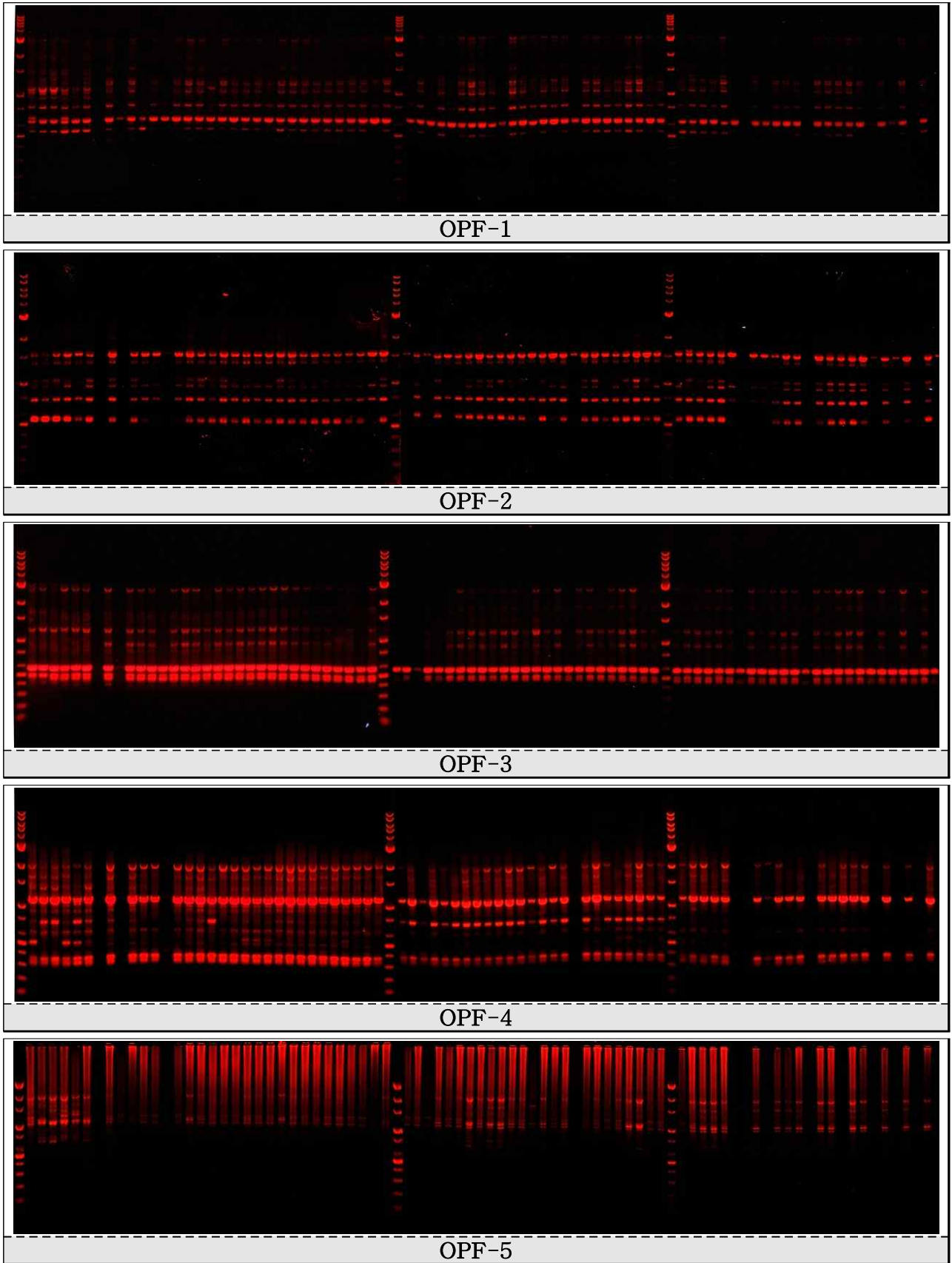


Fig. 19. Continued.

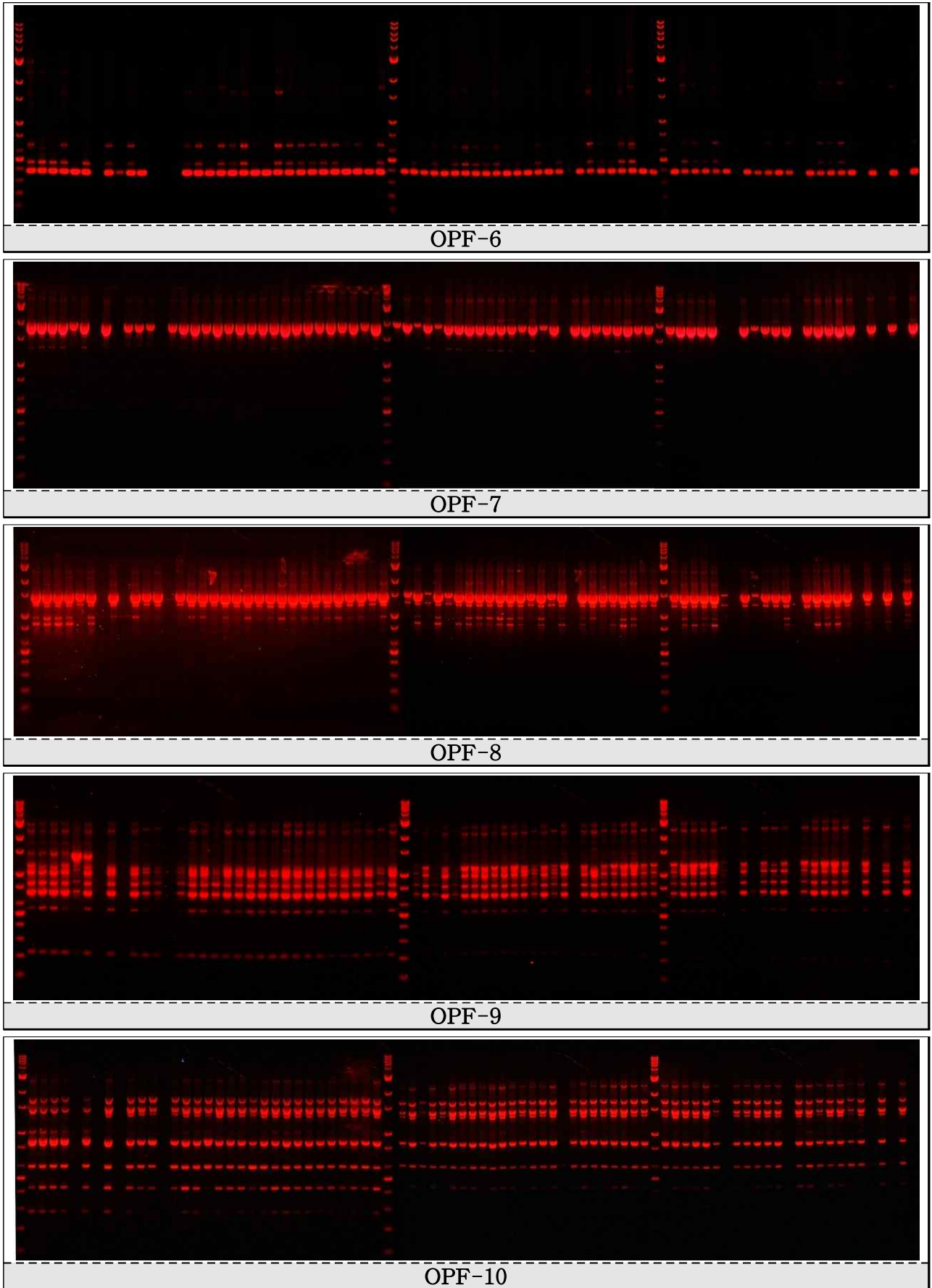


Fig. 19. Continued.

Table 24. Genetic similarity and polymorphism of short-hair and hairless-seed 1024, 1025, 1026 lines compared with hairy seed 1040 line as a control using RAPD markers.

No. of accession analyzed	No. of polymorphic / total band	Percent of polymorphism (%)	GS AVG (min-max)
78 / 80	540 / 748	72.2%	0.76 (0.60-0.96)

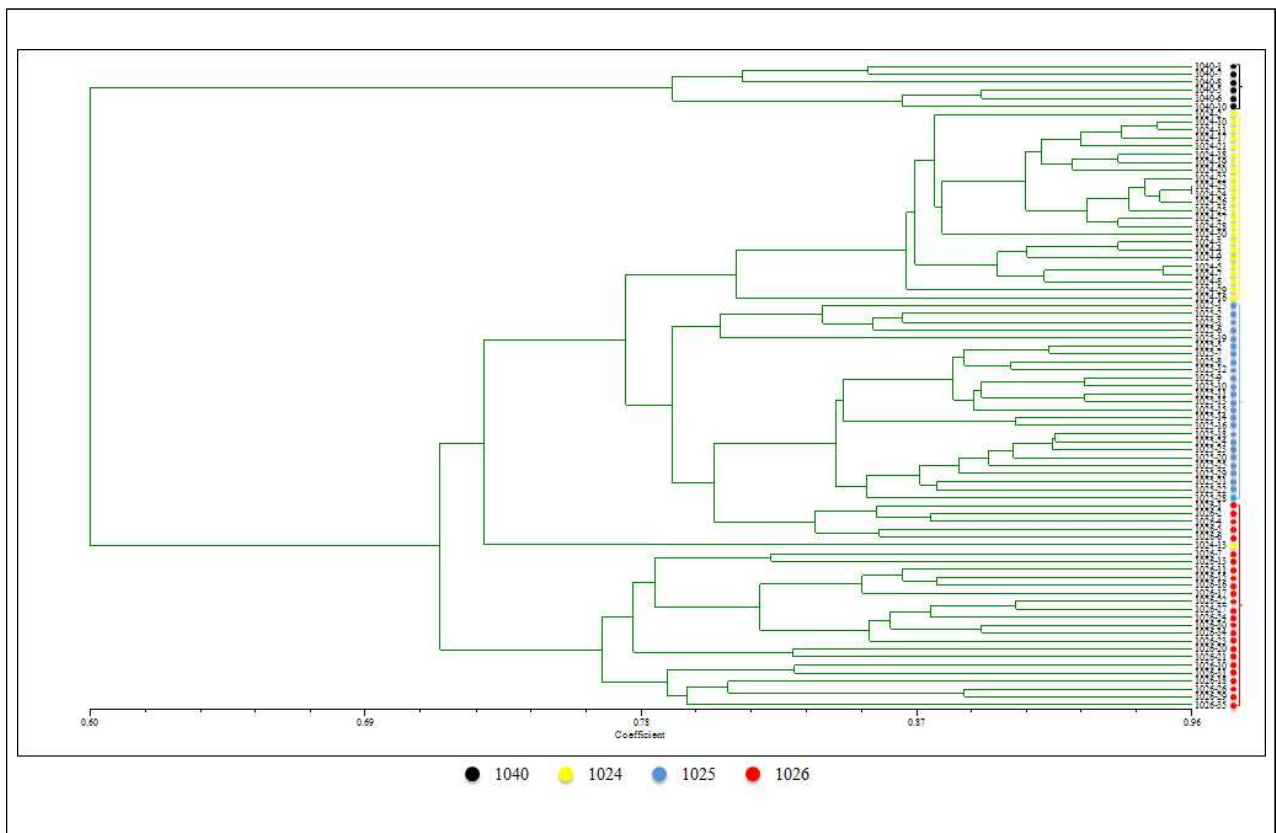


Fig. 20. Cluster dendrogram based on RAPD marker for short-hair and hairless-seed 1024, 1025, 1026 lines and hairy seed 1040 line.

(2) 무모 및 단모 종자 표현형 1024, 1025, 1026 line과 유모종자 표현형 1040 line 간 특이적 band 분석

RAPD 실험을 통해 확인된 다형성 band 중 당근 종자모 형질과 관련되어 특이적으로 나타나는 17개의 random primer를 확인하였다(Table 25). 이 중 1024 line과 1025 line 및 1026 line의 무모 및 단모 종자 표현형 개체에서만 특이적으로 확인된 band는 5개이었다(Fig. 21). 또한 1040 line의 유모 종자 표현형 개체에서만 특이적으로 확인된 band는 13개이었다(Fig. 22). 5개의 random primer OPA-6, OPA-9, OPL-15, OPAN-2, OPAN-11로 증폭된 특이적 band는 오직 무모 및 단모 종자 표현형 line의 300-1.3kb 사이 구간에서 확인되었다. 반면 random primer OPA-4, OPA-18, OPA-20, OPL-3, OPL-12, OPL-20, OPAN-1, OPAN-16,

OPX-2, OPX-3, OPX-4, OPX-6으로 증폭된 특이적 band는 오직 유모종자 표현형 line의 350-1.3kb 사이 구간에서 확인되었다. 이러한 특이적으로 증폭된 RAPD fragment를 이용하여, 단일 band로 나타나며 유전분석에 유리하고 이형접합체의 분석이 가능한 장점을 가진 공우성 SCAR로의 전환하여 후대 집단에 대한 분석에 활용하였다.

Table 25. The list of RAPD primers showed specific polymorphism between hairless and short-hair seed line and hairy seed line.

Line	RAPD primer	Sequence	Amplicon size (bp)
Hairless and short-hair seed line No. 1024, 1025, 1026	OPA-6	GGT CCC TGA C	900
	OPA-19	CAA ACG TCG G	580
	OPL-15	AAG AGA GGG G	300
	OPAN-2	CAC CGC AGT T	1300
	OPAN-11	GTC CAT GCA G	620
Hairy seed line No. 1040	OPA-4	AAT CGG GCT G	950
	OPA-18	AGG TGA CCG T	550
	OPA-20	GTT GCG ATC C	600
	OPL-3	CCA GCA GCT T	450
	OPL-12	GGG CGG TAC T	450
	OPL-20	TGG TGG ACC A	900
	OPAN-1	ACT CCA CGT C	1000
	OPAN-16	GTG TCG AGT C	1300
	OPX-2	TTC CGC CAC C	350
	OPX-3	TGG CGC AGT G	1100
	OPX-4	CCG CTA CCG A	600
OPX-4	CCG CTA CCG A	1300	
OPX-6	ACG CCA GAG G	1300	

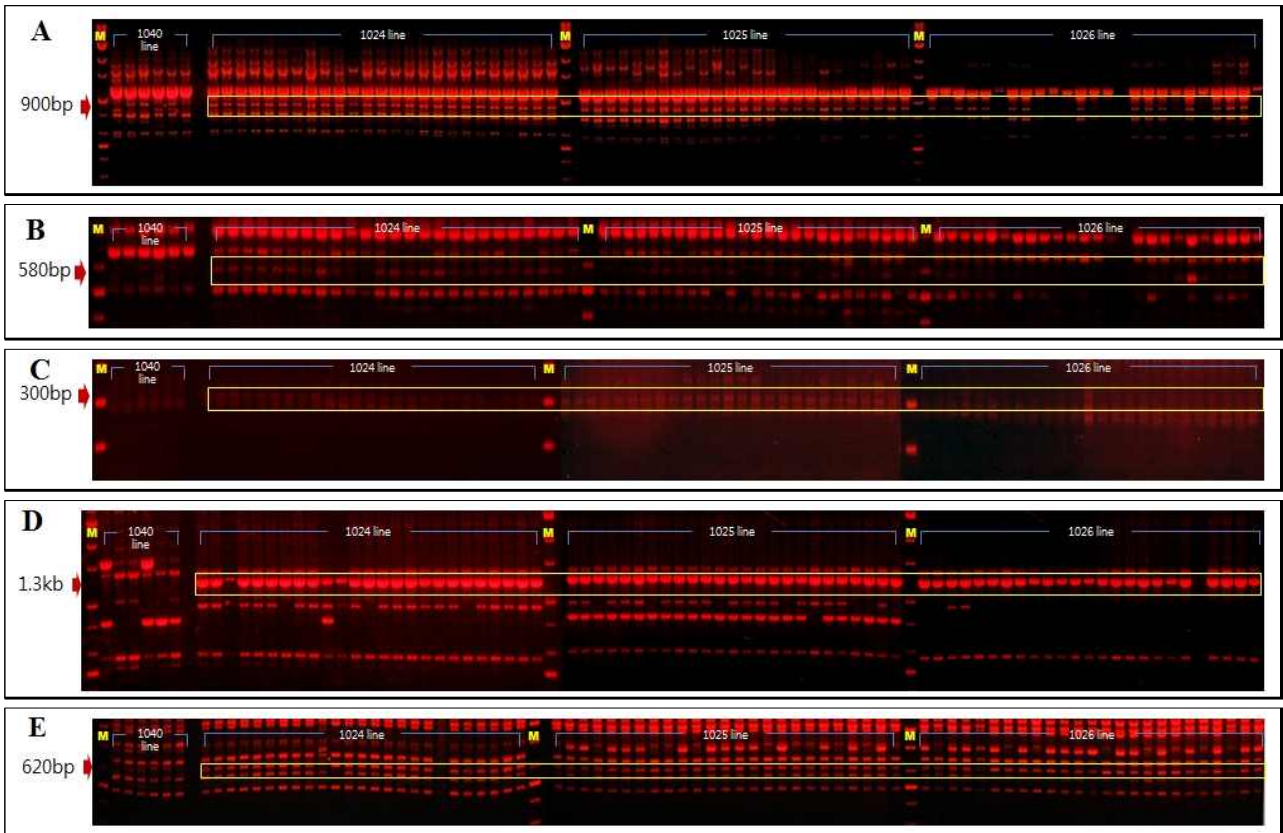


Fig. 21. RAPD profiles of carrot showing amplified bands in only hairless and short-hair seed populations, 1024, 1025, and 1026 lines. M, 1 kb plus DNA ladder. (A) OPA-6, (B) OPA-19, (C) OPL-15, (D) OPAN-2, (E) OPAN-11.

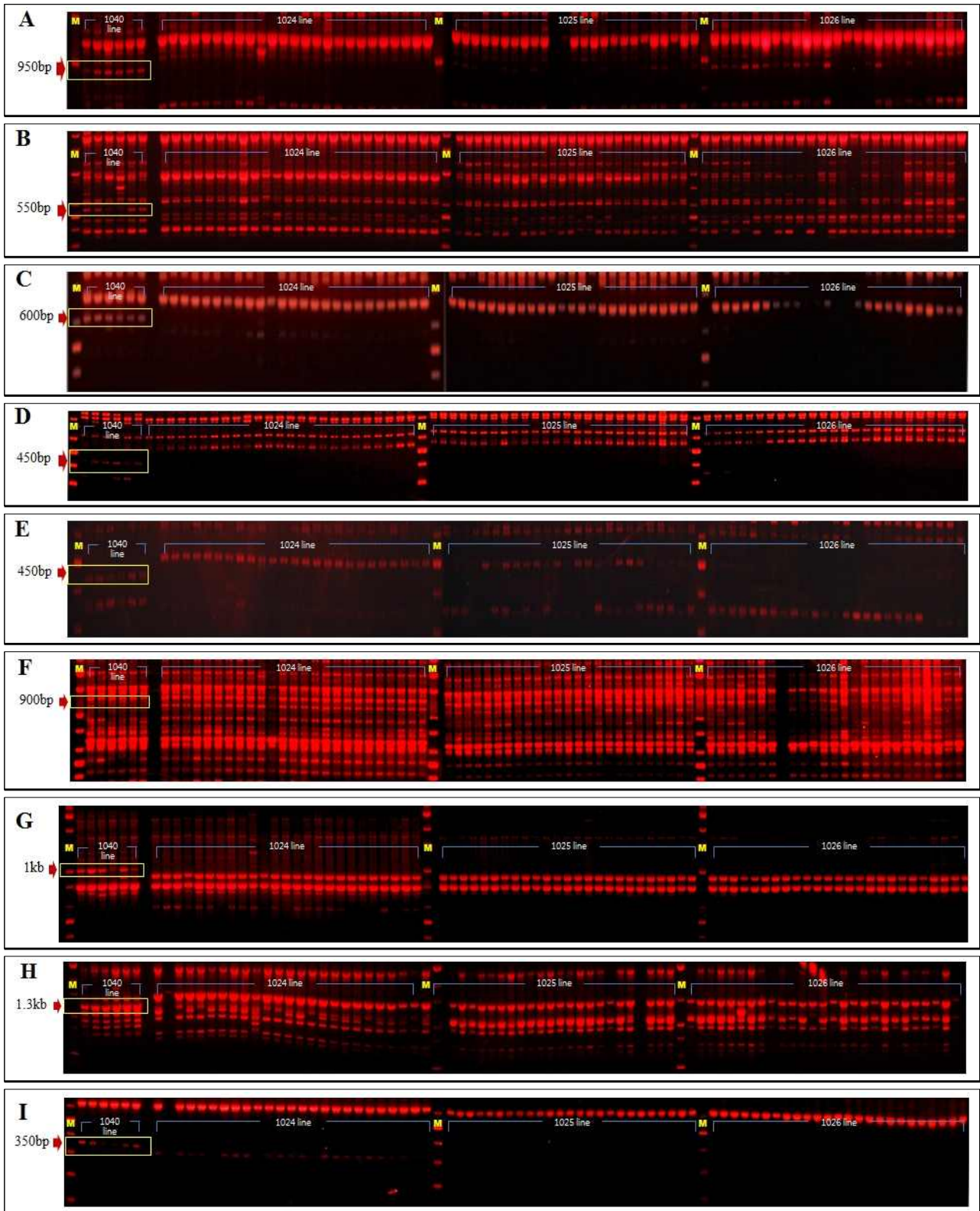


Fig. 22. RAPD profiles of carrot showing amplified bands in only hairy seed populations, 1040 line. (A) OPA-4, (B) OPA-18, (C) OPA-20, (D) OPL-3, (E) OPL-12, (F) OPL-20, (G) OPAN-1, (H) OPAN-16, (I) OPX-2.

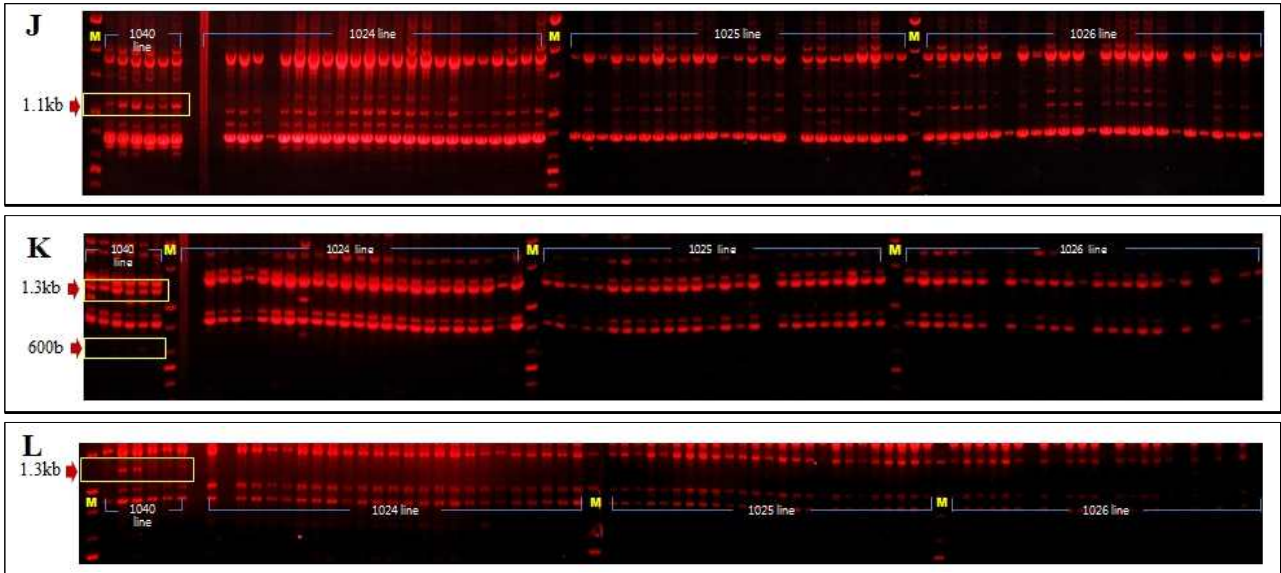


Fig. 22. Continued. (J) OPX-3, (K) OPX-4, (L) OPX-6.

(3) 선발된 특이적 RAPD fragment의 cloning 및 염기서열 분석

당근의 종자모 형질과 관련되어 다형성을 보인 RAPD fragment들을 전기영동 후 band를 MEGAquick-spinTMPCR and Agarose Gel DNA Extraction system (iNtRON, Korea)를 이용하여 추출하였다. Elution한 각 DNA를 pGEM-T easy vector system (Promega, USA)을 이용하여 cloning하고, *EcoR* I을 처리하여 크기를 확인하였다. 그리고 확인된 것들은 SP6와 T7 primer로 염기서열 분석을 하였다 (Macrogen Co., Korea). 염기서열 분석은 각 clone의 5' 양끝 부분으로부터 약 200 bp의 염기서열을 분석하였으며 종자모 관련 특이 RAPD 마커 18개 중 9개의 염기서열 분석을 완료하였다(Table 26). 마지막으로 염기서열 결과는 BLAST를 통하여 상동성 검사를 실시하였다. 한편 Random primer OPA-6, OPA-19, OPL-15, OPA-4, OPA-4, OPA-18, OPA-20, OPL-3, OPL-12, OPX-2로부터 얻은 특이 RAPD marker 들을 각각 OPA6₉₀₀, OPA19₅₈₀, OPL15₃₀₀, OPA4₉₅₀, OPA18₅₅₀, OPA20₆₀₀, OPL3₄₅₀, OPL12₄₅₀, OPX2₃₅₀으로 표기하였다. 염기서열 분석 결과 OPA6₉₀₀, OPL15₃₀₀, OPA4₉₅₀, OPA18₅₅₀, OPA20₆₀₀, OPL3₄₅₀, OPL12₄₅₀, OPX2₃₅₀들은 각 clone의 양끝 10 bases와 RAPD에 사용하였던 random primer의 sequence와 정확하게 일치하였다. 그리고 PCR products의 크기는 각각 904 bp, 558 bp, 586 bp, 306 bp, 942 bp, 615 bp, 406 bp, 435 bp, 355bp으로 확인 되었다 (Fig. 23). 그러나 OPA19₅₈₀는 clone의 한 쪽 끝부분에 2 bases 염기가 RAPD에 사용하였던 부분과 일치하지 않았으며 또한 OPAN-1로부터 얻은 clone의 한쪽부분에서는 primer와 일치하는 부분을 찾았지만, 다른 부분에서는 일치하지 않았다. 따라서 clone 내부에서 100% 일치하는 806bp 부분을 토대로 primer를 작성하였다.

Table 26. Sequencing analysis of 9 RAPD markers related to seed-hair characteristic.

Population	RAPD markers related to seed-hair length ^z		
Hairless and short-hair seed 1024, 1025, 1026 lines	OPA6 ₉₀₀	OPA19 ₅₈₀	OPL15 ₃₀₀
Hairy seed 1040 line	OPA4 ₉₅₀	OPA18 ₅₅₀	OPA20 ₆₀₀
	OPL3 ₄₅₀	OPL12 ₄₅₀	OPX2 ₃₅₀

^z9 out of 18 specific RAPD markers related to seed-hair length in hairless and short-hair seed lines No. 1024, 1025, 1026 compared with hairy seed line No. 1040.

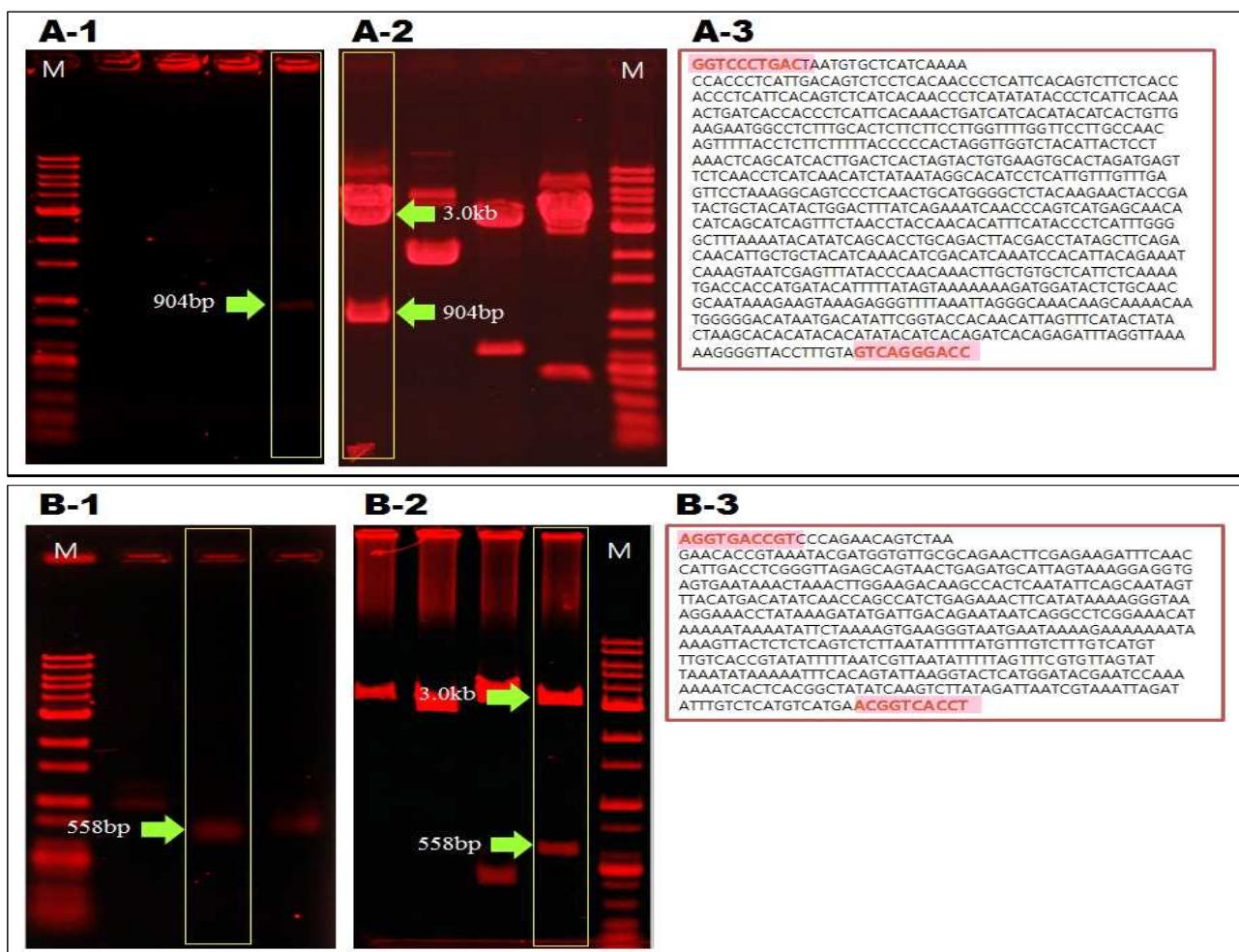


Fig. 23. Isolation and sequencing of DNA fragment obtained by specific RAPD markers. (A) Obtained PCR product from primer OPA-6 by elution. The PCR product using primer OPA-6 was cloned into pGEM-T easy vector and individual clone was analyzed by *EcoRI* digestion. DNA sequence of RAPD fragment from primer OPA-6. (B) Obtained PCR product from primer OPA-18 by elution. The PCR product using primer OPA-18 was cloned into pGEM-T easy vector and individual clone was analyzed by *EcoRI* digestion. DNA sequence of RAPD fragment from primer OPA-18.

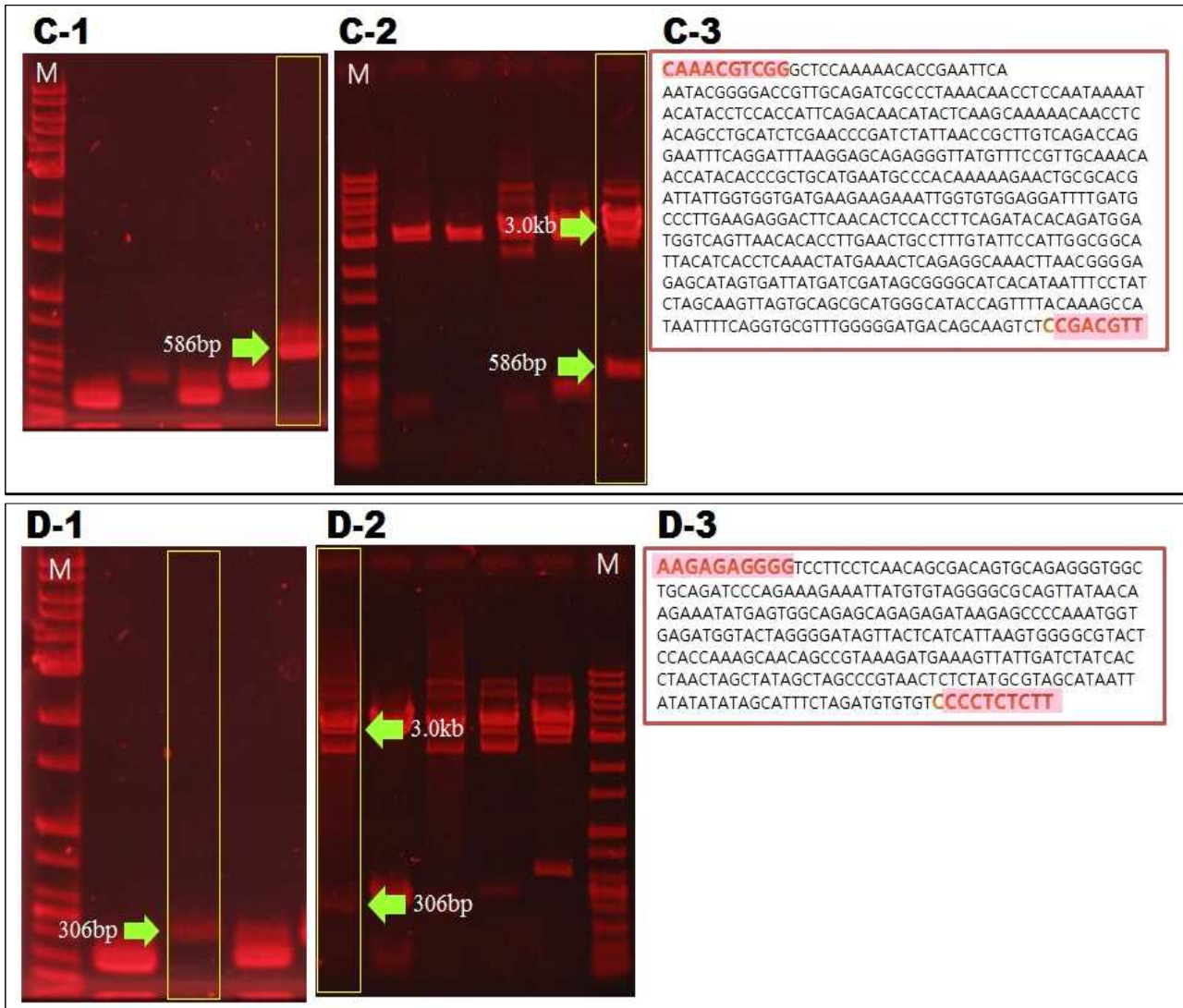


Fig. 23. Continued.

(C) Obtained PCR product from primer OPA-19 by elution. The PCR product using primer OPA-19 was cloned into pGEM-T easy vector and individual clone was analyzed by *EcoRI* digestion. DNA sequence of RAPD fragment from primer OPA-19. (D) Obtained PCR product using primer OPL-15 by elution. The PCR product from primer OPL-15 was cloned into pGEM-T easy vector and individual clone was analyzed by *EcoRI* digestion. DNA sequence of RAPD fragment from primer OPL-15.

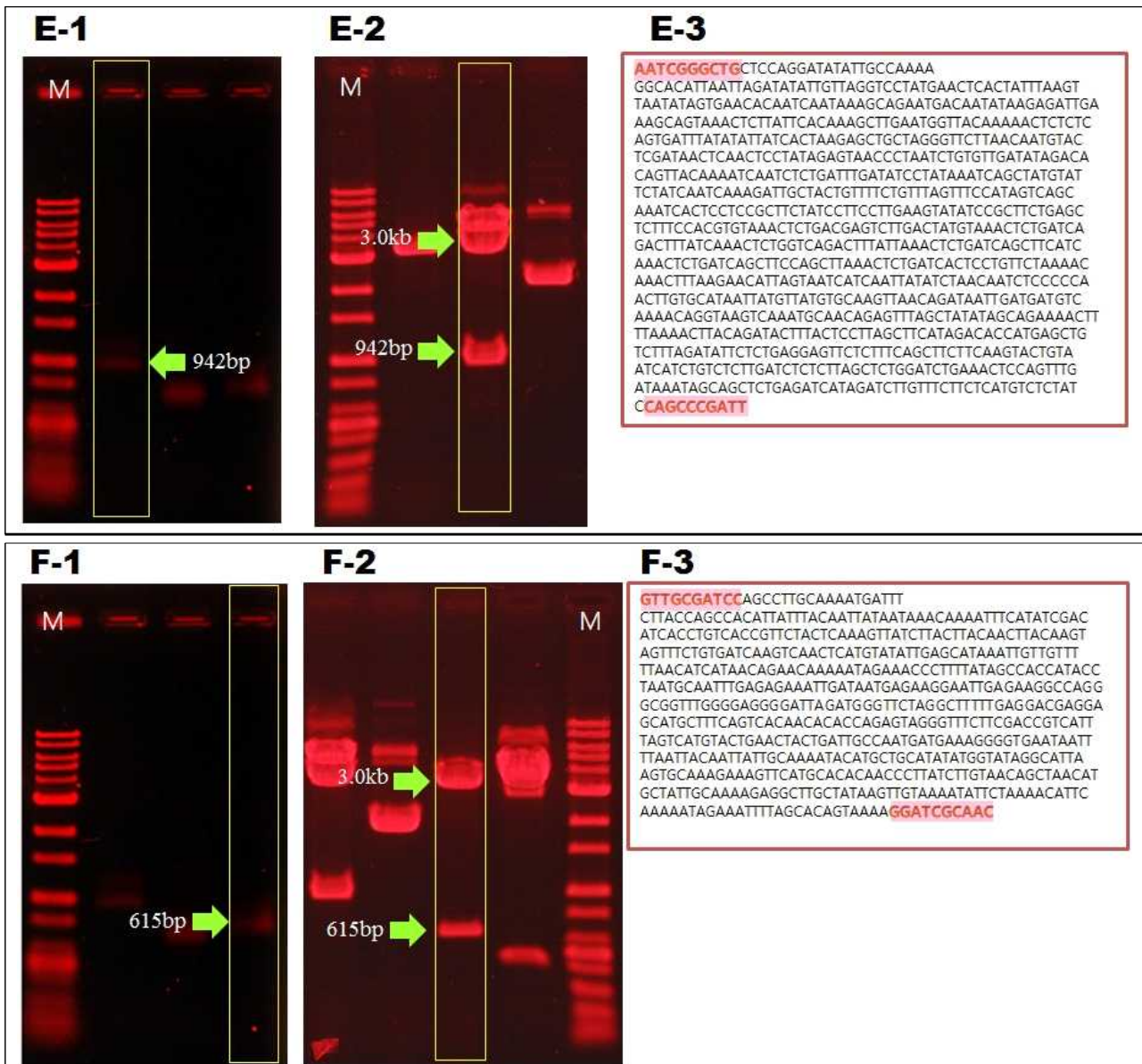


Fig. 23. Continued.

(E) Obtained PCR product from primer OPA-4 by elution. The PCR product using primer OPA-4 was cloned into pGEM-T easy vector and individual clone was analyzed by *EcoRI* digestion. DNA sequence of RAPD fragment from primer OPA-4. (F) Obtained PCR product from primer OPA-20 by elution. The PCR product using primer OPA-20 was cloned into pGEM-T easy vector and individual clone was analyzed by *EcoRI* digestion. DNA sequence of RAPD fragment from primer OPA-20.

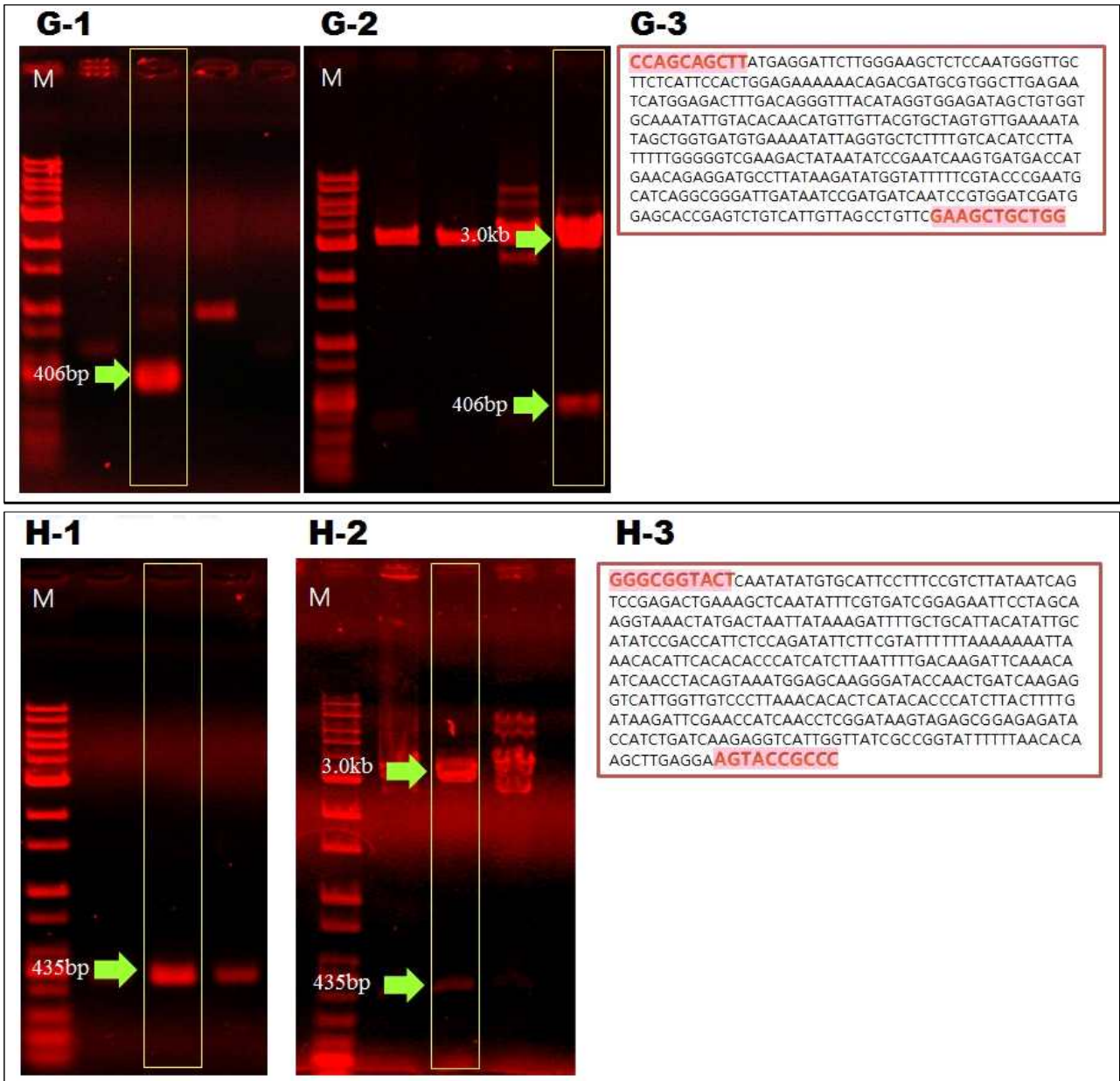


Fig. 23. Continued.

(G) Obtained PCR product from primer OPL-3 by elution. The PCR product using primer OPL-3 was cloned into pGEM-T easy vector and individual clone was analyzed by *EcoRI* digestion. DNA sequence of RAPD fragment from primer OPL-3. (H) Obtained PCR product from primer OPL-3 by elution. The PCR product using primer OPL-12 was cloned into pGEM-T easy vector and individual clone was analyzed by *EcoRI* digestion. DNA sequence of RAPD fragment from primer OPL-12.

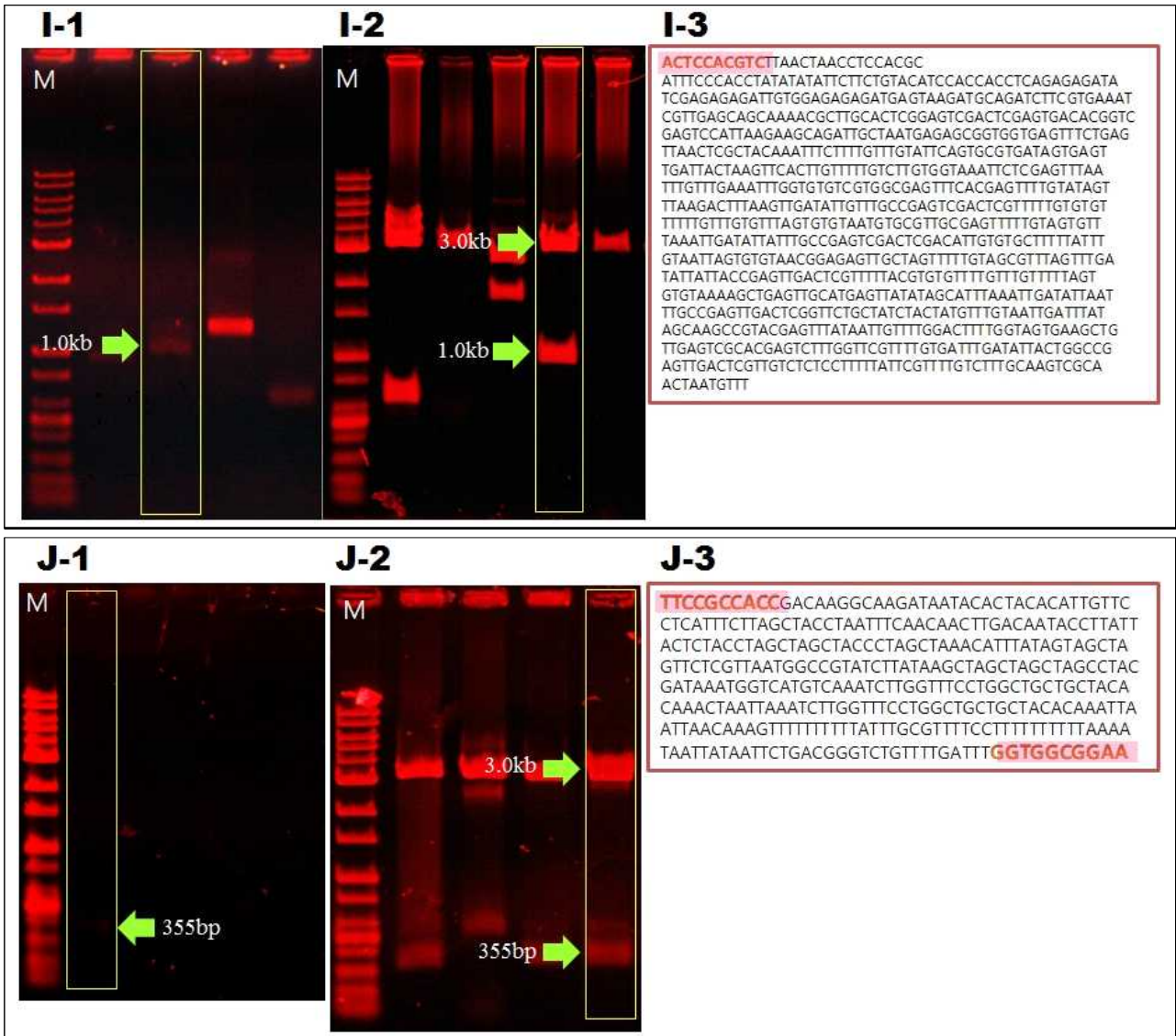


Fig. 23. Continued.

(I) Obtained PCR products from primer OPAN-1 by elution. The PCR product using primer OPAN-1 was cloned into pGEM-T easy vector and individual clone was analyzed by *EcoRI* digestion. DNA sequence of RAPD fragment from primer OPAN-1. (J) Obtained PCR product using primer OPX-2 by elution. The PCR product from primer OPX-2 was cloned into pGEM-T easy vector and individual clone was analyzed by *EcoRI* digestion. DNA sequence of RAPD fragment from primer OPX-2.

(4) 단모형 종자 표현형 1024, 1025, 1026 line 및 유모형 종자 표현형 1040 line과 1024 line selfing progeny 7021, 7029, 7042 line, 1025 line selfing progeny 7065, 7075 line, 1026 line selfing progeny 7009, 7100, 7111, 7114, 7116, 7118 line 및 1040 line selfing progeny 7208, 7209 line을 이용한 당근 종자모 형질 관련 SCAR 분자마커 개발

RAPD 분석은 gDNA상의 많은 곳에서 다양한 변이를 쉽게 검출할 수 있는 장점이 있는 반면, 짧은 random primer를 낮은 온도에 annealing 시키기 때문에 재현성이 낮다는 단점이 있다. 이러한 점을 극복하기 위하여 반복적인 실험을 통한 재현성 있는 RAPD band를 선발

해야 하고 필요에 따라 polyacrylamide gel 등을 통한 high-resolution 기법을 이용해야 하며, 선발된 RAPD marker의 염기서열 정보를 통해 primer의 길이(18-24mer)를 늘려주어 높은 재현성을 나타내는 SCAR marker로의 전환이 요구된다. 따라서 본 실험에서는 선발된 당근 종자 모 형질 관련 특이적 RAPD band중, 염기서열 분석을 완료한 9개의 RAPD 산물을 대상으로 2-4조합의 SCAR primer를 제작하였다(Table 27). OPA19₅₈₀, OPL3₄₅₀은 모든 sample에 SCAR primer를 적용하기 전에 몇 개의 sample을 임의로 선정하여 PCR 한 결과, 다형성을 확인 할 수 없어 더 이상 SCAR 실험을 진행하지 않았다. 나머지 RAPD marker들 OPA6₉₀₀, OPL15₃₀₀, OPA4₉₅₀, OPA18₅₅₀, OPA20₆₀₀, OPL3₄₅₀, OPL12₄₅₀, OPX2₃₅₀로부터 작성한 SCAR primer들은 무모 및 단모형 종자 표현형 line No. 1024, 1025, 1026과 유모형 종자 표현형 line No. 1040을 이용해 실험하였다(Fig. 24). SCN1을 제외한 각 SCAR primer들은 이전의 RAPD fragment와 같은 크기의 단일 band로 증폭되어졌다. SCA19₅₈₆, SCL15₃₀₆, SCA4₉₄₂, SCA20₆₁₅, SCL3₄₀₆, SCL12₄₃₅ 과 SCX2₃₅₅의 경우에는 유모형 종자 표현형 line과 무모 및 단모 종자 표현형 line 사이에서 다형성을 검정할 수 없었다. 또한 PCR 반응 후 RAPD 분석에서는 확인할 수 없었던 line에서 band가 증폭되어 나타났다. 이는 SCAR marker를 처음 제안한 Paran과 Michelmore(1993)의 RAPD marker를 SCAR marker로 전환하는 과정에서 나타나는 현상이라는 연구결과와 같은 현상이라고 생각된다. Agarose gel에서는 미세한 크기로 band가 분리되어 지지 않기 때문에 비슷한 크기의 DNA 단편들이 혼재되어 있을 수가 있다. 또한 짧은 random primer가 낮은 annealing 온도에서 비특이적으로 증폭되어 나타난 것으로 더 길고 특이적인 SCAR primer를 이용하였을 경우에는 엄격한 annealing 온도 조건하에 반응이 진행되어지기 때문에 primer와 gDNA간의 불일치로 인해 다형성이 사라진 것으로 판단된다.

반면, SCA6₉₀₄과 SCA18₅₅₃은 유모형 종자 표현형 line과 무모 및 단모형 종자 표현형 line 사이에서 특이적 다형성을 검정할 수 있었다. SCA6₉₀₄은 904bp 부근에서 무모 및 단모형 종자 표현형 line인 1024, 1025, 1026 line에서만, SCA18₅₅₃은 553bp 부근에서 유모형 종자 표현형 line인 1040 line에서만 특이적으로 증폭되어 쉽게 판별이 가능하였다. 또한, 무모 및 단모형 종자 표현형 1024 selfing progeny 7021, 7029, 7042 line, 1025 selfing progeny 7065, 7075 line, 1026 selfing progeny 7099, 7100, 7111, 7114, 7116, 7118 line과 유모형 종자 표현형 1040 selfing progeny 7208, 7209 line에 적용하였다 (Fig. 25). 개발된 이 당근 종자 특이적 SCAR marker(SCA6₉₀₄와 SCA18₅₅₃)들은 간편하게 PCR과 agarose gel 전기영동 장치를 통해 빠르고 쉽게 분석할 수 있을 것으로 보인다.

Table 27. Characteristics of the SCAR primers developed to distinguish hairless and short-hair with hairy seed lines in carrot.

RAPD primer	SCAR marker ^z	SCAR primer	Primer sequence ^y	Len -gth	TM (°C)
OPA6	SCA6 ₉₀₄	SCA6F ₁	<u>GGT CCC TGA CTA</u> ATG TGC TCA TCA AAA	27	66.6
		SCA6R ₁	<u>GGT CCC TGA CTA</u> CAA AGG TAA CCC	24	66.9
		SCA6F ₂	<u>GGT CCC TGA CTA</u> ATG TGC TCA TC	23	64.6
		SCA6R ₂	<u>GGT CCC TGA CTA</u> CAA AGG TAA CC	23	64.6
		SCA6F ₃	<u>GGT CCC TGA CTA</u> ATG TG	17	52.4
		SCA6R ₃	<u>GGT CCC TGA CTA</u> CAA AG	17	52.4
OPA19	SCA19 ₅₈₆	SCA19F ₁	<u>AAC GTC GGA GAC</u> TTG CTG TCA TCC	24	66.9
		SCA19R ₁	<u>CCA AAC GTC GGG</u> CTC CAA AAA CAC	24	66.9
		SCA19F ₂	<u>AAC GTC GGA GAC</u> TTG CTG TCA TC	23	64.6
		SCA19R ₂	<u>CAA ACG TCG GGC</u> TCC AAA AAC AC	23	64.6
		SCA19F ₃	<u>AAC GTC GGA GAC</u> TTG CTG TCA TCC C	25	69.1
		SCA19R ₃	<u>CAA ACG TCG GGC</u> TCC AAA AAC ACC G	25	69.1
OPL15	SCL15 ₃₀₆	SCL15F ₁	<u>AAG AGA GGG GTC</u> CTT CCT CAA CA	23	64.6
		SCL15R ₁	<u>AAG AGA GGG GAC</u> ACA CAT CTA GA	23	62.9
		SCL15F ₂	<u>AAG AGA GGG GTC</u> CTT CCT CAA	21	61.2
		SCL15R ₂	<u>AAG AGA GGG GAC</u> ACA CAT CTA	21	59.5
OPA4	SCA4 ₉₄₂	SCA4F ₁	<u>AAT CGG GCT GGA</u> TAG AGA CAT GAG	24	65.2
		SCA4R ₁	<u>AAT CGG GCT GCT</u> CCA GCA TAT ATT G	25	65.8
		SCA4F ₂	<u>AAT CGG GCT GGA</u> TAG AGA CAT GA	23	62.9
		SCA4R ₂	<u>AAT CGG GCT GCT</u> CCA GCA TAT AT	23	62.9
		SCA4F ₃	<u>AAT CGG GCT GGA</u> TAG AGA CAT GAG AAG	27	68.2
		SCA4R ₃	<u>AAT CGG GCT GCT</u> CCA GGA TAT ATT GC	26	67.9
OPA18	SCA18 ₅₅₃	SCA18F ₁	<u>AGG TGA CCG TCC</u> CAG AAC AGT CTA A	25	67.4
		SCA18R ₁	<u>AGG TGA CCG TTC</u> ATG ACA TGA GAC AAA T	28	67.2
		SCA18F ₂	<u>AGG TGA CCG TCC</u> CAG AAC AGT	21	63.2
		SCA18R ₂	<u>AGG TGA CCG TTC</u> ATG ACA TGA GA	23	62.9
OPA20	SCA20 ₆₁₅	SCA20F ₁	<u>GTT GCG ATC CAG</u> CCT TGC AAA ATG	24	65.2
		SCA20R ₁	<u>GTT GCG ATC CTT</u> TTA CTG TGC TAA AAT	27	63.7
		SCA20F ₂	<u>GTT GCG ATC CAG</u> CCT TGC AAA ATG ATT T	28	67.2
		SCA20R ₂	<u>GTT GCG ATC CTT</u> TTA CTG TGC TAA AAT TTC T	31	66.8

^z The subscript number refers to the size in bp of the amplified SCAR product.

^y The underlined nucleotides represent the sequence of the original RAPD primer.

Table 27. Continued.

RAPD primer	SCAR marker ^z	SCAR primer	Primer sequence ^y	Len -gth	TM (°C)
OPL3	SCL3 ₄₀₆	SCL3F ₁	<u>CCA GCA GCT TAT</u> GAG GAT TCT TGG	24	65.2
		SCL3R ₁	<u>CCA GCA GCT TCG</u> AAC AGG CTA ACA	24	66.9
		SCL3F ₂	<u>CCA GCA GCT TAT</u> GAG GAT TCT TG	23	62.9
		SCL3R ₂	<u>CCA GCA GCT TCG</u> AAC AGG CTA AC	23	66.6
		SCL3F ₃	<u>CCA GCA GCT TAT</u> GAG GAT TCT TGG G	25	67.4
		SCL3R ₃	<u>CCA GCA GCT TCG</u> AAC AGG CTA ACA A	25	67.4
OPL12	SCL12 ₄₃₅	SCL12F ₁	<u>GGG CGG TAC TTC</u> CTC AAG CTT	21	63.2
		SCL12R ₁	<u>GGG CGG TAC TCA</u> ATA TAT GTG CAT	24	63.6
		SCL12F ₂	<u>GGG CGG TAC TTC</u> CTC AAG CT	20	62.5
		SCL12R ₂	<u>GGG CGG TAC TCA</u> ATA TAT GTG CA	23	62.9
		SCL12F ₃	<u>GGG CGG TAC TTC</u> CTC AAG CTT GTG	24	68.5
		SCL12R ₃	<u>GGG CGG TAC TCA</u> ATA TAT GTG CAT	24	63.6
		SCL12F ₄	<u>GGG CGG TAC TTC</u> CTC AAG CTT GTG	24	68.5
		SCL12R ₄	<u>GGG CGG TAC TCA</u> ATA TAT GTG CAT TCC	27	68.2
OPX2	SCX2 ₃₅₅	SCX2F ₁	<u>TTC CGC CAC CAA</u> ATC AAA ACA GAC CC	26	67.9
		SCX2R ₁	<u>TTC CGC CAC CGA</u> CAA GGC AAG ATA	24	66.9
		SCX2F ₂	<u>TTC CGC CAC CAA</u> ATC AAA ACA GAC	24	63.6
		SCX2R ₂	<u>TTC CGC CAC CGA</u> CAA GGC AA	20	62.5
OPAN1	SCN1	SCN1F ₁	GAG AGA TTG TGG AGA GAG ATG AGT	24	63.6
		SCN1R ₁	AAA CAT TAG TTG CGA CTT GCA AAG ACA	27	63.7

^z The subscript number refers to the size in bp of the amplified SCAR product.

^y The underlined nucleotides represent the sequence of the original RAPD primer.

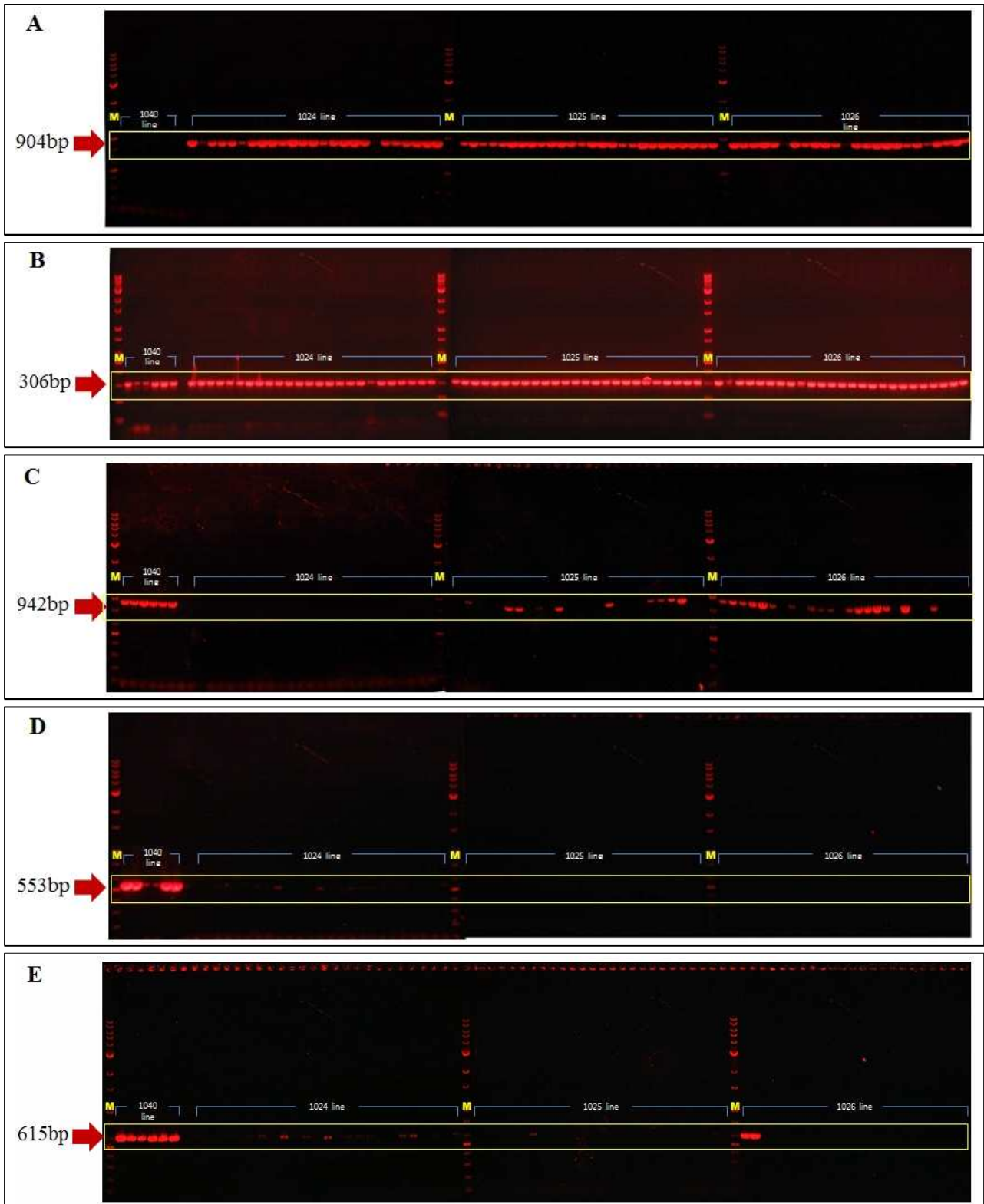


Fig. 24. Amplification of genomic DNA from hairless and short-hair seed 1024, 1025, 1026 lines and hairy seed 1040 line using SCAR primers. M, 1 kb plus DNA ladder. (A) SCA6F₁ and SCA6R₁, (B) SCL15F₁ and SCL15R₁, (C) SCA4F₁ and SCA4R₁, (D) SCA18F₁ and SCA18R₁, (E) SCA20F₁ and SCA20R₁.

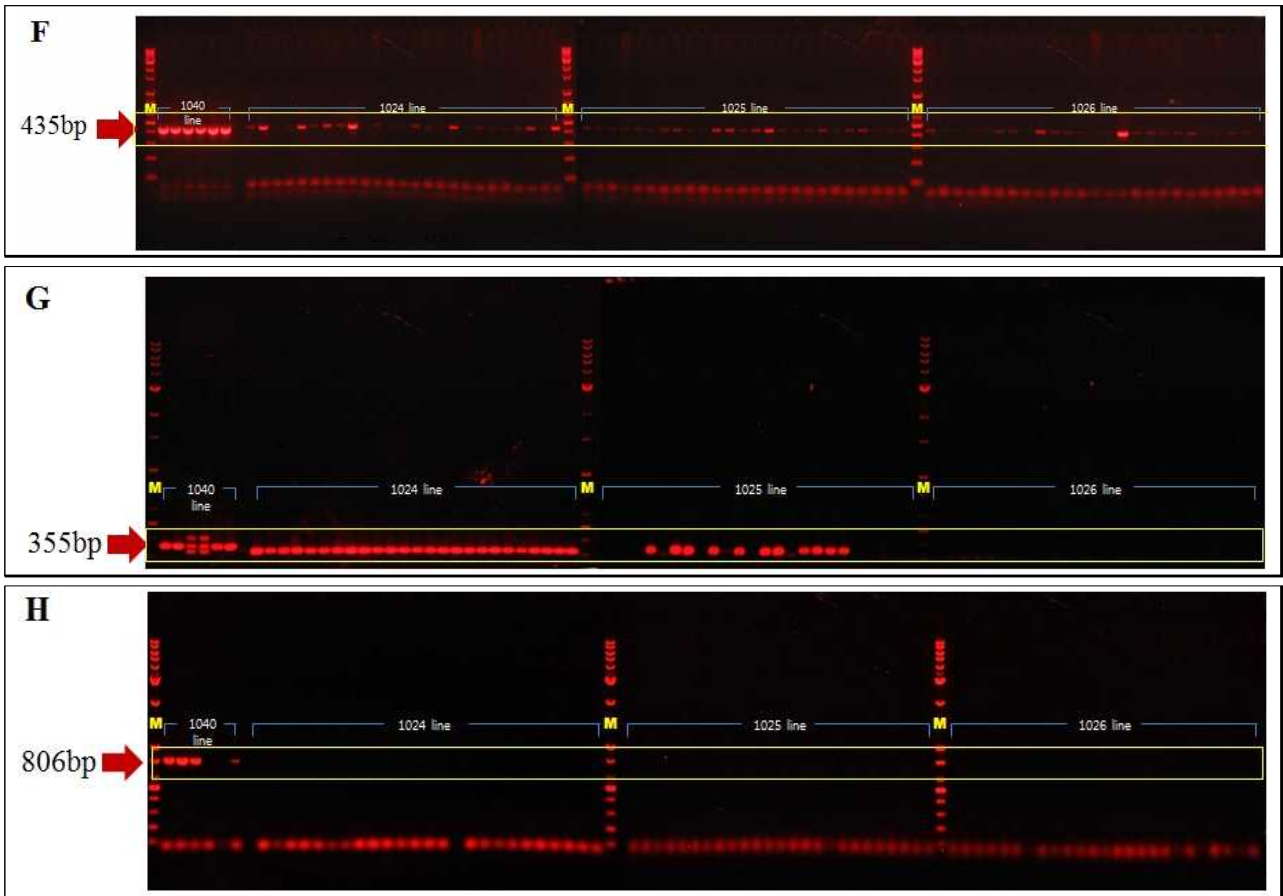


Fig. 24. Continued. (F) SCL12F₁ and SCL12R₁, (G) SCX2F₁ and SCX2R₁, (H) SCN1F₁ and SCN1R₁.

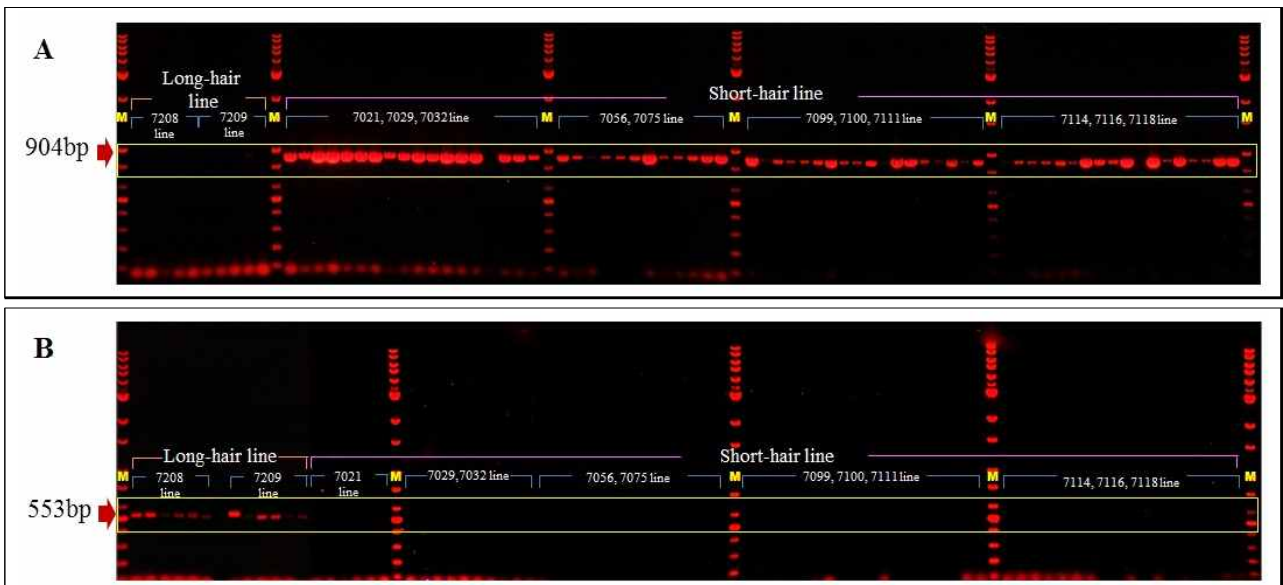


Fig. 25. Amplification of genomic DNA from hairless and short-hair seed 7021, 7028, 7032, 7056, 7075, 7099, 7100, 7111, 7114, 7116, 7118 lines and hairy seed 7208, 7209 lines using SCAR primers. M, 1 kb plus DNA ladder. (A) SCA6F₁ and SCAR6R₁, (B) SCA18F₁ and SCA18R₁.

5. 5차년도 무모계 종자 관련 SCAR 분자마커 개발 및 후대검정

가. 목적

RAPD 분자마커 기술은 간편하게 이용할 수 있고, 빠른 시간에 적용할 수 있는 장점을 가지고 있다. 분자마커 개발을 효율적으로 적용하기 위해, 먼저 RAPD 분석을 통하여 당근 population별 개체들 간의 다형성을 분석한 후, RAPD 분자마커의 재현성 문제를 극복하기 위해 종자모 형질과 관련된 특이적 band를 SCAR 마커의 개발을 시도하였다. 또한 무모 및 단모 종자 품종 감별을 위해 개발된 SCAR 마커의 정확성 검정을 위해 후대검정을 수행하고자 하였다. 이러한 시도는 대부분이 우성인 RAPD 마커의 한계점을 공우성 SCAR 마커로 전환하여 후대 집단에 대한 정보를 더욱 많이 얻을 수 있게 되어서 gene mapping등에 활용될 수 있으리라 기대된다.

나. 재료 및 방법

(1) 3차년도 계통인 단모형 종자 표현형 659 line의 selfing progeny 1024, 1025, 1026 line 및 유모형 종자 표현형 677 line의 selfing progeny 1040 line과 4차년도 계통 단모형 종자 표현형 1026 line selfing progeny 7111, 7114, 7118 line, 단모형 종자 표현형 1029 line sib cross progeny 7159 line 및 유모형 종자 표현형 1040 line selfing progeny 7208, 7209 line을 이용한 당근 종자모 형질과 관련된 특이적 RAPD 분자마커를 이용한 SCAR 분자마커로의 전환을 위한 재현성 확인

단모형 종자 표현형을 보이는 것으로 확인된 659-1, 659-2, 659-3 개체들의 selfing progeny 1024, 1025, 1026 line과 유모형 종자 표현형 개체 677-14의 selfing progeny 1040 line, 4차년도 계통 단모형 종자 표현형 1026 line selfing progeny 7111, 7114, 7118 line, 단모형 종자 표현형 1029 line sib cross progeny 7159 line 및 유모형 종자 표현형 1040 line selfing progeny 7208, 7209 line로부터 DNeasy Plant Mini Kit (QIAGEN, USA) 를 이용하여 gDNA를 분리하여 RAPD 실험을 수행하였다. RAPD 실험은 3차년도 RAPD 실험을 통해 다형성이 확인된 Operon(Operon Technologies, Alameda, CA, USA)에서 제조된 OPAN1, OPAN2, OPAN11, OPX3, OPX4 4개의 random primer를 추가적으로 재현성 확인을 위한 실험을 하였다. PCR 반응액은 Maxime PCR PreMix(iNtRON BIOTECHNOLOGY, Korea) (2.5mM dNTPs, 10X reaction Buffer, 2.5units i-TaqTMTaq polymerase)에 gDNA 50ng과 random primer 10pmol을 첨가하여 총 반응액을 20 μ L로 조성하였다. PCR 반응은 94 $^{\circ}$ C에서 3분간 초기 변성(pre-denaturing)후, 94 $^{\circ}$ C에서 1분(denaturing), 37 $^{\circ}$ C에서 1분(annealing), 72 $^{\circ}$ C에서 2분간(extension) 과정을 40회 반복 수행한 다음 72 $^{\circ}$ C에서 10분간 처리하였다. 증폭된 PCR 산물은 1.5% agarose gel [1X TBE (0.89 M Tris-Hcl pH 8.0, 0.89M boric acid, 0.02M EDTA pH 8.0)] 에서 150V로 150분간 전기 영동하여 다형성을 확인하였다. RAPD 실험을 통해 종자모 형질 관련 특이적 band 확인 후, SCAR 마커로의 전환을 수행하였다.

(2) 선발된 특이적 RAPD fragment의 cloning 및 염기서열 분석

Operon primer를 이용하여 PCR을 수행한 product들을 전기영동하여 UV transilluminator에서 당근 종자모 형질 특이적 band 여부와 크기를 확인한 다음 선발된 band

를 MEGAquick-spinTMPCR and Agarose Gel DNA Extraction system (iNtRON, Korea)을 이용하여 추출하였다. 먼저 elution한 각 DNA를 pGEM-T easy vector system (Promega, USA)을 이용하여 ligation하였다. 3 μ L DNA와 1 μ L pGEM-T easy vector, 1 μ L T4 ligase 그리고 5 μ L T4 Rapid 2X buffer를 첨가하여 4 $^{\circ}$ C에서 16시간 이상 반응시켰다. 5 μ L ligation mixture를 competent cell (*E.coli* dH10 β) 100 μ L에 혼합하여 transformation시켰다. DNA가 삽입된 transformant를 선별하기 위해 50 μ g/ml ampicillin과 40 μ g/mL X-gal이 첨가된 LB배지에 도말하였다. 그 후 37 $^{\circ}$ C에서 16시간 배양하여 white colony를 선별하였다. *E.coli*에 형질 전환된 clone을 50 μ g/mL ampicillin를 첨가한 LB액체 배지 5mL에 37 $^{\circ}$ C에서 16시간 배양 후 EZ-10 Spin column Plasmid DNA MiniPreps Kit (Bio Basic Inc., Canada)를 이용하여 plasmid DNA를 분리하였다. 분리된 plasmid DNA는 *Eco*R I을 처리하여 37 $^{\circ}$ C에서 1시간 동안 반응시킨 후 1% agarose gel에서 cloning 여부를 확인한 다음 염기서열 분석을 하였다(Macrogen Co., Korea). Cloning과 염기서열 분석이 완료된 DNA단편들은 National Center for Biotechnology Information (NCBI)의 Blast program과 CLC Sequence Viewer (Ver. 6.6.2, CLC Bio, Denmark)의 alignment 기능을 이용하여 분석된 염기서열 간 상동성을 비교 하였다.

(3) 3차년도 계통인 단모형 종자 표현형 659 line의 selfing progeny 1024, 1025, 1026 line과 유모형 종자 표현형 677 line의 selfing progeny 1040 line과 4차년도 계통 단모형 종자 표현형 1026 line selfing progeny 7111, 7114, 7118 line, 단모형 종자 표현형 1029 line sib cross progeny 7159 line 및 유모형 종자 표현형 1040 line selfing progeny 7208, 7209 line을 이용한 당근 종자모 형질과 관련된 특이적 RAPD 분자마커를 이용한 SCAR 분자마커 개발

선발된 당근 종자모 형질 특이적 RAPD 마커의 sequencing을 통한 염기서열 분석 결과를 토대로 선발된 primer의 10개 염기를 포함하여 24-28 mer 크기의 SCAR primer를 작성하였다. PCR 반응은 Maxime PCR PreMix(iNtRON BIOTECHNOLOGY, Korea) (2.5mM dNTPs, 10X reaction Buffer, 2.5units i-TaqTMTaq polymerase)에 gDNA 50ng과 SCAR primer 10pmol을 첨가하여 총 20 μ L로 조성하여 진행하였다. PCR 반응은 95 $^{\circ}$ C에서 5분간 초기 변성(pre-denaturing)후, 94 $^{\circ}$ C에서 45초(denaturing), 50-69 $^{\circ}$ C에서 45초(annealing), 72 $^{\circ}$ C에서 1분간(extension) 과정을 35회 반복 수행한 다음 72 $^{\circ}$ C에서 7분간 처리하였다. 증폭된 PCR 산물은 1.5% agarose gel에서 150V로 150분간 전기영동을 통하여 확인하였다. 먼저 무모 및 단모형 종자 표현형을 보이는 것으로 확인된 No. 1024, 1025, 1026 line과 No.1024-8 line의 selfing progeny 7021 line, No. 1024-19 line의 selfing progeny 7029 line, No. 1024-32 line의 selfing progeny 7042 line, No. 1025-14 line의 selfing progeny 7065 line, No.1026-17의 selfing progeny 7111, No.1026-21의 selfing progeny 7114, No.1026-23의 selfing progeny 7116, No.1026-26의 selfing progeny 7118 line, 1029의 sib corss progeny 7159 line과 유모형 종자 표현형을 보인 1040 line의 selfing progeny 7208, 7209 line을 이용해 SCAR 마커 개발을 수행하였다.

(4) 당근 종자모 형질과 관련하여 개발된 SCAR 분자마커의 후대검정

선발된 당근 종자모 형질과 관련된 SCAR 마커의 정확성 및 효율성을 검정하기 위해 4차년도와 5차년도 계통을 이용하여 후대검정을 수행하였다. PCR 반응은 Maxime PCR

PreMix(iNtRON BIOTECHNOLOGY, Korea) (2.5mM dNTPs, 10X reaction Buffer, 2.5units i-TaqTMTaq polymerase)에 gDNA 50ng과 SCAR primer 10pmol을 첨가하여 총 20 μ L로 조성하여 진행하였다. PCR 반응은 95 $^{\circ}$ C에서 5분간 초기 변성(pre-denaturing)후, 94 $^{\circ}$ C에서 45초(denaturing), 50-69 $^{\circ}$ C에서 45초(annealing), 72 $^{\circ}$ C에서 1분간(extension) 과정을 35회 반복 수행한 다음 72 $^{\circ}$ C에서 7분간 처리하였다. 증폭된 PCR 산물은 1.5% agarose gel에서 150V로 150분간 전기영동을 통하여 확인하였다. 먼저 무모 및 단모형 종자 표현형을 보이는 것으로 확인된 1024, 1025, 1026 line과 무모종자 표현형을 보이는 1026의 selfing progeny 7111, 7114, 7118 line, 1029의 sib corss progeny 7159 line를 이용해 개발된 SCAR 마커를 이용하였고, 이 계통의 다음 세대를 통해 SCAR 마커의 정확성 및 효율성을 검정하였다. 4차년도 계통은 No.1024-8 line의 selfing progeny 7021 line, No.1024-19 line의 selfing progeny 7029 line, No. 1024-32 line의 selfing progeny 7042 line, No.1025-14 line의 selfing progeny 7065 line, No.1026-17의 selfing progeny 7111, No.1026-21의 selfing progeny 7114, No.1026-23의 selfing progeny 7116, No.1026-26의 selfing progeny 7118 line, 유모형 종자 표현형을 보인 1040 line과 selfing progeny 7208, 7209 line을 이용하였다. 5차년도 계통은 단모 및 무모종자 표현형을 보이는 No.7111-4의 selfing progeny 9087 line, No.7111-7의 selfing progeny 9090line, No. 7114-1의 selfing progeny 9095 line, No. 7114-6의 selfing progeny 9099 line, No. 7114-7의 selfing progeny 9100 line, No. 7118-1의 selfing progeny 9114 line, No. 7118-2의 selfing progeny 9115 line, No. 7118-4의 selfing progeny 9117 line, No. 7118-7의 selfing progeny 9119 line과 유모형 종자 표현형을 보이는 No. 7208의 selfing progeny 9182 line을 이용하여 개발된 SCAR 마커의 후대검정을 수행하였다.

다. 결과 및 분석

(1) 3차년도 계통인 단모형 종자 표현형 659 line의 selfing progeny 1024, 1025, 1026 line 및 유모형 종자 표현형 677 line의 selfing progeny 1040 line과 4차년도 계통 단모형 종자 표현형 1026 line selfing progeny 7111, 7114, 7118 line, 단모형 종자 표현형 1029 line sib cross progeny 7159 line 및 유모형 종자 표현형 1040 line selfing progeny 7208, 7209 line을 이용한 당근 종자모 형질과 관련된 특이적 RAPD 분자마커를 이용한 SCAR 분자마커로의 전환을 위한 재현성 확인

단모형 종자 표현형을 보이는 것으로 확인된 659-1, 659-2, 659-3 개체들의 selfing progeny 1024, 1025, 1026 line과 유모형 종자 표현형 개체 677-14의 selfing progeny 1040 line, 4차년도 계통 단모형 종자 표현형 1026 line selfing progeny 7111, 7114, 7118 line, 단모형 종자 표현형 1029 line sib cross progeny 7159 line 및 유모형 종자 표현형 1040 line selfing progeny 7208, 7209 line을 이용하여 특이적 RAPD 마커의 재현성을 검정한 후, 보다 정확한 SCAR 마커로의 전환을 수행하기 위한 실험을 수행하였다(Table 28). 특이적 RAPD 마커의 재현성 검정은 OPERON random primer OPAN1_{1,0}, OPAN2_{1,2}, OPAN11₆₂₀, OPX3_{1,1}, OPX4₆₀₀, OPX4_{1,3}을 이용하여 재현성 검정을 수행하였다(Fig. 26). 그 결과 유모형 종자 표현형에 계통에서 특이적인 band를 보이는 OPAN1_{1,1} 과 무모형 종자 표현형 계통에서 특이적인 band를 보이는 OPAN2_{1,2}가 종자모 형질과 관련 있고, 재현성을 나타내는 특이적인 RAPD 마

커로 확인되었다. 특이적인 마커로 확인된 이들 RAPD 마커를 이용하여 SCAR 마커 개발에 이용하였다. 특이적인 RAPD 마커로 확인되었던 OPAN11₆₂₀, OPX3_{1.1}, OPX4₆₀₀, OPX4_{1.3}은 RAPD 재현성 실험 결과 재현성이 확인되지 않아 SCAR 마커로의 전환을 수행하지 않았다.

Table 28. The list of RAPD primers showed specific polymorphism between hairless and short-hair seed line and hairy seed line.

Line	RAPD primer	Sequence	Amplicon size (bp)
Hairless and short-hair seed line	OPAN-2	CAC CGC AGT T	1200
	OPAN-11	GTC CAT GCA G	620
Hairy seed line	OPAN-1	ACT CCA CGT C	1000
	OPX-3	TGG CGC AGT G	1100
	OPX-4	CCG CTA CCG A	600
	OPX-4	CCG CTA CCG A	1300

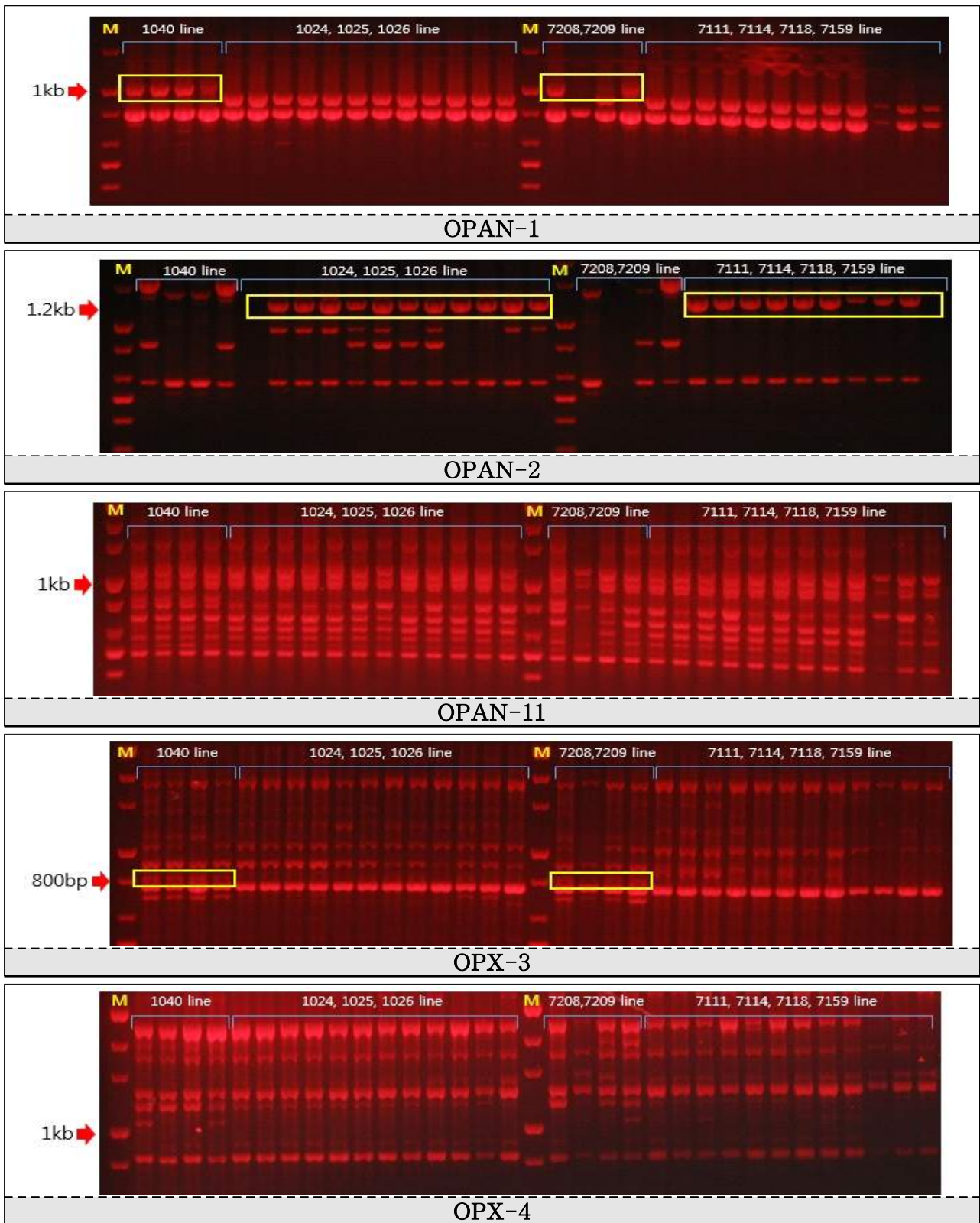


Fig. 26. RAPD reproducibility analysis of 1024, 1025, 1026 lines and 1040 line as a control line and 1026 selfing progeny 7111, 7114, 7118 lines, 1029 sib cross progeny 7159 and 1040 selfing progeny 7208, 7209 lines using specific RAPD primers.

(2) 선발된 특이적 RAPD fragment의 cloning 및 염기서열 분석

RAPD 실험을 통해 확인된 당근의 종자모 형질과 관련되어 특이적 다형성을 보인 RAPD fragment들을 전기영동 후 band를 MEGAquick-spin™PCR and Agarose Gel DNA Extraction system (iNtRON, Korea)를 이용하여 추출하였다. Elution한 각 DNA를 pGEM-T easy vector system (Promega, USA)을 이용하여 cloning하고, *EcoR* I을 처리하여 크기를 확인하였다. 그리고 확인된 것들은 SP6와 T7 primer로 염기서열 분석을 하였다 (Macrogen Co., Korea). 염기서열 분석은 각 clone의 5' 양끝 부분으로부터 약 200 bp 염기서열을 분석하였으며 종자모 관련 특이적 OPAN1, OPAN2 RAPD 마커의 염기서열 분석을 완료하였다. 마지막으로 염기서열 결과는 BLAST를 통하여 상동성 검사를 실시하였다. 한편 Random primer OPAN1, OPAN2 로부터 얻은 특이 RAPD marker들을 각각 OPAN1_{1.1}, OPAN2_{1.2} 로 표기하였다. 염기서열 분석 결과 OPAN1_{1.0}, OPAN2_{1.2}들은 각 clone의 양끝 10 bases와 RAPD에 사용하였던 random primer의 sequence와 정확하게 일치하였다. 그리고 PCR products의 크기는 각각 972 bp, 1221bp으로 확인 되었다 (Fig. 27). 염기서열 결과를 이용하여 종자모 형질관련 SCAR 마커 개발을 위해 primer를 제작하였다.

<pre> 1 <u>ACTCCAGGCTTAACTAACCTCCACGCAITTCACCTATATATATCTCTGTACATCCACC</u> 61 ACCTCAGAGAGATATOCAGAGAGATTGTGGAGAGAGATGAGTAAGATGCAGATCTTCGTGAAA 121 TCGITGAGCAGCAAAAACGCTTCGACTCGGAGTCGACTCGAGTGACACGGTCGAGTCCATTAAAG 181 AAGCAGATTGCTAATGAGAGCGGTGGTGGAGTTCTGAGTTAACTCGCTACAAAATTCITTTTGT 241 TTGTAITCAGTGGCGTGTAGTGTGATTACTAAGTTCAGTTTGTCTGTGGTAAATTT 301 TCGAGTTAAATTTGTTGAAAATTTGGTGTGCTGGCGAGTTTCAACGAGTTTGTATAGT 361 TTAAGACTTTAAGTTGATAITGTTTCCGAGTCGACTCGTTTTTGTGTGTTTTTGTGTTG 421 TTTAGTGTGTAATGTGCGTTGCGAGTTTTTGTAGTGTAAATGATAITATTGCGGAGTCG 481 ACTCGACATTGTGTCTTTTATTTGTAATTAGTGTAAACGGAGAGTTGCTAGTTTTGTAG 541 CGTTTAGTTTGTATATTACCAGAGTTCGACTCGTTTTTACGTGTGTTTTGTTGTTTTAG 601 TGTGTAAGAGCTGAGTTGCATGAGTTTTATAGCATTAAATGATATTAATTTGCGAGTTGA 661 CTCGGTCTGCTATCTACTATGTTTGTAAATGATTATAGCAAGCGTAOGAGTTATAAATG 721 TTTTGGACTTTTGTGTAAGCTGTGAGTCGACGAGTCTTTGGTTCGTTTTGTGATTTGA 781 TATTACTGGCCGAGTTGACTCGTTGCTCTCCTCTTTTATCGTTTTGCTTTGCAAGTCGC 841 AACTAATGTTAGTTAGTTTAGCGAGTTGACTCAGTATTATTTATCGTGTTTATGATCAAGTG 901 TAGCACTGTGCTAAGCGAGAGITGCTACTCTTTTGTGCTGTTTTGTTTCTCTAGTATTGCGG 961 <u>CTGACGTGGAGT</u> OPAN-1 </pre>	<pre> 1 <u>CACCGCAGTTATCAGTAGATATGGAGTTACTGACCCAACTGAAGCGTTACTGAATGTGA</u> 61 GACAGCAGCAAGATGGCCAAACCATGTTTTTGGAGGTGTTGATTCAATGGATGGGACTTTC 121 CTCTGTCTGAAGCAACATGGGAACAACCTGGATGAAATGCAATTGCGATTTCCGGAGTTCC 181 ACCTTGAGGACAAGGTGCGTGTTTGGGCAGCGGGTAATGCGAGTGAACCTCCACTAGTAACC 241 CAGGTGGCACAACAGGAACCCTCATTTTGATTACTTATGTTAGAGCTGGAGGCAAGGGCA 301 AAAAGGGGAATTCAGTAGGAGCACTAGTAATGCTGTGAAGGGGATATAAGGACAAGGC 361 ATTAGAGAGAATGAATTAATGAGAATGTAGCCTGTTTTATTACTTCTCTTTGGGAGT 421 GAGGGCCACTCGAAGAGCCTGTGTTATCTGTGTTCCCGTTGTAATCAGAAAACCCCTATTA 481 TCTAGCCOCTATTTCTATTAAGCAATGAGTTTTCATTCAGTCTATACCACAGTATGATGA 541 TTATTCGGCACAATAATCACTAATACACAACITTTCTTTTAAATAAATTCGAAAATAAATA 601 TCATGTGGCAAGATTCAGACTGTTCAAATCGGCTCAAATATACACAAAAATAAAAAATAC 661 AAAGTGCACAAATATTTCTCTAGTCGACCGATATATATGTTCAACCTGACATAATCCCA 721 GCTCAATATTTGACCCAAACATAGCTATTCATCACAACACTACTGTATTATTTAAATAA 781 AAATCCAAAGTAGACAGATAATAGCTCATGCATCCCCGTCATGCATGACTTGAAAATTT 841 TAAAACCTGAATTCAAAAATAAAAAGCAGTACATATCTATTTTGTGGTTACACAATAACA 901 TCGATTGCCACGTATTCGAGTGTGCTACGTGTTGGTCCAGAGAGAAAAGCCGGGTAC 961 TATTTGACAATGGCCCTGTTTGGGAAAACGGAATCAGCTTCTGCTTCTGGCTTCTGCTTTT 1021 CTTGACCCGTTTTGTGTAAGAAAACAGAAGCACTTTTAAAGAGCTGAGAATGCTAGCTTCT 1081 CTCTCAGCGCTTCTGCTTCTTTTCAAACCTAATTACTTCCCACTCTACTTCACTTCTTTA 1141 TTTAAGCAAAAATCCCTTTTTTTAGCTTGCCAAACGGCCCAAAATGTTTGAACAGAACT 1201 ATCTAGTTACGAACCTCGGGT OPAN-2 </pre>
OPAN-1	OPAN-2

Fig. 27. Nucleotide sequence of the specific RAPD fragment amplified with OPAN1 and OPAN2 primer.

(3) 3차년도 계통인 단모형 종자 표현형 659 line의 selfing progeny 1024, 1025, 1026 line 및 유모형 종자 표현형 677 line의 selfing progeny 1040 line과 4차년도 계통 단모형 종자 표현형 1026 line selfing progeny 7111, 7114, 7118 line, 단모형 종자 표현형 1029 line sib cross progeny 7159 line 및 유모형 종자 표현형 1040 line selfing progeny 7208, 7209 line을 이용한 당근 종자모 형질과 관련된 특이적 RAPD 분자마커를 이용한

SCAR 분자마커 개발

RAPD 분석은 gDNA상의 많은 곳에서 다양한 변이를 쉽게 검출할 수 있는 장점이 있는 반면 짧은 random primer를 낮은 온도에 annealing 시키기 때문에 재현성이 낮다는 단점이 있다. 이러한 점을 극복하기 위하여 반복적인 실험을 통한 재현성 있는 RAPD band를 선발해야 하고 필요에 따라 polyacrylamide gel 등을 통한 high-resolution 기법을 이용해야 하며, 선발된 RAPD marker의 염기서열 정보를 통해 primer의 길이(18-24mer)를 늘려주어 높은 재현성을 나타내는 SCAR marker로의 전환이 요구된다. 따라서 본 실험에서는 선발된 당근 종자모형질 관련 특이적 RAPD band중, 재현성이 확인되고 염기서열 분석을 완료한 2개의 RAPD 산물을 대상으로 2-4조합의 SCAR primer를 제작하였다(Table 29). 나머지 RAPD marker들 OPAN1_{1.0}, OPAN2_{1.2}로부터 작성한 SCAR primer들은 무모 및 단모형 종자 표현형 line No. 1024, 1025, 1026과 유모형 종자 표현형 line No. 1040을 이용해 실험하였다(Fig. 28). SCN1_{1.0}은 유모 종자 표현형 계통을 특이적으로 확인할 수 있는 마커였으나, 유모형 종자 표현형 line과 무모 및 단모 종자 표현형 line 사이에서 다형성을 검정할 수 없었다. 이는 agarose gel에서는 미세한 크기로 band가 분리되어지지 않기 때문에 비슷한 크기의 DNA 단편들이 혼재되어 있을 수가 있다. 또한 짧은 random primer가 낮은 annealing 온도에서 비특이적으로 증폭되어 나타난 것으로 더 길고 특이적인 SCAR primer를 이용하였을 경우에는 엄격한 annealing 온도 조건하에 반응이 진행되어지기 때문에 primer와 gDNA간의 불일치로 인해 다형성이 사라진 것으로 판단된다.

반면 SCA2_{1.2}각 SCAR primer들은 이전의 RAPD fragment와 같은 크기의 단일 band로 증폭되어졌다. SCA2_{1.2}는 유모형 종자 표현형 line과 무모 및 단모형 종자 표현형 line 사이에서 특이적 다형성을 검정할 수 있었다. SCA2_{1.2}는 1.2kb 부근에서 무모 및 단모형 종자 표현형 line인 1024, 1025, 1026 line에서만 특이적으로 증폭되어 쉽게 판별이 가능하였다. 개발된 이 당근 종자 특이적 SCAR marker SCA2_{1.2}는 간편하게 PCR과 agarose gel 전기영동 장치를 통해 빠르고 쉽게 분석할 수 있을 것으로 보인다.

Table 29. Characteristics of the SCAR primers developed to distinguish hairless and short-hair with hairy seed lines in carrot.

RAPD primer	SCAR marker ^z	SCAR primer	Primer sequence ^y	Len -gth	TM (°C)
OPAN1	SCN1 _{1.0}	SCN1F ₁	<u>ACT CCA CGT CTT</u> AAC TAA CCT CA	23	61.1
		SCN1R ₁	<u>ACT CCA CGT CAG</u> CCG CAA ATA CTA	24	65.3
OPAN2	SCA2 _{1.2}	SCA2F ₁	<u>CAC CGC AGT TAT</u> CAG TAG ATA	21	57.4
		SCA2R ₁	<u>CAC CGC AGT TCG</u> TAA CTA GAT AGT	24	63.5
		SCA2F ₂	<u>CAC CGC AGT TAT</u> CAG TAG ATA TGG	24	63.5
		SCA2R ₂	<u>CAC CGC AGT TCG</u> TAA CTA GAT	21	58.2
		SCA2F ₃	<u>CAC CGC AGT TAT</u> CAG TAG ATA TGG	24	63.5
		SCA2R ₃	<u>CAC CGC AGT TCG</u> TAA CTA GAT AG	23	62.9

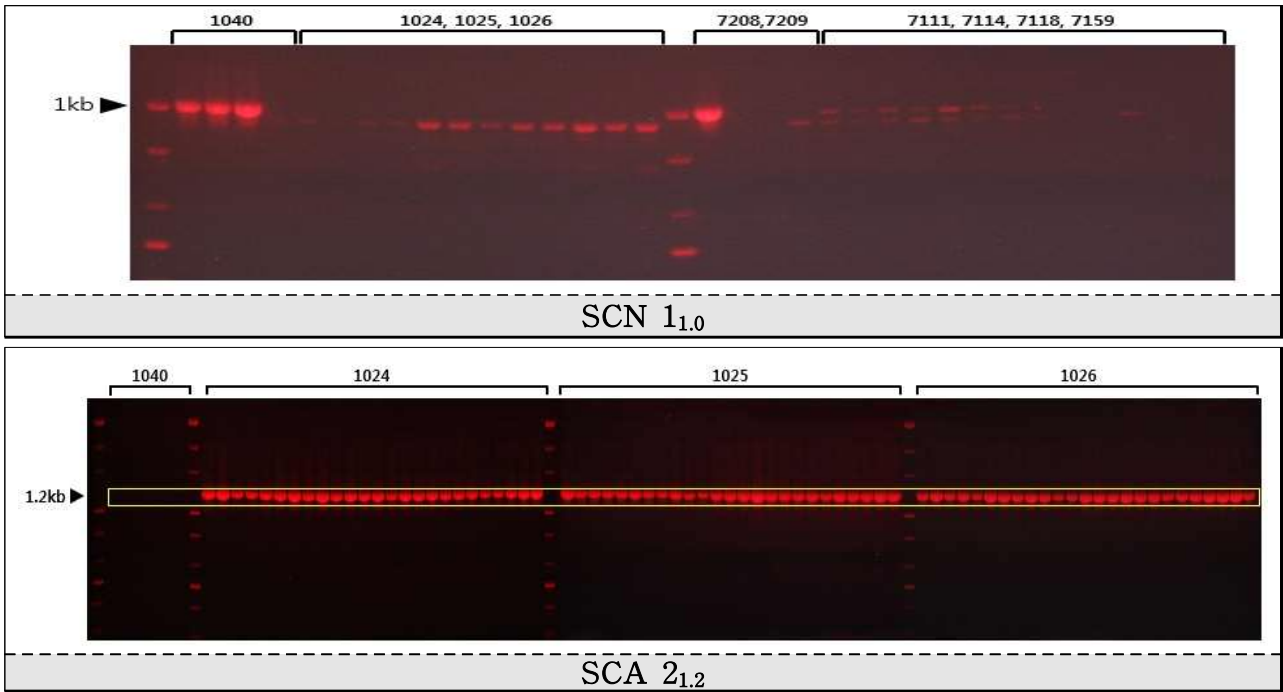


Fig. 28. SCAR analysis of long-hair seed 1040 line and short-hair seed 1024, 1025, and 1026 lines using SCN_{1.0} and SCA_{2.1.2} primers.

(4) 당근 종자모 형질과 관련하여 개발된 SCAR 분자마커의 후대검정

선발된 당근 종자모 형질과 관련된 SCA_{2.1.2} SCAR primer의 정확성 및 효율성을 검정하기 위해 4차년도와 5차년도 계통을 이용하여 후대검정을 수행하였다. 후대검정에 이용된 4차년도 계통은 단모 및 무모 종자 표현형을 보이는 No.1024-8 line의 selfing progeny 7021 line, No.1024-19 line의 selfing progeny 7029 line, No. 1024-32 line의 selfing progeny 7042 line, No.1025-14 line의 selfing progeny 7065 line, No.1026-17의 selfing progeny 7111, No.1026-21의 selfing progeny 7114, No.1026-23의 selfing progeny 7116, No.1026-26의 selfing progeny 7118 line, 유모형 종자 표현형을 보인 1040 line과 selfing progeny 7208, 7209 line을 이용하였다. 5차년도 계통은 단모 및 무모종자 표현형을 보이는 No.7111-4의 selfing progeny 9087 line, No.7111-7의 selfing progeny 9090line, No. 7114-1의 selfing progeny 9095 line, No. 7114-6의 selfing progeny 9099 line, No. 7114-7의 selfing progeny 9100 line, No. 7118-1의 selfing progeny 9114 line, No. 7118-2의 selfing progeny 9115 line, No. 7118-4의 selfing progeny 9117 line, No. 7118-7의 selfing progeny 9119 line과 유모형 종자 표현형을 보이는 No. 7208의 selfing progeny 9182 line을 이용하였다.

단모 및 무모종자 표현형을 가진 계통에서 뚜렷한 SCAR primer의 다형성을 확인한 후 종자모 형질이 고정된 것으로 판단되는 4차년도의 계통을 이용하여 후대검정을 수행한 결과, 단모 및 무모종자 표현형을 가진 계통만 특이적으로 증폭하여 다형성을 확인할 수 있었다 (Fig. 29). 또한 5차년도 계통을 이용하여 분석한 결과에서도 단모 및 무모종자 표현형을 가진 계통만 특이적으로 증폭함을 확인할 수 있었다(Fig. 30). 각각 계통과 이들의 후대 계통들이 동일한 결과를 나타내는 것으로 보아 OPAN2의 RAPD 분자마커의 염기서열을 바탕으로 제작된 SCA_{2.1.2} primer는 당근 종자모 형질 관련 분자마커로서 활용할 수 있을 것으로 생각되며, 개발된 SCA_{2.1.2} 분자마커는 개체간 종자모 형질 관련 선발에 충분히 이용가능 할 것으로 판단된다.

결과적으로 개발된 본 연구에서 개발된 당근 종자모 형질 관련 SCAR 분자마커 SCA2_{1.2} primer는 당근 생육초기에 종자모 형질 관련 선발을 가능하게 할 것이며, SCA2_{1.2}분자마커는 단모 및 무모당근 품종 육성에 유용하게 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

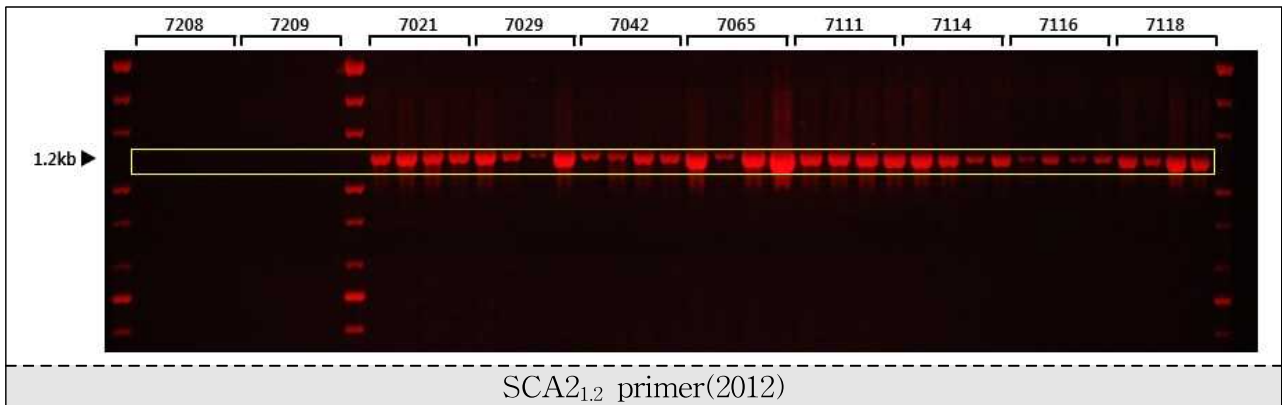


Fig. 29. SCAR analysis of long-hair seed 7208 and 7209 lines and short-hair seed 7021, 7029, 7042, 7065, 7111, 7114, 7116, and 7118 lines using SCA2_{1.2} primer in 2012.

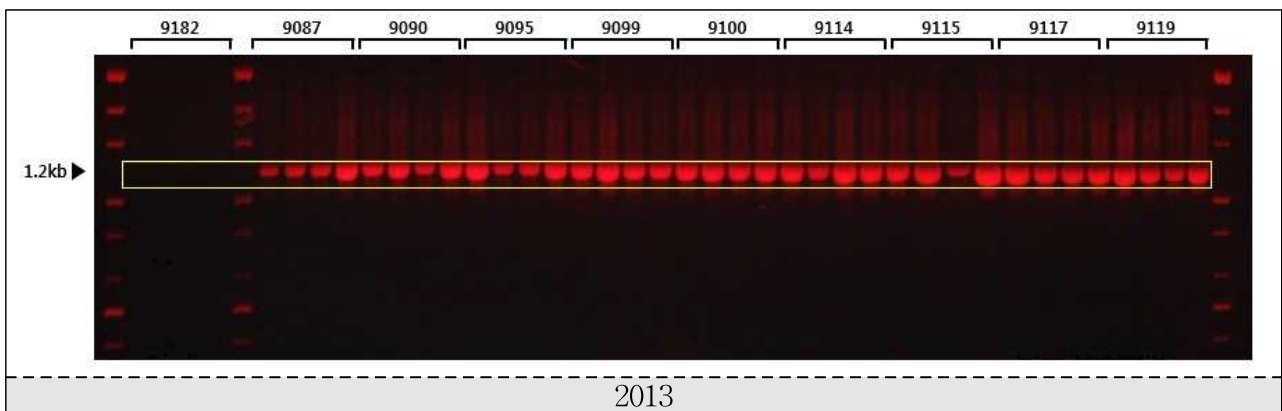


Fig. 30. SCAR analysis of long-hair seed 9182 line and short-hair seed 9087, 9090, 9095, 9099, 9100, 9114, 9115, 9117, and 9119 lines using SCA2_{1.2} primer in 2013.

제4절 당근 무모계 종자 관련 AFLP 분자마커 개발 및 분석

1. 1차년도 무모계 종자 관련 AFLP 분자마커 개발 및 분석

가. 목적

무모계 종자 관련 분자마커 개발을 위해 재현성이 높은 AFLP실험을 수행하였다. 유모형과 무모형의 개체간 다형성을 보이는 band를 통해 분자마커 개발을 하며 염기서열 분석 과정을 수행함으로써 당근 종자모 형질 관련 연구에 이용하고자 하였다.

나. 재료 및 방법

AFLP 실험을 위해 적절한 enzyme 처리과정과 조성을 확립하였다. *EcoRI*과 *MseI* enzyme을 이용해 AFLP실험을 수행하였으며 그 과정에서 두 종류의 enzyme을 따로 처리하는 방법과 동시에 처리하는 방법으로 나누어 실험을 수행한 후 더욱 결과가 좋은 동시에 처리하는 방법을 이용하여 수행하였다(Fig. 1). 실험 방법은 enzyme 처리 후 EtOH down 과정을 거쳐 adapter ligation을 하였다. 이 후 pre-amplification PCR과 selection PCR을 통한 product를 6% acrylamide gel에 loading 하였다. Selection PCR 반응조건은 *Taq* polymerase를 이용하여 94°C에서 30초, 65°C에서 30초, 72°C에서 1분을 1cycle로 10회 반복하고 94°C에서 30초, 56°C에서 30초, 72°C에서 1분을 1cycle로 28회 반복한 뒤 72°C에서 5분간 처리 후 반응을 종료하였다. AFLP 분석은 최초 sampling 개체인 CT-SMR 616 OP 388 line 및 단모형 종자 표현형을 확인된 CT-SMR 616 OP 389-1, CT-ATR 615 OP 394-6 개체들을 각각의 대조구와 함께 수행하였으며 총 39개의 *EcoRI*, *MseI* primer set를 사용하였다(Table 1). AFLP 실험을 한 결과 무모형질과 유모형질간의 다형성을 보이는 band들이 확인하였으며 이러한 band는 염기서열 분석을 위해 elution한 뒤 AFLP selection PCR과정과 같은 primer로 PCR 증폭하여 다시 1% agarose gel에 loading하여 elution하였다. 이 후 pGEM-T easy vector에 DNA fragment들을 ligation시켜 *E. coli* competent cell에 transformation하였다. 마지막으로 *E. coli* mini prep을 통해 plasmid를 분리하여 염기서열 분석을 수행하였다.

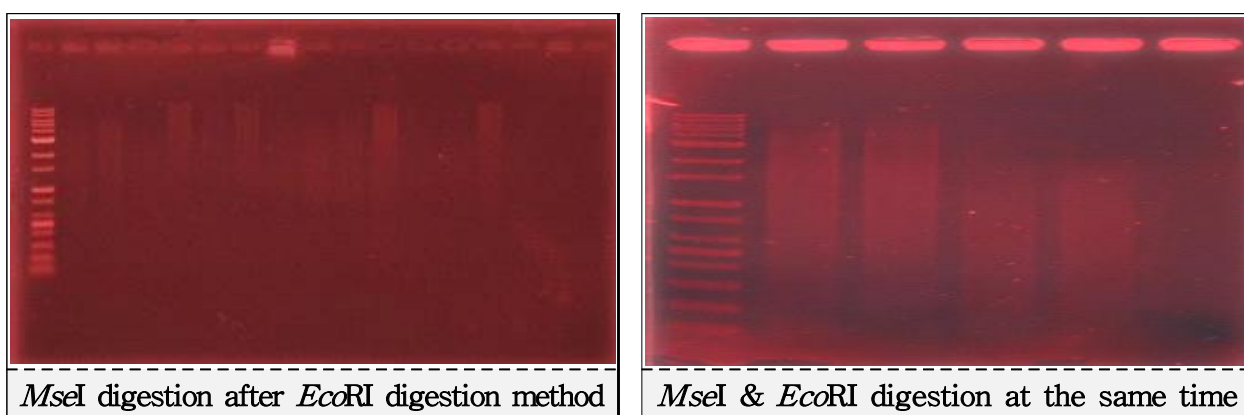


Fig. 1. Band patterns of digested gDNA.

Table 1. AFLP primer sets that tested for 388, 389, and 394-6 lines.

Primer	Nucleotide sequence (5' to 3')	Primer	Nucleotide sequence (5' to 3')
E0	GAC TGC GTA CCA ATT C	M0	GAT GAG TCC TGA GTA A
E+A T	GAC TGC GTA CCA ATT CAT	M+CTT	GAT GAG TCC TGA GTA ACTT
		M+CAA	GAT GAG TCC TGA GTA ACAA
		M+CTA	GAT GAG TCC TGA GTA ACTA
		M+CAC	GAT GAG TCC TGA GTA ACAC
		M+CAG	GAT GAG TCC TGA GTA ACAG
E+C A G	GAC TGC GTA CCA ATT CAG	M+CTG	GAT GAG TCC TGA GTA ACTG
		M+ACG	GAT GAG TCC TGA GTA AACG
		M+CAG	GAT GAG TCC TGA GTA ACAG
		M+CTA	GAT GAG TCC TGA GTA ACTA
		M+CTGA	GAT GAG TCC TGA GTA ACTGA
E+C A	GAC TGC GTA CCA ATT CCA	M+CTG	GAT GAG TCC TGA GTA ACTG
		M+CAC	GAT GAG TCC TGA GTA ACAC
		M+CAG	GAT GAG TCC TGA GTA ACAG
		M+CTA	GAT GAG TCC TGA GTA ACTA
		M+CTT	GAT GAG TCC TGA GTA ACTT
E+T G	GAC TGC GTA CCA ATT CTG	M+CAA	GAT GAG TCC TGA GTA ACAA
		M+CTA	GAT GAG TCC TGA GTA ACTA
		M+CTT	GAT GAG TCC TGA GTA ACTT
		M+CAA	GAT GAG TCC TGA GTA ACAA
		M+CGA	GAT GAG TCC TGA GTA ACGA
E+C A C	GAC TGC GTA CCA ATT CCAC	M+CAA	GAT GAG TCC TGA GTA ACAA
		M+CTA	GAT GAG TCC TGA GTA ACTA
		M+CAG	GAT GAG TCC TGA GTA ACAG
		M+A G	GAT GAG TCC TGA GTA AAG
		M+ACG	GAT GAG TCC TGA GTA AACG
E+A T	GAC TGC GTA CCA ATT CAT	M+A C	GAT GAG TCC TGA GTA AAC
		M+A G	GAT GAG TCC TGA GTA AAG
		M+CTG	GAT GAG TCC TGA GTA ACTG
		M+CAC	GAT GAG TCC TGA GTA ACAC
		M+CTT	GAT GAG TCC TGA GTA ACTT
E+C T T	GAC TGC GTA CCA ATT CCTT	M+CTGA	GAT GAG TCC TGA GTA ACTGA
		M+CTT	GAT GAG TCC TGA GTA ACTT
		M+CAA	GAT GAG TCC TGA GTA ACAA
		M+A G	GAT GAG TCC TGA GTA AAG
		M+CAG	GAT GAG TCC TGA GTA ACAG
E+A G G	GAC TGC GTA CCA ATT CAGG	M+CAC	GAT GAG TCC TGA GTA ACAC
		M+CTG	GAT GAG TCC TGA GTA ACTG
		M+AGC	GAT GAG TCC TGA GTA AAGC
		M+CAG	GAT GAG TCC TGA GTA ACAG
		M+A C	GAT GAG TCC TGA GTA AAC
E+C A	GAC TGC GTA CCA ATT CCA	M+A G	GAT GAG TCC TGA GTA AAG
		M+CTG	GAT GAG TCC TGA G TA ACTG

다. 결과 및 분석

CT-SMR 616 OP 388 line 및 단모형 종자 표현형을 확인한 CT-SMR 616 OP 389-1, CT-ATR 615 OP 394-6 개체들을 각각의 대조구와 함께 AFLP 실험을 수행한 결과는 39개의 *EcoRI*, *MseI* primer set를 사용하였으며 그 중 24개의 set에서 band 다형성을 보였다. 388 line과 대조구인 394개체를 이용한 AFLP 실험은 표현형 확인을 통해 무모형 종자 개체가 없는 것으로 확인되었다. 또한 단모형 종자 표현형을 확인한 뒤 sampling 한 389, 394-6개체는 각각의 대조구인 616-33, 615-2개체와 함께 AFLP 실험을 한 결과 단모형질과 유모형질간의 다형성을 보이는 band들이 확인되었다 (Fig. 2). 이러한 band들을 elution한 뒤 AFLP selection PCR과정과 같은 primer로 PCR 증폭하여 염기서열을 분석하는 작업을 수행하였다. 분석을 한 DNA fragment들의 염기서열은 모두 unknown으로 나타났으며(Fig. 3) 분석 실험은 계속해서 진행하였다.

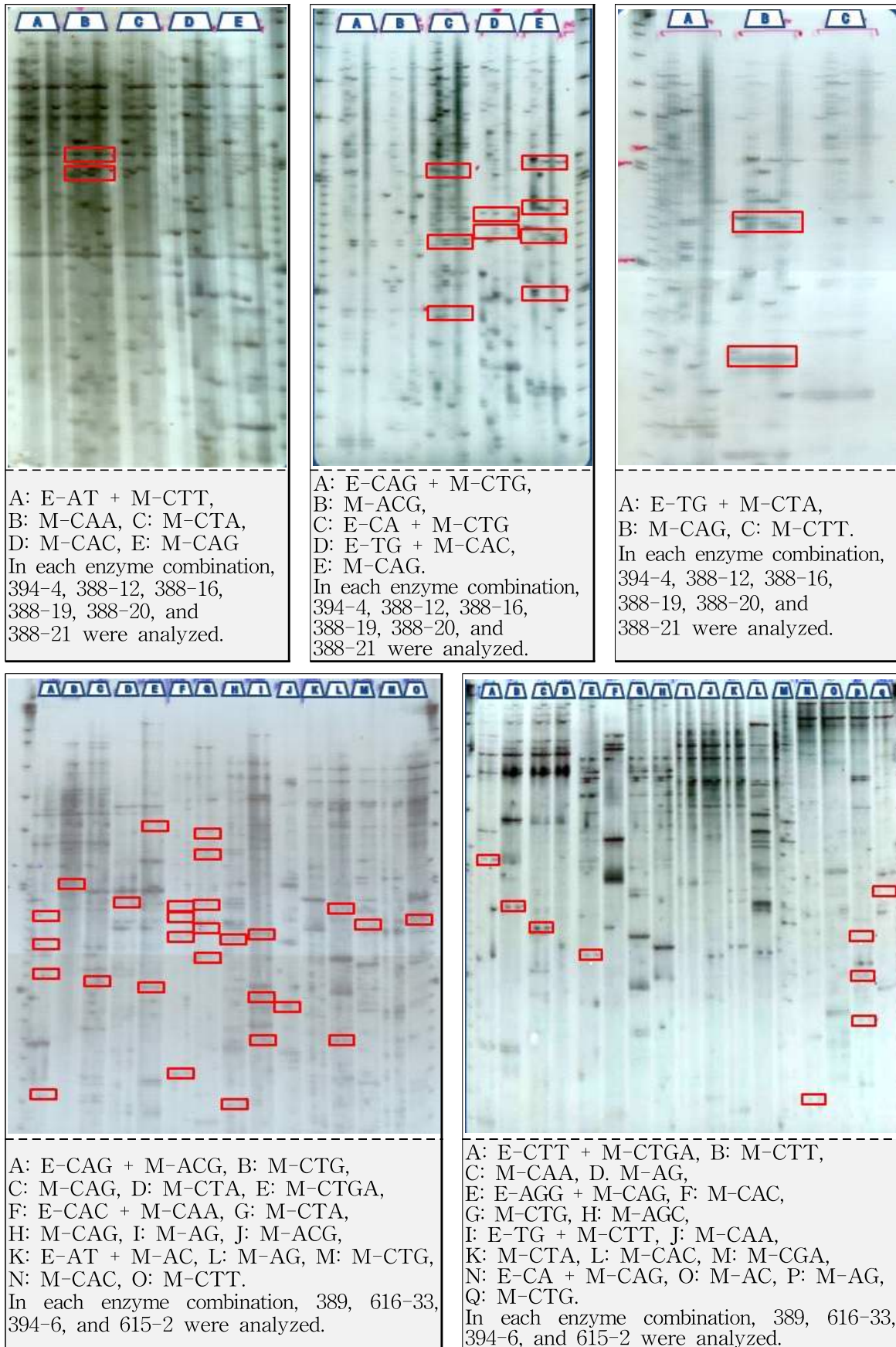


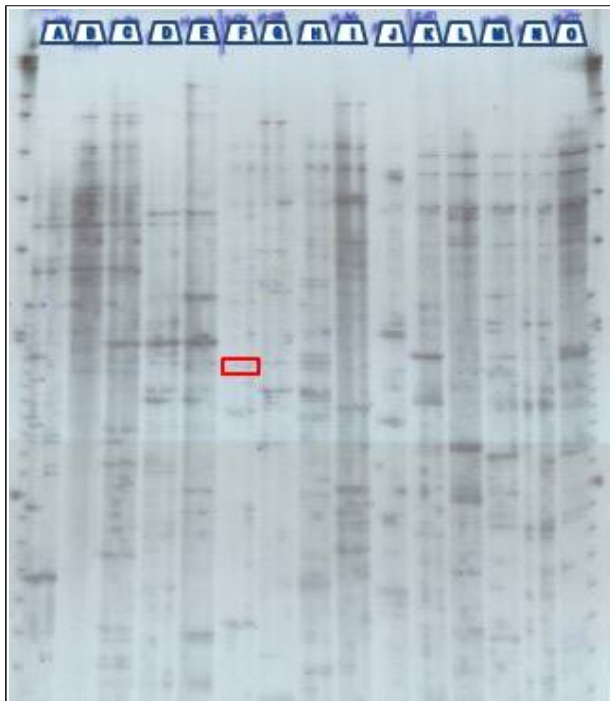
Fig. 2. AFLP showing polymorphisms from 388 line and 389, 394-6 using different primers.

```

1 GACTGTAAGCATTCAATATCATTGTGAGAGATATTGGAGATAGCACTTAT 50
51 CACCATACGTGCATAAACTAATATAATTCATAGTGATTTATTCATTCAC 100
101 TCATACCTCGAGAAAGCAAAGAATTGAAGGTGTATGAGTTCTACCTGGTG 150
151 CTGGAACCTAACATTCTAATTTAAAAGCTACTCAAACCTTAGACATTAG 200
201 ACTTAAACATCAAAGTTGTTACTCAGGACTCATCAATCACTAGTGAA TTC 250
251 GCGGCCGCCTGCAGGTGACCATATGGGAGAGCTCCCAA 289

```

Sequence of DNA fragment showing specific polymorphism



389, 616-33, 394-6, 615-2
E-CAC + M-CAA

Accession	Description	Max score	Total score	Query coverage	E value	Max ident	Link
U00275.1	Uncloned Helicoverpa armigera 18S rDNA gene (partial), 17S, 5.1	127	127	100%	2e-31	100%	
U00276.1	Uncloned Helicoverpa armigera 18S rDNA gene (partial), 17S, 5.1	127	127	100%	2e-31	100%	
U00277.1	Solenopsis molesta rDNA, clone 1	125	124	100%	1e-30	100%	
U00278.1	Uncloned gamma proteobacterium partial 16S rDNA gene, clone 9	123	124	100%	3e-30	100%	
U00279.1	Uncloned lambda proteobacterium partial 16S rDNA gene, clone v-sambad2	123	124	100%	3e-30	100%	
U00280.1	Uncloned lambda proteobacterium partial 16S rDNA gene, clone v-sambad1	123	124	100%	3e-30	100%	
U00281.1	None species rRNA for psychrotolerant lactate protease variant 4 (H)	120	124	100%	3e-30	100%	
U00282.1	Psychrotolerant phi8 partial 18S rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00283.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00284.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00285.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00286.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00287.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00288.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00289.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00290.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00291.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00292.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00293.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00294.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00295.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00296.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00297.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00298.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00299.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00300.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00301.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00302.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00303.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00304.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00305.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00306.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00307.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00308.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00309.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00310.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00311.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00312.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00313.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00314.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00315.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00316.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00317.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00318.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00319.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00320.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00321.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00322.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00323.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00324.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00325.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00326.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00327.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00328.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00329.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00330.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00331.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00332.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00333.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00334.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00335.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00336.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00337.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00338.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00339.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00340.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00341.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00342.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00343.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00344.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00345.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00346.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00347.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00348.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00349.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	
U00350.1	Uncloned rDNA gene	120	124	100%	3e-30	100%	

Blast-n results at NCBI

Fig. 3. Sequence and blast-n results of DNA fragment showing specific polymorphism.

2. 2차년도 무모계 종자 관련 AFLP 분자마커 개발 및 분석

가. 목적

정확하고 재현성이 높은 무모계 종자 관련 분자마커를 제공하기 위해 AFLP 마커를 개발하고자 실험을 수행하였다. 이에 따라 유모형과 무모형의 개체 간 polymorphisms을 분석하여 AFLP 마커를 선발하고, 해당 band의 염기서열을 분석하여 차후 SCAR 마커 개발에 이용하고자 실시하였다.

나. 재료 및 방법

AFLP 실험을 하기위해 1차년도 확립된 EcoRI과 MseI enzyme을 동시에 처리하는 방법을

이용하였다. 실험 방법은 enzyme 처리 후 EtOH down 과정을 거쳐 adapter ligation을 한 뒤 pre-amplification PCR과 selection PCR을 통한 product를 6% acrylamide gel에 loading하였다. Selection PCR 반응조건은 *Taq* polymerase를 이용하여 94°C에서 30초, 65°C에서 30초, 72°C에서 1분을 1cycle로 10회 반복하고 94°C에서 30초, 56°C에서 30초, 72°C에서 1분을 1cycle로 28회 반복한 뒤 72°C에서 5분간 처리 후 반응을 종료하였다 (Table 2).

Table 2. Method and primer sequences for development of AFLP markers

<i>Eco</i> RI and <i>Mse</i> I treatments	<i>Eco</i> RI-adaptor	5'-CTCGTAGACTGCGTACC CATCTGACGCATGGTTAA-5'
↓ EtOH down	<i>Mse</i> I-adaptor	5'-GACGATGAGTCCTGAG TACTCAGGACTCAT-5'
↓ Adapter ligation	E-0 Pre primer	5'-GACTGCGTACCAATTC-3'
↓ Pre-amplified PCR	M-0 Pre primer	5'-GATGAGTCCTGAGTAA-3'
↓ Selection PCR	E+3 selection primer	5'-GACTGCGTACCAATTC+NNN-3'
	M+3 selection primer	5'-GATGAGTCCTGAGTAA+NNN-3'

(1) 단모형 종자 표현형 개체 CT-SMR 616 OP 389-1 selfing progeny 659 line과 sib cross progeny 660 line, 유모형 종자 표현형 개체 CT-SMR 616 OP 616-33 selfing progeny 677 line을 이용한 AFLP 분자마커 개발

AFLP 분석은 단모형 종자 표현형 389-1 개체와 389-1 selfing progeny 659 line 및 389-1 sib cross progeny 660 line을 이용하여 수행하였으며(Fig. 4), 총 13개의 *Eco*RI, *Mse*I primer set (Table 3)를 사용하였다. 또한 단모형 종자 표현형 389-1 개체의 selfing progeny line 659과 유모형 종자 표현형 616-33 개체의 selfing progeny 677 line을 총 11개의 *Eco*RI, *Mse*I primer set (Table 4)를 사용하여 AFLP 실험을 수행하였다.

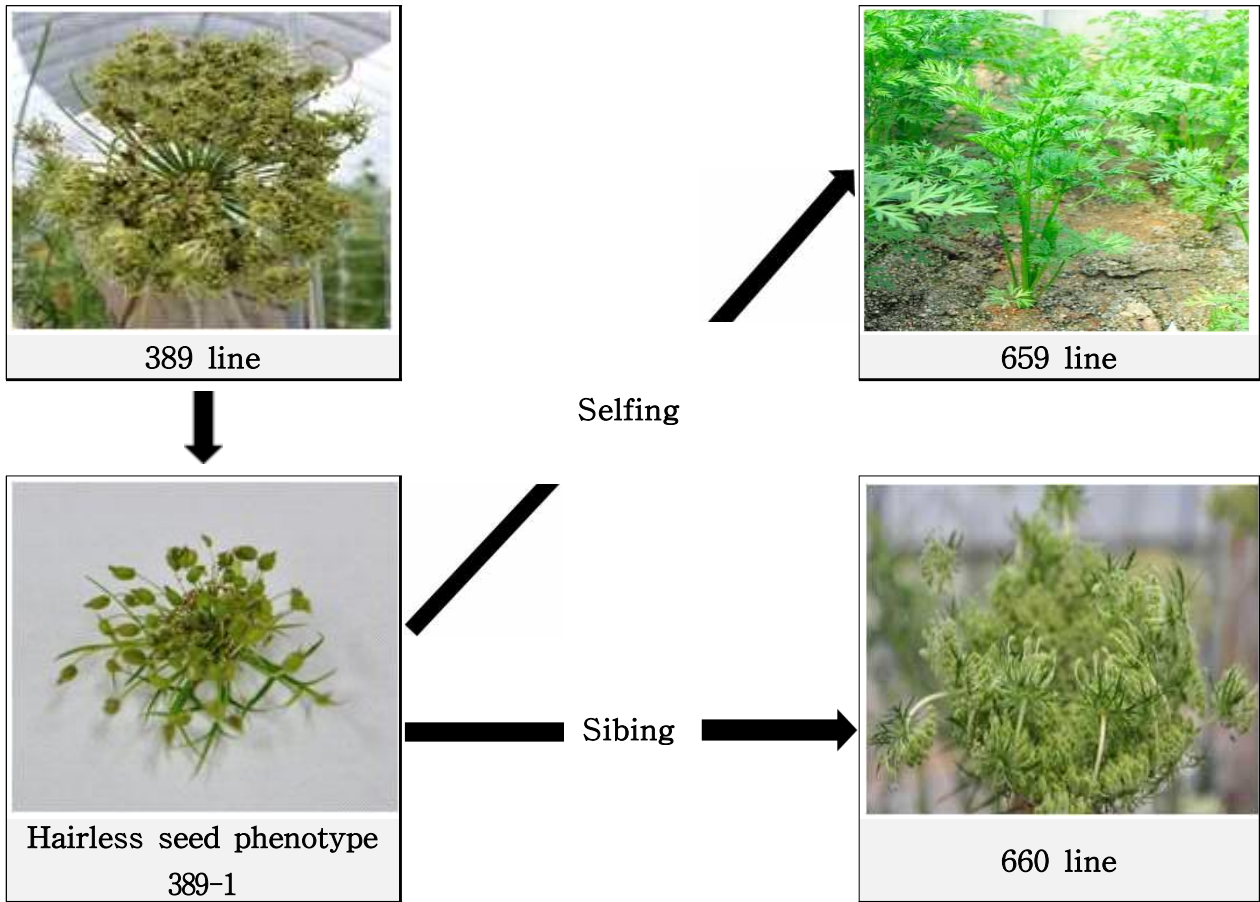


Fig. 4. Schematic development of 659 line and 660 line in '10 from CT-SMR 616 OP 389 line in '09.

Table 3. AFLP primer sets that tested for 389-1, 389-1 selfing progeny 659 line and sib cross progeny 660 line.

Primer	Nucleotide sequences (5' to 3')	Primer	Nucleotide sequences (5' to 3')
E0	GAC TGC GTA CCA ATT C	M0	GAT GAG TCC TGA GTA A
E+AT	GAC TGC GTA CCA ATT <u>CAT</u>	M+CTG	GAT GAG TCC TGA GTA <u>ACTG</u>
		M+CTT	GAT GAG TCC TGA GTA <u>ACTT</u>
E+TG	GAC TGC GTA CCA ATT <u>CTG</u>	M+AC	GAT GAG TCC TGA GTA <u>AAC</u>
		M+AG	GAT GAG TCC TGA GTA <u>AAG</u>
		M+CAC	GAT GAG TCC TGA GTA <u>ACAC</u>
		M+CAG	GAT GAG TCC TGA GTA <u>ACAG</u>
		M+CTT	GAT GAG TCC TGA GTA <u>ACTT</u>
E+CTT	GAC TGC GTA CCA ATT <u>CCTT</u>	M+CAA	GAT GAG TCC TGA GTA <u>ACAA</u>
		M+AC	GAT GAG TCC TGA GTA <u>AAC</u>
E+AGG	GAC TGC GTA CCA ATT <u>CAGG</u>	M+CAG	GAT GAG TCC TGA GTA <u>ACAG</u>
		M+CAC	GAT GAG TCC TGA GTA <u>ACAC</u>
E+CA	GAC TGC GTA CCA ATT <u>CCA</u>	M+AC	GAT GAG TCC TGA GTA <u>AAC</u>
		M+CTG	GAT GAG TCC TGA GTA <u>ACTG</u>

Table 4. AFLP primer sets that tested for 389-1 selfing progeny 659 line and 616-33 selfing progeny 677 line.

Primer	Nucleotide sequences (5' to 3')	Primer	Nucleotide sequences (5' to 3')
E0	GAC TGC GTA CCA ATT C	M0	GAT GAG TCC TGA GTA A
E+AT	GAC TGC GTA CCA ATT <u>CAT</u>	M+CTA	GAT GAG TCC TGA GTA <u>ACTA</u>
		M+CTT	GAT GAG TCC TGA GTA <u>ACTT</u>
E+TG	GAC TGC GTA CCA ATT <u>CTG</u>	M+AC	GAT GAG TCC TGA GTA <u>AAC</u>
		M+CAG	GAT GAG TCC TGA GTA <u>ACAG</u>
		M+CTG	GAT GAG TCC TGA GTA <u>ACTG</u>
E+AGG	GAC TGC GTA CCA ATT <u>CAGG</u>	M+CAA	GAT GAG TCC TGA GTA <u>ACAA</u>
		M+CAG	GAT GAG TCC TGA GTA <u>ACAG</u>
E+CAC	GAC TGC GTA CCA ATT <u>CCAC</u>	M+AG	GAT GAG TCC TGA GTA <u>AAG</u>
		M+ACG	GAT GAG TCC TGA GTA <u>AACG</u>
E+CAG	GAC TGC GTA CCA ATT <u>CCAG</u>	M+AG	GAT GAG TCC TGA GTA <u>AAG</u>
		M+ACG	GAT GAG TCC TGA GTA <u>AACG</u>

(2) 단모형 종자 표현형 개체 CT-ATR 615 OP 394-6과 selfing progeny 666 line을 이용한 AFLP 분자마커 개발

1차년도 단모형 종자 표현형 개체 394-6과 394-6 selfing progeny 666 line 중 1~25번 개체들을 이용해 AFLP 실험은 수행하였다(Fig. 5). 총 10개의 *EcoRI*, *MseI* primer set를 사용하였다 (Table 5).

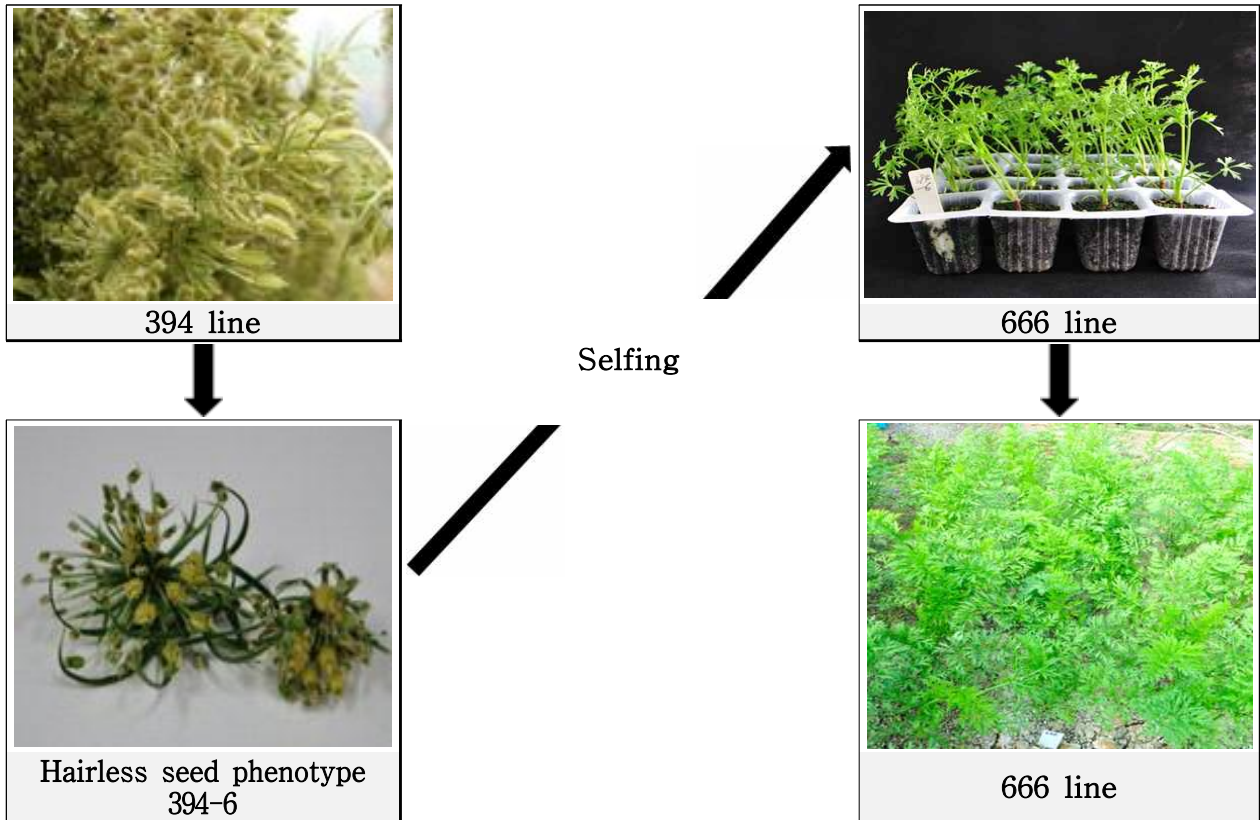


Fig. 5. Schematic development of 666 line in 2010 from CT-ATR 615 OP 394 line in 2009.

Table 5. AFLP primer sets that tested for 394-6 and 394-6 selfing progeny 666 line.

Primer	Nucleotide sequences (5' to 3')	Primer	Nucleotide sequences (5' to 3')
E0	GAC TGC GTA CCA ATT C	M0	GAT GAG TCC TGA GTA A
E+CA	GAC TGC GTA CCA ATT <u>CCA</u>	M+CTA	GAT GAG TCC TGA GTA <u>ACTA</u>
		M+AG	GAT GAG TCC TGA GTA <u>AAG</u>
E+TG	GAC TGC GTA CCA ATT <u>CTG</u>	M+CAC	GAT GAG TCC TGA GTA <u>ACAC</u>
		M+CAG	GAT GAG TCC TGA GTA <u>ACAG</u>
E+CTT	GAC TGC GTA CCA ATT <u>CCTT</u>	M+CTG	GAT GAG TCC TGA GTA <u>ACTG</u>
		M+AC	GAT GAG TCC TGA GTA <u>AAC</u>
E+AGG	GAC TGC GTA CCA ATT <u>CAGG</u>	M+CAG	GAT GAG TCC TGA GTA <u>ACAG</u>
		M+CAC	GAT GAG TCC TGA GTA <u>ACAC</u>
E+CA	GAC TGC GTA CCA ATT <u>CCA</u>	M+CAG	GAT GAG TCC TGA GTA <u>ACAG</u>
		M+CTG	GAT GAG TCC TGA GTA <u>ACTG</u>

다. 결과 및 분석

(1) 389-1의 selfing progeny 659 line과 sib cross progeny 660 line, 616-33 selfing progeny 677 line을 이용한 AFLP 실험 결과 분석

단모 종자 표현형을 확인한 389-1 개체와 389-1 개체의 selfing progeny 659 line 및 389-1 개체의 sib cross progeny 660 line을 대상으로 AFLP 실험을 수행하였다. 그 결과 총 13개의 *EcoRI*, *MseI* primer set를 사용하였으며, 그 중 4개의 set에서 polymorphisms을 확인하였다. 또한 단모 종자 표현형 389-1 개체의 selfing progeny 659 line과 유모 종자 표현형 616-33 개체의 selfing progeny 677 line의 AFLP 실험을 수행하였다. 그 결과 총 11개의 *EcoRI*, *MseI* primer set를 사용하였으며, 그 중 4개의 set에서 polymorphisms을 확인하였다 (Fig. 6). 이에 선발된 primer set를 이용하여 유모형 종자 개체와 단모형 종자 개체 간 polymorphisms을 보이는 band의 염기서열을 선별하여 차후 SCAR marker 개발에 이용하고자 하였다.

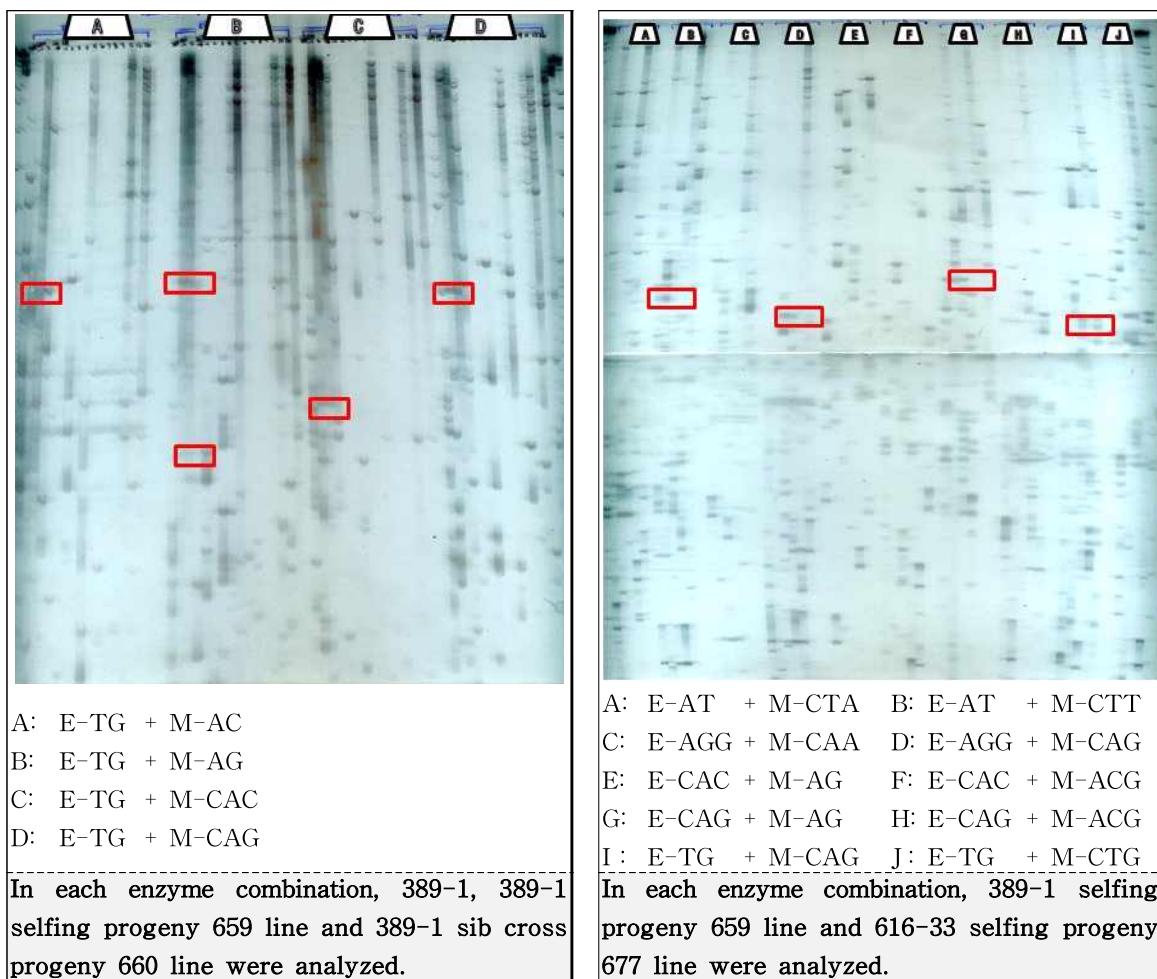


Fig. 6. AFLP analysis from 389-1, 389-1 selfing progeny 659 line and 389-1 sib cross progeny 660 line, 616-33 and 616-33 selfing progeny 677 line using different primers.

(2) 394-6 개체와 394-6 selfing progeny 666 line을 이용한 AFLP 실험 결과 분석

1차년도 단모형 종자 표현형 개체 394-6과 394-6 selfing progeny 666 line 중 1~25번 개체들을 이용해 AFLP 실험은 수행하였다. 총 10개의 *EcoRI*, *MseI* primer set를 사용하였으며, 이 중 4개의 set에서 polymorphisms을 보였다 (Fig. 7). 이에 선발된 primer set를 이용하여 유모형 종자 개체와 무모형 종자 개체 간 polymorphisms을 보이는 band의 sequence를 선별하여 차후 SCAR marker 개발에 이용하고자 하였다.

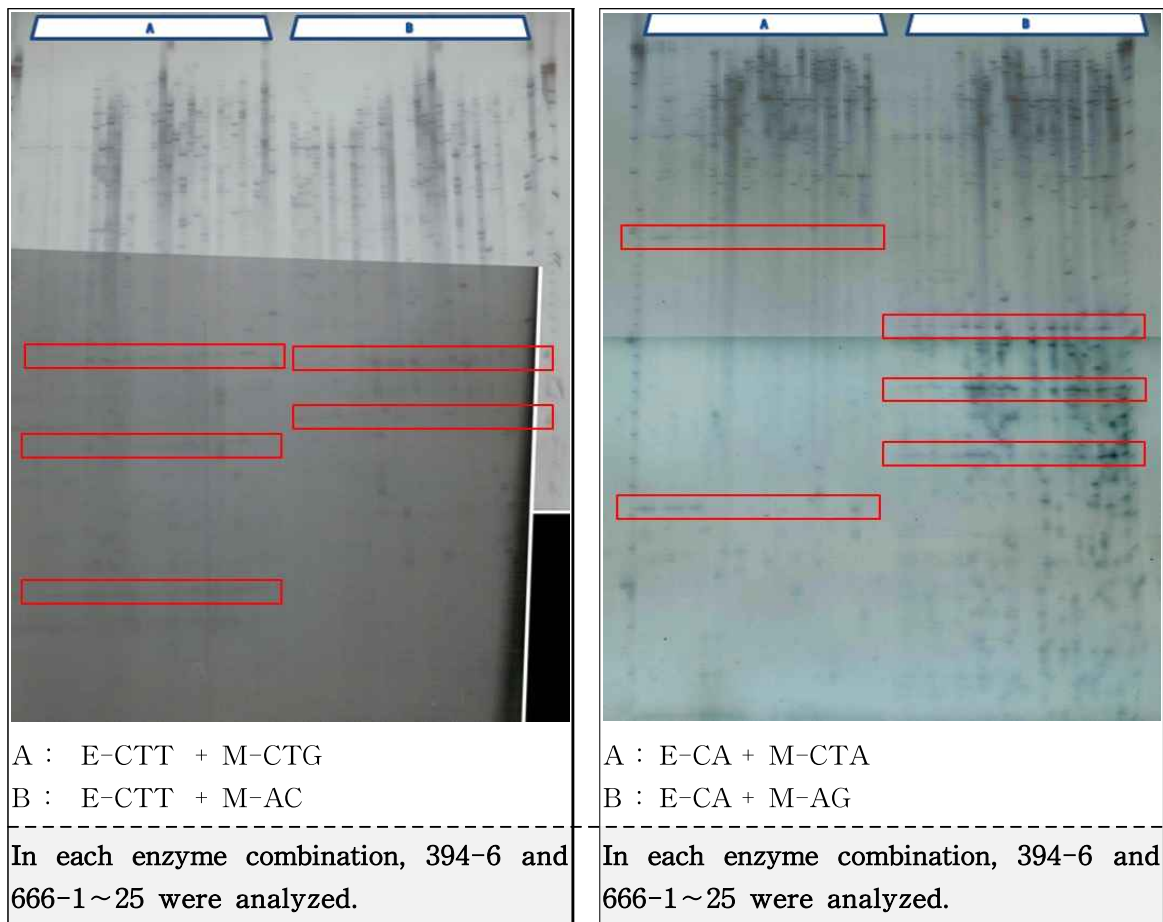


Fig. 7. AFLP analysis showing polymorphisms from 394-6 and 394-6 selfing progeny 666-1~25 using different primers.

제5절 EST profiling을 위한 당근 종자 cDNA library 작성 및 EST 염기서열 분석

1. 2차년도 당근 종자 cDNA library 작성 및 EST 염기서열 분석

가. 목적

단모형 종자 표현형을 보인 당근 개체와 유모형 종자 표현형을 보인 당근 개체의 종자 cDNA library를 작성함으로써 RNA 수준의 발현차이를 비교분석하여 당근 무모종자 형질에 관련된 정보를 획득하고자 실시하였다. 단모형 종자 표현형이 확인된 CT-SMR 616 OP 389-1개체의 경우 CT-SMR 616 OP로부터 유래되었으며, CT-ATR 615 OP 394-6개체는 CT-ATR 615 OP로부터 유래되었기 때문에, 그 유전적 배경이 상이하다. 이에 따라 유전적 배경이 다른 각각의 selfing progeny 659 line 및 666 line을 독립적으로 분석하여, 보다 정확한 무모형 종자 형질의 차이를 분석하고자 하였다.

나. 재료 및 방법

(1) 2차년도 대상 개체군 단모형 종자 표현형 389-1 selfing progeny 659 line의 단모형 종자 표현형 개체 종자 cDNA library 작성

1차년도 단모형 종자 표현형을 보인 389-1개체의 selfing progeny 659 line의 표현형을 분석한 결과 단모형 종자 표현형을 보이면서 cDNA library 작성을 위해 충분한 sample을 확보할 수 있었던 659-1, 2 개체를 sampling하였다. Sampling 시기는 각 개체의 selfing 교배 후 종자모가 생겨나기 시작하는 종자생성 초기단계로 하여 RNA를 분리하였다. EST profiling 시 대조구로써 사용될 유모형 종자 표현형을 가진 개체는 659 line과 마찬가지로 CT-SMR 616 OP 계통의 sib cross를 통해 얻어진 selfing progeny 중 유모형 종자 표현형을 보이는 개체인 677-14을 선정하여 동일한 방법으로 RNA를 분리하였다 (Fig. 1, 2; Table 1).

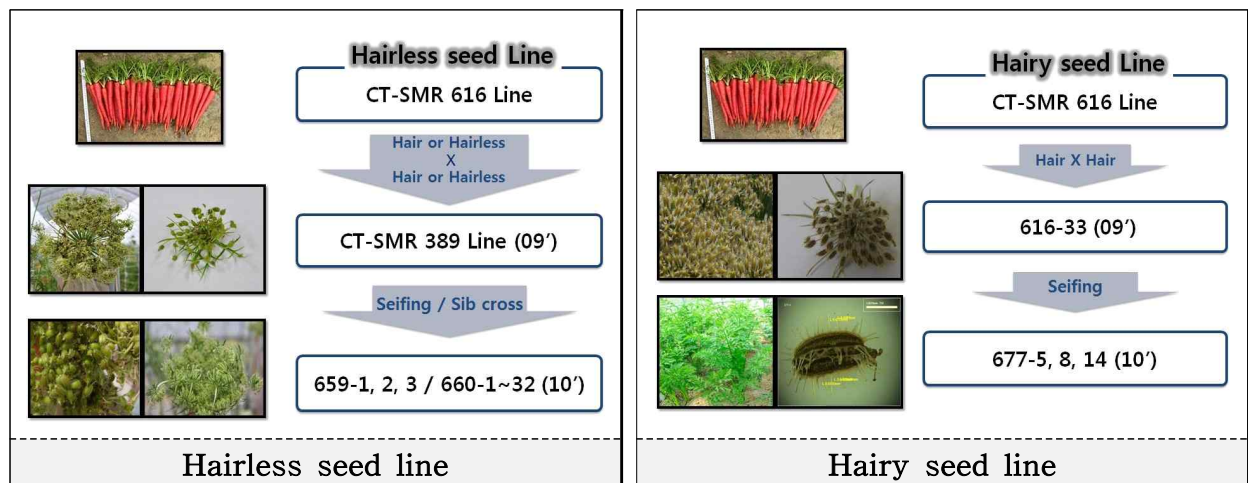


Fig. 1. The genealogy of CT-SMR 616 OP for seed cDNA library construct.



Fig 2. Short-hair seed 659-1, 2 and control 677-14 individuals used for cDNA library construction at the early stage of seed maturation.

Table 1. RNA quality of short-hair seed and control line.

Phenotype	Line No.	Conc. (ng/ul)	A ₂₆₀ /A ₂₈₀	Total vol. (ul)	Total quantity
Short-hair seed	659-1	2536	1.99	400	1000ug
	659-2	1140	1.89	700	800ug
Hairy seed	677-14	2172	1.94	450	1000ug

추출한 RNA를 agarose gel에 loading하여 확인한 후 mRNA 농도를 확인하였다. 이후 Excised Phagemid의 방법으로 pBluscript® SK- Vector를 사용하여 *E.coli* SOLR strain을 이용해 cDNA library 작성을 실시하였다. Insert size는 0.5~4.0kb이며 titer 값은 0.2×10^7 cfu이었다 (Fig. 3).

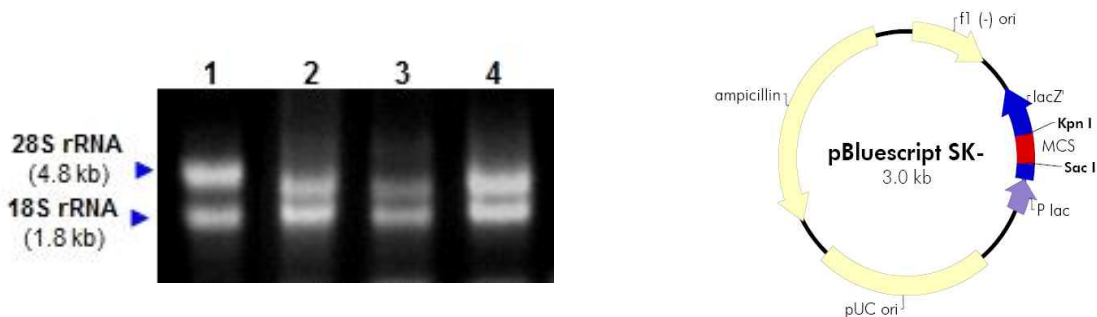


Fig. 3. Agarose gel loading results of RNA and pBluscript SK- vector map used for cDNA library construction (1:human total RNA, 2:659-1, 3:659-2, 4:677-14).

cDNA library 작성 후 확인을 위해 무작위로 선발된 colony를 *EcoRI*과 *XhoI* 제한효소 처리를 하여 1% agarose gel에 loading하는 방법을 통해 insert check를 실시하였다 (Fig. 4).

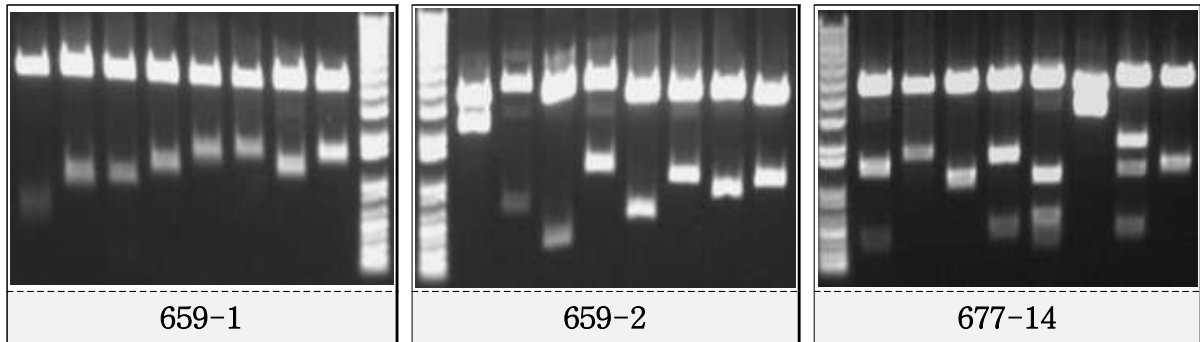


Fig. 4. Plasmid DNA was isolated from 8 randomly picked colonies. supercoiled vector were digested with *EcoRI* and *XhoI* and loading on a 1% agarose gel.

(2) 2차년도 대상 개체군 단모형 종자 표현형 394-6 selfing progeny 666 line의 단모형 종자 표현형 개체 종자 cDNA library 작성

1차년도 단모형 종자 표현형을 보인 394-6개체의 selfing progeny 666 line의 표현형을 분석한 결과 단모형 종자 표현형을 보이면서 cDNA library 작성을 위해 충분한 sample을 확보할 수 있었던 666-13, 62 개체를 sampling하였다. Sampling 시기는 각 개체의 selfing 교배후 종자모가 생겨나기 시작하는 종자생성 초기단계로 하여 RNA를 분리하였다. EST profiling 시 대조구로써 사용될 유모형 종자 표현형을 가진 개체는 666 line과 마찬가지로 CT-ATR 615 OP 계통의 sib cross를 통해 얻어진 selfing progeny 중 유모형 종자 표현형을 보이는 개체인 671-9을 선정하여 동일한 방법으로 RNA를 분리하였다 (Fig. 5, 6; Table).

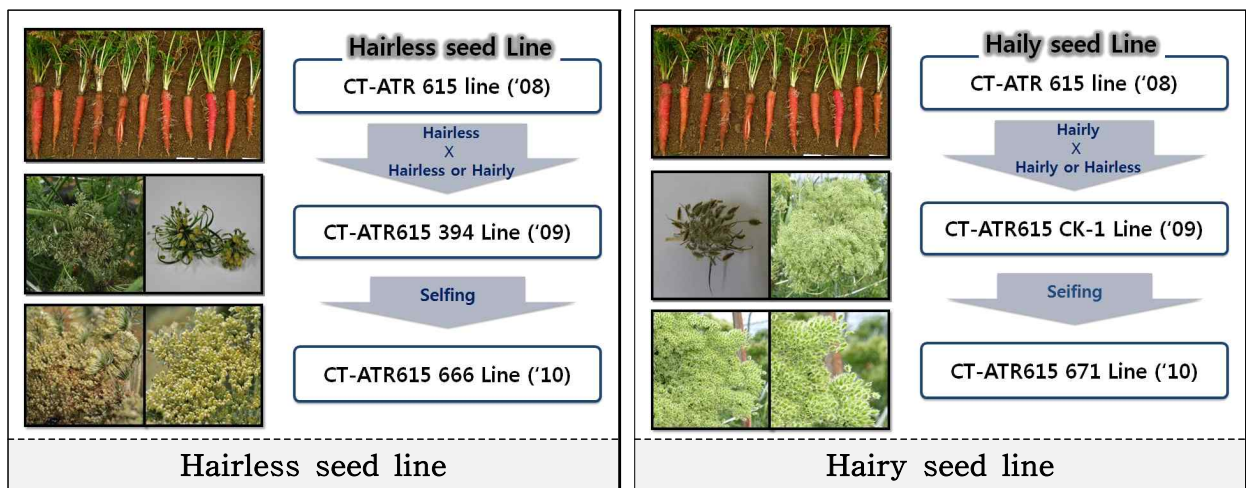


Fig. 5. The genealogy of CT-ATR 615 OP for seed cDNA library construct.

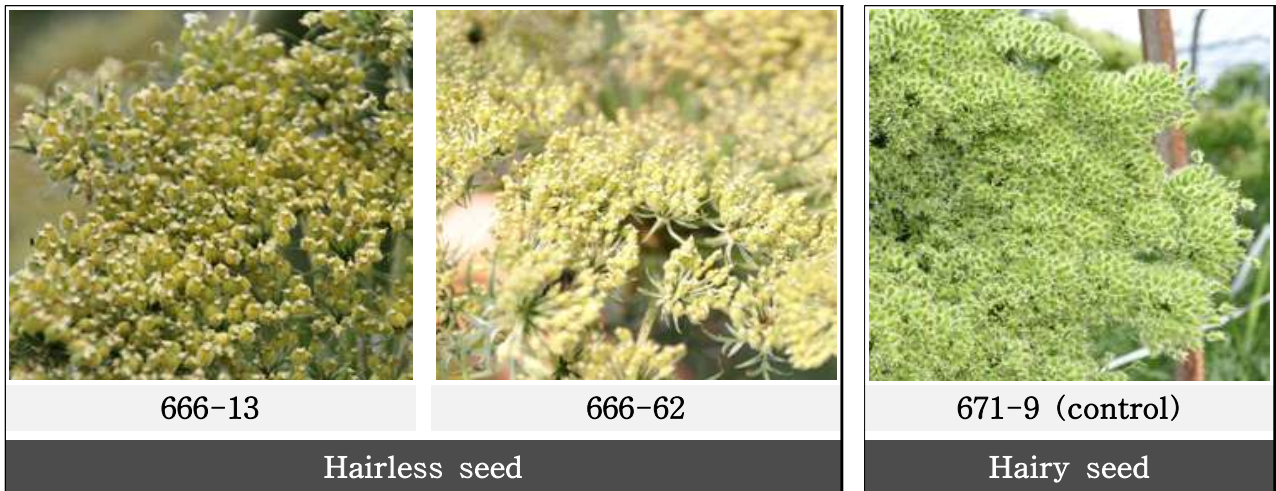


Fig 6. Short-hair seed 666-13, 62 and control 671-9 used for cDNA library construction at the early stage of seed maturation.

Table 2. RNA quality of short-hair seed and control line.

Phenotype	Line No.	Conc. (ng/ul)	A ₂₆₀ /A ₂₈₀	Total vol. (ul)	Total quantity
Short-hair seed	666-13	549.4	2.04	550	300ug
	666-62	1547	2.04	400	600ug
Hairy seed	671-9	930.5	2.01	850	800ug

추출한 RNA를 agarose gel에 loading하여 확인한 후 mRNA 농도를 확인하였다. 이후 Excised Phagemid의 방법으로 pBluescript® SK- Vector를 사용하여 *E.coli* SOLR strain을 이용해 cDNA library 작성을 실시하였다. Insert size는 0.5~4.0kb이며 titer 값은 0.2×10^7 cfu이었다 (Fig. 7).

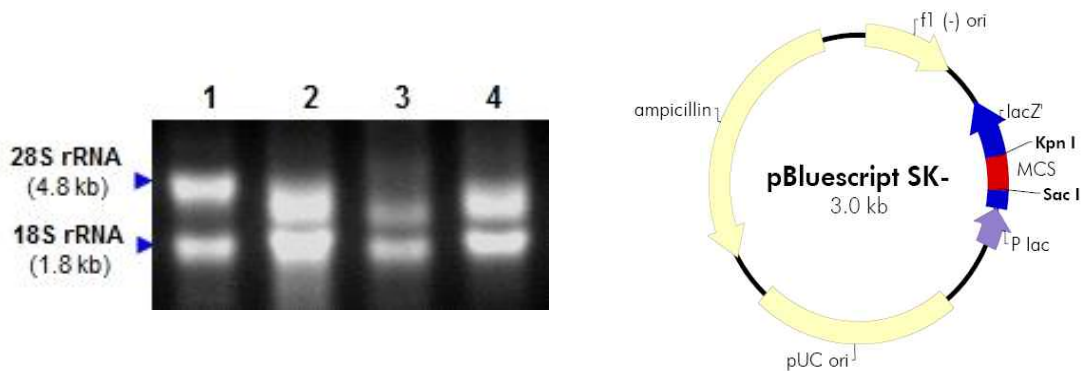


Fig. 7. Agarose gel loading results of RNA and pBluescript SK- vector map used for cDNA library construction (1:human total RNA, 2:666-62, 3:666-13, 4:671-9).

cDNA library 작성 후 확인을 위해 무작위로 선발된 colony를 *EcoRI*과 *XhoI* 제한효소 처리를 하여 1% agarose gel에 loading하는 방법을 통해 insert check를 실시하였다 (Fig. 8).

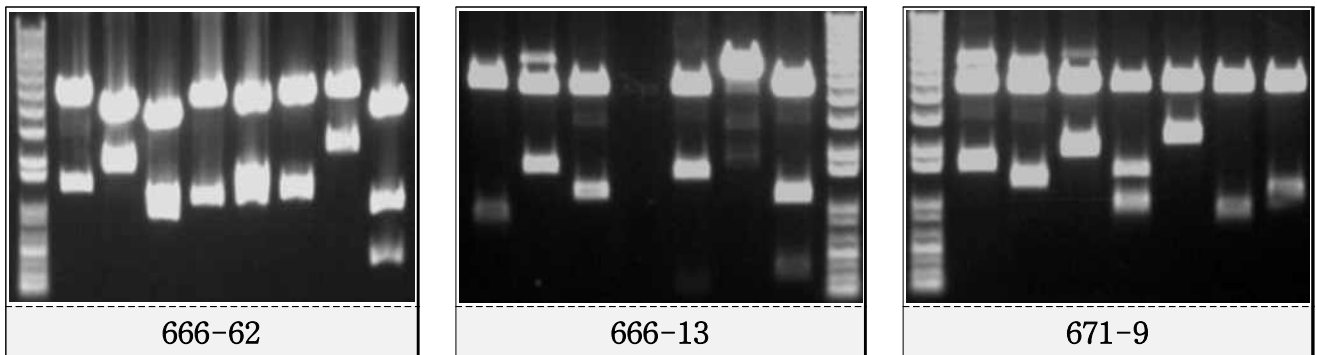


Fig. 8. Plasmid DNA was isolated from 8 randomly picked colonies. Supercoiled vector were digested with *EcoRI* and *XhoI* and loading on a 1% agarose gel.

다. 결과 및 분석

(1) 2차년도 대상 개체군 단모형 종자 표현형 389-1 selfing progeny 659 line의 단모형 종자 표현형 개체 종자 cDNA library 작성 및 EST 염기서열 분석

단모형 종자 표현형 개체 659-1 및 659-2와 유모형 종자 표현형 개체 677-14개체의 cDNA library 작성 후 1차로 659-1개체와 677-14개체의 EST 염기서열 분석을 실시하였다. 각각 576개의 EST 염기서열 분석을 하였으며, 그 결과로 얻어진 total bp는 659-1개체가 360,443bp이고 677-14개체가 442,959bp이다(Table 3, 4). 이후 sequence cleaning process 과정을 거친 뒤 cluster assembly를 통해 각각 659-1에서 42 contig와 363 singleton, 677-14에서 38 contig와 378 singleton을 작성하였다(Table 5, 6).

Table 3. EST sequencing, cleaning process and assembly results of 659-1.

Project ID	No. of Reads	Total bp
659-1 (Shor-hair seed line)	576	360,443
After 3730 sequencing		
659-1	572	
After Seq Cleaning Process (Minimum Length : 200)		
Valid Reads	543	
Trimmed Reads of Valid Reads		270
Short of Trashed Reads		17
Trashed Reads	LowQual of Trashed	0
	Dust of Trashed Reads	0
	ShortQ of Trashed Reads	12
After Lucy Cleaning Process (Minimum Length : 200)		
Valid Reads	529	
Trashed Reads		14
After Clustering		
Contig	42	36,395
Singletons		223,365

Table 4. EST sequencing, cleaning process and assembly results of 677-14.

Project ID	No. of Reads	Total bp
677-14 (Hairy seed line)	576	442,959
After 3730 sequencing		
677-14	573	
After Seq Cleaning Process (Minimum Length : 200)		
Valid Reads	573	
Trimmed Reads of Valid Reads		127
Short of Trashed Reads		21
Trashed Reads	LowQual of Trashed	0
	Dust of Trashed Reads	0
	ShortQ of Trashed Reads	1
After Lucy Cleaning Process (Minimum Length : 200)		
Valid Reads	542	
Trashed Reads		9
After Clustering		
Contig	38	37,892
Singletons		298,928

Table 5. EST sequencing results of 659-1 contig assembly.

Cluster	# Reads	Read list											
>CL1Contig1	20	659-1_01-F06-R.ab1	659-1_01-A11-R.ab1	659-1_04-C06-R.ab1	659-1_01-H12-R.ab1	659-1_05-H05-R.ab1	659-1_03-G08-R.ab1	659-1_05-A03-R.ab1	659-1_03-C02-R.ab1	659-1_04-A06-R.ab1	659-1_04-D05-R.ab1	659-1_05-G05-R.ab1	659-1_06-D09-R.ab1
		659-1_01-B03-R.ab1	659-1_03-A08-R.ab1	659-1_06-B03-R.ab1	659-1_05-F03-R.ab1	659-1_05-E03-R.ab1	659-1_04-D10-R.ab1	659-1_03-E12-R.ab1	659-1_02-F01-R.ab1				
>CL2Contig1	8	659-1_03-E11-R.ab1	659-1_02-B04-R.ab1	659-1_01-A05-R.ab1	659-1_02-F07-R.ab1	659-1_01-E04-R.ab1	659-1_02-E01-R.ab1	659-1_05-F01-R.ab1	659-1_06-C09-R.ab1				
>CL2Contig2	12	659-1_03-F03-R.ab1	659-1_03-G01-R.ab1	659-1_01-H02-R.ab1	659-1_06-A07-R.ab1	659-1_05-D03-R.ab1	659-1_05-H02-R.ab1	659-1_04-H05-R.ab1	659-1_04-F12-R.ab1	659-1_02-H08-R.ab1	659-1_04-E07-R.ab1	659-1_06-A05-R.ab1	659-1_06-D11-R.ab1
>CL3Contig1	11	659-1_02-D11-R.ab1	659-1_02-D06-R.ab1	659-1_06-D03-R.ab1	659-1_06-G02-R.ab1	659-1_04-E04-R.ab1	659-1_02-B05-R.ab1	659-1_06-B10-R.ab1	659-1_06-H11-R.ab1	659-1_03-E08-R.ab1	659-1_03-H11-R.ab1	659-1_05-C08-R.ab1	
>CL3Contig2	4	659-1_02-F05-R.ab1	659-1_01-H03-R.ab1	659-1_05-G06-R.ab1	659-1_04-H07-R.ab1								
>CL4Contig1	12	659-1_02-E09-R.ab1	659-1_01-A08-R.ab1	659-1_04-A02-R.ab1	659-1_02-H07-R.ab1	659-1_03-E06-R.ab1	659-1_02-G02-R.ab1	659-1_03-B05-R.ab1	659-1_05-H10-R.ab1	659-1_03-D04-R.ab1	659-1_03-D06-R.ab1	659-1_01-C11-R.ab1	659-1_03-G10-R.ab1
>CL4Contig2	3	659-1_04-G05-R.ab1	659-1_05-C11-R.ab1	659-1_05-E01-R.ab1									
>CL5Contig1	9	659-1_01-B06-R.ab1	659-1_03-F12-R.ab1	659-1_04-C11-R.ab1	659-1_01-G02-R.ab1	659-1_06-B04-R.ab1	659-1_05-E04-R.ab1	659-1_06-D04-R.ab1	659-1_06-C07-R.ab1	659-1_03-F05-R.ab1			
>CL6Contig1	7	659-1_03-H10-R.ab1	659-1_03-G06-R.ab1	659-1_02-G07-R.ab1	659-1_05-A06-R.ab1	659-1_02-D03-R.ab1	659-1_04-F04-R.ab1	659-1_05-H04-R.ab1					
>CL7Contig1	7	659-1_03-H06-R.ab1	659-1_02-H11-R.ab1	659-1_04-C07-R.ab1	659-1_04-D08-R.ab1	659-1_04-B01-R.ab1	659-1_04-F02-R.ab1	659-1_02-A12-R.ab1					
>CL8Contig1	3	659-1_02-H03-R.ab1	659-1_05-G10-R.ab1	659-1_06-D06-R.ab1									
>CL8Contig2	3	659-1_03-E07-R.ab1	659-1_04-A07-R.ab1	659-1_05-F12-R.ab1									
>CL9Contig1	3	659-1_03-F02-R.ab1	659-1_04-H08-R.ab1	659-1_04-A10-R.ab1									
>CL10Contig1	2	659-1_01-B09-R.ab1	659-1_05-H09-R.ab1										
>CL10Contig2	2	659-1_01-F03-R.ab1	659-1_03-G04-R.ab1										
>CL11Contig1	4	659-1_01-F01-R.ab1	659-1_01-D12-R.ab1	659-1_01-F10-R.ab1	659-1_05-D02-R.ab1								
>CL12Contig1	3	659-1_02-E12-R.ab1	659-1_03-B09-R.ab1	659-1_03-F11-R.ab1									
>CL13Contig1	3	659-1_01-G11-R.ab1	659-1_04-A09-R.ab1	659-1_04-F01-R.ab1									
>CL14Contig1	3	659-1_02-H09-R.ab1	659-1_05-B06-R.ab1	659-1_06-D10-R.ab1									
>CL15Contig1	3	659-1_05-D04-R.ab1	659-1_02-A08-R.ab1	659-1_06-B05-R.ab1									
>CL16Contig1	2	659-1_02-C10-R.ab1	659-1_03-D08-R.ab1										
>CL17Contig1	2	659-1_02-B03-R.ab1	659-1_05-B01-R.ab1										
>CL18Contig1	2	659-1_02-D09-R.ab1	659-1_04-D02-R.ab1										
>CL19Contig1	2	659-1_03-G07-R.ab1	659-1_06-F11-R.ab1										
>CL20Contig1	2	659-1_01-B08-R.ab1	659-1_04-G12-R.ab1										
>CL21Contig1	2	659-1_04-F08-R.ab1	659-1_03-G11-R.ab1										
>CL22Contig1	2	659-1_02-G08-R.ab1	659-1_04-E03-R.ab1										
>CL23Contig1	2	659-1_02-A04-R.ab1	659-1_02-C03-R.ab1										
>CL24Contig1	2	659-1_03-D01-R.ab1	659-1_05-G02-R.ab1										
>CL25Contig1	2	659-1_06-C04-R.ab1	659-1_05-F09-R.ab1										
>CL26Contig1	2	659-1_01-H10-R.ab1	659-1_06-A01-R.ab1										
>CL27Contig1	2	659-1_01-G12-R.ab1	659-1_03-C11-R.ab1										
>CL28Contig1	2	659-1_04-H09-R.ab1	659-1_06-H03-R.ab1										
>CL29Contig1	2	659-1_01-A07-R.ab1	659-1_06-H12-R.ab1										
>CL30Contig1	2	659-1_02-B01-R.ab1	659-1_02-D05-R.ab1										
>CL31Contig1	2	659-1_05-A02-R.ab1	659-1_05-D07-R.ab1										
>CL32Contig1	2	659-1_01-D04-R.ab1	659-1_05-C02-R.ab1										
>CL33Contig1	2	659-1_03-A04-R.ab1	659-1_05-B10-R.ab1										
>CL34Contig1	2	659-1_02-A06-R.ab1	659-1_02-E03-R.ab1										
>CL35Contig1	2	659-1_01-D01-R.ab1	659-1_02-F10-R.ab1										
>CL36Contig1	2	659-1_01-C03-R.ab1	659-1_03-C05-R.ab1										
>CL37Contig1	2	659-1_02-A09-R.ab1	659-1_06-C02-R.ab1										

Table 6. EST sequencing results of 677-14 contig assembly.

Cluster	# Reads	Read list					
>CL1Contig1	16	677-14_02-H10-R.ab1	677-14_06-E11-R.ab1	677-14_04-B10-R.ab1	677-14_02-A05-R.ab1	677-14_04-H05-R.ab1	677-14_05-B03-R.ab1
		677-14_06-A12-R.ab1	677-14_01-B11-R.ab1	677-14_06-B12-R.ab1	677-14_05-H03-R.ab1	677-14_05-F04-R.ab1	677-14_03-B10-R.ab1
		677-14_06-H06-R.ab1	677-14_05-D07-R.ab1	677-14_05-A07-R.ab1	677-14_06-B09-R.ab1		
>CL2Contig1	15	677-14_03-F05-R.ab1	677-14_02-A07-R.ab1	677-14_02-A12-R.ab1	677-14_04-D06-R.ab1	677-14_02-C03-R.ab1	677-14_01-E10-R.ab1
		677-14_06-G11-R.ab1	677-14_01-H11-R.ab1	677-14_06-C11-R.ab1	677-14_02-A08-R.ab1	677-14_04-F08-R.ab1	677-14_02-C06-R.ab1
		677-14_06-G12-R.ab1	677-14_03-B02-R.ab1	677-14_03-D05-R.ab1			
>CL3Contig1	14	677-14_02-D07-R.ab1	677-14_06-D02-R.ab1	677-14_04-G12-R.ab1	677-14_05-F01-R.ab1	677-14_03-E01-R.ab1	677-14_02-D09-R.ab1
		677-14_03-A08-R.ab1	677-14_06-D03-R.ab1	677-14_05-G11-R.ab1	677-14_03-A11-R.ab1	677-14_03-H10-R.ab1	677-14_03-H09-R.ab1
		677-14_03-C02-R.ab1	677-14_03-B03-R.ab1				
>CL4Contig1	5	677-14_01-E03-R.ab1	677-14_01-G04-R.ab1	677-14_01-H07-R.ab1	677-14_05-E05-R.ab1	677-14_04-C12-R.ab1	
>CL4Contig2	8	677-14_06-B11-R.ab1	677-14_02-G02-R.ab1	677-14_04-F03-R.ab1	677-14_06-F06-R.ab1	677-14_05-E11-R.ab1	677-14_03-A03-R.ab1
		677-14_03-G12-R.ab1	677-14_05-C08-R.ab1				
>CL5Contig1	8	677-14_01-E08-R.ab1	677-14_01-C04-R.ab1	677-14_01-E11-R.ab1	677-14_05-C12-R.ab1	677-14_04-E10-R.ab1	677-14_02-F06-R.ab1
		677-14_04-D03-R.ab1	677-14_03-C08-R.ab1				
>CL6Contig1	2	677-14_01-F08-R.ab1	677-14_03-H06-R.ab1				
>CL6Contig2	6	677-14_02-H05-R.ab1	677-14_05-D02-R.ab1	677-14_06-B03-R.ab1	677-14_06-E09-R.ab1	677-14_04-A01-R.ab1	677-14_04-C01-R.ab1
>CL7Contig1	2	677-14_01-A10-R.ab1	677-14_03-H08-R.ab1				
>CL7Contig2	5	677-14_05-E04-R.ab1	677-14_06-D08-R.ab1	677-14_05-E08-R.ab1	677-14_01-D10-R.ab1	677-14_06-C07-R.ab1	
>CL8Contig1	7	677-14_01-G07-R.ab1	677-14_02-B07-R.ab1	677-14_05-B10-R.ab1	677-14_01-C03-R.ab1	677-14_01-G09-R.ab1	677-14_03-C05-R.ab1
		677-14_04-F07-R.ab1					
>CL9Contig1	6	677-14_02-B01-R.ab1	677-14_05-D12-R.ab1	677-14_04-B06-R.ab1	677-14_04-H12-R.ab1	677-14_05-F09-R.ab1	677-14_05-G03-R.ab1
>CL10Contig1	5	677-14_01-C08-R.ab1	677-14_03-D03-R.ab1	677-14_05-A11-R.ab1	677-14_04-A09-R.ab1	677-14_04-F02-R.ab1	
>CL11Contig1	6	677-14_01-A07-R.ab1	677-14_02-H12-R.ab1	677-14_05-D05-R.ab1	677-14_06-H07-R.ab1	677-14_04-F05-R.ab1	677-14_03-A09-R.ab1
>CL12Contig1	4	677-14_01-D08-R.ab1	677-14_02-H02-R.ab1	677-14_02-F05-R.ab1	677-14_03-C11-R.ab1		
>CL13Contig1	4	677-14_02-C05-R.ab1	677-14_01-E09-R.ab1	677-14_02-H07-R.ab1	677-14_01-H09-R.ab1		
>CL14Contig1	4	677-14_04-A12-R.ab1	677-14_05-F05-R.ab1	677-14_04-B09-R.ab1	677-14_03-E11-R.ab1		
>CL15Contig1	2	677-14_02-E01-R.ab1	677-14_06-A06-R.ab1				
>CL16Contig1	3	677-14_01-H10-R.ab1	677-14_04-G09-R.ab1	677-14_06-F09-R.ab1			
>CL17Contig1	3	677-14_01-H05-R.ab1	677-14_03-B08-R.ab1	677-14_05-C03-R.ab1			
>CL18Contig1	3	677-14_03-F08-R.ab1	677-14_06-H10-R.ab1	677-14_05-B04-R.ab1			
>CL19Contig1	3	677-14_01-F06-R.ab1	677-14_06-D12-R.ab1	677-14_01-G10-R.ab1			
>CL20Contig1	3	677-14_01-A12-R.ab1	677-14_03-B01-R.ab1	677-14_05-G04-R.ab1			
>CL21Contig1	2	677-14_04-E04-R.ab1	677-14_06-E02-R.ab1				
>CL22Contig1	2	677-14_04-D12-R.ab1	677-14_06-F07-R.ab1				
>CL23Contig1	2	677-14_01-E07-R.ab1	677-14_05-E02-R.ab1				
>CL24Contig1	2	677-14_03-C06-R.ab1	677-14_03-F06-R.ab1				
>CL25Contig1	2	677-14_04-C03-R.ab1	677-14_04-G03-R.ab1				
>CL27Contig1	2	677-14_01-A11-R.ab1	677-14_02-G01-R.ab1				
>CL29Contig1	2	677-14_01-H03-R.ab1	677-14_05-E06-R.ab1				
>CL30Contig1	2	677-14_01-A03-R.ab1	677-14_03-B07-R.ab1				
>CL31Contig1	2	677-14_05-H08-R.ab1	677-14_06-G06-R.ab1				
>CL32Contig1	2	677-14_01-D12-R.ab1	677-14_02-E09-R.ab1				
>CL33Contig1	2	677-14_01-D07-R.ab1	677-14_03-D04-R.ab1				
>CL34Contig1	2	677-14_05-D01-R.ab1	677-14_04-D09-R.ab1				
>CL35Contig1	2	677-14_05-A03-R.ab1	677-14_06-F11-R.ab1				
>CL37Contig1	2	677-14_01-H02-R.ab1	677-14_02-H01-R.ab1				
>CL38Contig1	2	677-14_02-E08-R.ab1	677-14_05-C06-R.ab1				

(2) 2차년도 대상 개체군 단모형 종자 표현형 394-6 selfing progeny 666 line의 단모형 종자 표현형 개체 종자 cDNA library 작성 및 EST 염기서열 분석

단모형 종자 표현형 개체 666-13, 666-62 그리고 유모형 종자 표현형 개체 671-9개체의 cDNA library 작성 후 그중 666-13개체와 671-9개체의 EST 염기서열 분석을 실시하였다. 각각 576개의 EST 염기서열 분석을 하였으며, 그 결과로 얻어진 total bp는 666-13개체가 403,168bp, 671-9 개체가 384,434bp이다(Table 7, 8). 이후 sequence cleaning process 과정을 거친 뒤 cluster assembly를 통해 각각 666-13에서 48 contig와 363 singleton 671-9에서 50 contig와 354 singleton 을 작성하였다(Table 9, 10).

Table 7. EST sequencing, cleaning process and assembly results of 666-13.

Project ID		No. of Reads	Total bp
666-13 (Short-hair seed line)		576	403,168
After 3730 sequencing			
666-13		570	
After Seq Cleaning Process (Minimum Length : 200)			
Valid Reads		554	
Trimmed Reads of Valid Reads			260
Short of Trashed Reads			13
Trashed Reads	LowQual of Trashed	16	0
	Dust of Trashed Reads		0
	ShortQ of Trashed Reads		3
After Lucy Cleaning Process (Minimum Length : 200)			
Valid Reads		546	
Trashed Reads		8	
After Clustering			
Contig		48	44,281
Singletons		363	253,610

Table 8. EST sequencing, cleaning process and assembly results of 671-9.

Project ID		No. of Reads	Total bp
671-9 (Hairy seed line)		576	384,434
After 3730 sequencing			
671-9		549	
After Seq Cleaning Process (Minimum Length : 200)			
Valid Reads		527	
Trimmed Reads of Valid Reads			125
Short of Trashed Reads			22
Trashed Reads	LowQual of Trashed	22	0
	Dust of Trashed Reads		0
	ShortQ of Trashed Reads		0
After Lucy Cleaning Process (Minimum Length : 200)			
Valid Reads		517	
Trashed Reads		10	
After Clustering			
Contig		50	43,198
Singletons		354	257,696

Table 9. EST sequencing results of 666-13 contig assembly.

Cluster	# Reads	Read list					
>CL1Contig1	5	666-13_01-D09-R.abl	666-13_06-F03-R.abl	666-13_04-F11-R.abl	666-13_03-F05-R.abl	666-13_06-A07-R.abl	
>CL1Contig2	8	666-13_02-C11-R.abl	666-13_01-D01-R.abl	666-13_02-G05-R.abl	666-13_04-A01-R.abl	666-13_04-D12-R.abl	666-13_05-B04-R.abl
		666-13_02-C07-R.abl	666-13_04-C06-R.abl				
>CL1Contig3	19	666-13_05-E07-R.abl	666-13_01-A01-R.abl	666-13_02-E09-R.abl	666-13_01-D02-R.abl	666-13_03-B05-R.abl	666-13_04-B02-R.abl
		666-13_06-G08-R.abl	666-13_06-G12-R.abl	666-13_05-B07-R.abl	666-13_06-D12-R.abl	666-13_06-A06-R.abl	666-13_04-F10-R.abl
		666-13_05-A03-R.abl	666-13_05-D11-R.abl	666-13_06-H04-R.abl	666-13_06-D04-R.abl	666-13_03-F04-R.abl	666-13_05-F10-R.abl
		666-13_05-C10-R.abl					
>CL2Contig1	18	666-13_06-H11-R.abl	666-13_01-G05-R.abl	666-13_04-A05-R.abl	666-13_06-A10-R.abl	666-13_05-C09-R.abl	666-13_06-E12-R.abl
		666-13_01-E05-R.abl	666-13_01-G07-R.abl	666-13_01-H06-R.abl	666-13_06-B11-R.abl	666-13_04-G02-R.abl	666-13_06-B05-R.abl
		666-13_01-B12-R.abl	666-13_02-A04-R.abl	666-13_03-A03-R.abl	666-13_04-F02-R.abl	666-13_02-G03-R.abl	666-13_06-C03-R.abl
>CL4Contig1	11	666-13_03-H04-R.abl	666-13_06-B08-R.abl	666-13_04-C05-R.abl	666-13_02-H03-R.abl	666-13_01-E07-R.abl	666-13_01-C12-R.abl
		666-13_03-C04-R.abl	666-13_03-C05-R.abl	666-13_04-H04-R.abl	666-13_01-C06-R.abl	666-13_03-H11-R.abl	
>CL5Contig1	9	666-13_04-B06-R.abl	666-13_02-E11-R.abl	666-13_02-F07-R.abl	666-13_04-F06-R.abl	666-13_04-B03-R.abl	666-13_06-B02-R.abl
		666-13_04-E09-R.abl	666-13_03-E04-R.abl	666-13_03-G02-R.abl			
>CL6Contig1	4	666-13_02-G04-R.abl	666-13_02-H08-R.abl	666-13_04-G07-R.abl	666-13_03-B04-R.abl		
>CL6Contig2	4	666-13_06-H03-R.abl	666-13_03-D05-R.abl	666-13_02-D12-R.abl	666-13_04-E11-R.abl		
>CL7Contig1	6	666-13_05-C05-R.abl	666-13_06-D11-R.abl	666-13_03-D03-R.abl	666-13_02-A06-R.abl	666-13_05-G02-R.abl	666-13_05-E10-R.abl
>CL8Contig1	6	666-13_01-H01-R.abl	666-13_02-E08-R.abl	666-13_04-D04-R.abl	666-13_05-B06-R.abl	666-13_05-F02-R.abl	666-13_05-G06-R.abl
>CL9Contig1	4	666-13_01-F12-R.abl	666-13_06-C01-R.abl	666-13_06-E05-R.abl	666-13_02-E02-R.abl		
>CL10Contig1	4	666-13_01-B10-R.abl	666-13_05-A04-R.abl	666-13_04-C03-R.abl	666-13_06-F05-R.abl		
>CL11Contig1	4	666-13_03-C08-R.abl	666-13_06-F04-R.abl	666-13_03-E09-R.abl	666-13_05-H05-R.abl		
>CL12Contig1	3	666-13_05-E05-R.abl	666-13_05-B12-R.abl	666-13_05-G12-R.abl			
>CL13Contig1	4	666-13_01-F04-R.abl	666-13_05-F06-R.abl	666-13_03-F09-R.abl	666-13_06-G05-R.abl		
>CL14Contig1	3	666-13_01-H12-R.abl	666-13_05-E03-R.abl	666-13_05-F11-R.abl			
>CL15Contig1	3	666-13_01-E01-R.abl	666-13_03-E07-R.abl	666-13_06-H01-R.abl			
>CL16Contig1	3	666-13_02-D05-R.abl	666-13_04-E12-R.abl	666-13_05-D01-R.abl			
>CL17Contig1	3	666-13_06-A11-R.abl	666-13_03-F12-R.abl	666-13_06-C08-R.abl			
>CL18Contig1	3	666-13_01-A04-R.abl	666-13_03-G04-R.abl	666-13_03-C01-R.abl			
>CL19Contig1	3	666-13_03-E06-R.abl	666-13_06-G01-R.abl	666-13_02-A02-R.abl			
>CL20Contig1	2	666-13_01-B04-R.abl	666-13_03-E08-R.abl				
>CL21Contig1	3	666-13_02-F02-R.abl	666-13_05-D02-R.abl	666-13_06-B01-R.abl			
>CL22Contig1	3	666-13_02-A11-R.abl	666-13_06-B04-R.abl	666-13_06-A04-R.abl			
>CL23Contig1	2	666-13_04-A10-R.abl	666-13_05-H08-R.abl				
>CL24Contig1	2	666-13_01-G04-R.abl	666-13_03-H08-R.abl				
>CL25Contig1	2	666-13_01-B03-R.abl	666-13_06-D08-R.abl				
>CL26Contig1	2	666-13_01-F02-R.abl	666-13_03-E12-R.abl				
>CL27Contig1	2	666-13_04-F04-R.abl	666-13_05-G03-R.abl				
>CL28Contig1	2	666-13_01-G06-R.abl	666-13_03-C06-R.abl				
>CL29Contig1	2	666-13_03-F03-R.abl	666-13_04-B12-R.abl				
>CL30Contig1	2	666-13_01-B01-R.abl	666-13_04-D11-R.abl				
>CL31Contig1	2	666-13_04-C07-R.abl	666-13_06-G10-R.abl				
>CL32Contig1	2	666-13_03-G05-R.abl	666-13_04-C01-R.abl				
>CL33Contig1	2	666-13_05-C12-R.abl	666-13_05-D08-R.abl				
>CL34Contig1	2	666-13_04-G01-R.abl	666-13_05-C11-R.abl				
>CL35Contig1	2	666-13_01-F01-R.abl	666-13_06-E07-R.abl				
>CL36Contig1	2	666-13_02-D04-R.abl	666-13_06-B09-R.abl				
>CL37Contig1	2	666-13_04-E04-R.abl	666-13_05-F05-R.abl				
>CL38Contig1	2	666-13_01-B09-R.abl	666-13_01-D04-R.abl				
>CL39Contig1	2	666-13_04-B09-R.abl	666-13_04-F08-R.abl				
>CL40Contig1	2	666-13_04-E06-R.abl	666-13_06-A05-R.abl				
>CL41Contig1	2	666-13_04-D02-R.abl	666-13_03-E02-R.abl				
>CL42Contig1	2	666-13_03-D09-R.abl	666-13_06-H12-R.abl				
>CL43Contig1	2	666-13_03-G06-R.abl	666-13_06-A08-R.abl				
>CL44Contig1	2	666-13_05-B10-R.abl	666-13_06-E01-R.abl				
>CL45Contig1	2	666-13_03-H06-R.abl	666-13_05-H02-R.abl				
>CL46Contig1	2	666-13_01-H09-R.abl	666-13_03-F02-R.abl				

Table 10. EST sequencing results of 671-9 contig assembly.

Cluster	# Reads	Read list																			
>CL1Contig1	20	671-9_05-F02-R.ab1	671-9_02-G04-R.ab1	671-9_04-F08-R.ab1	671-9_03-A05-R.ab1	671-9_06-G09-R.ab1	671-9_04-C10-R.ab1	671-9_05-F01-R.ab1	671-9_04-D06-R.ab1	671-9_06-A06-R.ab1	671-9_04-C09-R.ab1	671-9_04-G11-R.ab1	671-9_03-H09-R.ab1	671-9_02-E02-R.ab1	671-9_04-F05-R.ab1	671-9_05-B11-R.ab1	671-9_01-F11-R.ab1	671-9_01-E06-R.ab1	671-9_01-G06-R.ab1	671-9_05-G12-R.ab1	671-9_06-F03-R.ab1
>CL2Contig1	9	671-9_03-E03-R.ab1	671-9_02-C12-R.ab1	671-9_06-A12-R.ab1	671-9_06-E11-R.ab1	671-9_02-D10-R.ab1	671-9_04-F06-R.ab1	671-9_03-C09-R.ab1	671-9_06-H11-R.ab1	671-9_04-D05-R.ab1											
>CL2Contig2	2	671-9_06-D11-R.ab1	671-9_06-H03-R.ab1																		
>CL3Contig1	7	671-9_03-A12-R.ab1	671-9_04-C03-R.ab1	671-9_06-D09-R.ab1	671-9_05-F09-R.ab1	671-9_06-F01-R.ab1	671-9_06-C03-R.ab1	671-9_01-B01-R.ab1													
>CL3Contig2	2	671-9_03-E02-R.ab1	671-9_06-F07-R.ab1																		
>CL4Contig1	8	671-9_01-E08-R.ab1	671-9_01-E05-R.ab1	671-9_05-H08-R.ab1	671-9_03-C10-R.ab1	671-9_02-B07-R.ab1	671-9_06-C12-R.ab1	671-9_01-G07-R.ab1	671-9_06-A05-R.ab1												
>CL5Contig1	8	671-9_03-G11-R.ab1	671-9_01-D01-R.ab1	671-9_05-D06-R.ab1	671-9_02-B04-R.ab1	671-9_04-G07-R.ab1	671-9_06-E05-R.ab1	671-9_06-E07-R.ab1	671-9_04-G10-R.ab1												
>CL6Contig1	7	671-9_01-F04-R.ab1	671-9_02-H12-R.ab1	671-9_04-A05-R.ab1	671-9_05-C07-R.ab1	671-9_03-D10-R.ab1	671-9_06-B12-R.ab1	671-9_03-C11-R.ab1													
>CL7Contig1	6	671-9_01-H07-R.ab1	671-9_03-H10-R.ab1	671-9_01-B07-R.ab1	671-9_03-A01-R.ab1	671-9_02-F09-R.ab1	671-9_02-B10-R.ab1														
>CL8Contig1	5	671-9_03-C07-R.ab1	671-9_01-D12-R.ab1	671-9_06-H12-R.ab1	671-9_06-G11-R.ab1	671-9_03-H11-R.ab1															
>CL9Contig1	5	671-9_03-A04-R.ab1	671-9_03-B02-R.ab1	671-9_03-C02-R.ab1	671-9_05-H04-R.ab1	671-9_03-A09-R.ab1															
>CL10Contig1	3	671-9_05-D09-R.ab1	671-9_02-E03-R.ab1	671-9_05-F03-R.ab1																	
>CL11Contig1	3	671-9_06-F02-R.ab1	671-9_02-G03-R.ab1	671-9_06-A09-R.ab1																	
>CL12Contig1	3	671-9_02-C05-R.ab1	671-9_01-A07-R.ab1	671-9_04-C04-R.ab1																	
>CL13Contig1	3	671-9_02-A06-R.ab1	671-9_02-H01-R.ab1	671-9_06-H10-R.ab1																	
>CL14Contig1	3	671-9_02-G05-R.ab1	671-9_04-H06-R.ab1	671-9_02-B06-R.ab1																	
>CL15Contig1	2	671-9_04-E04-R.ab1	671-9_03-H03-R.ab1																		
>CL16Contig1	3	671-9_05-F04-R.ab1	671-9_02-E05-R.ab1	671-9_06-B11-R.ab1																	
>CL17Contig1	2	671-9_04-E10-R.ab1	671-9_06-A11-R.ab1																		
>CL18Contig1	2	671-9_05-E02-R.ab1	671-9_02-A09-R.ab1																		
>CL19Contig1	2	671-9_01-G10-R.ab1	671-9_02-D01-R.ab1																		
>CL20Contig1	2	671-9_04-F09-R.ab1	671-9_02-F10-R.ab1																		
>CL21Contig1	2	671-9_04-H08-R.ab1	671-9_05-H07-R.ab1																		
>CL22Contig1	2	671-9_05-G04-R.ab1	671-9_05-C12-R.ab1																		
>CL24Contig1	2	671-9_03-E11-R.ab1	671-9_04-H01-R.ab1																		
>CL25Contig1	2	671-9_05-F07-R.ab1	671-9_06-C02-R.ab1																		
>CL26Contig1	2	671-9_05-E05-R.ab1	671-9_03-F05-R.ab1																		
>CL27Contig1	2	671-9_04-H02-R.ab1	671-9_06-E12-R.ab1																		
>CL28Contig1	2	671-9_01-D05-R.ab1	671-9_01-H08-R.ab1																		
>CL29Contig1	2	671-9_02-E11-R.ab1	671-9_05-A09-R.ab1																		
>CL30Contig1	2	671-9_01-C11-R.ab1	671-9_03-A02-R.ab1																		
>CL31Contig1	2	671-9_03-B12-R.ab1	671-9_03-E09-R.ab1																		
>CL32Contig1	2	671-9_02-F11-R.ab1	671-9_02-H10-R.ab1																		
>CL33Contig1	2	671-9_02-C08-R.ab1	671-9_05-H11-R.ab1																		
>CL34Contig1	2	671-9_06-B05-R.ab1	671-9_03-E01-R.ab1																		
>CL35Contig1	2	671-9_02-G01-R.ab1	671-9_02-E09-R.ab1																		
>CL36Contig1	2	671-9_02-D04-R.ab1	671-9_06-D03-R.ab1																		
>CL38Contig1	2	671-9_01-E09-R.ab1	671-9_06-H06-R.ab1																		
>CL39Contig1	2	671-9_01-E01-R.ab1	671-9_02-E12-R.ab1																		
>CL40Contig1	2	671-9_02-D09-R.ab1	671-9_05-E03-R.ab1																		
>CL41Contig1	2	671-9_02-E08-R.ab1	671-9_02-G08-R.ab1																		
>CL42Contig1	2	671-9_03-E12-R.ab1	671-9_05-C09-R.ab1																		
>CL43Contig1	2	671-9_05-E09-R.ab1	671-9_01-F02-R.ab1																		
>CL44Contig1	2	671-9_03-F09-R.ab1	671-9_04-D08-R.ab1																		
>CL45Contig1	2	671-9_03-G10-R.ab1	671-9_05-H03-R.ab1																		
>CL46Contig1	2	671-9_03-G07-R.ab1	671-9_05-E10-R.ab1																		
>CL47Contig1	2	671-9_03-C05-R.ab1	671-9_03-H05-R.ab1																		
>CL48Contig1	2	671-9_01-D02-R.ab1	671-9_04-F07-R.ab1																		
>CL49Contig1	2	671-9_01-A04-R.ab1	671-9_03-G09-R.ab1																		
>CL50Contig1	2	671-9_05-D05-R.ab1	671-9_01-A03-R.ab1																		

2. 3차년도 당근 종자 cDNA library 작성 및 EST 염기서열 분석

가. 목적

단모형 종자 표현형을 보인 당근 개체와 유모형 종자 표현형을 보인 당근 개체의 종자 cDNA library를 작성함으로써 RNA 수준의 발현차이를 비교분석하여 당근 무모종자 형질에 관련된 정보를 획득하고자 실시하였다. 단모형 종자 표현형이 확인된 389-1개체의 경우 CT-SMR 616 OP로부터 유래되었으며, 394-6개체는 CT-ATR 615 OP로부터 유래되었기 때문에, 그 유전적 배경이

상이다. 이에 따라 유전적 배경이 다른 각각의 selfing progeny 659 line 및 666 line을 독립적으로 분석하여, 보다 정확한 무모형 종자 형질의 차이를 분석 하고자 하였다.

나. 재료 및 방법

(1) 2차년도 대상 개체군 단모형 종자 표현형 389-1 개체의 selfing progeny 659 line의 단모형 종자 표현형 개체 종자 cDNA library 작성

2차년도에 1차년도 무모형 종자 표현형을 보인 389-1개체의 selfing progeny 659 line의 표현형을 분석한 결과 단모형 종자 표현형을 보이면서 cDNA library 작성을 위해 충분한 sample을 확보할 수 있었던 659-1, 2 개체를 sampling하였다 (Fig. 9). Sampling 시기는 각 개체의 selfing 교배 후 종자모가 생겨나기 시작하는 종자생성 초기단계로 하여 RNA를 분리하였다 (Fig. 10). EST profiling 시 대조구로써 사용될 유모형 종자 표현형을 가진 개체는 659 line과 마찬가지로 CT-SMR 616 계통의 sib cross를 통해 얻어진 selfing progeny 중 유모형 종자 표현형을 보이는 개체인 677-14을 선정하여 동일한 방법으로 RNA를 분리하였다 (Table 11).

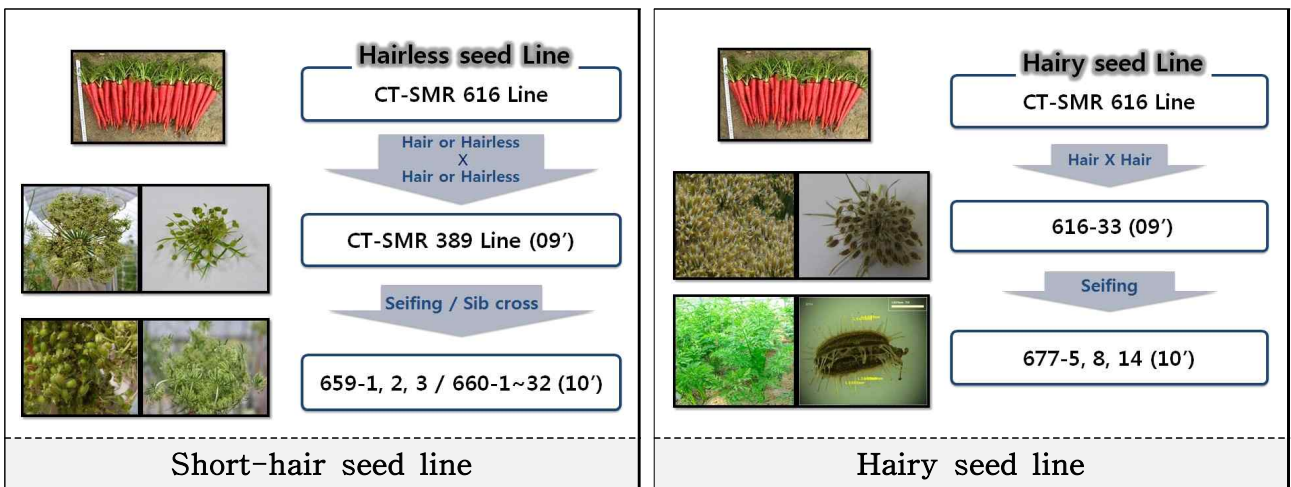


Fig. 9. The genealogy of CT-SMR 616 OP for seed cDNA library construct.



Fig 10. Short-hair seed 659-1, 2 and control 677-14 used for cDNA library construction at the early stage of seed maturation.

Table 11. RNA quality of hairless-seed and control line.

Phenotype	Line No.	Conc. (ng/ul)	A ₂₆₀ /A ₂₈₀	Total vol. (ul)	Total quantity
Short-hair seed	659-1	2536	1.99	400	1000ug
	659-2	1140	1.89	700	800ug
Hairy seed	677-14	2172	1.94	450	1000ug

추출한 RNA를 agarose gel에 loading하여 확인한 후 mRNA 농도를 확인하였다. 이후 Excised Phagemid의 방법으로 pBluscript® SK- Vector를 사용하여 *E.coli* SOLR strain을 이용해 cDNA library construction을 실시하였다 (Fig. 00). Insert size는 0.5~4.0kb이며 titer 값은 0.2×10^7 cfu이었다 (Fig. 11).

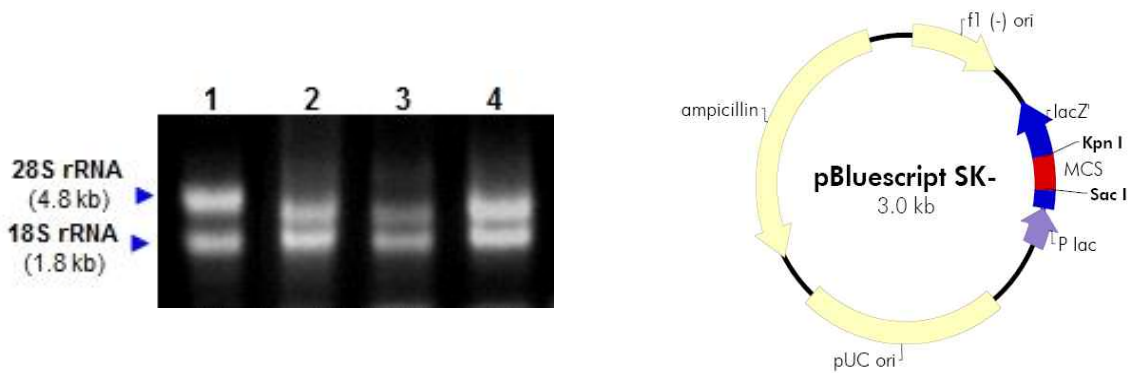


Fig. 11. Agarose gel loading results of RNA and pBluscript SK- vector map used for cDNA library construction (1:human total RNA, 2:659-1, 3:659-2, 4:677-14).

cDNA library 작성 후 확인을 위해 무작위로 선발된 colony를 *EcoRI*과 *XhoI* 제한효소 처리를 하여 1% agarose gel에 loading하는 방법을 통해 insert check를 실시하였다 (Fig. 12).

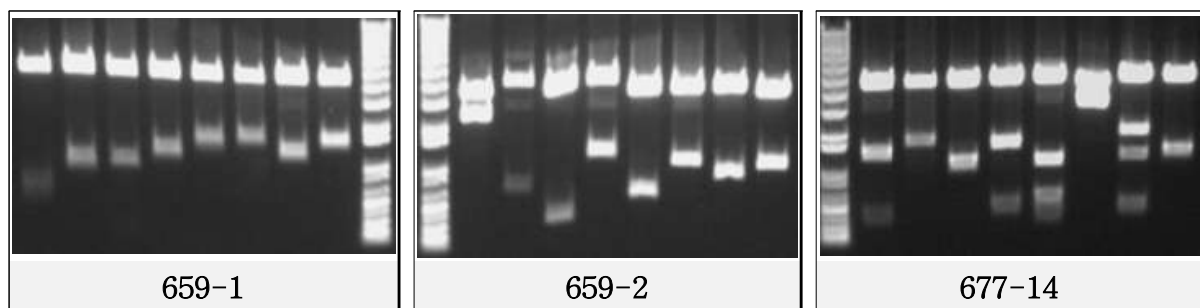


Fig. 12. Plasmid DNA was isolated from 8 randomly picked colonies. Supercoiled vector were digested with *EcoRI* and *XhoI* and loading on a 1% agarose gel.

(2) 2차년도 대상 개체군 단모형 종자 표현형 394-6 개체의 selfing progeny 666 line의 단모형 종자 표현형 개체 종자 cDNA library 작성

2차년도에 1차년도 단모형 종자 표현형을 보인 394-6개체의 selfing progeny 666 line의 표현형을 분석한 결과 단모형 종자 표현형을 보이면서 cDNA library 작성을 위해 충분한 sample을 확보할 수 있었던 666-13, 62 개체를 sampling하였다 (Fig. 13). Sampling 시기는 각 개체의 selfing 교배후 종자모가 생겨나기 시작하는 종자생성 초기단계로 하여 RNA를 분리하였다 (Fig. 14). EST profiling 시 대조구로써 사용될 유모형 종자 표현형을 가진 개체는 666 line과 마찬가지로 CT-ATR 615 계통의 sib cross를 통해 얻어진 selfing progeny 중 유모형 종자 표현형을 보이는 개체인 671-9을 선정하여 동일한 방법으로 RNA를 분리하였다 (Table 12).

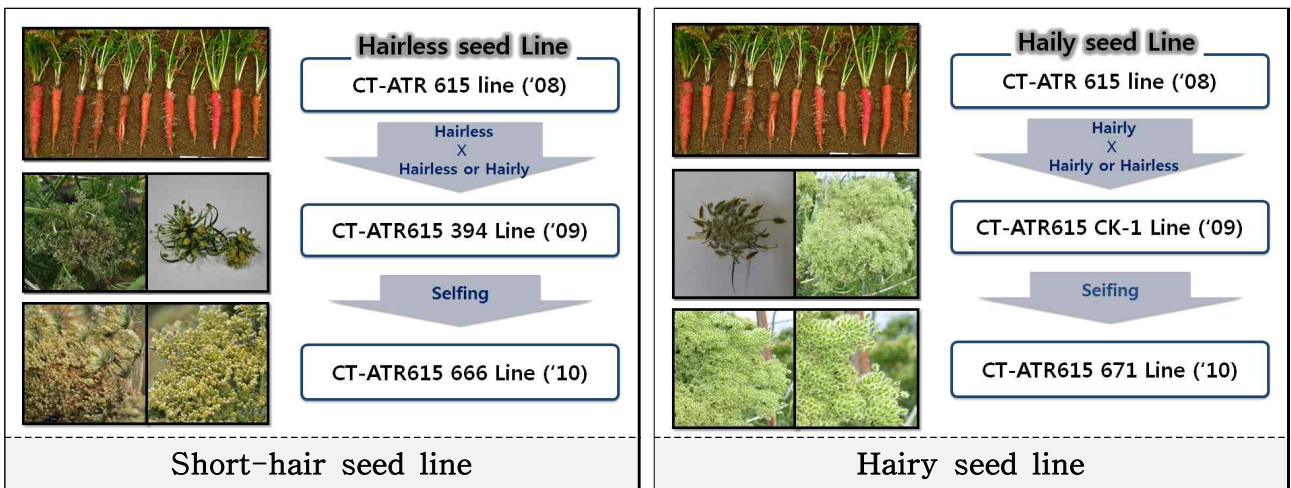


Fig. 13. The genealogy of CT-ATR 615 for seed cDNA library construct.

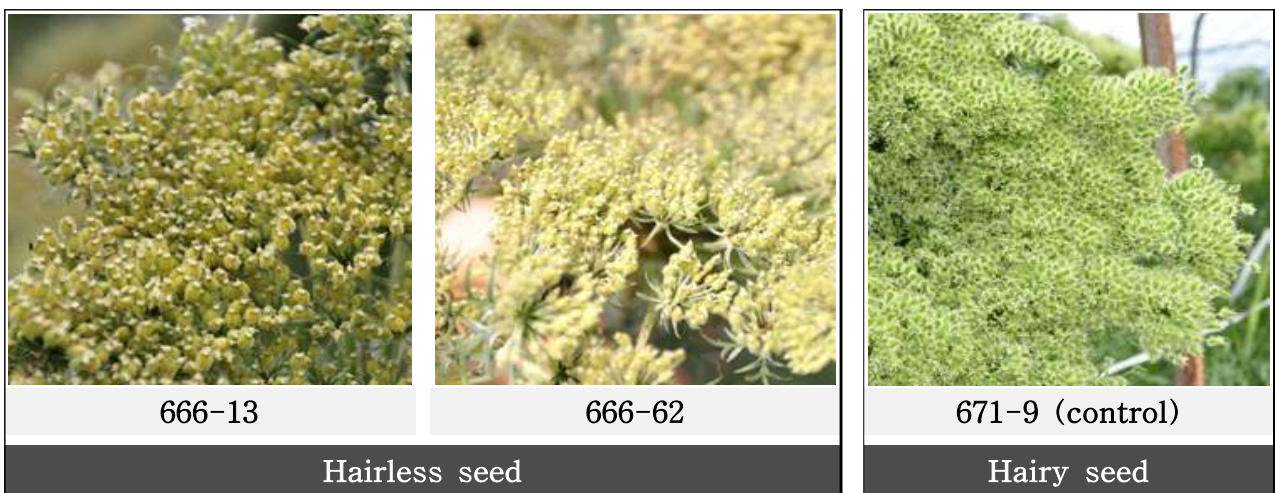


Fig 14. Short-hair seed 666-13, 62 and control 671-9 used for cDNA library construction at the early stage of seed maturation.

Table 12. RNA quality results of hairless-seed and control line.

Phenotype	Line No.	Conc. (ng/ul)	A ₂₆₀ /A ₂₈₀	Total vol. (ul)	Total quantity
Short-hair seed	666-13	549.4	2.04	550	300ug
	666-62	1547	2.04	400	600ug
Hairy seed	671-9	930.5	2.01	850	800ug

추출한 RNA를 agarose gel에 loading하여 확인한 후 mRNA 농도를 확인하였다. 이후 Excised Phagemid의 방법으로 pBluscript® SK- Vector를 사용하여 *E.coli* SOLR strain을 이용해 cDNA library construction을 실시하였다 (Fig. 00). Insert size는 0.5~4.0kb이며 titer 값은 0.2×10^7 cfu이었다 (Fig. 15).

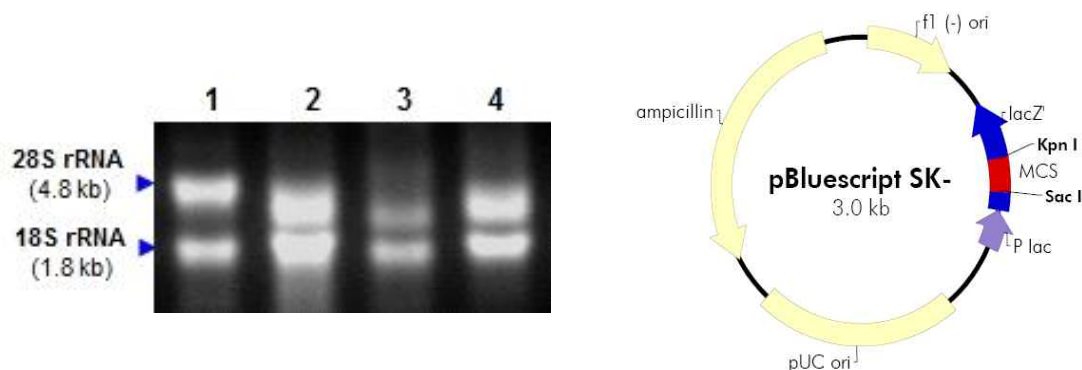


Fig. 15. Agarose gel loading results of RNA and pBluscript SK- vector map used for cDNA library construction (1:human total RNA, 2:666-62, 3:666-13, 4:671-9).

cDNA library 작성 후 확인을 위해 무작위로 선발된 colony를 *EcoRI*과 *XhoI* 제한효소 처리를 하여 1% agarose gel에 loading하는 방법을 통해 insert check를 실시하였다 (Fig. 16).

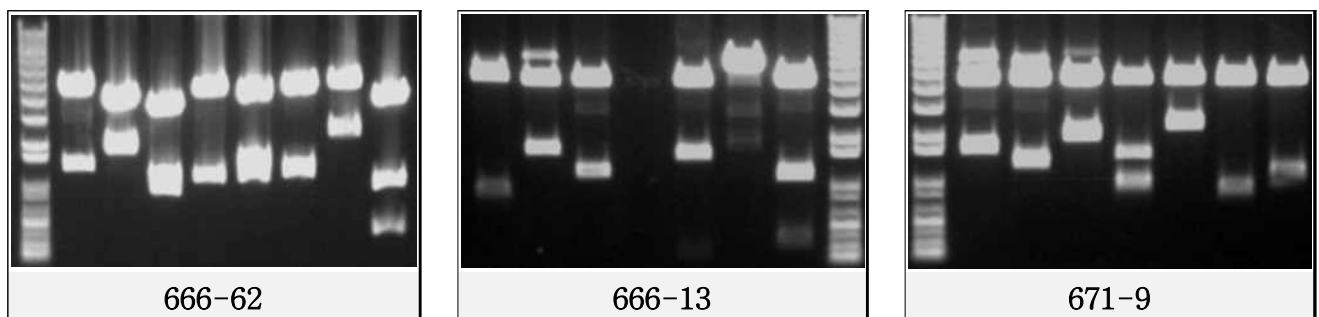


Fig. 16. Plasmid DNA was isolated from 8 randomly picked colonies. Supercoiled vector were digested with *EcoRI* and *XhoI* and loading on a 1% agarose gel.

다. 결과 및 분석

(1) 2차년도 대상 개체군 단모형 종자 표현형 389-1 개체의 selfing progeny 659 line의 단모형 종자 표현형 개체의 추가적인 cDNA library EST sequencing

단모형 종자 표현형 개체 659-1 및 659-2와 유모형 종자 표현형 677-14개체의 cDNA library 작성 후 2010년도 1차로 개체별 각각 576개의 EST에서 659-1개체와 677-14개체의 EST sequencing을 실시하였다. 그 결과로 얻어진 total bp는 659-1개체가 360,443bp이고 677-14 개체가 442,959bp이다. 이후 sequence cleaning process 과정을 거친 뒤 cluster assembly를 통해 각각 659-1에서 42 contig와 363 singleton, 677-14에서 38 contig와 378 singleton을 작성하였다. 3차년도에서 추가적으로 개체별 각각 672개의 EST에서 659-1개체와 677-14개체의 EST 염기서열 분석을 실시하였다. 그 결과로 얻어진 total bp는 659-1개체가 436,662bp이고 677-14 개체가 511,759bp이다. 이후 sequence cleaning process 과정을 거친뒤 cluster assembly를 통해 각각 659-1에서 56 contig와 398 sigleton No. 677-14에서 52 contig와 449 singleton을 작성하였다 (Table 13, 14). 2차년도와 3차년도 659-1개체와 677-14 개체의 통합적인 EST sequencing 결과는 659-1 개체는 총 797,105bp의 total bp와 98 contig와 761 singleton을 작성하였다 (Table 15). 677-14 개체는 총 954,718bp의 total bp와 90 contig와 827 singleton을 작성하였다 (Table 16).

Table 13. 2nd EST sequencing, cleaning process and assembly results of 659-1.

Project ID		No. of Reads	Total bp
659-1 (Short-hair seed line)		664	436,662
After 3730 sequencing			
659-1		664	
After Seq Cleaning Process (Minimum Length : 200)			
Valid Reads		635	
Trimmed Reads of Valid Reads			334
Trashed Reads	Short of Trashed Reads		17
	LowQual of Trashed	29	0
	Dust of Trashed Reads		0
	ShortQ of Trashed Reads		12
After Lucy Cleaning Process (Minimum Length : 200)			
Valid Reads		624	
Trashed Reads		11	
After Clustering			
Contig		56	47,731
Singletons		398	255,332

Table 14. 2nd EST sequencing, cleaning process and assembly results of 677-14.

Project ID		No. of Reads	Total bp
677-14 (Hairy seed line)		660	511,759
After 3730 sequencing			
677-14		660	
After Seq Cleaning Process (Minimum Length : 200)			
Valid Reads		640	
Trimmed Reads of Valid Reads			196
Trashed Reads	Short of Trashed Reads		19
	LowQual of Trashed	20	0
	Dust of Trashed Reads		0
	ShortQ of Trashed Reads		1
After Lucy Cleaning Process (Minimum Length : 200)			
Valid Reads		627	
Trashed Reads		13	
After Clustering			
Contig		52	47,788
Singletons		449	352,607

Table 15. Total EST sequencing, cleaning process and assembly results of 659-1.

Project ID		No. of Reads	Total bp
659-1 (Short-hair seed line)		1,240	797,105
After 3730 sequencing			
659-1		1,236	
After Seq Cleaning Process (Minimum Length : 200)			
Valid Reads		1,178	
Trimmed Reads of Valid Reads			604
Trashed Reads	Short of Trashed Reads		34
	LowQual of Trashed	58	0
	Dust of Trashed Reads		0
	ShortQ of Trashed Reads		24
After Lucy Cleaning Process (Minimum Length : 200)			
Valid Reads		1,153	
Trashed Reads		25	
After Clustering			
Contig		98	84,126
Singletons		761	478,697

Table 16. Total EST sequencing, cleaning process and assembly results of 677-14.

Project ID	No. of Reads	Total bp
677-14 (Hairy seed line)	1,236	954,718
After 3730 sequencing		
677-14	1,233	
After Seq Cleaning Process (Minimum Length : 200)		
Valid Reads	1,191	
Trimmed Reads of Valid Reads		323
Short of Trashed Reads		40
Trashed Reads	LowQual of Trashed	0
	Dust of Trashed Reads	0
	ShortQ of Trashed Reads	2
		42
After Lucy Cleaning Process (Minimum Length : 200)		
Valid Reads	1,169	
Trashed Reads	22	
After Clustering		
Contig	90	85,680
Singletons	827	651,535

(2) 2차년도 대상 개체군 단모형 종자 표현형 394-6 개체의 selfing progeny 666 line의 단모형 종자 표현형 개체의 추가적인 cDNA library EST 염기서열 분석

단모형 종자 표현형 개체 666-13 및 666-62와 유모형 종자 표현형 개체 671-9개체의 cDNA library 작성 후 2010년도 1차로 개체별 각각 576개의 EST에서 666-13개체와 671-9개체의 EST 염기서열 분석을 실시하였다. 그 결과로 얻어진 total bp는 666-13개체가 403,168bp이고 671-9 개체가 384,434bp이다. 이후 sequence cleaning process 과정을 거친 뒤 cluster assembly를 통해 각각 666-13에서 48 contig와 363 singleton, 671-9에서 50 contig와 363 singleton을 작성하였다. 3차년도에서 추가적으로 개체별 각각 672개의 EST에서 666-13개체와 671-9개체의 EST 염기서열 분석을 실시하였다. 그 결과로 얻어진 total bp는 666-13개체가 471,252bp이고 671-9 개체가 526,571bp이다. 이후 sequence cleaning process 과정을 거친 뒤 cluster assembly를 통해 각각 666-13에서 49 contig와 409 sigleton, 671-9에서 57 contig와 432 singleton을 작성하였다(Table 17, 18). 2차년도와 3차년도 666-13개체와 671-9 개체의 통합적인 EST sequencing 결과는 666-13 개체는 총 894,420bp의 total bp와 97 contig와 772 singleton을 작성하였다 (Table 19). 671-9 개체는 총 911,005bp의 total bp와 107 contig와 786 singleton을 작성하였다 (Table 20).

Table 17. 2nd EST sequencing, cleaning process and assembly results of 666-13.

Project ID	No. of Reads	Total bp
666-13 (Short-hair seed line)	668	471,252
After 3730 sequencing		
666-13	668	
After Seq Cleaning Process (Minimum Length : 200)		
Valid Reads	643	
Trimmed Reads of Valid Reads		334
Short of Trashed Reads		19
Trashed Reads	LowQual of Trashed	0
	Dust of Trashed Reads	0
	ShortQ of Trashed Reads	6
After Lucy Cleaning Process (Minimum Length : 200)		
Valid Reads	627	
Trashed Reads		16
After Clustering		
Contig	49	46,642
Singletons		409
		292,007

Table 18. 2nd EST sequencing, cleaning process and assembly results of 671-9.

Project ID	No. of Reads	Total bp
671-9 (Hairy seed line)	655	526,571
After 3730 sequencing		
671-9	655	
After Seq Cleaning Process (Minimum Length : 200)		
Valid Reads	632	
Trimmed Reads of Valid Reads		141
Short of Trashed Reads		22
Trashed Reads	LowQual of Trashed	0
	Dust of Trashed Reads	0
	ShortQ of Trashed Reads	1
After Lucy Cleaning Process (Minimum Length : 200)		
Valid Reads	626	
Trashed Reads		6
After Clustering		
Contig	57	58,984
Singletons		432
		353,702

Table 19. Total EST sequencing, cleaning process and assembly results of 666-13.

Project ID	No. of Reads	Total bp
666-13 (Short-hair seed line)	1,244	874,420
After 3730 sequencing		
666-13	1,238	
After Seq Cleaning Process (Minimum Length : 200)		
Valid Reads	1,197	
Trimmed Reads of Valid Reads		594
Short of Trashed Reads		32
Trashed Reads	LowQual of Trashed	0
	Dust of Trashed Reads	0
	ShortQ of Trashed Reads	9
After Lucy Cleaning Process (Minimum Length : 200)		
Valid Reads	1,173	
Trashed Reads		24
After Clustering		
Contig	97	90,923
Singletons		772
		545,617

Table 20. Total EST sequencing, cleaning process and assembly results of 671-9.

Project ID	No. of Reads	Total bp
671-9 (Hairy seed line)	1,231	911,005
After 3730 sequencing		
671-9	1,204	
After Seq Cleaning Process (Minimum Length : 200)		
Valid Reads	1,159	
Trimmed Reads of Valid Reads		266
Short of Trashed Reads		44
Trashed Reads	LowQual of Trashed	0
	Dust of Trashed Reads	0
	ShortQ of Trashed Reads	1
After Lucy Cleaning Process (Minimum Length : 200)		
Valid Reads	1,143	
Trashed Reads		16
After Clustering		
Contig	107	102,182
Singletons		786
		611,398

제6절 당근 종자모 형질 관련 EST profiling

1. 2차년도 작성 cDNA library 및 EST 염기서열 profiling

가. 목적

단모형 종자 표현형을 보인 당근 개체와 유모형 종자 표현형을 보인 당근 개체의 EST 염기서열을 바탕으로 당근 무모종자 형질에 관한 발현양상 비교를 하기 위해 BlastX와 FunCat을 수행 하였다. BlastX의 결과 data를 FunCat의 단백질 기능별 category에 적용하여 각각의 개체가 발현하고 있는 단백질의 기능적 차이를 분석하여 무모 형질에 관련된 유전자 발현 변화를 확인하였다.

나. 재료 및 방법

(1) 2차년도 대상 개체군 단모형 종자 표현형 389-1 selfing progeny 659 line의 단모형 종자 표현형 659-1개체와 유모형 종자 표현형 677-14개체의 EST profiling

단모형 종자 표현형을 나타내는 659-1개체와 유모형 종자 표현형을 나타내는 677-14개체의 EST 염기서열 정보를 이용하여 BlastX를 실시해 발현되는 유전자를 분석하였다. 분석 결과 각각 42%, 54%의 염기서열에서 유의적인 발현정보를 획득하였다(Table 1, Fig. 1). 이들 발현정보를 FunCat을 이용하여 각각의 기능적 category화하여 특성을 분석하였다.

Table 1. Analysis of 659-1 and 677-14 EST sequences using BlastX.

Line	Phenotype	Known ^z	Unknown ^y	No hit ^x	Total
659-1	Short-hair seed	172	145	88	405
677-14	Hairy seed	224	162	30	416

^z E-value $\leq 1.00E-5$

^y Match to unknown or unclassified function gene

^x E-value $> 1.00E-5$

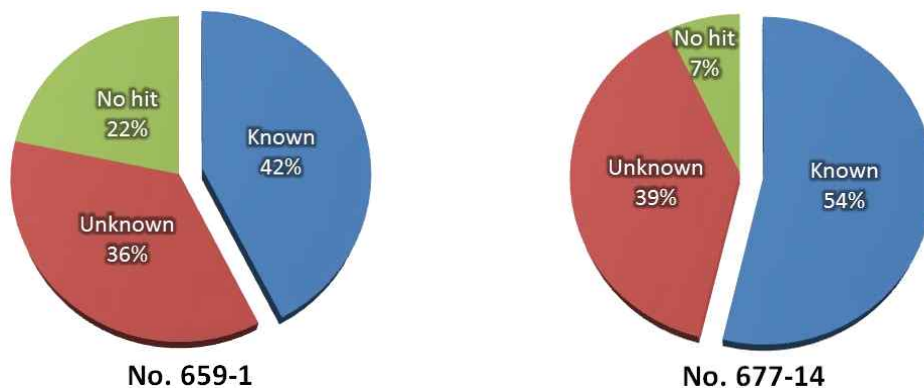


Fig. 1. Analysis of 659-1 and 677-14 EST sequences using BlastX.

(2) 2차년도 대상 개체군 단모형 종자 표현형 394-6 selfing progeny 666 line의 단모형 종자 표현형 666-13개체와 유모형 종자 표현형 671-9개체의 EST profiling

단모형 종자 표현형을 나타내는 666-13개체와 유모형 종자 표현형을 나타내는 671-9개체의 EST 염기서열 정보를 이용하여 BlastX를 실시하여 각각 54%, 53%의 염기서열에서 유의적인 발현정보를 획득하였다(Table 2, Fig. 2). 이들 발현정보를 FunCat을 이용하여 각각의 기능적 category화하여 특성을 분석하였다.

Table 2. Analysis of 394-6, 671-9 EST sequences using BlastX

Line	Phenotype	Known ^z	Unknown ^y	No hit ^x	Total
394-6	Short-hair seed	224	139	48	411
671-9	Hairy seed	213	151	40	404

^z E-value $\leq 1.00E-5$

^y Match to unknown or unclassified function gene

^x E-value $> 1.00E-5$

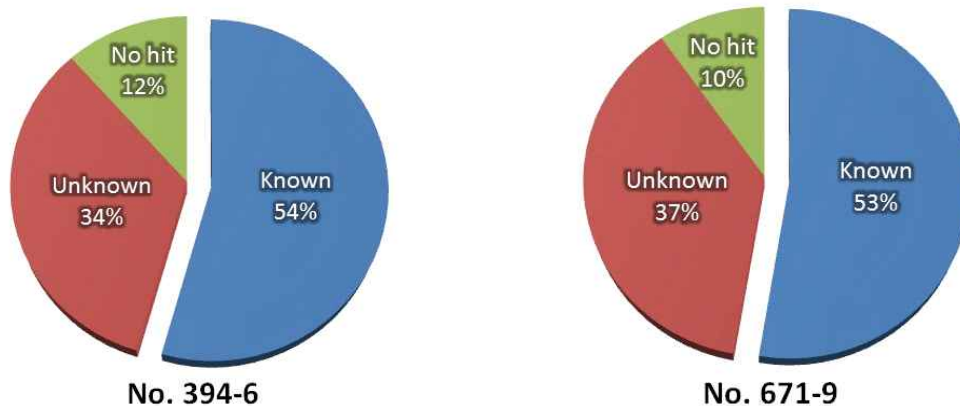


Fig. 2. Analysis of 394-6 and 671-9 EST sequences using BlastX.

다. 결과 및 분석

(1) 2차년도 대상 개체군 단모형 종자 표현형 389-1 selfing progeny 659 line의 단모형 종자 표현형 659-1개체와 유모형 종자 표현형 677-14개체의 EST profiling

각각의 EST 염기서열을 BlastX로 분석한 후 FunCat을 이용해 기능적 특성별 category로 분류한 결과 metabolism과 protein with binding function or cofactor requirement (structural or catalytic), subcellular localization category가 659-1개체의 경우 57%를 나타냈으며, 677-14개체는 64%를 차지하는 것으로 나타났다. 이는 종자가 생성되는 초기단계에서 sampling을 하였으므로 이와 같은 결과가 나왔다고 생각된다(Table 3, 4; Fig. 3).

Table 3. BlastX FunCat analysis of 659-1 and 677-14 EST sequences.

No.	Category	Count	
		659-1 (Short-hair seed)	677-14 (Hairy seed)
1	Metabolism	54	74
2	Energy	9	18
10	Cell cycle and DNA processing	-	1
11	Transcription	5	20
12	Protein synthesis	14	13
14	Protein fate (folding, modification, destination)	13	24
16	Protein with binding function or Cofactor requirement (structural or catalytic)	82	125
18	Regulation of metabolism and Protein function	16	25
20	Cellular transport, transport facilities and transport routes	26	22
30	Cellular communication / signal transduction mechanism	9	8
32	Cell rescue, defense and virulence	7	7
36	Systemic interaction with the environment	1	-
40	Cell fate	2	1
41	Development(systemic)	1	-
42	Biogenesis of cellular components	1	4
70	Subcellular localization	4	58
	Total	244	400

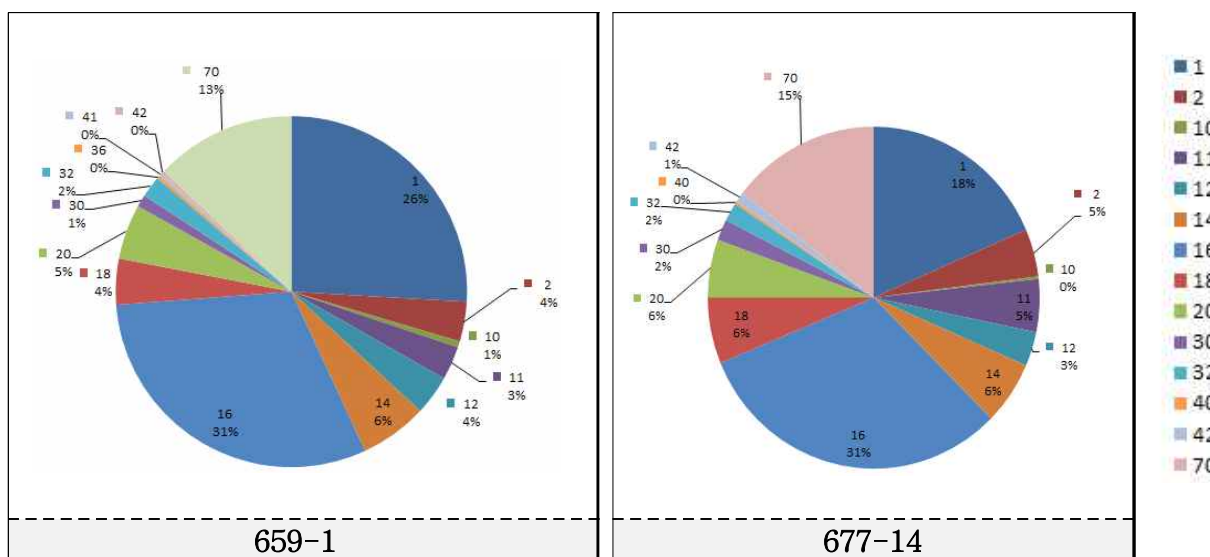


Fig. 3. BlastX FunCat results of 659-1 and 677-14 EST sequences [1:Metabolism, 2:Energy, 10:Cell cycle and DNA processing, 11:Transcription, 12:Protein synthesis, 14:Protein fate (folding, modification, destination), 16:Protein with binding function or Cofactor requirement (structural or catalytic), 18:Regulation of metabolism and Protein function, 20:Cellular transport, transport facilities and transport routes, 30:Cellular communication / signal transduction mechanism, 32:Cell rescue, defense and virulence, 36:Systemic interaction with the environment, 41:Development(systemic), 42:Biogenesis of cellular components 70:Subcellular localization].

Table 4. Sub-category of BlastX FunCat analysis of 659-1 and 677-14 EST sequences.

No.	Category	Count	
		659-1 (Short-hair seed)	677-14 (Hairy seed)
1	Metabolism		
1	Metabolism	22	33
1.01	Amino acid metabolism	2	8
1.02	Nitrogen, Sulfur and selenium metabolism	1	3
1.04	Phosphate metabolism	2	1
1.05	C-Compound and carbohydrate metabolism	20	18
1.06	Lipid, Fatty acid and isoprenoid metabolism	6	12
1.2	Secondary metabolism	3	3
2	Energy		
2.01	Glycolysis and gluconeogenesis	4	6
2.07	Pentose-Phosphate pathway	-	4
2.1	Tricarboxylic-Acid pathway (Citratecycle, Krebscycle, TCA cycle)	3	4
2.3	Photosynthesis	4	8
10	Cell cycle and DNA processing		
10.01	DNA processing	-	1
11	Transcription		
11	Transcription	1	9
11.02	RNA synthesis	4	19
11.04	RNA processing	1	1
12	Protein synthesis		
12	Protein synthesis	12	13
12.04	Translation	3	3
14	Protein Fate (Folding, Modification, Destination)		
14	Protein fate (Folding, Modification, Destination)	8	13
14.01	Protein folding and stabilization	1	5
14.04	Protein targeting, Sorting and translocation	5	7
14.07	Protein modification	7	11
14.13	Protein/Peptide degradation		1
16	Protein with binding function or cofactor requirement (Structural or catalytic)		
16.01	Protein binding	14	21
16.03	Nucleic acid binding	14	37
16.06	Motor protein binding	-	1
16.07	Structural protein binding	2	2
16.09	Lipid binding	4	4
16.11	Amino acid/Amino acid derivatives binding	1	-
16.13	C-Compound binding	2	2
16.17	Metal binding	27	38
16.19	Nucleotide/Nucleoside/ Nucleobase binding	24	32
16.21	Complex cofactor/ Cosubstrate/ Vitamine binding	13	20
18	Regulation of metabolism and protein function		
18.01	Regulation by	16	22
18.02	Regulation of protein activity	-	3

Table 4. Continued.

No.	Category	Count	
		659-1 (Short hair seed)	677-14 (Hairy seed)
20	Cellular transport, Transport facilities and transport routes		
20	Cellular transport, Transport facilities and transport routes	15	16
20.01	Transported compounds (Substrates)	14	13
20.03	Transport facilities	4	1
20.09	Transport routes	2	3
30	Cellular communication/ Signal transduction mechanism		
30	Cellular communication/ Signal transduction mechanism	3	3
30.01	Cellular signalling	6	7
30.05	Transmembrane signal transduction	1	2
32	Cell rescue, Defense and virulence		
32.01	Stress response	7	7
32.07	Detoxification	3	5
34	Interaction with the environment		
34.11	Cellular sensing and response to external stimulus	1	-
36	Systemic interaction with the environment		
36.2	Plant/ Fungal specific systemic sensing and response	1	-
36.25	Animal specific systemic sensing and response	1	-
40	Cell fate		
40.1	Cell death	1	1
41	Development (Systemic)		
41	Development (Systemic)	1	-
42	Biogenesis of cellular components		
42	Biogenesis of cellular components	1	-
42.01	Cell wall	1	1
42.19	Peroxisome	-	1
42.04	Cytoskeleton/ Structural proteins	2	-
42.27	Extracellular/ Secretion proteins	1	2
70	Subcellular localization		
70.01	Cell wall	1	2
70.03	Cytoplasm	7	11
70.04	Cytoskeleton	1	2
70.1	Nucleus	7	2
70.16	Mitochondrion	8	21
70.25	Vacuole or lysosome	2	5
70.26	Plastid	6	17
70.27	Extracellular/ Secretion proteins	4	1
Total		327	487

위와 같은 결과를 바탕으로 단모형 종자 표현형 개체 659-1과 유모형 종자 표현형 개체 677-14의 category별 EST 발현양상을 비교하였다. 두 개체간 동일한 BlastX결과를 보인 283개 EST 염기서열 정보는 제외한 뒤, 659-1 개체에서만 발현된 140개 EST 염기서열과 677-14 개체에서만 발현된 154개 EST 염기서열의 발현하는 양상을 비교 분석을 실시하였다(Fig. 4, 5). 그 결과

각각의 category에서 659-1개체의 발현이 677-14개체의 발현보다 50%이상 높은 category가 14개, 677-14개체의 발현이 659-1개체의 발현보다 50%이상 높은 category가 10개인 것을 확인하였다 (Table 5). 이를 통해 발현수의 차이가 나는 기능이 무모종자 형질에 깊이 관여 할 것으로 판단되어, 유의성 있는 category에 속하는 유전자 중 종자모 발달에 영향을 미칠 수 있는 후보군을 분석하였다.

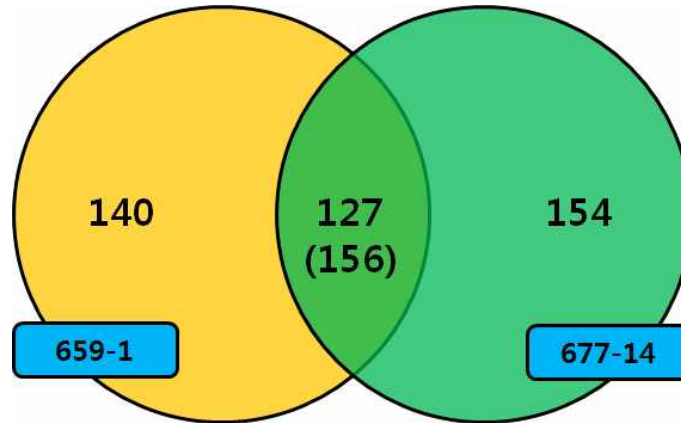


Fig 4. Comparison of EST sequence results using BlastX between 666-13 and 671-9 total EST sequences (127:659-1, 156:677-14).

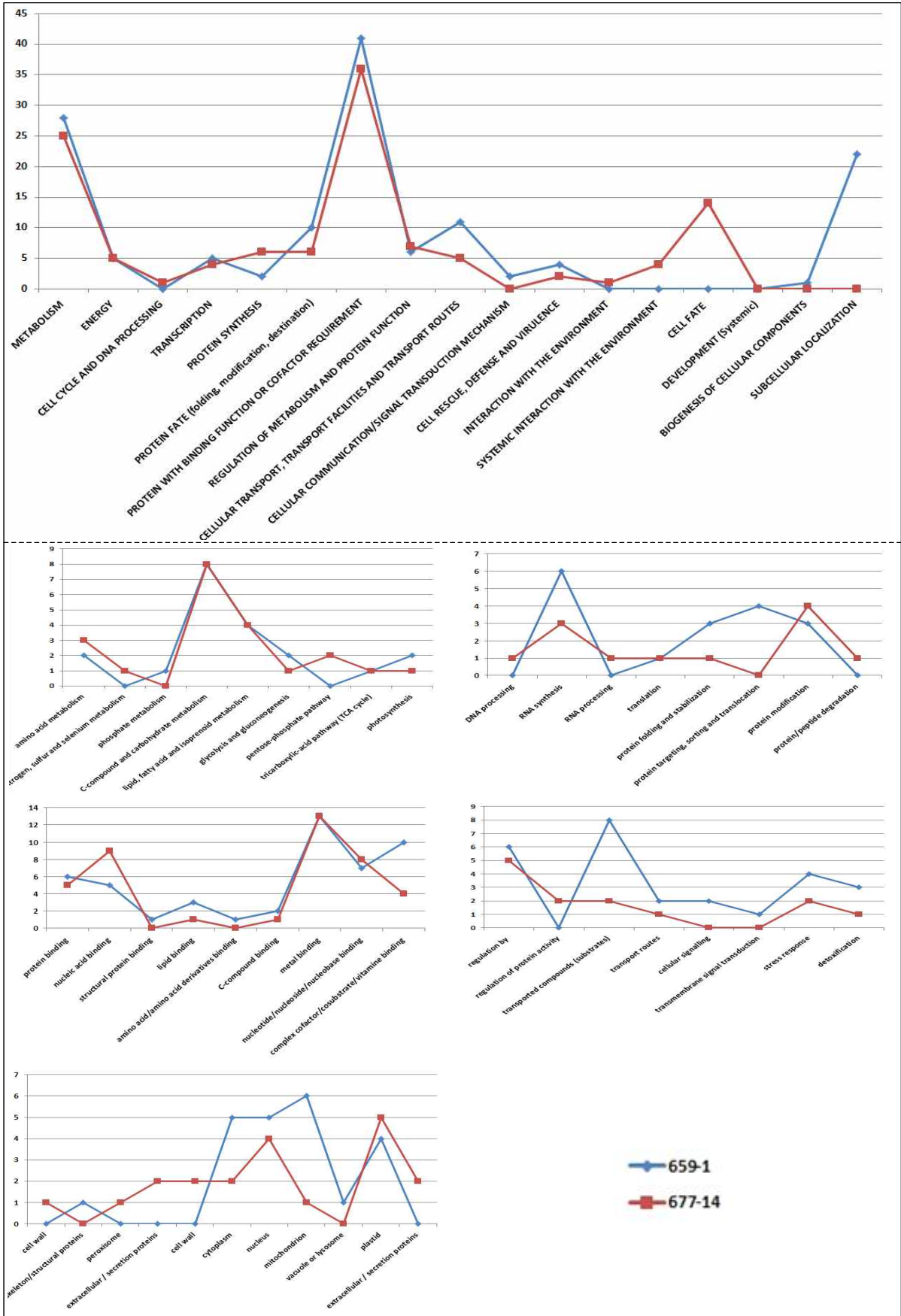


Fig 5. Comparison of BlastX FunCat results of 659-1 with 677-14.

Table 5. Categories showing difference of expression more than 50%.

659-1 > 677-14	659-1 < 677-14
Phosphate metabolism	Nitrogen, sulfur, and selenium metabolism
Glycolysis and gluconeogenesis	Pentose-phosphate pathway
Photosynthesis	DNA processing
RNA synthesis	RNA processing
Protein folding and stabilization	Protein / peptide degradation
Protein targeting, sorting and translocation	Nucleic acid binding
Lipid binding	Regulation of protein activity
Complex cofactor / cosubstrate / vitamin binding	Extracellular / secretion proteins
Transported compounds (substrate)	Cell wall
Cellular signalling	Extracellular / secretion proteins
Stress response	
Detoxification	
Cytoplasm	
Mitochondrion	

(2) 2차년도 대상 개체군 단모형 종자 표현형 394-6 selfing progeny 666 line의 단모형 종자 표현형 666-13개체와 유모형 종자 표현형 671-9개체의 EST profiling

각각의 EST sequence를 BlastX search한 결과를 FunCat을 이용해 기능적 특성별 category로 분류한 결과 metabolism과 protein with binding function or cofactor requirement (structural or catalytic), subcellular localization category가 666-13개체의 경우 70%를 나타냈으며, 671-9개체는 69%를 차지하는 것으로 나타났다. 이는 종자가 생성되는 초기단계에서 sampling을 하였으므로 이와 같은 결과가 나왔다고 생각된다(Table 6, 7, Fig. 6).

Table 6. BlastX FunCat results of 666-13 and 671-9 EST sequences.

No.	Category	Count	
		666-13 (Shor-hair seed)	671-9 (Hairy seed)
1	Metabolism	92	65
2	Energy	13	13
10	Cell cycle and DNA processing	2	1
11	Transcription	11	9
12	Protein synthesis	13	18
14	Protein fate (folding, modification, destination)	22	18
16	Protein with binding function or Cofactor requirement (structural or catalytic)	109	119
18	Regulation of metabolism and Protein function	15	17
20	Cellular transport, transport facilities and transport routes	18	14
30	Cellular communication / signal transduction mechanism	4	7
32	Cell rescue, defense and virulence	7	8
34	Interaction with the environment	-	1
36	Systemic interaction with the environment	1	1
40	Cell fate		1
41	Development (systemic)	1	1
42	Biogenesis of cellular components	1	-
70	Subcellular localization	46	55
	Total	355	348

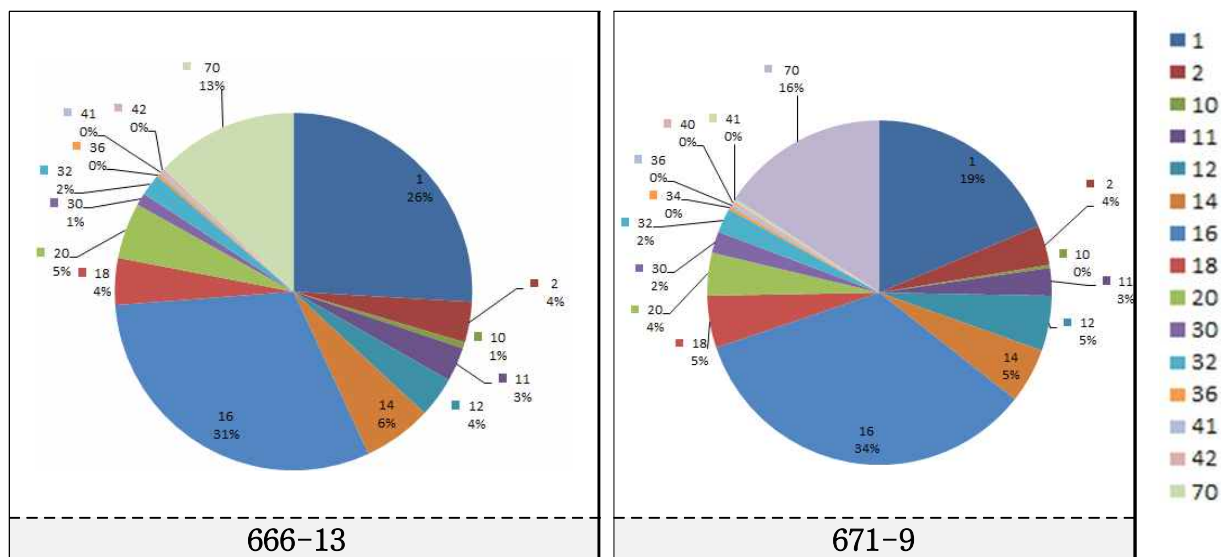


Fig. 6. BlastX FunCat results of 666-13 and 671-9 EST sequences [1:Metabolism, 2:Energy, 10:Cell cycle and DNA processing, 11:Transcription, 12:Protein synthesis, 14:Protein fate (folding, modification, destination), 16:Protein with binding function or Cofactor requirement (structural or catalytic), 18:Regulation of metabolism and Protein function, 20:Cellular transport, transport facilities and transport routes, 30:Cellular communication / signal transduction mechanism, 32:Cell rescue, defense and virulence, 36:Systemic interaction with the environment, 41:Development(systemic), 42:Biogenesis of cellular components 70:Subcellular localization].

Table 7. Sub-category of BlastX FunCat results of 666-13 and 671-9 EST sequences.

No.	Category	Count	
		666-13 (Short-hair seed)	671-9 (Hairy seed)
1	Metabolism		
1	Metabolism	32	31
1.01	Amino acid metabolism	9	6
1.02	Nitrogen, Sulfur and selenium metabolism	3	1
1.05	C-Compound and carbohydrate metabolism	40	23
1.06	Lipid, Fatty acid and isoprenoid metabolism	11	7
1.2	Secondary metabolism	1	2
2	Energy		
2.01	Glycolysis and gluconeogenesis	7	6
2.04	Glyoxylate cycle	1	-
2.07	Pentose-Phosphate pathway	3	1
2.1	Tricarboxylic-Acid pathway (Citratecycle, Krebscycle, TCA cycle)	2	4
2.3	Photosynthesis	3	4
10	Cell cycle and DNA processing		
10	Cell cycle and DNA processing		1
10.01	DNA processing	2	-
10.03	Cell cycle		1
11	Transcription		
11	Transcription	5	1
11.02	RNA synthesis	10	7
11.04	RNA processing	1	2
12	Protein synthesis		
12	Protein synthesis	10	14
12.04	Translation	3	4
12.1	Aminoacyl-Trna-Synthetases	2	1
14	Protein Fate (Folding, Modification, Destination)		
14	Protein fate (Folding, Modification, Destination)	10	12
14.01	Protein folding and stabilization	6	4
14.04	Protein targeting, Sorting and translocation	2	2
14.07	Protein modification	14	12
16	Protein with binding function or cofactor requirement (Structural or catalytic)		
16.01	Protein binding	12	11
16.03	Nucleic acid binding	29	32
16.06	Motor protein binding	1	-
16.07	Structural protein binding	2	1
16.09	Lipid binding	4	4
16.11	Amino acid/Amino acid derivatives binding	1	-
16.13	C-Compound binding	5	3
16.17	Metal binding	34	41
16.19	Nucleotide/Nucleoside/ Nucleobase binding	36	34
16.21	Complex cofactor/ Cosubstrate/ Vitamine binding	13	23
18	Regulation of metabolism and protein function		
18.01	Regulation by	14	17
18.02	Regulation of protein activity	1	-

Table 7. Continued.

No.	Category	Count	
		666-13 (Short hair seed)	671-9 (Hairy seed)
20	Cellular transport, Transport facilities and transport routes		
20	Cellular transport, Transport facilities and transport routes	12	12
20.01	Transported compounds (Substrates)	10	7
20.03	Transport facilities	2	-
20.09	Transport routes	3	1
30	Cellular communication/ Signal transduction mechanism		
30	Cellular communication/ Signal transduction mechanism	1	2
30.01	Cellular signalling	4	6
30.05	Transmembrane signal transduction	1	1
32	Cell rescue, Defense and virulence		
32.01	Stress response	6	8
32.07	Detoxification	2	3
34	Interaction with the environment		
34.11	Cellular sensing and response to external stimulus	-	1
36	Systemic interaction with the environment		
36.2	Plant/ Fungal specific systemic sensing and response	1	1
40	Cell fate		
40.1	Cell death	-	1
41	Development (Systemic)		
41	Development (Systemic)	1	1
42	Biogenesis of cellular components		
42.27	Extracellular/ Secretion proteins	1	-
70	Subcellular localization		
70.01	Cell wall	1	-
70.03	Cytoplasm	13	16
70.04	Cytoskeleton	1	
70.07	Endoplasmic reticulum	-	2
70.08	Golgi	-	3
70.1	Nucleus	13	20
70.16	Mitochondrion	5	2
70.19	Peroxisome	-	1
70.25	Vacuole or lysosome	2	-
70.26	Plastid	11	13
Total		419	413

위와 같은 결과를 바탕으로 단모형 종자 표현형 개체 666-13과 유모형 종자 표현형 개체 671-9의 category별 EST 발현양상을 비교하였다. 두 개체간 동일한 BlastX결과를 보인 120 EST 염기서열 정보는 제외한 뒤 666-13 개체에서만 발현된 179 EST 염기서열, 671-9 개체에서만 발현된 180 EST 염기서열의 발현하는 양상을 비교하였다(Fig. 7, 8). 그 결과 각각의 category에서 666-13개체의 발현이 671-9개체의 발현보다 50%이상 높은 category가 14, 671-9개체의 발현이 666-13개체의 발현보다 50%이상 높은 category가 10개인 것을 확인하였다 (Table 8). 이를 통해 발현수의 차이가 나는 기능이 무모종자 형질에 깊이 관여 할 것으로 생각되어 카테고리에 속하는 단

백질 중 종자모 발달에 영향을 미칠 수 있는 후보군을 선별하였다.

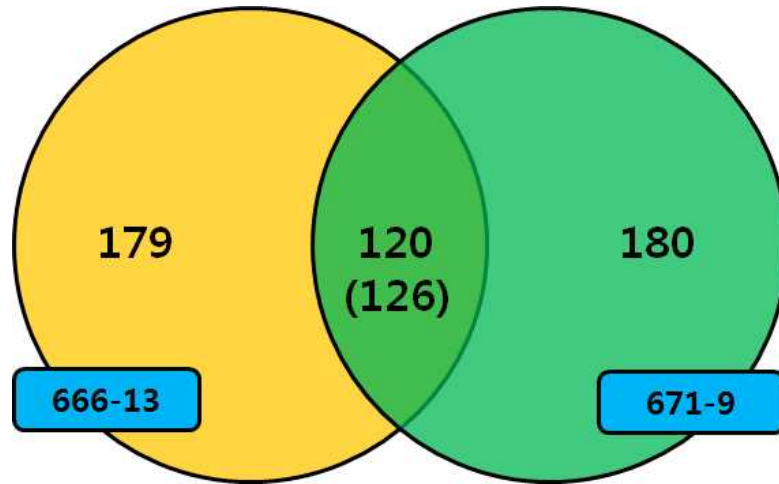


Fig. 7. Comparison of EST sequence results using BlastX between 666-13 and 671-9 total EST sequences (120:666-13, 126:671-9).



Fig. 8. Comparison of BlastX FunCat results of 666-13 with 671-9.

Table 8. Categories showing difference of expression more than 50%.

666-13 > 671-9	666-13 < 671-9
Amino acid metabolism	Tricarboxylic-acid pathway (citratecycle, krebscycle, TCACycle)
Nitrogen, sulfur and selenium metabolism	Cell cycle
C-compound and carbohydrate metabolism	RNA processing
Lipid, fatty acid and isoprenoid metabolism	Translation
Glyoxylate cycle	Aminoacyl-tRNA-synthetases
Pentose-phosphate pathway	Complex cofactor/ cosubstrate/ vitamine binding
Protein folding and stablization	Cellular signaling
Protein binding	Cell death
Regulation of protein activity	Cytoplasm
Transport facilities	Endoplasmic reticulum
Transport routes	
Extracellular / secretion proteins	
Cell wall	
Mitochondrion	

2. 2차년도 작성 cDNA library 및 EST 염기서열 profiling 결과를 이용한 당근 종모 형성에 관련된 유전자 분석

가. 목적

무모계 종자 형질에 관여하는 유전자를 밝히기 위하여, 단모형 종자 표현형을 보인 개체와 유모형 종자 표현형을 보인 개체에서 구축된 cDNA library를 이용하여 분석을 실시하였다. 분석은 EST profiling 분석 결과를 바탕으로 당근의 종자 모형성에 관련된 유전자를 조사하고, 유전자와 표현형간의 상관관계를 분석하여 당근의 종자 모형성 관련 유전자를 분리하고자 하였다.

나. 재료 및 방법

무모계 종자 관련 분자마커 개발을 위해 유모형 종자 표현형 개체의 종자 모형태를 현미경을 이용해 관찰하여 유모형 종자 표현형 개체의 종자 모형태를 형태학적 측면에서 분석하였고, 이를 바탕으로 목화과 같은 작물에서 종자 모형성에 관여하는 유전자 정보를 조사하였다 (Table 9). 또한 종자 모형성에 관련 조사한 유전자 정보를 이용하여 단모형 종자 표현형을 보이는 659-1 개체 및 666-13과 유모형 종자 표현형을 가지는 677-14 개체 및 671-9 개체에서 분석한 EST profiling을 통해 종자 모형성에 관련 유전자 정보와 비교 분석하였다.

Table 9. Secondary metabolism and cell wall functional category genes related to elongating cotton fibers (Yves et al., 2009; Sylvia et al., 2005).

<ul style="list-style-type: none"> • Geranylgeranyltransferase, beta subunit • GCPE (hydroxymethylbutenyl 4-diphosphate synthase) • Acetoacetyl-coenzyme A thiolase • Phenylalanine ammonia lyase • Isopentenyl-diphosphate delta-isomerase • Gamma-tocopherol methyltransferase • Cinnamoyl-CoA reductase-like protein • Anthranilate N -benzoyltransferase-like protein • Cinnamate-4-hydroxylase • 4-Coumarate:CoA ligase • p-Coumarate-3-hydroxylase • Cinnamyl-alcohol dehydrogenase CAD • Strictosidine synthase family protein • Betaine aldehyde dehydrogenase • Beta-ketoacyl CoA reductase • Fiddlehead-like protein (acyltransferase) • Wax synthase isoform • Transferase family protein • Chalcone synthase • Chalcone-flavonone isomerase • UDP-glucuronosyl/UDP-glucosyl transferase family • Flavonoid 3'-monooxygenase • 4-Coumarate:CoA ligase • Caffeoyle-CoA-3-O-methyltransferase • Ferulate-5-hydroxylase • UDP-glucose 6-dehydrogenase (UDP-Glcdehydrogenase) • Fasciclin-like arabinogalactan protein • Proline-rich protein • Polygalacturonase-like protein • Xyloglucan:xyloglucosyl transferase (XET) • Beta-expansin EXPB2 • Pectinesterase PPE8B (pectin methylesterase) (PE) • CSLC2 (cellulose synthase-like) • Arabinogalactan protein-like • Nucleotide sugar epimerase-like protein (UDP-D-glucuronate 4-epimerase) 	<ul style="list-style-type: none"> • Beta-galactosidase • Isoflavone reductase-like protein • Flavone-3-hydroxylase • Geranylgeranyl reductase • Mevalonate kinase • Phosphomevalonate kinase • Farnesyl diphosphate synthase • Phytoene desaturase • Beta-carotene hydroxylase • (+)-delta-cadinene synthase • Solanesyl diphosphate synthase • Cinnamoyl-CoA reductase • Acetyl CoA geraniol/citronellol acetyltransferase • NADPH cytochrome P450 reductase • Aminotransferase, class I and II • Transferase family protein (HSR201-like) • Xyloglucan endotransglycosylase • Acetyl-CoA carboxylase subunits • Cinnamate-4-hydroxylase • FAD domain family protein • Short-chain dehydrogenase/reductase • Phosphatidicacidphosphatase • Transferase family protein • O-Methyltransferase family • ACPmitochondrialisoform • ACPS-malonyltransferase • b-Ketoacyl-ACP reductase • b-Hydroxyl-ACPdehydratase • Alpha-expansin • DAGkinase-likeprotein • Glycerolipid synthesis • Acyltransferase, Acyl-ACPG3Pacyltransferase • 3-Hydroxybutyryl-CoA dehydrogenase • Polygalacturonase-inhibiting protein precursor • Ketoacyl-ACPsynthase, Ketoacyl-ACPsynthaseII, Ketoacyl-ACPsynthaseIII
---	--

다. 결과 및 분석

(1) 유모형 종자 표현형 개체 현미경을 이용한 종자모 형태 분석

유모형 종자에서 모 형성에 관련된 유전자를 조사하기 위하여, 유모형 종자 표현형 개체에서 모 형태를 현미경을 이용해 관찰 및 분석하였다. 유모형 종자의 모 형태는 종자의 표피세포에서 돌출되어 형성하는 것으로 관찰되었으며 (Fig. 9), 이는 유모형 종자의 모 형성이 표피세포에서 세포의 분열 및 신장으로 형성되는 것을 의미한다. 이에 따라 무모형 종자의 모 형성은 종자의 성숙 과정에서 표피세포의 모 형성 발달에 관여하는 세포의 분열 및 신장이 중단되어, 종자의 모 형성이 퇴화되는 것으로 보인다.

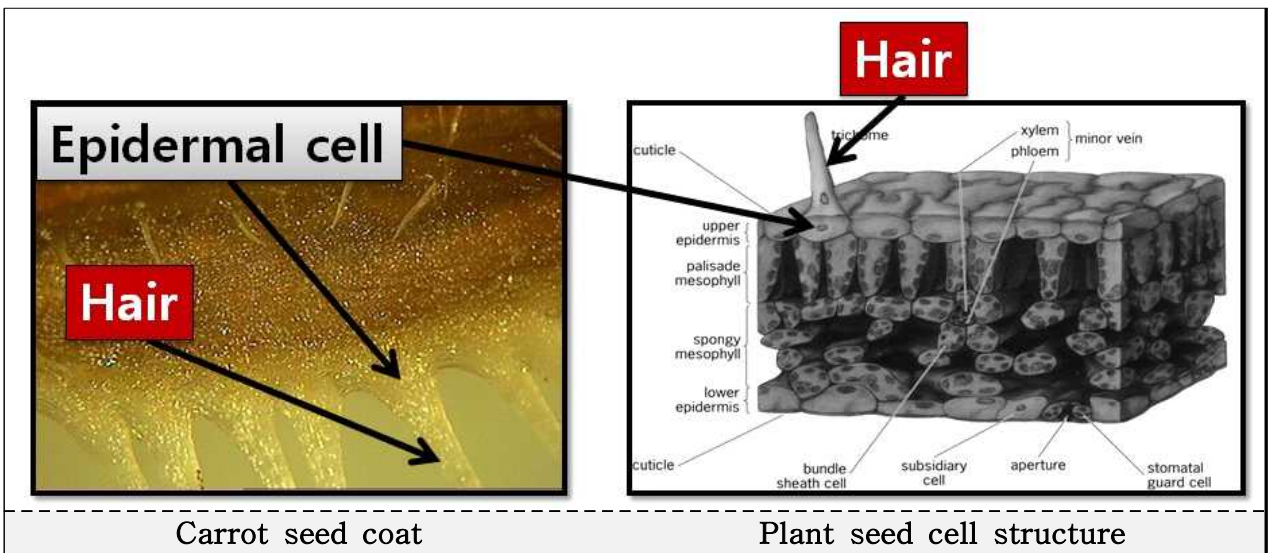
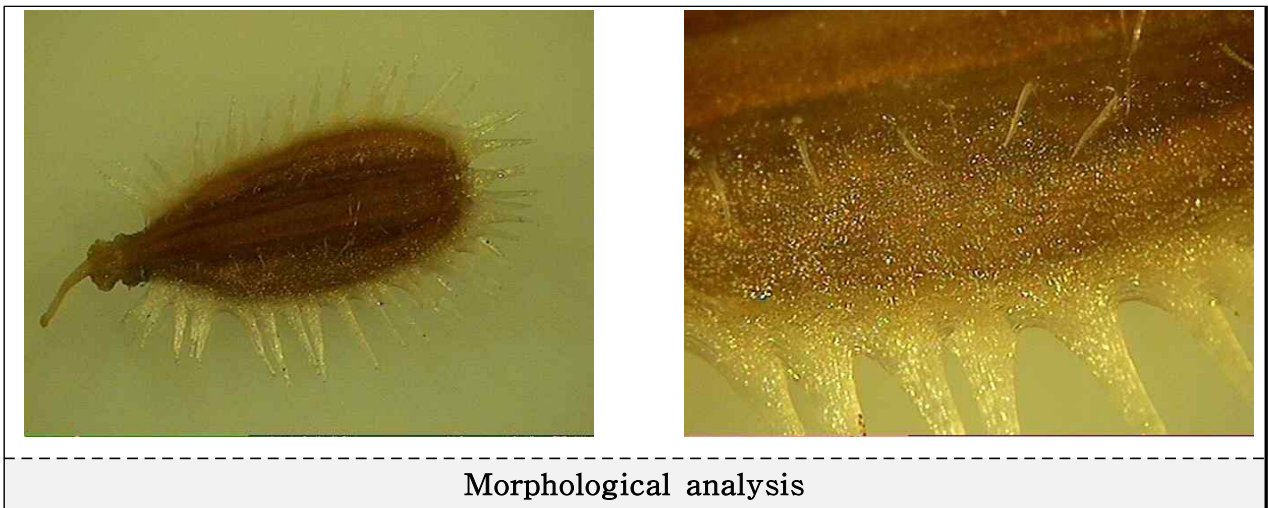


Fig. 9. Identification of hairy coat structure using microscope.

형태학적 분석에서 확인한 결과와 같이 종자의 모는 secondary cell wall의 형성과 밀접한 상관관계가 있는 것으로 확인 되었다. 이에 따라 secondary cell wall의 주요 구성 요소인 cellulose의 합성에 관련된 유전자들과 secondary cell wall이 형성하는 동안 cellulose 합성에 관한

metabolism pathway상의 유전자들과 기 분석한 무모 및 유모의 EST profiling 결과를 조사하였다. 또한 cellulose 합성에 관여하는 유전자들을 분석의 정확성을 높이기 위하여, 목화의 fiber EST profiling 정보(Sylvia et al., 2005)를 적용하여 실시하였다(Fig. 10, 11, 12). 수집된 정보를 바탕으로 유전적 배경이 상이한 단모 형질을 보유하는 659-1 및 666-13개체와 각각의 대조구 line인 유모 형 종자 표현형을 가지는 677-14과 671-9개체를 이용하여 EST profiling과 비교 분석하였다.

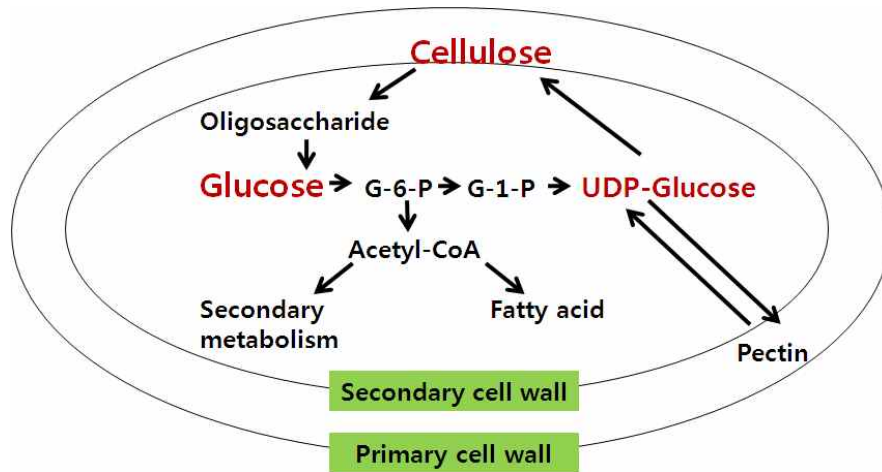


Fig. 10. Synthesis of cellulose in cotton fiber cell during secondary cell wall stage (Sylvia et al., 2005).

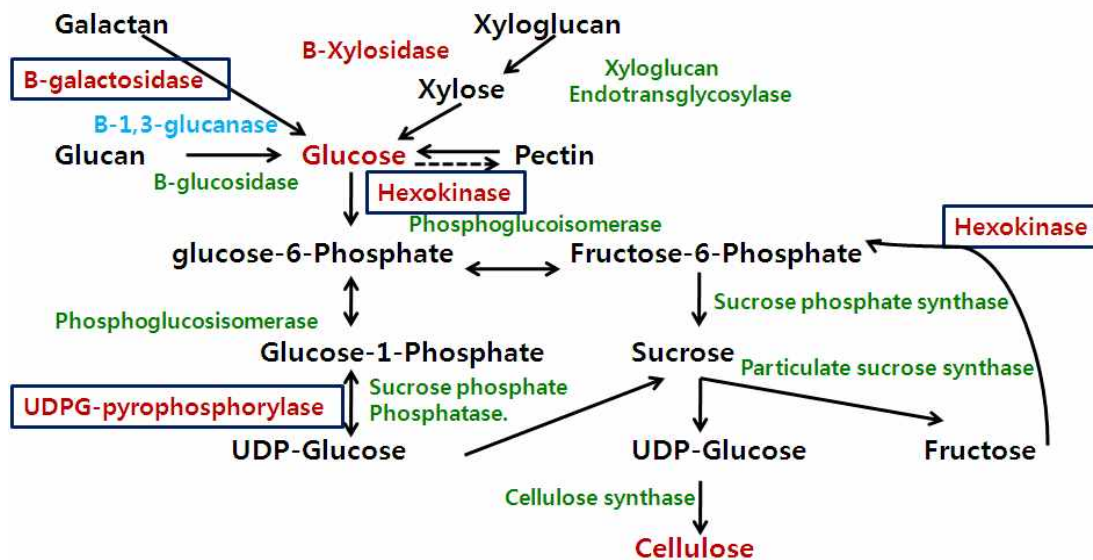


Fig. 11. Proposed cellulose synthesis metabolism in the secondary cell wall synthesis stage based on EST profiling in this study.

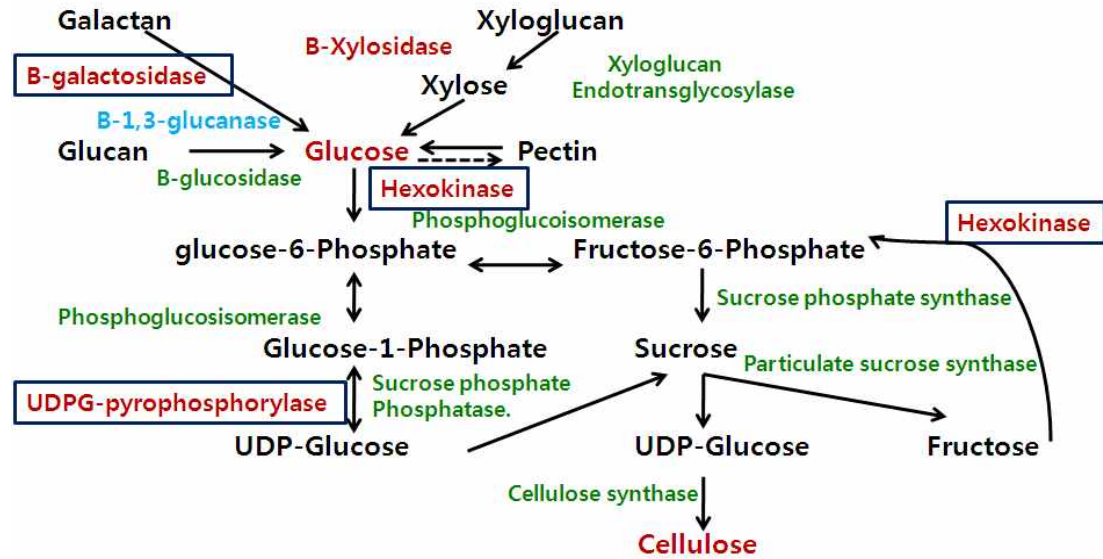


Fig. 12. Proposed cellulose synthesis metabolism in the secondary cell wall synthesis stage based on EST profiling in this study.

(2) 단모형 종자 표현형 659-1개체와 유모형 종자 표현형 677-14개체의 EST 염기서열 분석을 통한 종자모 형성에 관련된 유전자 분석 결과

각각의 EST profiling을 통해 분석한 결과를 토대로 cellulose 합성에 관여하는 유전자들을 유모형 종자 표현형 677-14개체와 단모형 종자 표현형 659-1개체에서 조사하였다 (Table 9). 또한 유모형 종자 표현형 677-14개체와 단모형 종자 표현형 659-1개체 각각의 EST profiling에서 조사된 cellulose 합성에 관여하는 유전자들이 Functional category의 어느 그룹에 분류되는지를 분석한 결과 Metabolism function category 그룹에서 가장 많았으며, 특히 cellulose 합성에 관여하는 유전자들은 Metabolism function category 그룹에서도 metabolism과 c-compound and carbohydrate 부분에 많은 것을 확인하였다 (Fig. 13).

Table 9. EST sequences information related seed hair synthesis genes from short-hair seed line 659-1 and hairy seed 677-14.

Line	EST ID	Gene Bank accession numbers	Gene name
659-1 (short-hair seed)	659-1_03-C10-R.ab1	Q8GT20	Benzoyl coenzyme A: benzyl alcohol benzoyl transferase
	659-1_01-E07-R.ab1	A7X331	Expansin-like protein
	659-1_06-B12-R.ab1	Q9M6S6	Polygalacturonase A (Fragment)
	659-1_06-E09-R.ab1	Q8VZW3	Putative uncharacterized protein At5g05270 (Contains similarity to chalcone-flavonone isomerase) (Chalcone isomerase)
	659-1_04-G03-R.ab1	Q9M3U4	Beta 1-3 glucanase
	659-1_01-C12-R.ab1	Q8RVT5	Acyl-CoA-binding protein
	659-1_05-B02-R.ab1	P52581	Isoflavone reductase homolog
	659-1_05-D10-R.ab1	Q9SB27	Chalcone synthase
	659-1_02-B02-R.ab1	A7Y7F6	Acyl-CoA oxidase
	659-1_03-B12-R.ab1	A8J6X1	Bergaptol O-methyltransferase
677-14 (hairy seed)	677-14_06-C02-R.ab1	Q2PEV9	Putative galactose kinase
	677-14_01-C05-R.ab1	O81355	Isoflavone reductase related protein
	677-14_03-D06-R.ab1	Q84R10	Pectinesterase PPE8B precursor
	677-14_04-G07-R.ab1	A8CA61	Exo-polygalacturonase
	677-14_01-F12-R.ab1	Q9SWY3	Acyl carrier protein
	677-14_06-C02-R.ab1	Q9SWY3	similar to galactokinase
	677-14_01-C07-R.ab1	Q5S267	Farnesyl diphosphate synthase
	677-14_04-C06-R.ab1	Q2PCE0	Type 1 non specific lipid transfer protein
	677-14_05-H04-R.ab1	Q19TV8	UDP-glucose pyrophosphorylase
	677-14_05-F10-R.ab1	Q6JSK3	Betaine aldehyde dehydrogenase
	677-14_02-D10-R.ab1	Q9SEK3	Hexokinase-1
	677-14_06-H01-R.ab1	P42495	Cinnamyl-alcohol dehydrogenase 1
	677-14_03-D06-R.ab1	A0ZNJ9	Pectinesterase
	677-14_06-H11-R.ab1	Q42941	Ascorbate peroxidase
	677-14_01-E02-R.ab1	Q2L8A7	Acetoacetyl-CoA thiolase
	677-14_06-H12-R.ab1	Q2VEY4	Putative isopentenyl pyrophosphate isomerase
	677-14_03-D02-R.ab1	O48937	NADPH cytochrome P450 reductase
	677-14_03-B12-R.ab1	Q8RVP5	Class III peroxidase
	677-14_04-C04-R.ab1	O82520	3-oxoacyl-[acyl-carrier-protein] synthase

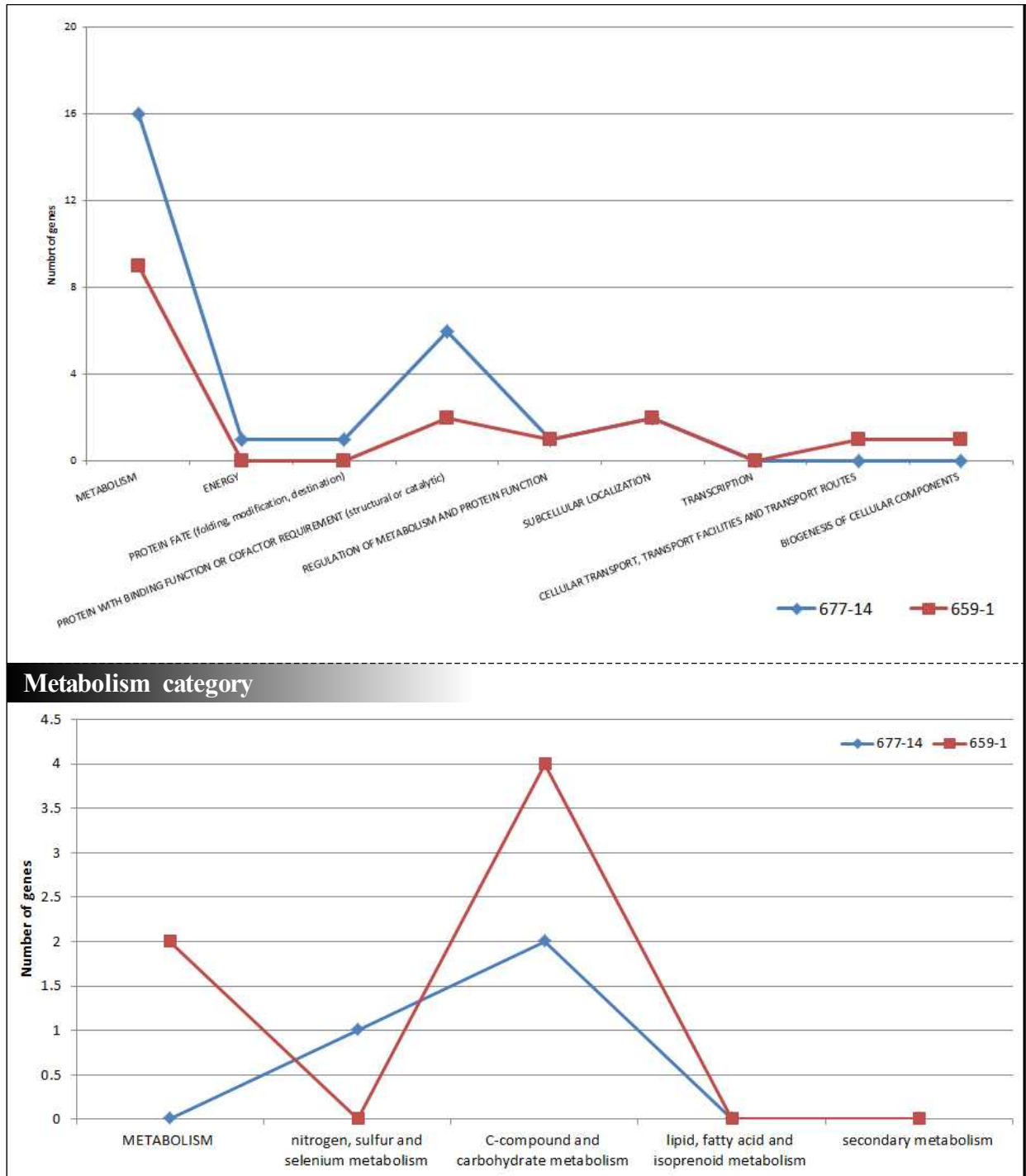


Fig. 13. Difference of EST sequences related to seed hairs synthesis between hairy seed line 677-14 and short-hair seed 659-1 using functional categories.

또한 유모형 종자 표현형을 나타내는 677-14개체와 단모형 종자 표현형을 나타내는 659-1개체의 EST profiling에서 조사된 cellulose 합성에 관여하는 유전자들을 유모형 종자 표현형 677-14개체와 단모형 종자 표현형 659-1개체에서 비교한 결과 유모형 종자 표현형 677-14개체에서만 발현되는 유전자들을 찾을 수 있었다 (Table. 10). Secondary cell wall의 cellulose와 pectin의 합

성 pathway를 통해 유모형 종자 표현형 677-14 개체에서만 발현되는 유전자들은 secondary cell wall의 형성동안 cellulose와 pectin의 합성에 관여하는 enzyme과 protein에 관련된 유전자와 일치하거나 근접한 것으로 확인되었다. 이와 반대로 단모형 종자 표현형을 가지는 659-1개체의 EST profiling에서는 cellulose와 pectin의 합성에 관여하는 enzyme과 protein에 관련된 유전자들의 발현이 적은 것으로 보아 종자 모 형성 발달에 중요한 cellulose의 합성이 원활히 이루어지지 않아 종자 모 형성이 퇴화하는 것으로 보인다. 이를 바탕으로 차후 EST profiling을 통해 유모형 종자 표현형 677-14 개체에서만 확인된 유전자들의 염기서열 정보를 바탕으로 design한 primers를 이용해 Real-time PCR를 진행하여 단모형 종자 표현형을 가지는 659-1개체에서 발현여부 확인하고자 한다.

Table 10. EST sequences information related seed hair synthesis genes from hairy seed 677-14 except for short-hair seed 659-1.

EST ID	Gene Bank accession numbers	Gene name
677-14_06-C02-R.ab1	Q2PEV9	Putative galactose kinase
677-14_01-C07-R.ab1	Q5S267	Farnesyl diphosphate synthase
677-14_04-C06-R.ab1	Q2PCE0	Type 1 non specific lipid transfer protein
677-14_05-H04-R.ab1	Q19TV8	UDP-glucose pyrophosphorylase
677-14_05-F10-R.ab1	Q6JSK3	Betaine aldehyde dehydrogenase
677-14_02-D10-R.ab1	Q9SEK3	Hexokinase-1
677-14_06-H01-R.ab1	P42495	Cinnamyl-alcohol dehydrogenase 1
677-14_06-H11-R.ab1	Q42941	Ascorbate peroxidase
677-14_01-E02-R.ab1	Q2L8A7	Acetoacetyl-CoA thiolase
677-14_06-H12-R.ab1	Q2VEY4	Putative isopentenyl pyrophosphate isomerase
677-14_03-D02-R.ab1	O48937	NADPH cytochrome P450 reductase
677-14_04-C04-R.ab1	O82520	3-oxoacyl-[acyl-carrier-protein] synthase
677-14_03-D06-R.ab1	Q84R10	Pectinesterase PPE8B precursor
677-14_06-C02-R.ab1	Q9SWY3	similar to galactokinase

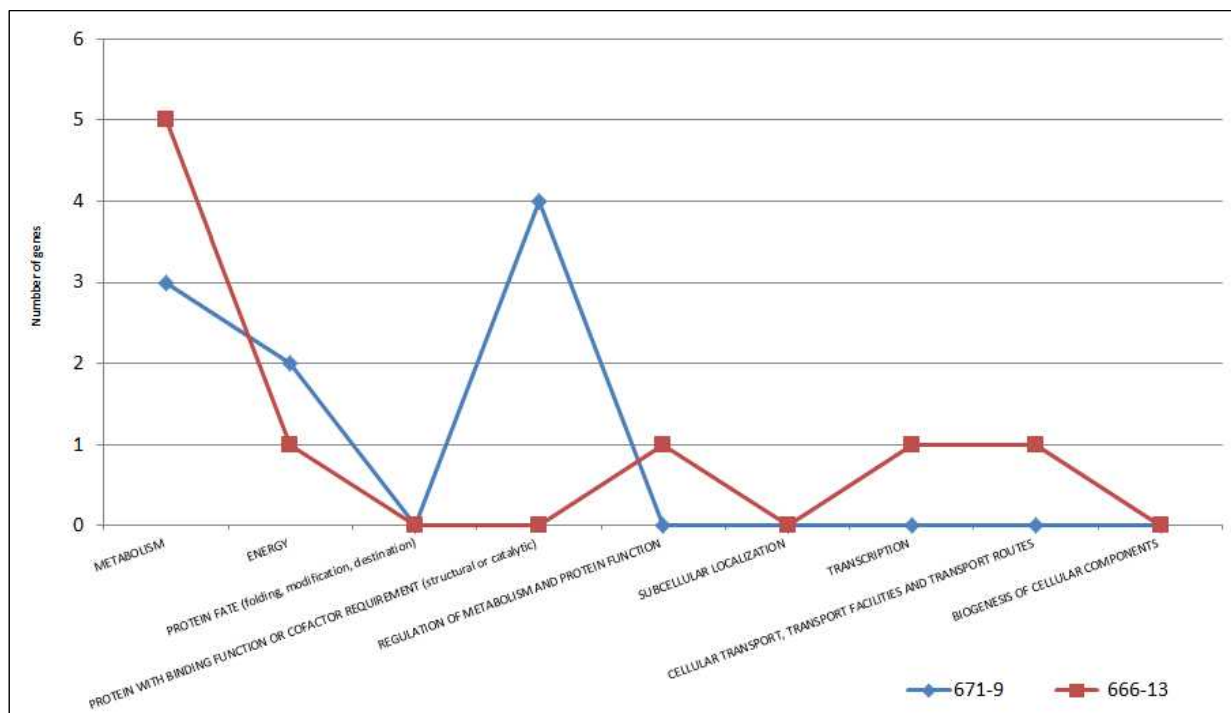
(3) 단모형 종자 표현형 666-13개체와 유모형 종자 표현형 671-9개체의 EST 염기서열 분석을 통한 종자모 형성에 관련된 유전자 분석 결과

각각의 EST profiling을 통해 분석한 결과로 부터 cellulose 합성에 관여하는 유전자들을 유모형 종자 표현형을 나타내는 671-9개체와 단모형 종자 표현형을 가지는 666-13개체에서 조사하였다 (Table 11). 그 결과 앞의 단모형 종자 표현형 659-1개체와 유모형 종자 표현형 677-14개

체에서의 분석 결과와 마찬가지로 유모형 종자 표현형을 가진 671-9개체와 단모형 종자 표현형을 가진 666-13개체 각각의 EST profiling에서 조사된 cellulose 합성에 관여하는 유전자들이 metabolism function category 그룹에서 가장 많았으며, 특히 cellulose 합성에 관여하는 유전자들은 metabolism function category 그룹에서도 metabolism과 c-compound and carbohydrate 부분에 많은 것을 확인하였다 (Fig. 13). 이는 cellulose 합성에 따른 종자 모 형성 발달이 metabolism과 관련이 있는 것으로 보이며, 차후 metabolism과 관련하여 cellulose 합성에 관련된 유전자들의 정밀한 분석을 하고자한다.

Table 11. EST sequences information related seed hair synthesis genes from short-hair seed 666-13 and hairy seed 671-9.

Line	EST ID	Gene Bank accession numbers	Gene name
666-13 (short-hair seed)	666-13_05-H11-R.ab1	Q5CCP7	Beta-galactosidase
	666-13_02-E10-R.ab1	A9CSM2	Beta 1-3 glucanase
	666-13_02-H12-R.ab1	P23433	Glucan endo-1,3-beta-glucosidase
	666-13_03-H09-R.ab1	O65780	UDP-glucose 4-epimerase
	666-13_06-F02-R.ab1	Q3KN68	Isoflavone reductase-like protein 5
	666-13_04-G03-R.ab1	Q9FZ42	Glucose and ribitol dehydrogenase homolog 1
	666-13_04-C08-R.ab1	Q84R10	Pectinesterase
	666-13_02-B03-R.ab1	P53665	Acyl carrier protein
	666-13_05-C01-R.ab1	Q9SXX4	Fructose-bisphosphate aldolas
	671-9 (hairy seed)	671-9_01-A11-R.ab1	B2ZP01
671-9_06-F05-R.ab1		Q945U4	Acyl-CoA oxidase
671-9_03-E06-R.ab1		Q6T1F5	Caffeic acid O-methyltransferase
671-9_06-A08-R.ab1		Q9SED0	Ascorbate peroxidase
671-9_06-G02-R.ab1		Q6Q8A4	Hexokinase 3
671-9_05-A06-R.ab1		Q5JKZ9	Putative beta-galactosidase
671-9_04-C01-R.ab1		Q2PCB9	Type 1 non specific lipid transfer protein
671-9_06-C09-R.ab1		A5C6V7	Galactose-1-phosphate uridylyltransferase
671-9_03-A03-R.ab1		Q40249	Alcohol dehydrogenases homologous
671-9_06-C10-R.ab1		A7QE19	Fructose-bisphosphate aldolase



Metabolism category

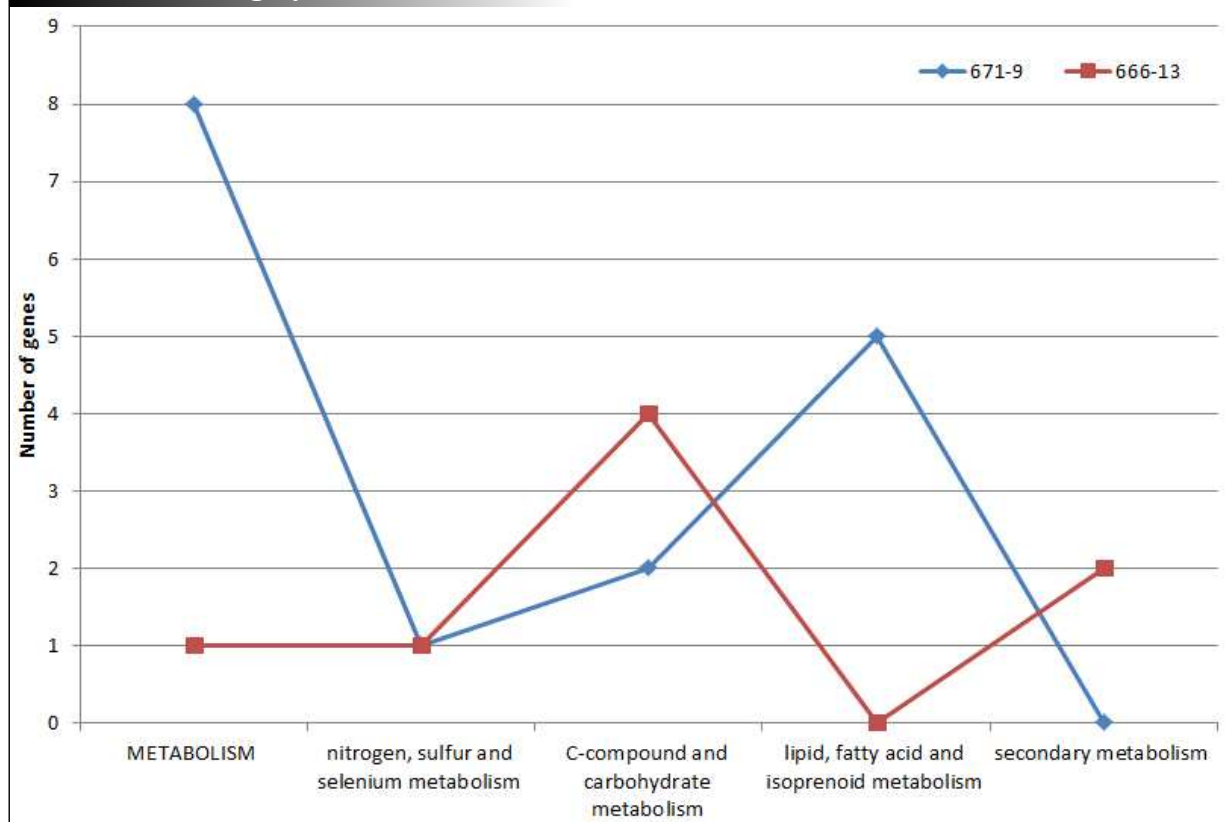


Fig. 13. Difference of EST sequences related to seed hair synthesis between hairy seed 671-9 and short-hair seed 666-13 using functional categories.

유모형 종자 표현형 671-9개체와 단모형 종자 표현형 666-13개체의 EST profiling에서 조사된 cellulose 합성에 관여하는 유전자들을 유모형 종자 표현형 671-9개체와 단모형 종자 표현형 666-13개체에서 비교한 결과 유모형 종자 표현형 671-9 개체에서만 발견되는 유전자들을 찾을 수 있었다 (Table. 12). 앞의 단모형 종자 표현형 659-1개체와 유모형 종자 표현형 677-14개체에서의 분석 결과와 마찬가지로 secondary cell wall의 cellulose와 pectin의 합성 pathway를 통해 유모형 종자 표현형 671-9 개체에서만 발견되는 유전자들은 secondary cell wall의 형성동안 cellulose와 pectin의 합성에 관여하는 enzyme과 protein에 관련된 유전자와 일치하거나 근접한 것으로 확인되었다. 이와 반대로 단모형 종자 표현형 666-13개체의 EST profiling에서는 cellulose와 pectin의 합성에 관여하는 enzyme과 protein에 관련된 유전자들의 발현이 적은 것으로 보아 종자 모 형성 발달에 중요한 cellulose의 합성이 원활히 이루어지지 않아 종자 모 형성이 퇴화하는 것으로 판단된다. 이를 바탕으로 차후 EST profiling을 통해 유모형 종자 표현형 671-9 개체에서만 확인된 유전자들의 sequences 정보를 바탕으로 design한 primers를 이용해 Real-time PCR를 수행하여 유전자의 발현 양상을 분석코자 한다.

Table 12. EST sequences information related seed hair synthesis genes from hairy seed 671-9 except for short-hair seed 666-13.

EST ID	Gene Bank accession numbers	Gene name
671-9_06-A08-R.ab1	Q9SED0	Ascorbate peroxidase
671-9_06-G02-R.ab1	Q6Q8A4	Hexokinase 3
671-9_04-C01-R.ab1	Q2PCB9	Type 1 non specific lipid transfer protein
671-9_06-C09-R.ab1	A5C6V7	Galactose-1-phosphate uridylyltransferase

3. 3차년도 작성 cDNA library 및 EST 염기서열 profiling

가. 목적

단모형 종자 표현형을 보인 당근 개체와 유모형 종자 표현형을 보인 당근 개체의 EST 염기서열을 바탕으로 당근 무모종자 형질에 관한 발현양상 비교를 하기 위해 BlastX와 FunCat을 수행 하였다. BlastX의 결과를 FunCat의 단백질 기능별 category에 적용하여 각각의 개체가 발현하고 있는 단백질의 기능적 차이를 분석하여 무모 형질에 관련된 유전자 발현 변화를 확인하였다. 더불어 각각의 조합에서 단모형 종자 표현형 개체와 유모형 종자 표현형 개체에서만 확인된 EST blastX 결과를 비교하여 분석하였다.

나. 재료 및 방법

(1) 2차년도에 실시한 대상 개체군 중 단모형 종자 표현형 389-1의 selfing progeny 659 line의 단모형 종자 표현형 659-1개체와 유모형 종자 표현형 677-14개체의 추가적인

EST profiling

2차년도 분석에 이어 추가적으로 단모형 종자 표현형을 나타내는 659-1개체와 유모형 종자 표현형을 나타내는 677-14개체의 EST 염기서열을 분석하고 그 정보를 이용하여 BlastX를 실시하여 발현되는 유전자를 분석하였다. 분석 결과 각각 41%, 44%의 염기서열에서 유의적인 발현 정보를 획득하였다 (Table 13, Fig. 14). 이들 발현정보를 FunCat을 이용하여 각각의 기능적 category화하여 특성을 분석하였다. 2차년도에 분석된 EST sequence 결과와 함께 3차년도 추가적인 EST sequence 분석결과를 조합한 결과 659-1 개체의 EST sequence 중 42%, 677-14 개체의 EST sequence 중 49%의 염기서열에서 유의적인 발현정보를 획득하였다 (Table 14, Fig. 15).

Table 13. 2nd results of 659-1 and 677-14 EST sequences using BlastX.

Line	Phenotype	Known ^z	Unknown ^y	No hit ^x	Total
659-1	Short-hair seed	185	194	75	454
677-14	Hairy seed	266	196	27	489

^z E-value <= 1.00E-5

^y Match to unknown or unclassified function gene

^x E-value > 1.00E-5

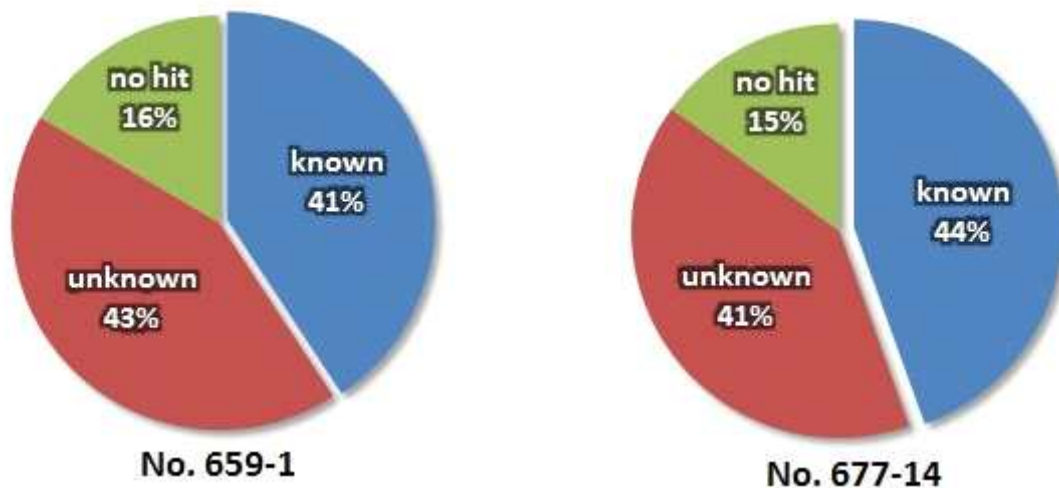


Fig. 14. 2nd results of 659-1 and 677-14 EST sequences using BlastX.

Table 14. Analysis of 1st and 2nd EST sequences of of 659-1 and 677-14 using BlastX.

Line	Phenotype	Known ^z	Unknown ^y	No hit ^x	Total
659-1	Short-hair seed	357	339	163	859
677-14	Hairy seed	447	365	105	917

^z E-value <= 1.00E-5

^y Match to unknown or unclassified function gene

^x E-value > 1.00E-5

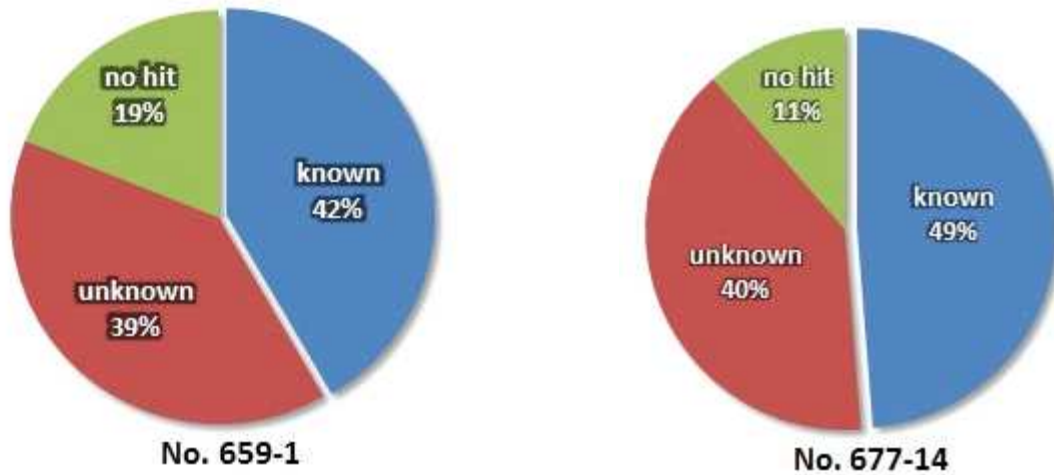


Fig. 15. Analysis of 1st and 2nd EST sequences of 659-1 and 677-14 using BlastX.

(2) 2차년도에 실시한 대상 개체군 중 단모형 종자 표현형 394-6의 selfing progeny 666 line의 단모형 종자 표현형 666-13개체와 유모형 종자 표현형 671-9개체의 추가적인 EST profiling

2차년도에 이어 추가적으로 단모형 종자 표현형을 나타내는 666-13개체와 유모형 종자 표현형을 나타내는 671-9개체의 EST 염기서열 분석을 실시하고 그 정보를 이용하여 BlastX를 실시하여 발현되는 유전자를 분석하였다. 분석 결과 각각 48%, 54%의 sequence에서 유의적인 발현 정보를 획득하였다 (Table 15, Fig. 16). 이들 발현정보를 FunCat을 이용하여 각각의 기능적 category화하여 특성을 분석하였다. 2차년도에 분석된 EST sequence 결과와 함께 3차년도 추가적인 EST sequence 분석결과를 조합한 결과 666-13 개체의 EST sequence 중 51%, 671-9 개체의 EST sequence 중 54%의 sequence에서 유의적인 발현정보를 획득하였다 (Table 16, Fig. 17).

Table 15. 2nd results of 666-13 and 671-9 EST sequences using BlastX.

Line	Phenotype	Known ^z	Unknown ^y	No hit ^x	Total
666-13	Short-hair seed	220	191	47	458
671-9	Hairy seed	266	196	27	489

^z E-value ≤ 1.00E-5

^y Match to unknown or unclassified function gene

^x E-value > 1.00E-5

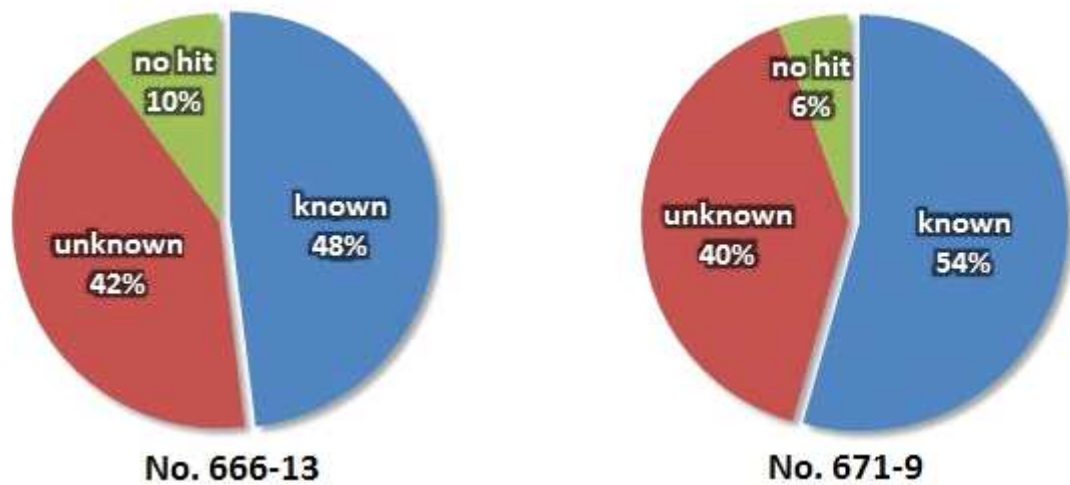


Fig. 16. 2nd results of 666-13 and 671-9 EST sequences using BlastX.

Table 16. Analysis of 1st and 2nd EST sequences of 666-13 and 671-9 using BlastX.

Line	Phenotype	Known ^z	Unknown ^y	No hit ^x	Total
666-13	Short-hair seed	444	330	95	869
671-9	Hairy seed	479	347	67	893

^z E-value $\leq 1.00E-5$

^y Match to unknown or unclassified function gene

^x E-value $> 1.00E-5$

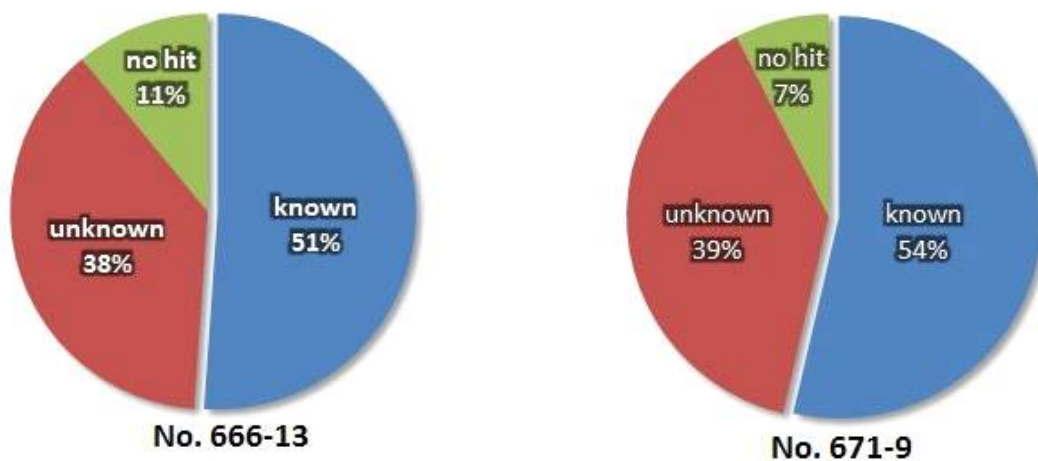


Fig. 17. Analysis of 1st and 2nd EST sequences of 666-13 and 671-9 using BlastX.

다. 결과 및 분석

(1) 2차년도에 실시한 대상 개체군 중 단모형 종자 표현형 389-1의 selfing progeny 659 line의 단모형 종자 표현형 659-1개체와 유모형 종자 표현형 677-14개체의 추가적인 EST profiling

3차년도에 추가적으로 분석한 각각의 EST 염기서열의 BlastX 분석 결과를 FunCat을 이용해 기능적 특성별 category로 분류한 결과 metabolism과 protein with binding function or cofactor requirement (structural or catalytic), subcellular localization category가 659-1개체의 경우 66%를 나타냈으며, 677-14개체는 65%를 차지하는 것으로 나타났다. 이는 종자가 생성되는 초기단계에서 sampling을 하였으므로 이와 같은 결과가 나왔다고 판단된다 (Table 17, Fig. 18, Table 18).

Table 17. BlastX FunCat results of 659-1 and 677-14 EST sequences.

No.	Category	Count	
		659-1 (Short-hair seed)	677-14 (Hairy seed)
1	Metabolism	55	77
2	Energy	7	13
10	Cell cycle and DNA processing	3	2
11	Transcription	4	11
12	Protein synthesis	10	14
14	Protein fate (folding, modification, destination)	19	22
16	Protein with binding function or Cofactor requirement (structural or catalytic)	95	120
18	Regulation of metabolism and Protein function	16	24
20	Cellular transport, transport facilities and transport routes	22	20
30	Cellular communication / signal transduction mechanism	3	14
32	Cell rescue, defense and virulence	7	6
34	Interaction with the environment	-	1
36	Systemic interaction with the environment	-	1
40	Cell fate	3	1
42	Biogenesis of cellular components	2	5
70	Subcellular localization	36	54
	Total	282	385

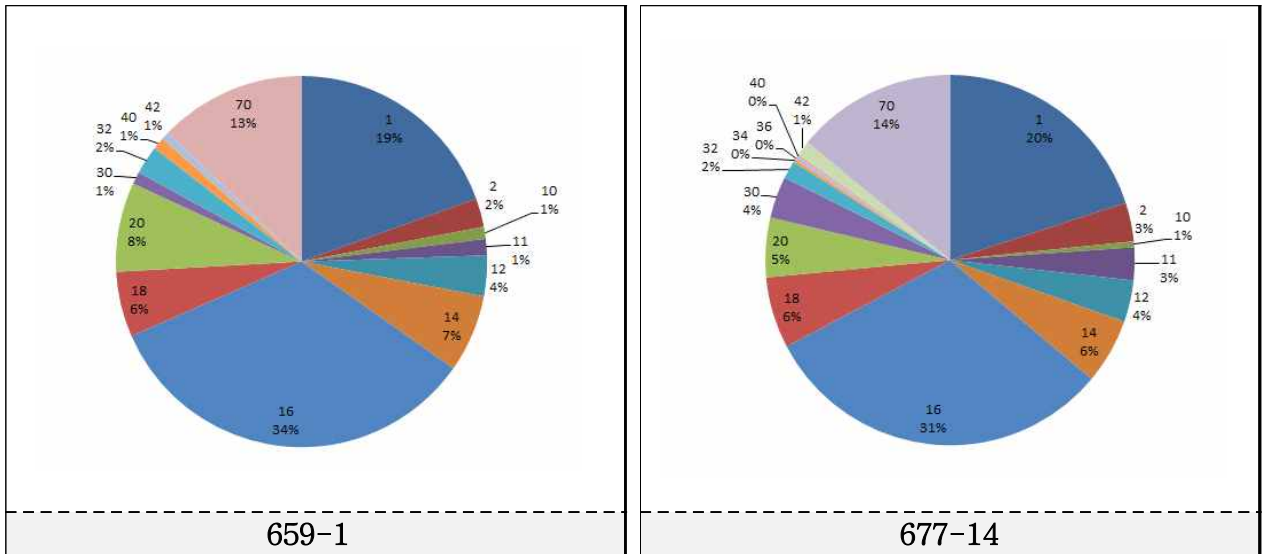


Fig. 18. BlastX FunCat results of 659-1 and 677-14 EST sequences [1:Metabolism, 2:Energy, 10:Cell cycle and DNA processing, 11:Transcription, 12:Protein synthesis, 14:Protein fate (folding, modification, destination), 16:Protein with binding function or Cofactor requirement (structural or catalytic), 18:Regulation of metabolism and Protein function, 20:Cellular transport, transport facilities and transport routes, 30:Cellular communication / signal transduction mechanism, 32:Cell rescue, defense and virulence, 34:Interaction with the environment, 36:Systemic interaction with the environment, 40:Cell fate, 42:Biogenesis of cellular components 70:Subcellular localization].

Table 18. Sub-category of BlastX FunCat results of 659-1 and 677-14 EST sequences.

No.	Category	Count	
		659-1 (Short-hair seed)	677-14 (Hairy seed)
1	Metabolism		
1	Metabolism	24	37
1.01	Amino acid metabolism	7	10
1.02	Nitrogen, Sulfur and selenium metabolism	1	3
1.03	Nucleotide/nucleoside/nucleobase metabolism	1	-
1.05	C-Compound and carbohydrate metabolism	19	23
1.06	Lipid, Fatty acid and isoprenoid metabolism	5	10
1.2	Secondary metabolism	1	1
2	Energy		
2.01	Glycolysis and gluconeogenesis	2	7
2.1	Tricarboxylic-Acid pathway (Citratecycle, Krebscycle, TCA cycle)	1	5
2.3	Photosynthesis	4	4
10	Cell cycle and DNA processing		
10	Cell cycle and DNA processing	1	1
10.01	DNA processing	3	1
10.03	Cell cycle	-	1
11	Transcription		
11	Transcription	-	4
11.02	RNA synthesis	4	8
11.04	RNA processing	-	3
12	Protein synthesis		
12	Protein synthesis	9	9
12.04	Translation	2	2
12.1	Aminoacyl-tRNA-synthetases	-	3
14	Protein Fate (Folding, Modification, Destination)		
14	Protein fate (Folding, Modification, Destination)	10	12
14.01	Protein folding and stabilization	3	3
14.04	Protein targeting, Sorting and translocation	2	8
14.07	Protein modification	14	11
14.13	Protein/Peptide degradation	1	-
16	Protein with binding function or cofactor requirement (Structural or catalytic)		
16.01	Protein binding	10	22
16.03	Nucleic acid binding	19	24
16.06	Motor protein binding	1	-
16.07	Structural protein binding	4	4
16.09	Lipid binding	6	1
16.11	Amino acid/Amino acid derivatives binding	2	-
16.13	C-Compound binding	2	1
16.17	Metal binding	27	32
16.19	Nucleotide/Nucleoside/ Nucleobase binding	32	33
16.21	Complex cofactor/ Cosubstrate/ Vitamine binding	18	28
18	Regulation of metabolism and protein function		
18.01	Regulation by	15	23
18.02	Regulation of protein activity	1	1

Table 18. Continued.

No.	Category	Count	
		659-1 (Short hair seed)	677-14 (Hairy seed)
20	Cellular transport, Transport facilities and transport routes		
20	Cellular transport, Transport facilities and transport routes	15	10
20.01	Transported compounds (Substrates)	12	11
20.03	Transport facilities	1	1
20.09	Transport routes	2	6
30	Cellular communication/ Signal transduction mechanism		
30	Cellular communication/ Signal transduction mechanism	1	5
30.01	Cellular signalling	2	13
30.05	Transmembrane signal transduction	2	3
32	Cell rescue, Defense and virulence		
32.01	Stress response	6	5
32.07	Detoxification	4	4
34	Interaction with the environment		
34.11	Cellular sensing and response to external stimulus	-	1
36	Systemic interaction with the environment		
36.2	Plant/ Fungal specific systemic sensing and response	-	1
40	Cell fate		
40.1	Cell death	2	1
42	Biogenesis of cellular components		
42.01	Cell wall	1	1
42.04	Cytoskeleton/ Structural proteins	1	1
42.27	Extracellular/ Secretion proteins	-	4
70	Subcellular localization		
70.01	Cell wall	-	4
70.03	Cytoplasm	8	9
70.04	Cytoskeleton	1	1
70.07	Endoplasmic reticulum	3	1
70.08	Golgi	3	2
70.1	Nucleus	7	16
70.16	Mitochondrion	5	6
70.19	Peroxisome	-	1
70.22	Endosome	1	-
70.25	Vacuole or lysosome	1	2
70.26	Plastid	6	11
70.27	Extracellular/ Secretion proteins	3	6
Total		338	461

위와 같은 결과를 바탕으로 2차년도 EST profiling 결과와 함께 단모형 종자 표현형 개체 659-1과 유모형 종자 표현형 개체 677-14의 category별 EST 발현양상을 비교하였다. 두 개체간 동일한 BlastX결과를 보인 261개 EST 염기서열 정보는 제외한 뒤, 659-1 개체에서만 발현된 303개 EST 염기서열과 677-14 개체에서만 발현된 351개 EST 염기서열의 발현하는 양상을 비교 분석을 실시하였다 (Fig. 19, 20). 그 결과 각각의 category에서 659-1개체의 발현이 677-14개체의 발현보다

50%이상 높은 category가 2차년도 14개에서 3차년도 종합한 뒤 3개로 줄어든 것을 확인하였고, 677-14개체의 발현이 659-1개체의 발현보다 50%이상 높은 category가 2차년도 10개에서 3차년도 19개로 증가한 것을 확인하였다 (Table 19). 이를 통해 전년도 대비 무모형 종자 표현형 개체의 발현이 높은 대상 category가 좁혀진 것에 중점을 두고 무모종자 형질에 깊이 관여 할 것으로 판단되며, 유의성 있는 category에 속하는 유전자 중 종자모 발달에 영향을 미칠 수 있는 후보군을 분석 중에 있다.

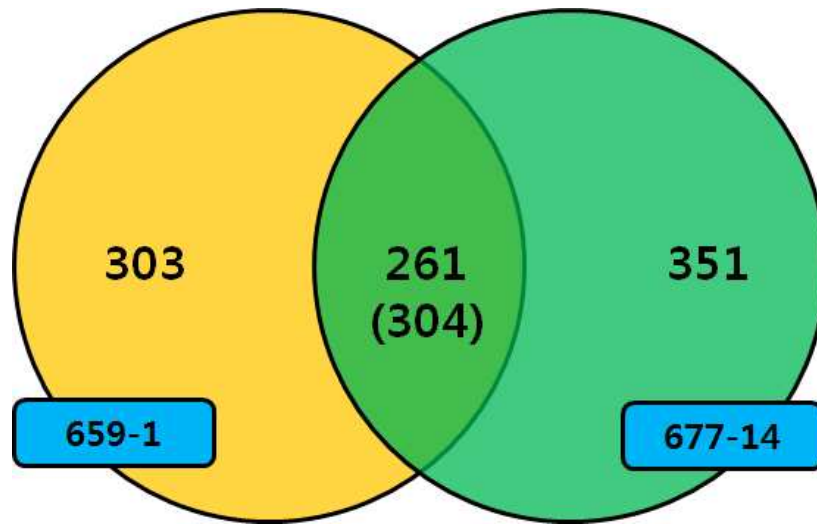


Fig 19. Comparison of EST sequence results using BlastX between 659-1 and 677-14 total EST sequences (261:659-1, 304:677-14).

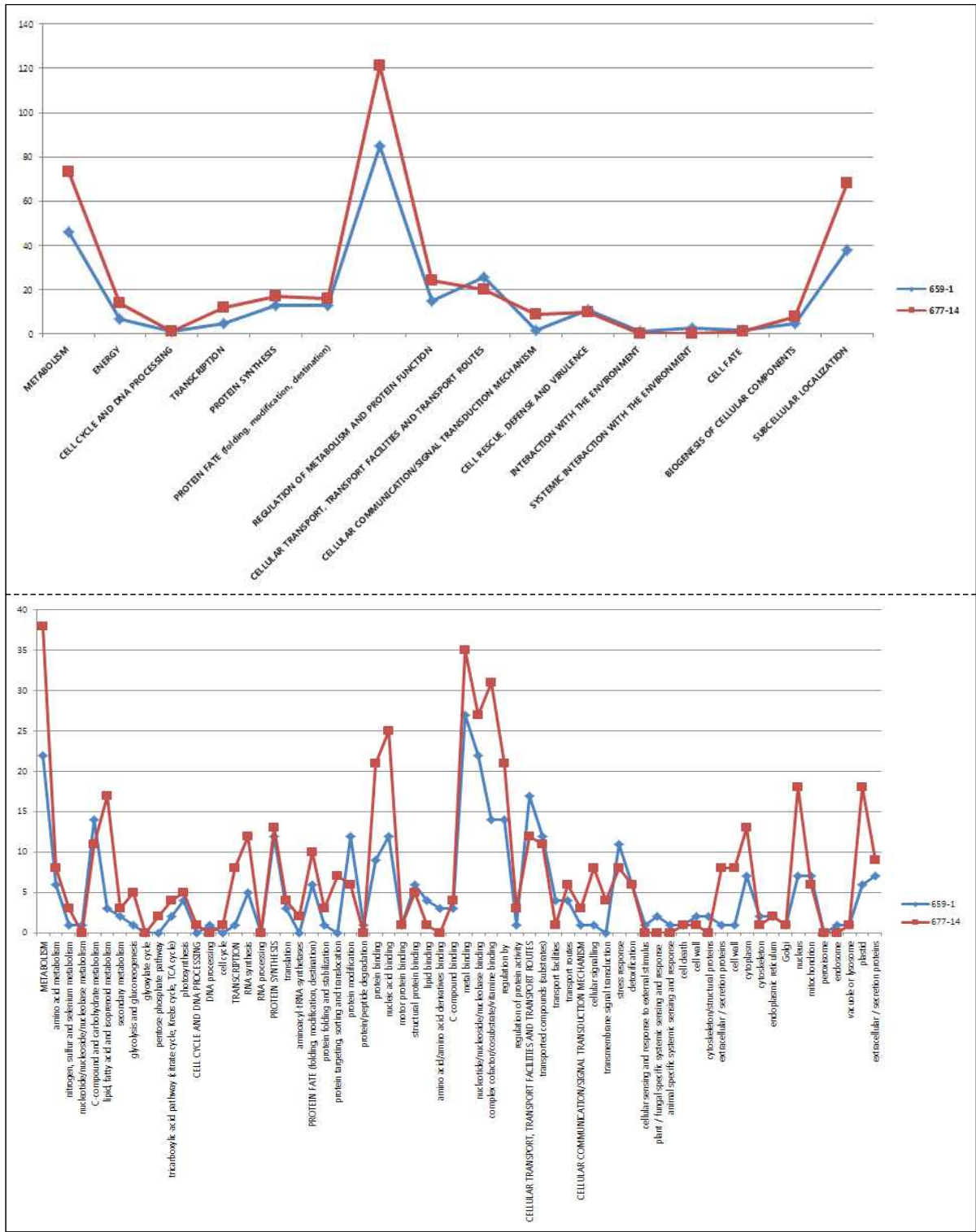


Fig 20. Comparison of BlastX FunCat results of 659-1 with 677-14.

Table 19. Changes of categories showing difference of expression more than 50% from 2010 to 2011 between hairless-seed line and hairy seed line.

659-1 > 677-14	
2010	2011
Phosphate metabolism	Protein modification
Glycolysis and gluconeogenesis	Lipid binding
Photosynthesis	Amino acid/amino acid derivatives binding
RNA synthesis	
Protein folding and stabilization	
Protein targeting, sorting and translocation	
Lipid binding	
Complex cofactor / cosubstrate / vitamin binding	
Transported compounds (substrate)	
Cellular signalling	
Stress response	
Detoxification	
Cytoplasm	
Mitochondrion	
659-1 < 677-14	
2010	2011
Nitrogen, sulfur, and selenium metabolism	Metabolism
Pentose-phosphate pathway	Lipid, fatty acid and isoprenoid metabolism
DNA processing	Glycolysis and gluconeogenesis
RNA processing	Pentose-phosphate pathway
Protein / peptide degradation	Tricarboxylic-acid pathway (citrate cycle, Krebs cycle, TCA cycle)
Nucleic acid binding	Transcription
Regulation of protein activity	RNA synthesis
Extracellular / secretion proteins	Protein targeting, sorting and translocation
Cell wall	Protein binding
Extracellular / secretion proteins	Nucleic acid binding
	Complex cofactor/cosubstrate/vitamine binding
	Regulation by
	Cellular signalling
	Transmembrane signal transduction
	Extracellular / secretion proteins
	Cell wall
	Cytoplasm
	Nucleus
	Plastid

(2) 2차년도에 실시한 대상 개체군 중 단모형 종자 표현형 394-6의 selfing progeny 666 line의 단모형 종자 표현형 666-13개체와 유모형 종자 표현형 671-9개체의 추가적인 EST profiling

3차년도에 추가적으로 분석한 각각의 EST 염기서열의 BlastX 분석 결과를 FunCat을 이용해 기능적 특성별 category로 분류한 결과 metabolism과 protein with binding function or cofactor requirement (structural or catalytic), subcellular localization category가 666-13개체의 경우 67%를 나타냈으며, 671-9개체는 70%를 차지하는 것으로 나타났다. 이는 종자가 생성되는 초기단계에서 sampling을 하였으므로 이와 같은 결과가 나왔다고 판단된다 (Table 20, Fig. 21, Table 21).

Table 20. BlastX FunCat results of 666-13 and 671-9 EST sequences.

No.	Category	Count	
		666-13 (Short-hair seed)	671-9 (Hairy seed)
1	Metabolism	63	103
2	Energy	7	18
10	Cell cycle and DNA processing	2	2
11	Transcription	14	14
12	Protein synthesis	20	15
14	Protein fate (folding, modification, destination)	20	24
16	Protein with binding function or Cofactor requirement (structural or catalytic)	116	147
18	Regulation of metabolism and Protein function	14	19
20	Cellular transport, transport facilities and transport routes	22	25
30	Cellular communication / signal transduction mechanism	6	8
32	Cell rescue, defense and virulence	8	8
36	Systemic interaction with the environment	-	2
40	Cell fate	1	2
42	Biogenesis of cellular components	-	3
70	Subcellular localization	55	61
Total		348	451

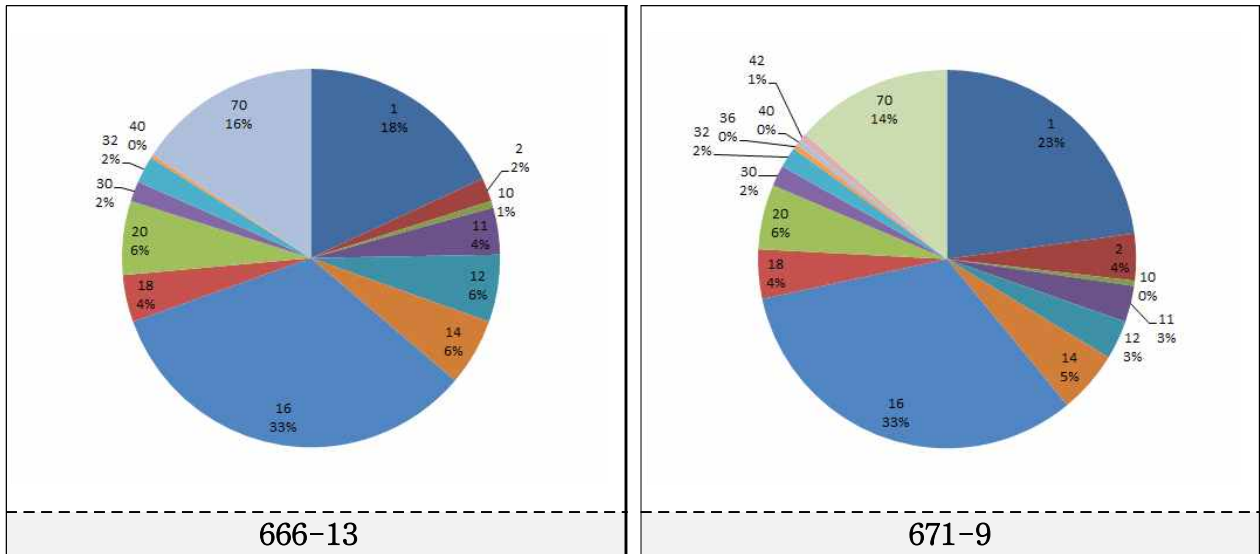


Fig. 21. BlastX FunCat results of 666-13 and 671-9 EST sequences [1:Metabolism, 2:Energy, 10:Cell cycle and DNA processing, 11:Transcription, 12:Protein synthesis, 14:Protein fate (folding, modification, destination), 16:Protein with binding function or Cofactor requirement (structural or catalytic), 18:Regulation of metabolism and Protein function, 20:Cellular transport, transport facilities and transport routes, 30:Cellular communication / signal transduction mechanism, 32:Cell rescue, defense and virulence, 36:Systemic interaction with the environment, 40:Cell fate, 42:Biogenesis of cellular components 70:Subcellular localization].

Table 21. Sub-category of BlastX FunCat results of 666-13 and 671-9 EST sequences.

No.	Category	Count	
		666-13 (Short-hair seed)	671-9 (Hairy seed)
1	Metabolism		
1	Metabolism	26	45
1.01	Amino acid metabolism	4	15
1.02	Nitrogen, Sulfur and selenium metabolism	1	2
1.05	C-Compound and carbohydrate metabolism	24	29
1.06	Lipid, Fatty acid and isoprenoid metabolism	10	14
1.2	Secondary metabolism	1	5
2	Energy		
2.01	Glycolysis and gluconeogenesis	-	7
2.04	Glyoxylate cycle	-	1
2.07	Pentose-phosphate pathway	-	1
2.1	Tricarboxylic-Acid pathway (Citratecycle, Krebscycle, TCA cycle)	-	6
2.3	Photosynthesis	7	7
10	Cell cycle and DNA processing		
10	Cell cycle and DNA processing	-	1
10.01	DNA processing	2	1
10.03	Cell cycle	-	1
11	Transcription		
11	Transcription	6	5
11.02	RNA synthesis	12	12
11.04	RNA processing	2	2
12	Protein synthesis		
12	Protein synthesis	15	12
12.04	Translation	4	5
12.1	Aminoacyl-tRNA-synthetases	3	-
14	Protein Fate (Folding, Modification, Destination)		
14	Protein fate (Folding, Modification, Destination)	9	10
14.01	Protein folding and stabilization	4	2
14.04	Protein targeting, Sorting and translocation	3	7
14.07	Protein modification	12	13
14.13	Protein/Peptide degradation	2	2
16	Protein with binding function or cofactor requirement (Structural or catalytic)		
16.01	Protein binding	11	19
16.03	Nucleic acid binding	36	31
16.07	Structural protein binding	4	4
16.09	Lipid binding	2	2
16.11	Amino acid/Amino acid derivatives binding	-	2
16.13	C-Compound binding	2	3
16.17	Metal binding	33	42
16.19	Nucleotide/Nucleoside/ Nucleobase binding	47	42
16.21	Complex cofactor/ Cosubstrate/ Vitamine binding	18	33
18	Regulation of metabolism and protein function		
18.01	Regulation by	13	19
18.02	Regulation of protein activity	1	-

Table 21. Continued.

No.	Category	Count	
		666-13 (Short hair seed)	671-9 (Hairy seed)
20	Cellular transport, Transport facilities and transport routes		
20	Cellular transport, Transport facilities and transport routes	13	15
20.01	Transported compounds (Substrates)	9	11
20.03	Transport facilities	1	2
20.09	Transport routes	4	9
30	Cellular communication/ Signal transduction mechanism		
30	Cellular communication/ Signal transduction mechanism	1	3
30.01	Cellular signalling	6	5
30.05	Transmembrane signal transduction	3	-
32	Cell rescue, Defense and virulence		
32.01	Stress response	7	8
32.07	Detoxification	3	4
36	Systemic interaction with the environment		
36.26	Animal specific systemic sensing and response	-	2
40	Cell fate		
40.1	Cell death	-	2
42	Biogenesis of cellular components		
42.01	Cell wall	-	2
42.27	Extracellular/ Secretion proteins	-	2
70	Subcellular localization		
70.01	Cell wall	-	2
70.03	Cytoplasm	14	11
70.04	Cytoskeleton	1	-
70.07	Endoplasmic reticulum	3	1
70.08	Golgi	-	5
70.1	Nucleus	19	20
70.16	Mitochondrion	6	5
70.19	Peroxisome	1	1
70.25	Vacuole or lysosome	-	1
70.26	Plastid	12	17
70.27	Extracellular/ Secretion proteins	2	1
Total		419	531

위와 같은 결과를 바탕으로 2차년도 EST profiling 결과와 함께 단모형 종자 표현형 개체 666-13과 유모형 종자 표현형 개체 671-9의 category별 EST 발현양상을 비교하였다. 두 개체간 동일한 BlastX결과를 보인 332개 EST 염기서열 정보는 제외한 뒤, 666-13 개체에서만 발현된 334개 EST 염기서열과 671-9 개체에서만 발현된 365개 EST 염기서열의 발현하는 양상을 비교 분석을 실시하였다 (Fig. 22, 23). 그 결과 각각의 category에서 666-13개체의 발현이 671-9개체의 발현보다 50%이상 높은 category가 2차년도 14개에서 3차년도 종합한 뒤 3개로 줄어든 것을 확인하였고, 671-9개체의 발현이 666-13개체의 발현보다 50%이상 높은 category가 2차년도 10개에서 3차년도 8개로 줄어든 것을 확인하였다 (Table 22). 이를 통해 전년도 대비 무모형 종자 표현형 개체와 유모

형 종자 표현형 개체간 발현이 높은 대상 category의 비교에서 후보군이 좁혀진 것에 중점을 두고 이는 좀 더 정확성을 높인 당근 종자모 형질 관련 유전자 탐색에 도움이 되는 데이터라고 생각되어 지며 이들 후보 category들이 무모종자 형질에 깊이 관여 할 것으로 판단되며, 유의성 있는 category에 속하는 유전자 중 종자모 발달에 영향을 미칠 수 있는 후보군을 분석 중에 있다.

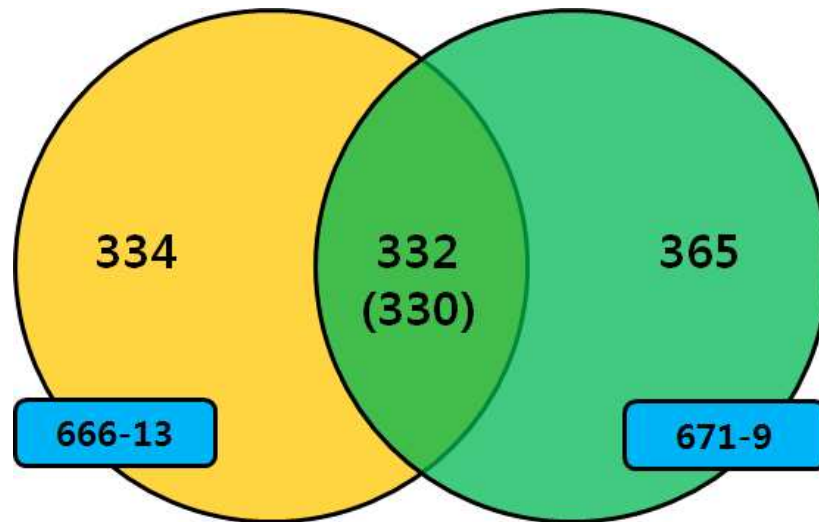


Fig 22. Comparison of EST sequence results using BlastX between 666-13 and 671-9 total EST sequences (261:666-13, 304:671-9).

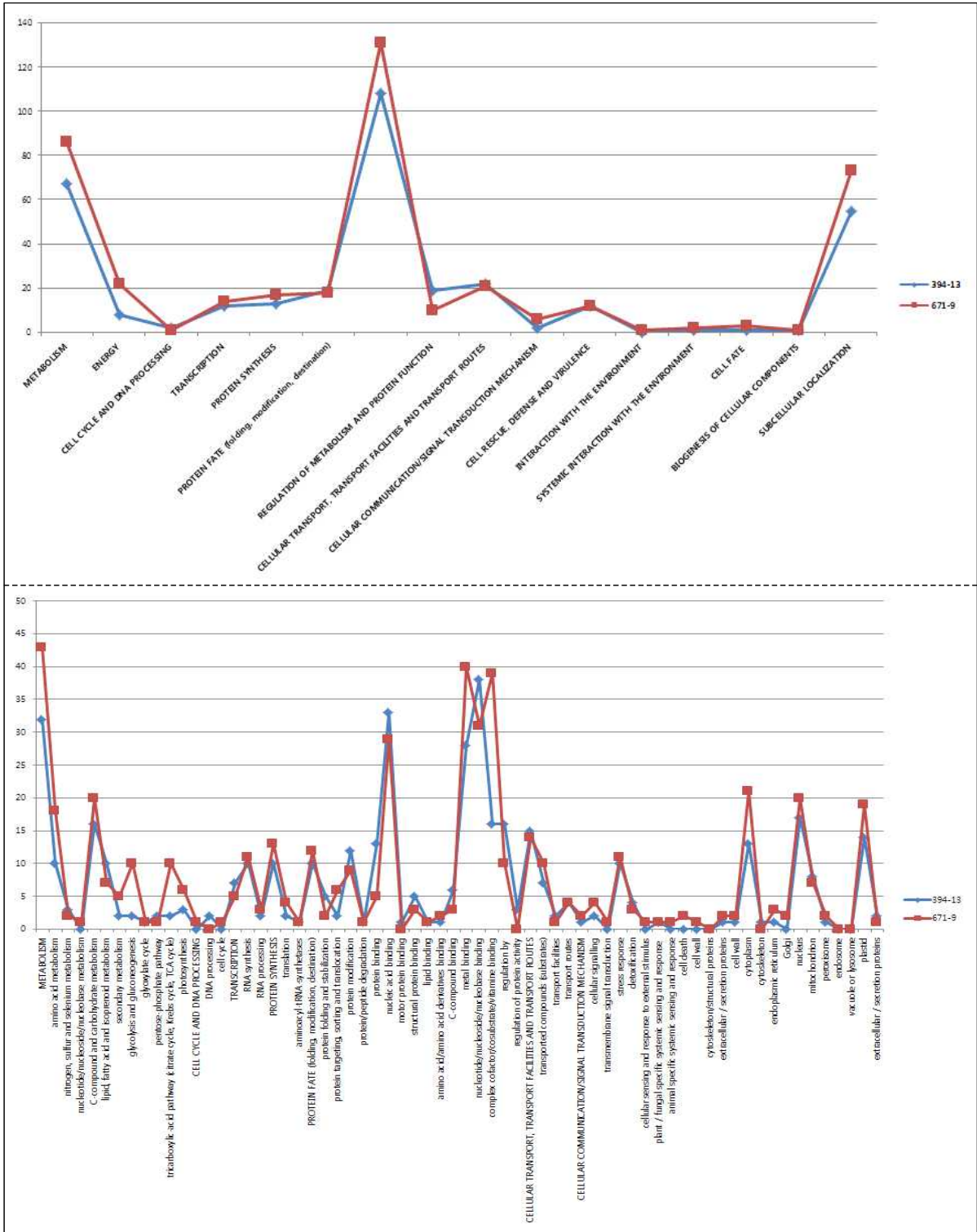


Fig 23. Comparison of BlastX FunCat results of 666-13 with 671-9.

Table 22. Changes of categories showing difference of expression more than 50% from 2010 to 2011 between hairless-seed line and hairy seed line.

666-13 > 671-9	
2010	2011
Amino acid metabolism	Protein folding and stabilization
Nitrogen, sulfur and selenium metabolism	Protein binding
C-compound and carbohydrate metabolism	C-compound binding
Lipid, fatty acid and isoprenoid metabolism	
Glyoxylate cycle	
Pentose-phosphate pathway	
Protein folding and stablization	
Protein binding	
Regulation of protein activity	
Transport facilities	
Transport routes	
Extracellular / secretion proteins	
Cell wall	
Mitochondrion	
666-13 < 671-9	
2010	2011
Tricarboxylic-acid pathway (citrate cycle, krebs cycle, TCA cycle)	Amino acid metabolism
Cell cycle	Secondary metabolism
RNA processing	Glycolysis and gluconeogenesis
Translation	Tricarboxylic-acid pathway (citrate cycle, Krebs cycle, TCA cycle)
Aminoacyl-tRNA-synthetases	Photosynthesis
Complex cofactor/cosubstrate/vitamine binding	Protein targeting, sorting and translocation
Cellular signaling	Complex cofactor/cosubstrate/vitamine binding
Cell death	cytoplasm
Cytoplasm	
Endoplasmic reticulum	

(2) 2차년도 실시한 대상 개체군 중 단모형 종자 표현형 394-6의 selfing progeny line 666의 단모형 종자 표현형 666-13개체와 유모형 종자 표현형 671-9개체의 추가적인 종합 EST profiling 결과를 바탕으로 한 종자모 형질 관련 후보 EST 선발 및 real-time PCR primer 작성

3차년도에 추가적으로 분석한 각각의 EST 염기서열의 BlastX search 결과를 바탕으로 각각의 조합에서 659-1개체와 677-14개체를 비교분석한 결과 단모형 종자 표현형 개체에서만 확인된 EST 303개와 666-13개체와 671-9개체를 비교분석한 결과 단모형 종자 표현형 개체에서만 확인된 EST 334개를 확인하였다. 또한 확인된 EST간 개체별 비교 분석을 통해 동일한 Blast X 결과를 확인한 EST를 38개 확인하였다 (Fig. 24). 이와 마찬가지로 각각의 조합에서 659-1개체와 677-14개체

를 비교 분석한 결과 유모형 종자 표현형 개체에서만 확인된 EST 351개와 666-13개체와 671-9개체를 비교 분석한 결과 유모형 종자 표현형 개체에서만 확인된 EST 365개를 확인하였다. 확인된 EST간 개체별 비교 분석을 통해 동일한 Blast X 결과를 확인한 EST를 39개 확인하였다 (Fig. 25). 이들 확인된 각각의 EST 염기서열의 GO(Gene Ontology) 값 중 종자모 형질에 관련되어 있다고 생각되어지는 Cellulose biosynthetic process tree (Fig. 26)에 속하는 EST를 선별하였다. 단모형 종자 표현형 개체간 비교 분석을 통해 4개의 EST를 선별하였으며, 유모형 종자 표현형 개체간 비교 분석을 통해 10개의 EST를 선별하였다 (Table 23). 선별한 EST 염기서열을 바탕으로 3차년도 무모형 종자 표현형 개체 관련 분자마커 개발을 위한 대상군에 대한 real-time PCR을 위한 12 개의 primer를 작성하였다 (Table 24). EST profiling을 통해 선별한 EST 염기서열을 이용한 real-time PCR을 통해 각각의 유전자 발현양상을 비교함으로써 종자모 형성 관련 유전자를 탐색하고자 한다. 이는 과제 목표인 종자모 관련 마커 개발과 더불어 관련 유전자 연구를 함께 진행하여 보다 좋은 연구결과를 도출하도록 하고자 한다.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Name	Sta	End	ID	Symbol	Gene		
2	394-13_09-F04-R.ab1	77	337	08RVT5	08RVT5_PANGI	3	Acyl-CoA-binding protein OS=Panax ginseng GN=ACBP PE=4 SV=1	
3	CL31Contig1	1285	2	05ME66	05ME66_PSEMZ	3	Alpha tubulin 1 OS=Pseudotsuga menziesii var. menziesii GN=AT1 PE=3 SV=1	
4	394-13_03-B01-R.ab1	10	747	08VYW9	08VYW9_CUCME	3	Aminotransferase 1 OS=Cucumis melo PE=2 SV=1	
5	394-13_06-G03-R.ab1	72	314	06J338	06J338_SROSI	3	Copper chaperone OS=Populus alba x Populus tremula var. glandulosa GN=CCH PE=	
6	659-1_05-G07-R.ab1	9	404	08H607	08H607_PONTR	3	CTV.22 OS=Poncirus trifoliata GN=CTV.22 PE=4 SV=1	
7	CL45Contig1	40	555	B3FN01	B3FN01_HEVBR	3	Cyclophilin OS=Hevea brasiliensis PE=2 SV=1	
8	394-13_02-F09-R.ab1	1	483	A5HU1	A5HU1_ACTDE	3	Cysteine protease Cp1 OS=Actinidia deliciosa PE=2 SV=1	
9	659-1_02-F04-R.ab1	9	92	0948S2	0948S2_DAUCA	3	Cysteine proteinase (Fragment) OS=Daucus carota GN=CSCP PE=2 SV=1	
10	CL32Contig1	603	746	07M1F2	07M1F2_CLUTE	3	Defensin AMP1 OS=Clitoria ternatea PE=1 SV=1	
11	394-13_12-D07-R.ab1	21	161	065740	DEF2_CAPAN	3	Defensin J1-2 OS=Capsicum annuum PE=1 SV=1	
12	394-13_05-E08-R.ab1	107	583	09LKW3	09LKW3_SOLLIC	3	Dehydration-induced protein ERD15 OS=Solanum lycopersicum PE=2 SV=1	
13	CL19Contig1	920	108	041415	041415_SOLTU	3	Epoixide hydrolase OS=Solanum tuberosum PE=1 SV=1	
14	CL42Contig1	2	322	039835	039835_SOYBN	3	Extensin OS=Glycine max GN=SbHRGP3 PE=4 SV=1	
15	CL44Contig1	9	1010	024472	024472_PETCR	3	Fungal elicitor-induced protein OS=Petroselinum crispum GN=ELI12 PE=2 SV=1	
16	394-13_11-C05-R.ab1	56	562	02YHN3	02YHN3_PLAMJ	3	Glutathione peroxidase OS=Plantago major GN=gp:1 PE=2 SV=1	
17	394-13_01-D11-R.ab1	10	714	09F0D2	09F0D2_IPOBA	3	Isocitrate lyase OS=Ipomoea batatas GN=ICL PE=2 SV=1	
18	394-13_06-F02-R.ab1	10	435	03KN68	03KN68_VTM	3	Isoflavone reductase-like protein 5 OS=Vitis vinifera GN=ifrl5 PE=2 SV=1	
19	394-13_05-H07-R.ab1	100	366	065149	065149_TOBAC	3	Late embryogenesis abundant protein 5 OS=Nicotiana tabacum GN=lea5 PE=4 SV=1	
20	394-13_09-B10-R.ab1	11	157	067265	067265_ARATH	3	Low temperature and salt responsive protein LT16B (At3g05830) OS=Arabidopsis thali	
21	CL9Contig1	124	453	05W957	05W957_SLIJL	3	Mannose specific lectin OS=Dioscorea polystachya GN=DB1Cys68 PE=2 SV=1	
22	394-13_07-F10-R.ab1	51	239	084RC4	084RC4_ARAHY	3	Metallothionein-like protein OS=Arachis hypogaea GN=MT1 PE=4 SV=1	
23	CL26Contig1	588	175	P06183	PSBR_SOLTU	3	Photosystem II 10 kDa polypeptide, chloroplastic OS=Solanum tuberosum GN=PSBR P	
24	394-13_08-B08-R.ab1	9	425	09FK91	PARP3_ARATH	3	Poly [ADP-ribose] polymerase 3 OS=Arabidopsis thaliana GN=PARP3 PE=2 SV=1	
25	394-13_08-F02-R.ab1	11	421	06IV17	06IV17_IPOBA	3	Protein disulfide isomerase OS=Ipomoea batatas PE=2 SV=1	
26	394-13_03-E03-R.ab1	130	366	041321	041321_SOLDE	3	Protein induced upon tuberization OS=Solanum demissum PE=4 SV=1	
27	394-13_07-F09-R.ab1	9	644	06H4L2	06H4L2_ORYSJ	3	Putative elongation factor 2 (Putative uncharacterized protein) (Os02g0519300 protein)	
28	394-13_04-B10-R.ab1	24	866	05EDF0	05EDF0_ASTME	3	Putative plasma membrane intrinsic protein OS=Astragalus membranaceus PE=2 SV=1	
29	394-13_08-G08-R.ab1	10	864	003990	003990_DAUCA	3	RAD23, isoform 1 OS=Daucus carota PE=2 SV=1	
30	CL45Contig1	87	698	ASP AV0	ASP AV0_POPTR	3	Ribosomal protein L15 OS=Populus trichocarpa PE=2 SV=1	
31	394-13_01-E11-R.ab1	8	184	09LLO6	09LLO6_SOYBN	3	Seed maturation protein PM34 OS=Glycine max GN=PM34 PE=2 SV=1	
32	394-13_13-D11-R.ab1	73	945	P48484	PP14_ARATH	3	Serine/threonine-protein phosphatase PP1 isozyme 4 OS=Arabidopsis thaliana GN=Ti	
33	394-13_01-A07-R.ab1	346	568	05DC94	05DC94_SCHJA	3	SJCHGC09076 protein OS=Schistosoma japonicum PE=4 SV=1	
34	394-13_13-C06-R.ab1	16	534	09SXE7	09SXE7_ARATH	3	T3P18.6 (Putative proline-rich cell wall protein) OS=Arabidopsis thaliana GN=At1g625C	
35	394-13_11-C01-R.ab1	11	709	030770	030770_PANGI	3	Tonoplast intrinsic protein OS=Panax ginseng GN=TIP1 PE=2 SV=1	
36	CL10Contig1	543	214	02PCB9	02PCB9_WHEAT	3	Type 1 non specific lipid transfer protein OS=Triticum aestivum GN=htp9.3d PE=3 SV=1	
37	394-13_07-G11-R.ab1	23	247	03LTN2	03LTN2_ARAHY	3	Type 2 metallothionein OS=Arachis hypogaea GN=MT2c PE=4 SV=1	
38	394-13_10-B08-R.ab1	73	279	00WWE3	00WWE3_ARATH	3	Ubiquinol-cytochrome-c reductase like protein (At1g15120) OS=Arabidopsis thaliana C	
39	394-13_10-D06-R.ab1	8	658	065039	CYSEP_RICCO	3	Vignain OS=Ricinus communis GN=CYSEP PE=1 SV=1	

Fig. 24. 38 EST sequences showing identical BalstX results between 659-1 and 666-13 short-hair seed phenotype line.

	A	B	C	D	E	F
1	Name	ID	Symbol	Gene		
2	671-9_06-B08-R.ab1	Q944P2	Q944P2_SULIL	14-3-3 protein OS=Frillaria cirrhosa GN=GF14 PE=2 SV=1		GO:0019904
3	671-9_10-F12-R.ab1	P27396	HSP11_DAUCA	17.8 kDa class I heat shock protein OS=Daucus carota PE=3 SV=1		GO:0005737 GO:0006950
4	671-9_02-H02-R.ab1	O65743	RL24_CICAR	60S ribosomal protein L24 OS=Cicer arietinum GN=RPL24 PE=2 SV=1		GO:003735 GO:0005622 GO:0001674
5	671-9_11-D05-R.ab1	Q306J8	Q306J8_SALMI	Acetoacetyl-CoA thiolase (Fragment) OS=Salvia miltiorrhiza PE=2 SV=1		GO:003824 GO:0006152
6	671-9_10-F06-R.ab1	Q4JHK7	Q4JHK7_GOSHI	Actin depolymerizing factor (Actin depolymerizing factor 8) OS=Gossypium hirsutum GN=ADF1 PE=2		GO:003773 GO:0005622
7	671-9_12-C11-R.ab1	Q42941	Q42941_TOBAC	Ascorbate peroxidase OS=Nicotiana tabacum GN=APX PE=2 SV=1		GO:0004601 GO:0006979 GO:0001674
8	671-9_04-B12-R.ab1	Q94BY2	Q94BY2_ARATH	At1g65820/FIE22.4 (Glutathione-S-transferase, putative) (MAPEG-like protein) OS=Arabidopsis thaliana PE=2 SV=1		GO:0016740
9	671-9_12-C07-R.ab1	O50021	O50021_ARATH	At5g1220 OS=Arabidopsis thaliana PE=2 SV=1		none
10	671-9_01-B08-R.ab1	A70L58	A70L58_VITVI	ATP-dependent Clp protease proteolytic subunit OS=Vitis vinifera GN=GSVIVT00001455001 PE=3 SV=		GO:004252 GO:0006508
11	671-9_11-B07-R.ab1	O82036	O82036_PETCR	BZIP DNA-binding protein OS=Petroselinum crispum GN=CPRF4a PE=2 SV=1		GO:003677 GO:0003700 GO:0001674
12	677-14_02-F03-R.ab1	Q9SDT2	Q9SDT2_DAUCA	Chlorophyll a/b-binding protein OS=Daucus carota GN=cab3 PE=2 SV=1		GO:0009507 GO:0009765 GO:0001674
13	671-9_10-C03-R.ab1	A70EB3	A70EB3_VITVI	Chromosome chr1 scaffold_84, whole genome shotgun sequence OS=Vitis vinifera GN=GSVIVT0003 GO:0008152 GO:0008168		
14	671-9_08-D03-R.ab1	A70ZE3	A70ZE3_VITVI	Chromosome chr16 scaffold_271, whole genome shotgun sequence OS=Vitis vinifera GN=GSVIVT000 GO:0005506 GO:0016706 GO:0001674		
15	671-9_10-A02-R.ab1	A7PSJ2	A7PSJ2_VITVI	Chromosome chr6 scaffold_28, whole genome shotgun sequence OS=Vitis vinifera GN=GSVIVT0002 GO:0016884		
16	671-9_01-C05-R.ab1	A7OU21	A7OU21_VITVI	Chromosome undetermined scaffold_175, whole genome shotgun sequence OS=Vitis vinifera GN=GS none		
17	671-9_11-D08-R.ab1	A7R35	A7R35_VITVI	Chromosome undetermined scaffold_527, whole genome shotgun sequence OS=Vitis vinifera GN=GS none		
18	671-9_12-C12-R.ab1	F42495	CADH1_ARACO	Cinnamyl-alcohol dehydrogenase 1 OS=Aralia cordata GN=CAD1 PE=2 SV=1		GO:003824 GO:0005498 GO:0001674
19	671-9_04-E12-R.ab1	O80433	CISY_DAUCA	Citrate synthase, mitochondrial OS=Daucus carota GN=CS PE=2 SV=1		GO:0004108 GO:0005739 GO:0001674
20	CL47Contig1	B3FN01	B3FN01_HEVBR	Cyclophilin OS=Hevea brasiliensis PE=2 SV=1		GO:003755
21	671-9_11-G04-R.ab1	P06599	EXTN_DAUCA	Extensin OS=Daucus carota PE=2 SV=1		GO:0005198 GO:0005199 GO:0001674
22	CL37Contig1	Q38J44	Q38J44_SOLTU	Fructose-bisphosphate aldolase OS=Solanium tuberosum PE=2 SV=1		GO:003824 GO:0004332 GO:0001674
23	671-9_01-B05-R.ab1	Q24472	Q24472_PETCR	Fungal elicitor-induced protein OS=Petroselinum crispum GN=ELI2 PE=2 SV=1		GO:000629 GO:0016491 GO:0001674
24	CL52Contig1	Q84P54	Q84P54_SOLLC	Gamma-aminobutyrate transaminase subunit isozyme 1 (Gamma aminobutyrate transaminase isoform GO:0003824 GO:0003867 GO:0001674		
25	671-9_05-G10-R.ab1	B3V944	B3V944_LITCN	GAST-like protein OS=Litchi chinensis PE=4 SV=1		none
26	671-9_11-E07-R.ab1	O22402	O22402_TOBAC	GDP dissociation inhibitor OS=Nicotiana tabacum GN=GDI PE=2 SV=1		GO:0005093 GO:0015031 GO:0001674
27	671-9_12-E01-R.ab1	O6F4I7	O6F4I7_ZINEL	Glutathione synthetase OS=Zinnia elegans GN=ZeGSH2 PE=2 SV=1		GO:0003824 GO:0004363 GO:0001674
28	671-9_06-A10-R.ab1	Q6BCJ8	Q6BCJ8_SECOE	Grain softness protein OS=Secale cereale GN=Gsp PE=4 SV=1		GO:004867
29	671-9_10-B08-R.ab1	P17783	MDHM_CITLA	Malate dehydrogenase, mitochondrial OS=Citullus lanatus GN=MMDH PE=1 SV=1		GO:0003824 GO:0005498 GO:0001674
30	671-9_12-E02-R.ab1	Q93X23	MYRS_QUEIL	Myrcene synthase, chloroplastic OS=Quercus ilex PE=1 SV=1		GO:000287 GO:0008152 GO:0001674
31	671-9_05-F10-R.ab1	A0RZJ6	A0RZJ6_LINUS	Oleosin low molecular weight isoform OS=Linum usitatissimum GN=G1 PE=2 SV=1		GO:0012511 GO:0016021
32	671-9_02-A08-R.ab1	O8I4T3	O8I4T3_PLAF7	PFG377 protein OS=Plasmodium falciparum (isolate 3D7) GN=PFL2405c PE=4 SV=1		none
33	671-9_06-C04-R.ab1	Q39872	Q39872_SOYBN	PgmPM3 OS=Glycine max GN=GmPM3 PE=2 SV=1		none
34	671-9_09-F05-R.ab1	B3TL55	B3TL55_ELAVG	RNA polymerase OS=Elaeis guineensis var. tenera PE=2 SV=1		GO:0006350
35	671-9_06-E01-R.ab1	AP9655	AP9655_POPTR	Serine hydroxymethyltransferase OS=Populus trichocarpa PE=2 SV=1		GO:000287 GO:0004372 GO:0001674
36	671-9_04-E09-R.ab1	Q9LB02	DHSB2_ARATH	Succinate dehydrogenase (ubiquinone) iron-sulfur subunit 2, mitochondrial OS=Arabidopsis thaliana GO:0005506 GO:0005739 GO:0001674		
37	671-9_10-E04-R.ab1	P49035	SUS1_DAUCA	Sucrose synthase isoform 1 OS=Daucus carota PE=2 SV=1		GO:0005865 GO:0009058 GO:0001674
38	671-9_12-C09-R.ab1	O94K32	O94K32_PHAVU	TGF-beta receptor-interacting protein 1 OS=Phaseolus vulgaris PE=2 SV=1		GO:0004872
39	CL36Contig1	Q38J44	Q38J44_SOLTU	Triosephosphate isomerase OS=Solanium tuberosum PE=2 SV=1		GO:003824 GO:0004807 GO:0001674
40	671-9_03-G03-R.ab1	B3TLN8	B3TLN8_ELAVG	Ubiquitin conjugating enzyme OS=Elaeis guineensis var. tenera PE=2 SV=1		GO:0019787 GO:0043687 GO:0001674

Fig. 25. 39 EST sequences showing identical BalstX results between 677-14 and 671-9 hairy seed phenotype line.

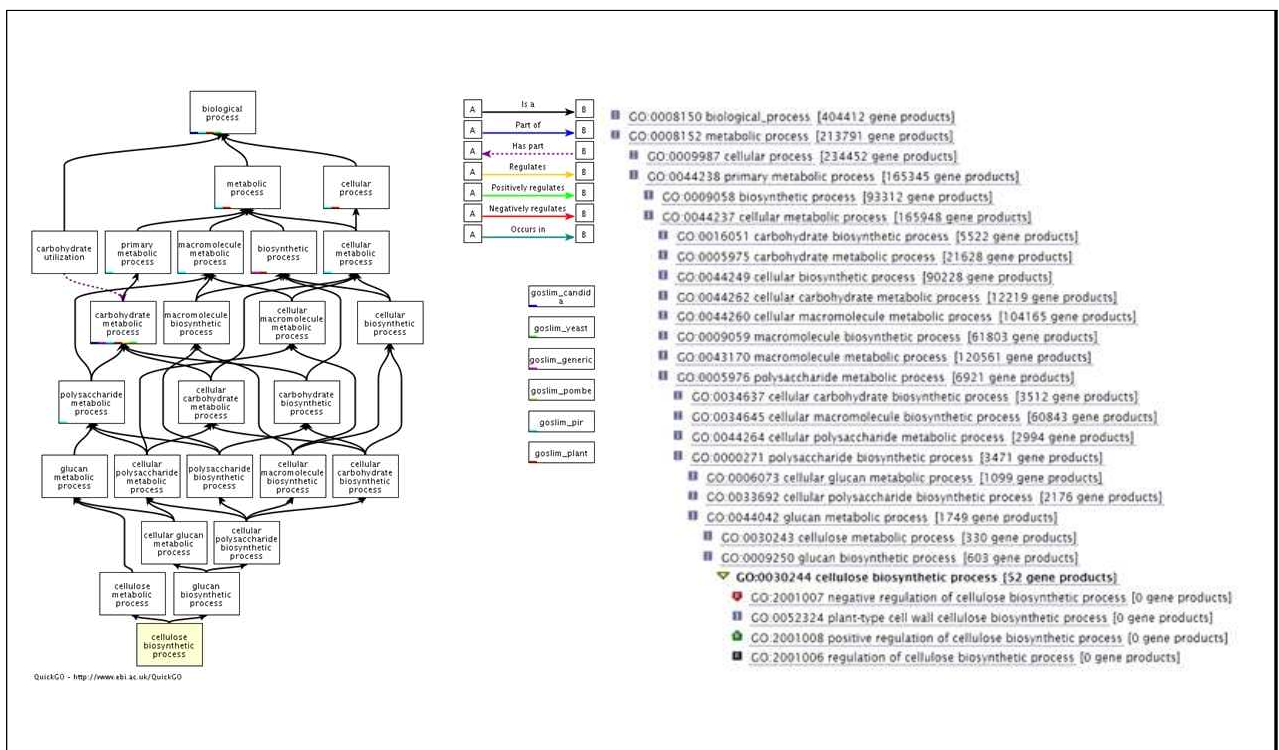


Fig 26. Gene ontology (GO) tree of cellulose biosynthetic process which is regarded as an important process in seed-hair formation.

Table 24. Candidate EST related to carrot seed hair characteristic based on GO data.

Name	ID	Gene
Short-hair seed phenotype 659-1 and 666-13		
394-13_03-B01-R.ab1	Q8VYW9	Aminotransferase 1
394-13_01-D11-R.ab1	Q9FQD2	Isocitratelase
394-13_06-F02-R.ab1	Q3KN68	Isoflavonoreductase-like protein
394-13_01-E11-R.ab1	Q9LLQ6	Seed maturation protein PM34
Hairy seed phenotype 677-14 and 671-9		
671-9_11-D05-R.ab1	Q306J8	Acetoacetyl-CoA thiolase
671-9_10-C03-R.ab1	A7QEB3	Chromosome chr1 scaffold_84
671-9_12-C12-R.ab1	P42495	Cinnamyl-alcohol dehydrogenase 1
671-9_04-E12-R.ab1	O80433	Citrate synthase, mitochondrial
671-9_11-G04-R.ab1	P06599	Extensin
CL37Contig1	Q38JJ4	Fructose-bisphosphate aldolase
671-9_10-B08-R.ab1	P17783	Malate dehydrogenase, mitochondrial
671-9_12-E02-R.ab1	Q93X23	Myrcene synthase, chloroplastic
671-9_10-E04-R.ab1	P49035	Sucrose synthase isoform 1
CL36Contig1	Q38JI4	Triosephosphate isomerase

Table 25. Designed Real-time primers using selected EST sequences.

EST sequences	Primer name	Tm	Product length
Short-hair seed phenotype 659-1 and 666-13			
394-13_03-B01-R.ab1	HRC-1	60	227
394-13_01-D11-R.ab1	HRC-2	59	265
394-13_06-F02-R.ab1	HRC-3	60	273
394-13_01-E11-R.ab1	HRC-4	60	399
Hairy seed phenotype 677-14 and 671-9			
671-9_11-D05-R.ab1	HC-1	60	305
671-9_10-C03-R.ab1	HC-2	60	281
671-9_12-C12-R.ab1	HC-3	59	292
671-9_04-E12-R.ab1	HC-4	59	252
671-9_11-G04-R.ab1	HC-5	60	281
671-9_10-B08-R.ab1	HC-6	60	269
671-9_12-E02-R.ab1	HC-7	60	315
671-9_10-E04-R.ab1	HC-8	59	284

제7절 EST sequence를 이용한 SNP 및 SSR site 탐색

1. 2차년도 작성 cDNA library 및 EST 염기서열을 이용한 SNP 및 SSR site 탐색

가. 목적

EST 염기서열 자료를 이용하여 SNP 및 SSR sites를 찾아내 primer를 design 함으로써 마커로 개발하고자 실시하였다. SNP의 경우 무모형 종자 표현형을 가지는 개체와 유모형 종자 표현형을 가지는 개체 간 SNP site을 찾아 마커로 개발하면 효과적인 무모 종자 형질에 관련 마커를 개발 할 수 있다. 또한 SSR site를 찾아 primer를 design하여 공우성 마커인 SSR 마커를 개발하면 두 표현형 개체간 유연관계를 보다 정확하게 판단하는데 이용할 수 있으며 무모 종자 형질에 관련된 마커 개발은 SNP와 같이 효과적인 결과를 도출 할 수 있기 때문이다.

나. 재료 및 방법

(1) 2차년도 대상 개체군 단모형 종자 표현형 389-1 selfing progeny 659 line 개체군 중 659-1 개체와 유모형 종자 표현형 677-14 개체의 EST 염기서열

단모형 종자 표현형을 가지는 개체 659-1의 42 contigs, 363 singleton과 유모형 종자 표현형을 가지는 개체 677-14의 38 contig, 378 singleton의 EST 염기서열을 Sequencher ver. 4.10.1 program을 이용하여 두 개체간 assembly 결과를 분석하였다(Fig. 1). 이에 따라 동일한 염기서열이 match되는 두 개체의 EST 염기서열간 assembly 결과에서 SNP site를 확인하였으며, 분석된 SNP site를 DNASIS MAX program을 이용해 3' 말단에 위치하도록 200~300bp의 primer를 작성하였다.

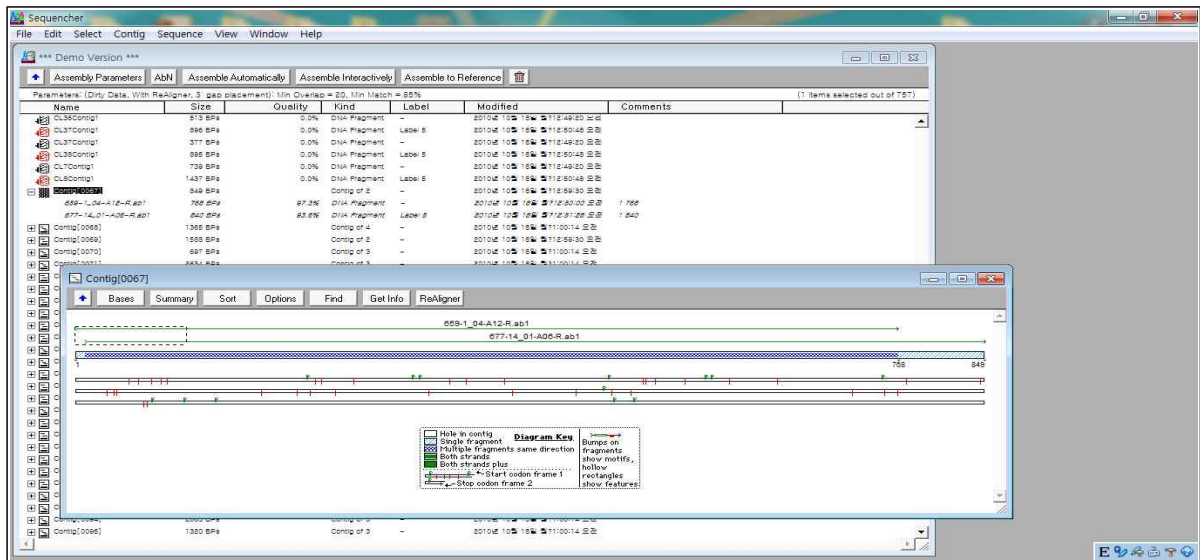


Fig. 1. Results of assembly between 666-13 and 671-9 EST sequences to search SNP sites using Sequencher ver. 4.10.1 program.

또한 단모형 종자 표현형을 가진 659-1개체와 유모형 종자 표현형을 가진 677-14 개체 각각의 EST 염기서열을 바탕으로 SSR site를 찾기 위해 WebSat site (<http://wsmartins.net/websat/>)를 이용하였다. 검색 조건으로는 mono, di, tri, tetra, penta, hexa motif와 5 repeats 이상으로 설정하여 분석하였다 (Fig. 2).

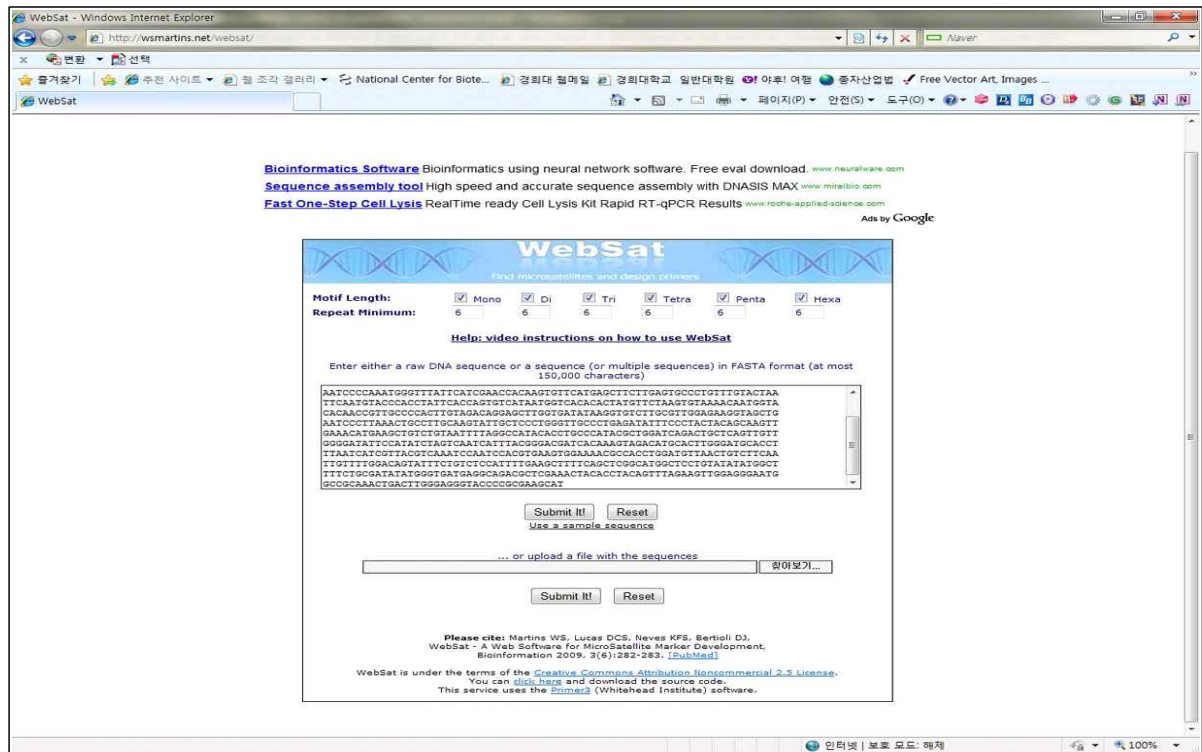


Fig. 2. Results of SSR sites searching of 659-1 and 677-14 EST sequences using WebSat (<http://wsmartins.net/websat/>).

(2) 2차년도 대상 개체군 단모형 종자 표현형 394-6 selfing progeny 666 line 개체군 중 666-13 개체와 유모형 종자 표현형 671-9 개체의 EST 염기서열

단모형 종자 표현형을 가지는 개체 666-13의 48 contigs, 363 singleton과 유모형 종자 표현형을 가지는 개체 671-9의 50 contig, 354 singleton의 EST 염기서열을 Sequencher ver. 4.10.1 program을 이용하여 얻은 두 개체 간 assembly 결과를 분석하였다 (Fig. 3). 이에 따라 동일한 염기서열이 match되는 두 개체의 EST 염기서열간 assembly 결과에서 SNP site를 확인하였으며, 분석된 SNP site를 DNASIS MAX program을 이용해 3' 말단에 위치하도록 200~300bp의 primer를 작성한다.

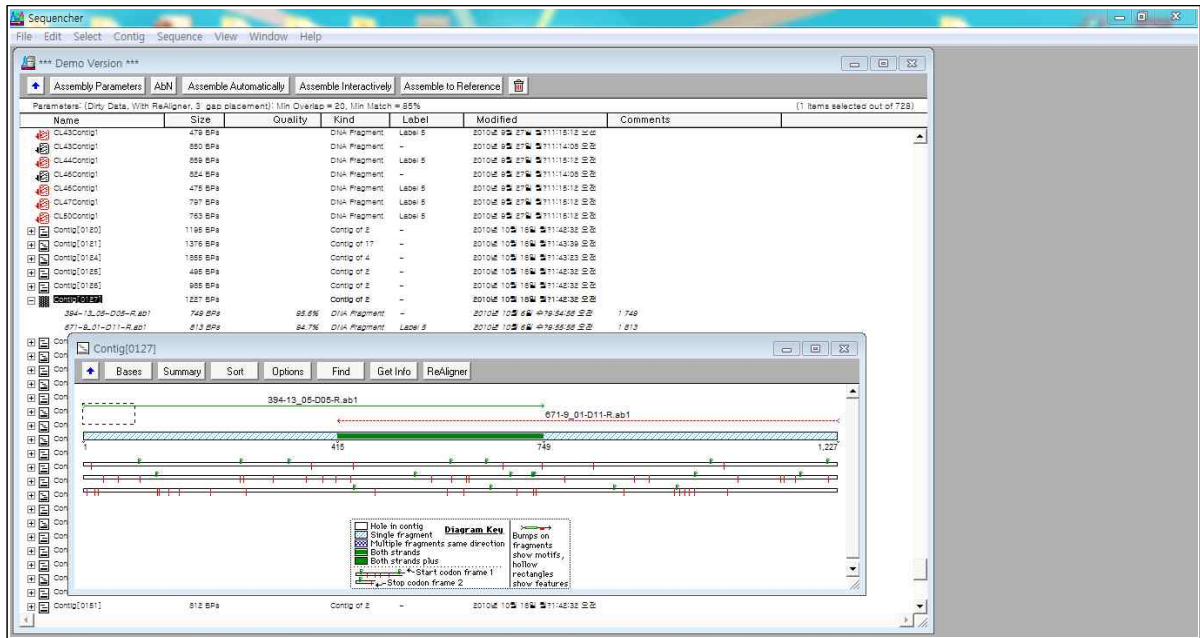


Fig. 3. Results of assembly between 666-13 and 671-9 EST sequences to search SNP sites using Sequencher ver. 4.10.1 program.

또한 단모형 종자 표현형을 가진 666-13개체와 유모형 종자 표현형을 가진 671-9개체 각각의 EST 염기서열을 바탕으로 SSR site를 찾기 위해 WebSat site (<http://wsmartins.net/websat/>)를 이용하였다. 검색 조건으로는 mono, di, tri, tetra, penta, hexa motif와 5 repeats 이상으로 설정하여 분석하였다 (Fig. 4).

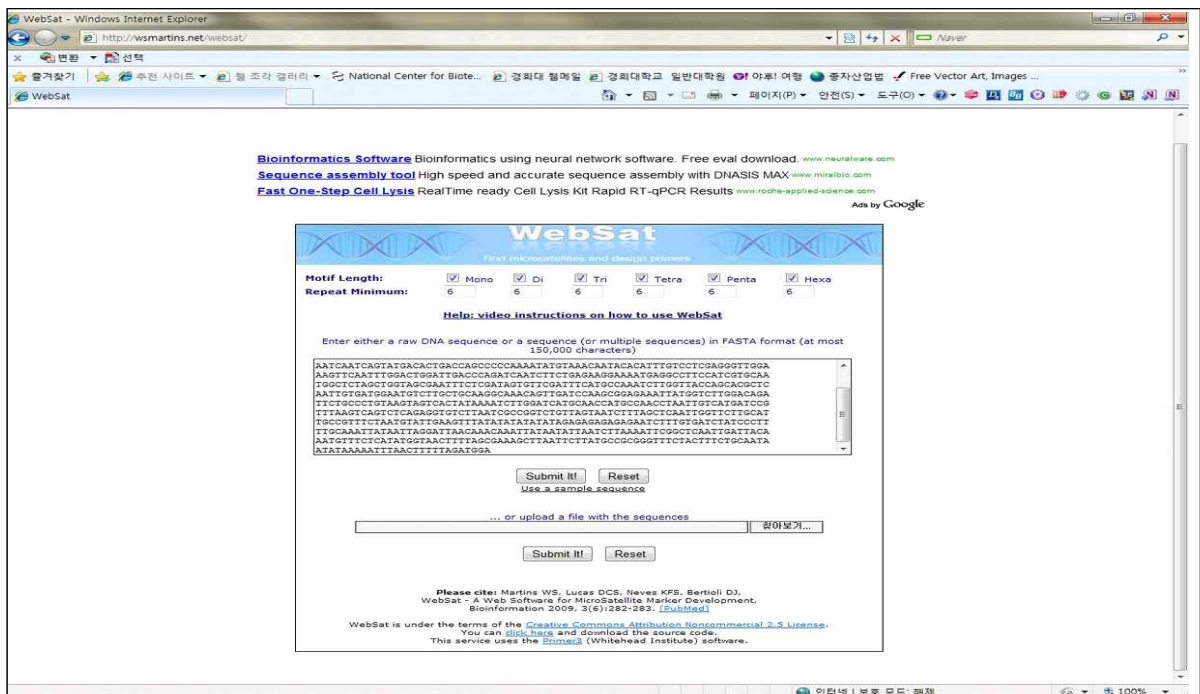


Fig. 4. Results of SSR sites searching of 666-13 and 671-9 EST sequences using WebSat (<http://wsmartins.net/websat/>).

다. 결과 및 분석

(1) 단모형 종자 표현형 659-1 개체와 유모형 종자 표현형 677-14 개체의 EST 염기서열 분석을 통한 SNP 및 SSR site 탐색 및 primer 작성

단모형 종자 표현형을 가진 659-1개체와 유모형 종자 표현형 677-14개체의 EST 염기서열 assembly 결과를 바탕으로 동일한 염기서열이 match되는 두 개체의 EST 염기서열간 SNP site가 존재하는 부분을 현재까지 2건 확보하였다. 659-1개체의 CL1Contig1 EST 염기서열과 677-14개체의 CL9Contig1 reverse conserved EST sequence에서 G/A SNP site가 확인되었으며, 이를 바탕으로 3' 말단의 염기서열이 일치하지 않을 시 PCR 결과 band가 나타나지 않는 특징을 이용하는 allele specific PCR을 수행하기 위해 primer를 design 하였다. 두 개체 간 EST 염기서열에 하나의 염기서열 차이를 보이는 SNP site에 일치하는 각각의 forward primer를 작성하였으며 두 EST 염기서열간 동일한 reverse primer를 작성하였다 (Fig. 5).

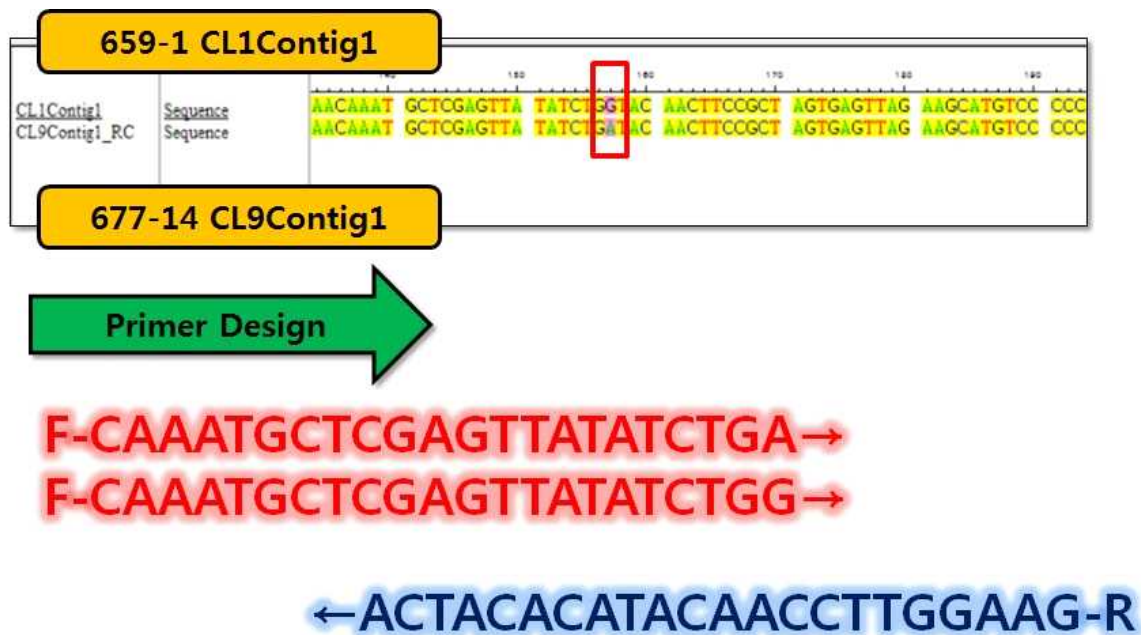


Fig. 5. SNP site between 659-1 CL1Contig1 EST sequence and 677-14 CL9Contig1 reverse conserved EST sequence, and primer design for allele specific PCR.

또한 659-1개체의 659-1_03-D02 EST sequence와 677-14개체의 677-14_05-H09 EST sequence에서 T/C SNP site를 확인하였으며, 이를 바탕으로 3' 말단의 염기서열이 일치하지 않을 시 PCR 결과 band가 나타나지 않는 특징을 이용하는 allele specific PCR을 수행하기 위해 primer를 design 하였다. 두 개체 간 EST sequence에 하나의 염기서열 차이를 보이는 SNP site에 일치하는 각각의 forward primer를 작성하였으며 두 EST 염기서열간 동일한 reverse primer를 작성하였다 (Fig. 6).

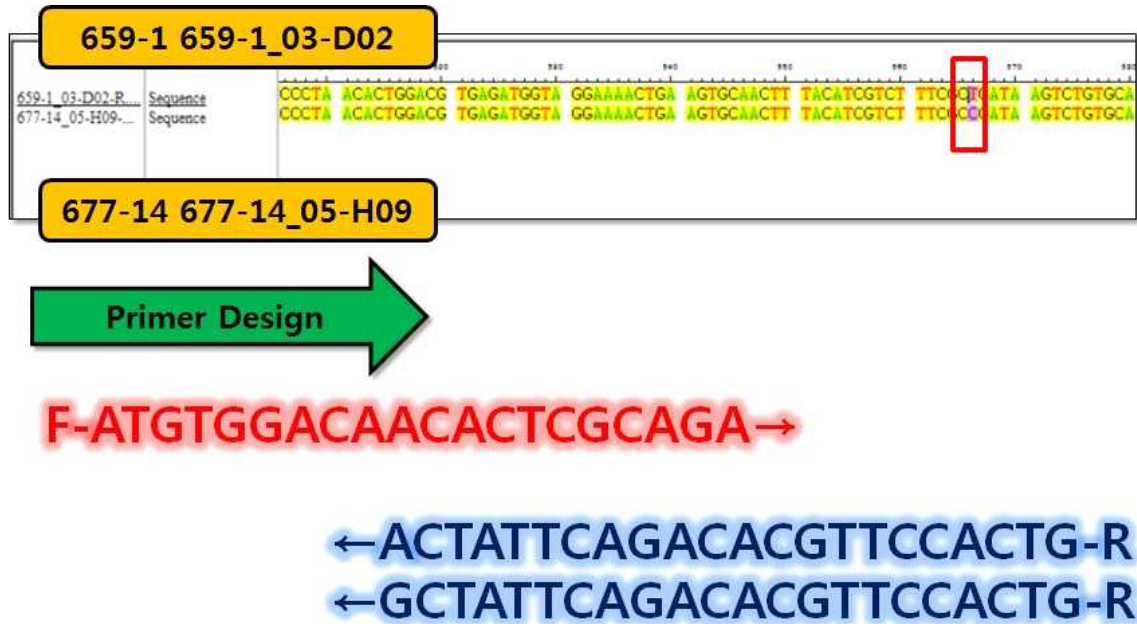


Fig. 6. SNP site between 659-1 659-1_03-D02 EST sequence and 677-14 677-14_05-H09 EST sequence, and primer design for allele specific PCR.

단모형 종자 표현형 659-1개체와 유모형 종자 표현형 677-14개체의 각각의 EST 염기서열을 바탕으로 SSR sites를 찾은 결과 659-1개체의 EST 염기서열에서 56건, 677-14개체의 EST 염기서열에서 현재까지 83건이 분석 되었으며 SSR site를 이용한 마커 개발을 위해 200~300bp 크기의 primer를 작성하였다 (Table 1, 2, 3, 4).

Table 1. Searching of SSR site using 659-1 EST sequences.

EST sequences	Motif	EST sequences	Motif	EST sequences	Motif
659-1-01-A05-R	(TA)5	659-1-02-F09-R	(GA)10	659-1-04-F12-R	(TA)5
659-1-01-B06-R	(TC)5	659-1-02-G08-R	(TA)6	659-1-04-G08-R	(GA)5
659-1-01-D08-R	(TC)5	659-1-02-H08-R	(TA)5	659-1-04-G08-R	(TA)6
659-1-01-E01-R	(TC)7	659-1-03-A01-R	(GA)11	659-1-04-H05-R	(TA)5
659-1-01-E04-R	(TA)5	659-1-03-C07-R	(AT)5	659-1-05-D03-R	(TA)5
659-1-01-E09-R	(GA)7	659-1-03-D05-R	(GCA)5	659-1-05-F02-R	(CT)5
659-1-01-G09-R	(TG)7	659-1-03-D05-R	(TC)5	659-1-05-F08-R	(GA)5
659-1-01-H02-R	(TA)5	659-1-03-D05-R	(TC)7	659-1-05-G04-R	(TTAA)5
659-1-02-A03-R	(AT)5	659-1-03-E01-R	(AT)5	659-1-05-H02-R	(TA)5
659-1-02-A11-R	(TC)6	659-1-03-E11-R	(TA)5	659-1-05-H05-R	(AT)5
659-1-02-B04-R	(TA)5	659-1-03-F03-R	(TA)5	659-1-06-A05-R	(TA)5
659-1-02-B08-R	(GA)5	659-1-03-G01-R	(TA)5	659-1-06-A11-R	(TC)5
659-1-02-B11-R	(TA)5	659-1-03-H11-R	(GA)9	659-1-06-B12-R	(TA)12
659-1-02-E01-R	(TA)5	659-1-04-A01-R	(CT)6	659-1-06-D05-R	(CCG)5
659-1-02-E02-R	(TC)5	659-1-0-A11-R	(TC)6	659-1-06-D11-R	(TA)5
659-1-02-E08-R	(GA)5	659-1-04-B04-R	(AT)5	659-1-06-F06-R	(TC)6
659-1-02-F02-R	(TC)5	659-1-04-E02-R	(GT)6	659-1-06-G07-R	(TGG)6
659-1-02-F03-R	(GA)5	659-1-04-E07-R	(TA)5		
659-1-02-F07-R	(TA)5	659-1-04-F08-R	(TC)5		

Table 2. SSR primer design using 659-1 EST sequences.

EST sequences	Motif	F primer	R primer	Product length
659-1-01-B06-R	(TC)5	AAATATTGCTTGCTCCCAAT	CAAAATCCTCAAATCCAAATCC	269
659-1-01-E09-R	(GA)7	GCCGCTCTAGAACTAGTGGA	TTGCAGGAGAAAGTGTGCAA	356
659-1-01-G09-R	(TG)7	TGGAGGACTTGTCGGTTGAT	CAAAAAGCAAGTTGAGATGAGG	276
659-1-02-A11-R	(TC)6	CATCACCACCCCTTCTCTCT	TGAGAAGAATACGAGCACCAA	246
659-1-02-F09-R	(GA)10	AATTCGGCACGAGGCAAC	ATGGTGTGCACCAGAATCG	241
659-1-03-A01-R	(GA)11	GGACAGCGTGTGGAGTGTAT	TTTGTCTTTCTAACCAATTCAA	288
659-1-03-D05-R	(GCA)5	GCACGAGGGTTGTTAATTCAG	GCAAGCAGAAGGAAAGCAGT	260
659-1-03-H11-R	(GA)9	GCCGCTCTAGAACTAGTGGA	TTCGACAACAACAAGCAAGC	271
659-1-04-A11-R	(TC)6	TGGACGACGACACTTGAAAT	TGGTGGGAATTGTGGTTACA	251
659-1-04-E02-R	(GT)6	GGCCGCTCTAGAACTAGTGGA	CACGGTAAAAAGCAACACCA	256

Table 3. Searching of SSR site using 677-14 EST sequences.

EST sequences	Motif	EST sequences	Motif	EST sequences	Motif
677-14-01-A02-R	(CT)6	677-14-02-H01-R	(CT)9	677-14-04-G11-R	(GTG)5
677-14-01-B02-R	(GA)6	677-14-02-H01-R	(CT)5	677-14-04-G12-R	(AT)5
677-14-01-B02-R	(GA)9	677-14-02-H01-R	(TC)10	677-14-04-H05-R	(GA)55
677-14-01-B05-R	(CT)5	677-14-03-A02-R	(AC)6	677-14-04-A04-R	(CA)5
677-14-01-C01-R	(TG)6	677-14-03-A07-R	(AC)8	677-14-04-B04-R	(AT)5
677-14-01-D07-R	(TC)7	677-14-03-B05-R	(CT)5	677-14-05-C06-R	(AG)6
677-14-01-D11-R	(AC)5	677-14-03-B10-R	(TA)7	677-14-05-C07-R	(GA)5
677-14-01-D11-R	(TG)6	677-14-03-B11-R	(TG)6	677-14-05-C12-R	(TA)5
677-14-01-E06-R	(AAT)5	677-14-03-C04-R	(TC)5	677-14-05-D11-R	(GA)6
677-14-01-F05-R	(CT)8	677-14-03-C08-R	(GA)5	677-14-05-F06-R	(AG)5
677-14-01-F07-R	(GA)5	677-14-03-C08-R	(TA)5	677-14-05-G05-R	(TC)10
677-14-01-F12-R	(TC)7	677-14-03-D01-R	(AC)5	677-14-05-G05-R	(CT)5
677-14-01-G01-R	(AC)6	677-14-03-D03-R	(TA)5	677-14-05-G09-R	(AT)5
677-14-01-H02-R	(TC)10	677-14-03-D05-R	(TG)6	677-14-05-H08-R	(CT)5
677-14-01-H02-R	(CT)6	677-14-03-D05-R	(TC)5	677-17-06-A01-R	(GA)7
677-14-01-H02-R	(CT)5	677-14-03-D06-R	(CT)6	677-14-06-A02-R	(AC)5
677-14-01-H05-R	(GA)5	677-14-03-D09-R	(TC)5	677-14-06-B01-R	(TC)5
677-14-02-B03-R	(CA)8	677-14-03-F08-R	(AT)5	677-14-06-D06-R	(GA)5
677-14-02-B11-R	(TC)6	677-14-03-H01-R	(TCG)5	677-14-06-D10-R	(CT)7
677-14-02-C04-R	(TGA)5	677-17-03-H04-R	(TC)8	677-14-06-E08-R	(CT)7
677-14-02-C08-R	(CAG)6	677-14-03-H07-R	(GT)15	677-14-06-E08-R	(TC)5
677-14-02-C09-R	(TC)5	677-14-04-B01-R	(GA)5	677-14-06-F02-R	(TCA)8
677-14-02-D03-R	(AC)6	677-14-04-B08-R	(GA)5	677-14-06-F12-R	(TC)6
677-14-02-F01-R	(TTA)7	677-14-04-B08-R	(GA)7	677-14-06-G06-R	(CT)5
677-14-02-F05-R	(TC)7	677-14-04-D03-R	(TA)5	677-14-06-G08-R	(CTG)5
677-14-02-G04-R	(CA)5	677-14-04-D03-R	(TC)5	677-14-06-H10-R	(AT)5
677-14-02-G08-R	(GA)5	677-14-04-F02-R	(TA)5	677-14-06-H11-R	(GA)5
677-14-02-G08-R	(CT)5	677-14-04-G01-R	(AT)11		

Table 4. SSR primer design using 677-14 EST sequences.

EST sequences	Motif	F primer	R primer	Product length
677-14-01-B02-R	(GA)9	CGAGGGAGATCCCTGTGCATA	TCTCCCCAGACATGTAGCAC	273
677-14-01-D07-R	(TC)7	GACTGGACAGAAGGCACCAG	ACCATTCCCTACGCTTGAACG	269
677-14-01-G01-R	(AC)6	CTCCCTCGTCCGTCTTTAT	TTCCGTTGGGAAATGAAATG	249
677-14-02-C08-R	(CAG)6	CGTGGTGGCTTTCACAACCTT	GCTTCTGTTACGCTCTCGAA	252
677-14-02-D03-R	(AC)6	CAATCATCAGAAGCTTCTTACTCC	CCAATAGGCAATCTCGGGTAT	273
677-14-03-B11-R	(TG)6	GGTTCCCTCGGTGTTACTGA	TGGATAATGGACTGCTTCTCCT	293
677-14-03-H01-R	(TCG)5	TCTCGCCTCTCCGATCAC	TCAAACCTGGTCTGACGGAAGT	290
677-14-04-G11-R	(GTG)5	GTCGTAGCTCCGGAAGATCA	AGCAGCTGGAAGTGTTCGT	245
677-14-06-F02-R	(TCA)8	GCCGCTCTAGAAGTACTAGTGA	ATCCGCAACAGGTAGAATCG	294
677-14-06-G08-R	(CTG)5	GGCACGAGGGTGTTTTCTAA	CCACTCAGGGTCAACCAAGT	266

(2) 단모형 종자 표현형 666-13 개체와 유모형 종자 표현형 671-9 개체의 EST 염기서열 분석을 통한 SNP 및 SSR site 탐색 및 primer 작성

단모형 종자 표현형을 가진 666-13개체와 유모형 종자 표현형을 가진 671-9개체의 EST 염기서열 assembly 결과를 바탕으로 동일한 염기서열이 match되는 두 개체의 EST 염기서열간 SNP site가 존재하는 부분을 현재까지 2건이 분석 되었다. 666-13개체의 CL4Contig1 EST sequence와 671-9개체의 CL3Contig1 EST sequence에서 T/C SNP site를 확인하였으며, 이를 바탕으로 3' 말단의 염기서열이 일치하지 않을 시 PCR 결과 band가 나타나지 않는 특징을 이용하는 allele specific PCR을 수행하기 위해 primer를 design 하였다. 두 개체간 EST 염기서열에 하나의 염기서열 차이를 보이는 SNP site에 일치하는 각각의 forward primer를 작성하였으며 두 EST sequence간 동일한 reverse primer를 작성하였다 (Fig. 7).

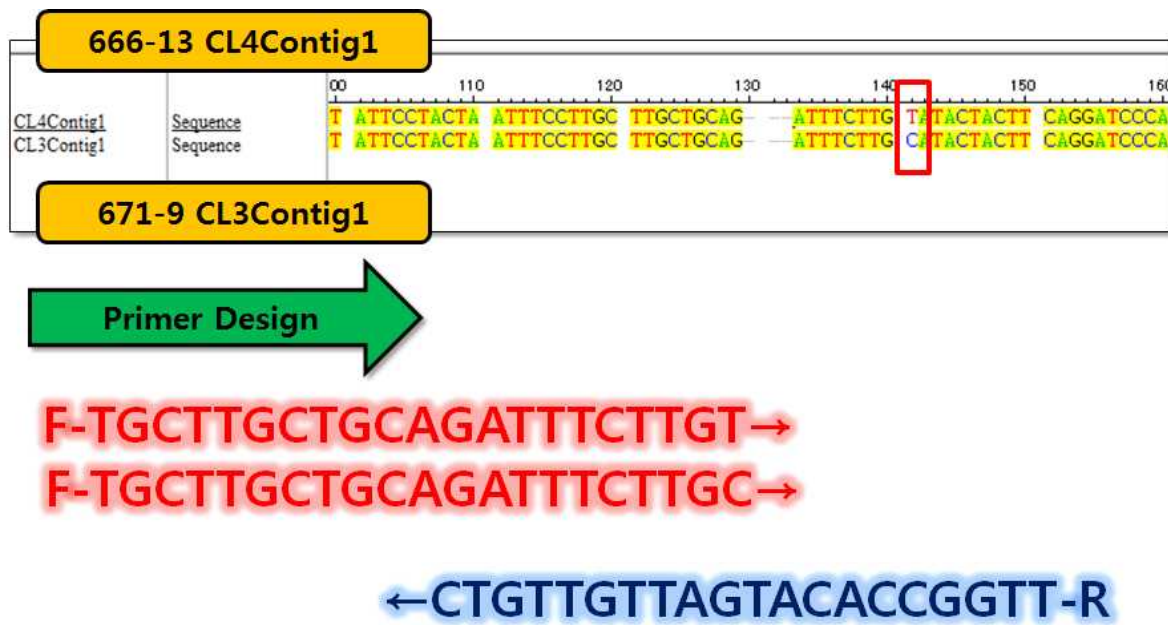


Fig 7. SNP site between 666-13 CL4Contig1 EST sequence and 671-9 CL3Contig1 EST sequence and primer design for allele specific PCR.

또한 666-13개체의 CL12Contig1 EST sequence와 671-9개체의 CL10Contig1 EST 염기서열에서 T/C SNP site를 확인하였으며, 이를 바탕으로 3' 말단의 염기서열이 일치하지 않을 시 PCR 결과 band가 나타나지 않는 특징을 이용하는 allele specific PCR을 수행하기 위해 primer를 design 하였다. 두 개체간 EST 염기서열에 하나의 염기서열 차이를 보이는 SNP site에 일치하는 각각의 forward primer를 작성하였으며 두 EST 염기서열간 동일한 reverse primer를 작성하였다 (Fig. 8).

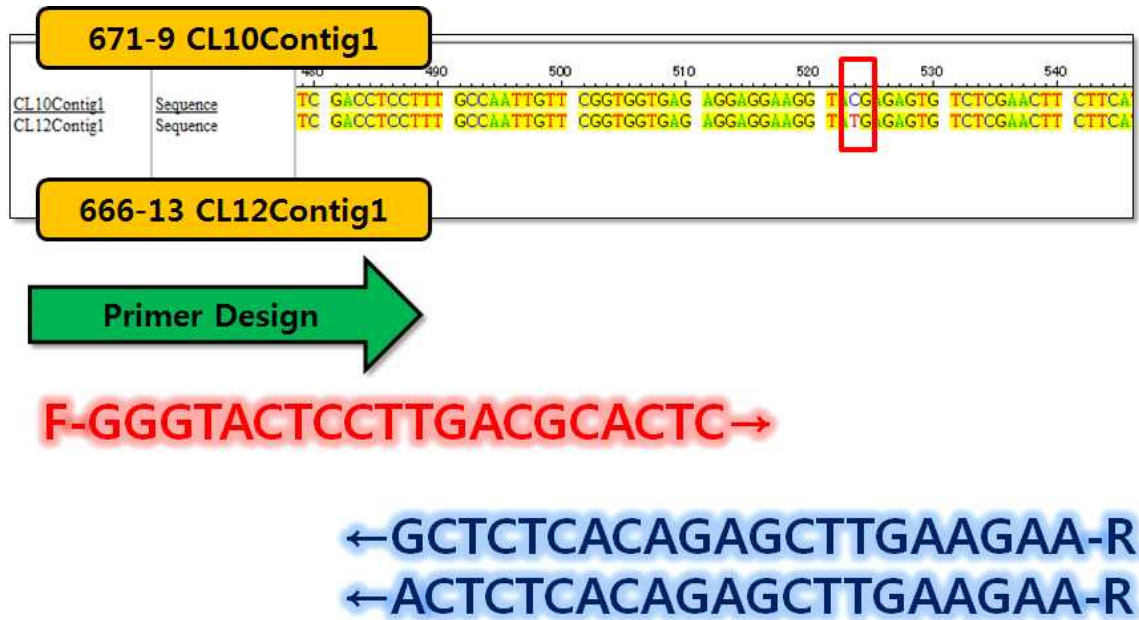


Fig. 8. SNP site between 666-13 CL12Contig1 EST sequence and 671-9 CL10Contig1 EST sequence and primer design for allele specific PCR.

단모형 종자 표현형 666-13개체와 유모형 종자 표현형 671-9개체의 각각의 EST 염기서열을 바탕으로 SSR sites를 찾은 결과 666-13개체의 EST sequence에서 50건, 671-9개체의 EST 염기서열에서 59건을 확인되었으며, SSR site를 이용한 marker 개발을 위해 200~300bp 크기의 primer를 작성하였다(Table 5, 6, 7, 8).

Table 5. Searching of SSR site using 666-13 EST sequences.

EST sequences	Motif	EST sequences	Motif
666-13-01-A05-R	(TA)7	666-13-04-G12-R	(TAT)5
666-13-01-C11-8	(CGG)6	666-13-05-A04-R	(CA)5
666-13-02-A09-R	(GA)10	666-13-05-A08-R	(CA)5
666-13-02-F08-R	(GA)6	666-13-05-A08-R	(GC)5
666-13-03-A01-R	(TG)5	666-13-05-B01-R	(TA)5
666-13-03-A07-R	(GA)5	666-13-05-C12-R	(TGA)5
666-13-03-A07-R	(AG)6	666-13-05-D08-R	(TGA)5
666-13-03-B06-R	(CA)5	666-13-05-E03-R	(TA)5
666-13-03-C01-R	(AT)5	666-13-05-F04-R	(TA)6
666-13-03-C07-R	(AT)5	666-13-05-G02-R	(AC)5
666-13-03-D10-R	(GC)5	666-13-05-H04-R	(AC)5
666-13-03-G04-R	(AT)5	666-13-06-A03-R	(TC)16
666-13-03-G06-R	(CAG)5	666-13-06-A08-R	(CAG)5
666-13-03-H05-R	(TA)5	666-13-06-B12-R	(TA)5
666-13-03-H07-R	(CAAC)6	666-13-06-C07-R	(GA)8
666-13-03-H10-R	(AAG)5	666-13-06-C07-R	(GA)5
666-13-04-A02-R	(GA)5	666-13-06-C11-R	(ATC)5
666-13-04-A11-R	(TA)5	666-13-06-D12-R	(TC)7
666-13-04-B11-R	(TA)5	666-13-06-E04-R	(TA)5
666-13-04-D01-R	(GCACAT)5	666-13-06-E10-R	(TC)6
666-13-04-D06-R	(TA)5	666-13-06-F06-R	(AG)56
666-13-04-D10-R	(CT)8	666-13-06-F06-R	(GA)15
666-13-04-D10-R	(CT)7	666-13-06-G08-R	(TC)5
666-13-04-E07-R	(TA)5	666-13-06-H07-R	(CA)5
666-13-04-F05-R	(TA)5	666-13-06-H09-R	(TA)5

Table 6. SSR primer design using 666-13 EST sequences.

EST sequences	Motif	F primer	R primer	Product length
666-13_01-C11-R	(CGG)6	GTCCAGCTTCTCGAGACTT	TCTCAGCTGGCAGGTCATTA	269
666-13_03-G06-R	(CAG)5	TCTGCACTCTTCTCCAACA	TCTCCATTATAGGCGAATGG	286
666-13-03-H07-R	(CAAC)6	GGCCGCTCTAGAACTAGTGGA	ATTTGCTTTGCAGGTTTCAGC	338
666-13_03-H10-R	(AAG)5	GCCCTTTGCACAAATAAACA	TCAGCTCTGGAATCAAAATCG	276
666-13_04-D01-R	(GCACAT)5	GCACGAGGCTAATGTGTAGG	CTCCGCATAAAAACGCAGAAT	361
666-13_04-F07-R	(TAT)5	CTCTCCAAGCTCCTCCGAAT	GCAGAAGACAGACTCGAGCA	310
666-13_04-G12-R	(TAT)5	CGGCACGAGGAGAGAACTA	TGGGTCTCAAACAGAGAATGG	267
666-13_05-A04-R	(ATCT)4	GAACGACGGAAAATGCAAGT	ACAGGCTCACTGGACTCTGG	284
666-13_06-A03-R	(TC)16	GGCCGCTCTAGAACTAGTGGA	TCAAACCGTGCAACTGACAT	265
666-13_06-C07-R	(GA)8	GCACGAGGGGTAGTTGAAAA	TTGGCCCTCAGATAAAGCAG	289
666-13_06-C11-R	(ATC)5	GGGCAACATTTGTTTTTGTCT	TGAGGTTCCCATATTTTTTCG	288

Table 7. Searching of SSR site using 671-9 EST sequences.

EST sequences	Motif	EST sequences	Motif	EST sequences	Motif
671-9-01-A02-R	(TC)10	671-9-03-A05-R	(TA)5	671-9-04-G05-R	(CT)5
671-9-01-B09-R	(GAT)5	671-9-03-A06-R	(AT)5	671-9-04-G11-R	(TA)5
671-9-01-C06-R	(TC)10	671-9-03-B03-R	(CA)6	671-9-05-C11-R	(CT)5
671-9-01-C09-R	(CT)6	671-9-03-B03-R	(TC)5	671-9-05-E04-R	(AT)5
671-9-01-C09-R	(CT)5	671-9-03-B05-R	(TA)5	671-9-05-E04-R	(AT)5
671-9-01-C09-R	(TC)17	671-9-03-B05-R	(AT)6	671-9-05-E12-R	(GTG)5
671-9-01-D08-R	(GA)7	671-9-03-B05-R	(TA)5	671-9-05-F02-R	(TA)5
671-9-01-E02-R	(GA)7	671-9-03-B09-R	(CCG)5	671-9-05-F05-R	(AC)5
671-9-01-E07-R	(GAA)6	671-9-03-E08-R	(CT)5	671-9-05-G10-R	(TC)9
671-9-01-H02-R	(TC)8	671-9-03-E08-R	(CT)5	671-9-06-A04-R	(GA)6
671-9-02-A01-R	(AT)5	671-9-03-F03-R	(GA)45	671-9-06-E08-R	(GCG)6
671-9-02-B03-R	(GA)8	671-9-03-F03-R	(GA)6	671-9-06-E10-R	(CT)7
671-9-02-C02-R	(AT)5	671-9-03-F03-R	(GA)7	671-9-06-E10-R	(TC)5
671-9-02-D03-R	(TC)7	671-9-03-G06-R	(TA)5	671-9-06-F12-R	(CA)5
671-9-02-D07-R	(AAG)6	671-9-03-H12-R	(CA)5	671-9-06-G09-R	(GA)8
671-9-02-D11-R	(TA)5	671-9-04-A08-R	(AC)5	671-9-06-G09-R	(TA)5
671-9-02-F05-R	(AAG)6	671-9-04-C09-R	(TA)5	671-9-06-H06-R	(CT)8
671-9-02-G04-R	(TA)5	671-9-04-D02-R	(CT)8	671-9-06-H06-R	(CT)7
671-9-02-G09-R	(CA)5	671-9-04-E12-R	(TC)5	671-9-06-H07-R	(CT)7
671-9-02-H05-R	(TC)8	671-9-04-F08-R	(TA)5		

Table 8. SSR primer design using 671-9 EST sequences.

EST sequences	Motif	F primer	R primer	Product length
671-9-01-A02-R	(TC)10	AGGCCTTCCCATTGCTTT	CCACTTCGATCAAACGATGA	303
671-9-01-C06-R	(TC)10	TGGAATATTTCCGGTGACAA	CGCTGCGTCAACGTATCAAT	279
671-9-01-E07-R	(GAA)6	CCCATTTCGATCCTTCAAAAA	TTCCTTCCCATGGTAACTGC	275
671-9-02-D07-R	(AAG)6	CACCCAGATTATTCACCGAAA	TTGGTTTCGAGAATTGAGAAAA	274
671-9-02-F05-R	(AAG)6	CATCGACAAGGTCAAGGACA	CAGGCCTAAACAAGGGGAGA	256
671-9-02-H05-R	(TC)8	GCCGCTCTAGAACTAGTGGA	TCGTAGGAATCGAGGAGTCG	307
671-9-03-F03-R	(GA)45	GCCGCTCTAGAACTAGTGGA	CCTGGTTACAACGTTAGTTCATTG	253
671-9-04-D02-R	(CT)8	ATTCGGCACGAGGTCCTT	CATGAGGGAGGGGTGAAAG	264
671-9-06-E08-R	(GCG)6	AGCAAACACTACCCCAATCAA	CAGCCCTAGGGTCAGCAC	250
671-9-06-H06-R	(CT)8	GAGGCTCTCCCAAACAAACT	AGGCCTCATATAGGGCGAGT	271

2. 3차년도 작성 cDNA library 및 EST 염기서열을 이용한 SSR site 탐색

가. 목적

EST 염기서열 분석 자료를 이용하여 SSR sites를 확인하였고, 확인된 SSR sites에서 당근 종자모 형질 관련 SSR 분자마커 개발을 위해 primer design을 수행하였다. 이를 통해 무모형 종자모 형질과 연관된 SSR 분자마커를 보다 효과적으로 개발하고자 한다.

나. 재료 및 방법

(1) 단모형 종자 표현형 389-1의 selfing progeny 659 line 중 659-1개체와 유모형 종자 표현형 677-14개체의 EST 염기서열

단모형 종자 표현형을 보이는 659-1개체와 유모형 종자 표현형을 보이는 677-14개체의 EST 염기서열을 SSR sites 분석에 이용하였다. 분석조건으로는 di, tri, tetra, penta, hexa nucleotides motif로 5 repeats 이상으로 설정하여 WebSat site (<http://wsmartins.net/websat>)를 이용하여 분석을 수행하였다 (Fig. 9). 분석된 SSR sites를 DNASIS MAX program을 이용하여 200~350bp의 primer를 작성하였다.

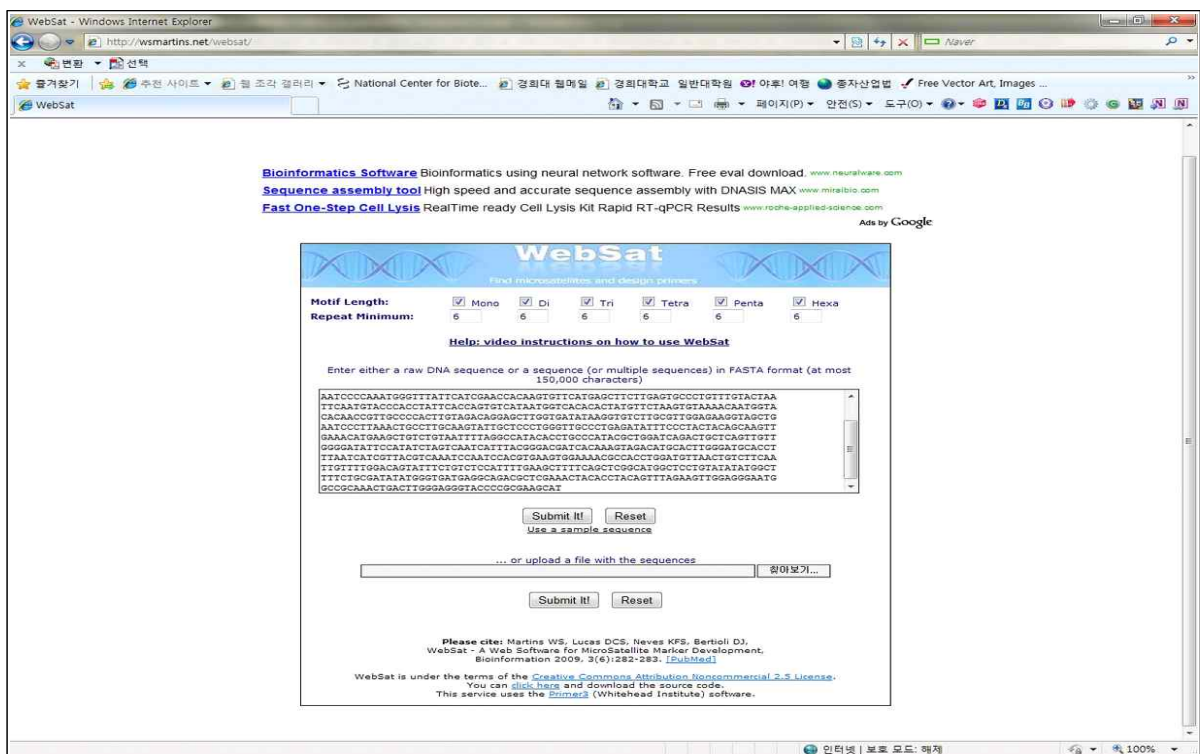


Fig 9. Results of SSR sites searching of 659-1 and 677-14 EST sequences using WebSat (<http://wsmartins.net/websat/>).

(2) 단모형 종자 표현형 394-6의 selfing progeny 666 line 중 666-13개체와 유모형 종자 표현형 671-9개체의 EST 염기서열

단모형 종자 표현형을 보이는 666-13개체와 유모형 종자 표현형을 보이는 671-9개체의

EST 염기서열을 SSR sites 분석에 이용하였다. 분석조건으로는 di, tri, tetra, penta, hexa nucleotides motif로 5 repeats 이상으로 설정하여 WebSat site (<http://wsmartins.net/websat>)를 이용하여 분석을 수행하였다 (Fig. 10). 분석된 SSR sites를 DNASIS MAX program을 이용하여 200~350bp의 primer를 작성하였다.

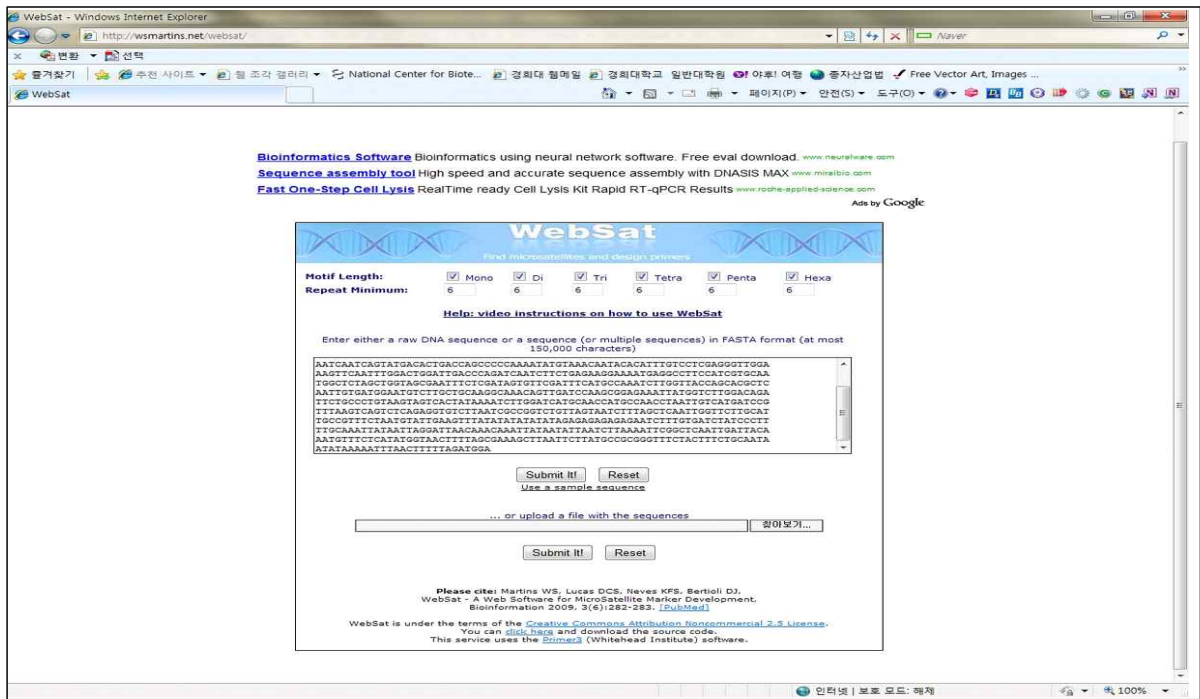


Fig 10. Results of SSR sites searching of 666-13 and 671-9 EST sequences using WebSat (<http://wsmartins.net/websat/>).

다. 결과 및 분석

(1) 단모형 중자 표현형 659-1개체와 유모형 중자 표현형 677-14개체의 EST 염기서열 분석을 통한 SSR sites 탐색 및 primer 작성 결과

단모형 중자 표현형 659-1개체와 유모형 중자 표현형 677-14개체의 각각의 EST 염기서열을 바탕으로 SSR sites를 분석한 결과 2차 년도에 659-1개체의 EST 염기서열에서 56건 (Table 9), 677-14개체의 EST sequence에서 83건 (Table 10)이 분석 되었으며, 3차년도에 추가적으로 659-1개체의 EST 염기서열에서 140건 (Table 11), 677-14개체의 EST 염기서열에서 115건 (Table 12)의 분석이 완료되었으며, 이들 분석된 SSR site를 이용한 marker 개발을 위해 200~350bp 크기의 primer를 작성하였다 (Table 13, 14).

Table 9. Searching of SSR site using 659-1 EST sequences in 2010.

EST sequences	Motif	EST sequences	Motif	EST sequences	Motif
659-1-01-A05-R	(TA)5	659-1-02-F09-R	(GA)10	659-1-04-F12-R	(TA)5
659-1-01-B06-R	(TC)5	659-1-02-G08-R	(TA)6	659-1-04-G08-R	(GA)5
659-1-01-D08-R	(TC)5	659-1-02-H08-R	(TA)5	659-1-04-G08-R	(TA)6
659-1-01-E01-R	(TC)7	659-1-03-A01-R	(GA)11	659-1-04-H05-R	(TA)5
659-1-01-E04-R	(TA)5	659-1-03-C07-R	(AT)5	659-1-05-D03-R	(TA)5
659-1-01-E09-R	(GA)7	659-1-03-D05-R	(GCA)5	659-1-05-F02-R	(CT)5
659-1-01-G09-R	(TG)7	659-1-03-D05-R	(TC)5	659-1-05-F08-R	(GA)5
659-1-01-H02-R	(TA)5	659-1-03-D05-R	(TC)7	659-1-05-G04-R	(TTAA)5
659-1-02-A03-R	(AT)5	659-1-03-E01-R	(AT)5	659-1-05-H02-R	(TA)5
659-1-02-A11-R	(TC)6	659-1-03-E11-R	(TA)5	659-1-05-H05-R	(AT)5
659-1-02-B04-R	(TA)5	659-1-03-F03-R	(TA)5	659-1-06-A05-R	(TA)5
659-1-02-B08-R	(GA)5	659-1-03-G01-R	(TA)5	659-1-06-A11-R	(TC)5
659-1-02-B11-R	(TA)5	659-1-03-H11-R	(GA)9	659-1-06-B12-R	(TA)12
659-1-02-E01-R	(TA)5	659-1-04-A01-R	(CT)6	659-1-06-D05-R	(CCG)5
659-1-02-E02-R	(TC)5	659-1-0-A11-R	(TC)6	659-1-06-D11-R	(TA)5
659-1-02-E08-R	(GA)5	659-1-04-B04-R	(AT)5	659-1-06-F06-R	(TC)6
659-1-02-F02-R	(TC)5	659-1-04-E02-R	(GT)6	659-1-06-G07-R	(TGG)6
659-1-02-F03-R	(GA)5	659-1-04-E07-R	(TA)5		
659-1-02-F07-R	(TA)5	659-1-04-F08-R	(TC)5		

Table 10. Searching of SSR site using 659-1 EST sequences in 2011.

EST sequences	Motif	EST sequences	Motif	EST sequences	Motif
659-1_07-A08-R	(CAA)4	659-1_08-E07-R	(AG)5	659-1_11-B07-R	(AT)5
659-1_07-A12-R	(ATGT)4	659-1_08-E12-R	(TC)7	659-1_11-C02-R	(TA)5
659-1_07-B09-R	(AT)5	659-1_08-F03-R	(TC)7	659-1_11-D02-R	(TTA)4
659-1_07-B09-R	(AT)14	659-1_08-F11-R	(TC)5/(CT)10	659-1_11-D06-R	(TA)5
659-1_07-B11-R	(CAG)4	659-1_08-G08-R	(CAC)4	659-1_11-F03-R	(TA)5
659-1_07-B12-R	(CAA)4	659-1_08-H01-R	(TC)6	659-1_11-F07-R	(AT)5
659-1_07-D02-R	(TA)5	659-1_08-H02-R	(GAA)4	659-1_11-F11-R	(TA)5
659-1_07-D03-R	(CAC)4	659-1_08-H04-R	(AAG)5	659-1_11-F12-R	(CT)5
659-1_07-D05-R	(TA)5	659-1_09-A04-R	(TC)5	659-1_11-G06-R	(CA)5
659-1_07-D06-R	(CA)5	659-1_09-A12-R	(GA)9	659-1_11-G07-R	(AT)5
659-1_07-D07-R	(TA)5	659-1_09-B04-R	(AT)5	659-1_11-G11-R	(CGG)6
659-1_07-D07-R	(GA)5	659-1_09-C01-R	(TA)12	659-1_11-H02-R	(GA)5
659-1_07-D08-R	(TA)5	659-1_09-C02-R	(TA)5	659-1_11-H04-R	(TC)6
659-1_07-D10-R	(AGA)4	659-1_09-C12-R	(TA)5	659-1_11-H11-R	(TA)5
659-1_07-D10-R	(GAA)4	659-1_09-D01-R	(CTC)4/(TCT)4	659-1_12-A09-R	(TA)5
659-1_07-E06-R	(TA)5	659-1_09-D06-R	(TC)5	659-1_12-B06-R	(TC)11
659-1_07-E10-R	(TA)5	659-1_09-D08-R	(CTG)4	659-1_12-C06-R	(AAG)4
659-1_07-F09-R	(GGC)6	659-1_09-E03-R	(TA)5	659-1_12-C09-R	(TA)5
659-1_07-F12-R	(ATG)4	659-1_09-E08-R	(GT)6	659-1_12-D01-R	(AT)5
659-1_07-G04-R	(CAC)4	659-1_09-E12-R	(TC)5	659-1_12-D02-R	(TCA)4
659-1_07-G04-R	(GCA)4	659-1_09-F03-R	(TA)5	659-1_12-E07-R	(TA)5
659-1_07-H06-R	(CTAG)4	659-1_09-F09-R	(TC)7	659-1_12-E10-R	(CAC)4
659-1_07-H09-R	(CAC)4	659-1_09-F10-R	(TCA)4	659-1_12-E12-R	(AG)5
659-1_07-H11-R	(TA)5	659-1_09-G06-R	(CAGGAG)3	659-1_12-F02-R	(GA)9
659-1_08-A01-R	(AT)5	659-1_09-G07-R	(TC)5	659-1_12-G03-R	(AC)5
659-1_08-A02-R	(AT)5	659-1_09-H07-R	(GGC)4	659-1_12-G09-R	(AC)5
659-1_08-A04-R	(AG)5	659-1_09-H09-R	(TC)5	659-1_12-H02-R	(TA)5
659-1_08-A05-R	(ATA)4	659-1_10-A11-R	(CAA)4	659-1_12-H11-R	(TC)5
659-1_08-A11-R	(CAA)4	659-1_10-B08-R	(CAC)4	659-1_13-C07-R	(TG)8
659-1_08-B02-R	(TA)5	659-1_10-B09-R	(CAC)4	659-1_13-C12-R	(AT)6
659-1_08-A01-R	(AT)5	659-1_10-D04-R	(TA)5	659-1_13-D02-R	(AAG)4
659-1_08-A02-R	(AT)5	659-1_10-E08-R	(GT)5	659-1_13-D03-R	(TTTG)4
659-1_08-A04-R	(AG)5	659-1_10-E09-R	(GCA)4	659-1_13-D05-R	(TC)5
659-1_08-A05-R	(ATAA)4	659-1_10-F11-R	(TC)5	659-1_13-D06-R	(ATA)4
659-1_08-A11-R	(CAA)4	659-1_10-F12-R	(CAA)4	659-1_13-D10-R	(TA)5
659-1_08-B02-R	(TA)5	659-1_10-G10-R	(CT)18	659-1_13-E01-R	(CAC)4
659-1_08-C08-R	(TA)5	659-1_10-H07-R	(TA)5	659-1_13-E07-R	(GA)6
659-1_08-D09-R	(AT)5	659-1_10-H12-R	(TA)6	659-1_13-E08-R	(GA)9
659-1_08-E07-R	(CA)5	659-1_11-A05-R	(AGA)4	659-1_13-E12-R	(TTA)4

Table 11. Searching of SSR site using 677-14 EST sequences in 2010.

EST sequences	Motif	EST sequences	Motif	EST sequences	Motif
677-14-01-A02-R	(CT)6	677-14-02-H01-R	(TC)10	677-14-05-B04-R	(AT)5
677-14-01-B02-R	(GA)6	677-14-03-A02-R	(AC)6	677-14-05-C06-R	(AG)6
677-14-01-B02-R	(GA)9	677-14-03-A07-R	(AC)8	677-14-05-C07-R	(GA)5
677-14-01-B05-R	(CT)5	677-14-03-B05-R	(CGA)4	677-14-05-C12-R	(TA)5
677-14-01-C01-R	(TG)6	677-14-03-B10-R	(TA)7	677-14-05-D11-R	(GA)6
677-14-01-D07-R	(TC)7	677-14-03-B11-R	(TG)6	677-14-05-F06-R	(AG)5
677-14-01-D11-R	(AC)5	677-14-03-C04-R	(TC)5	677-14-05-G05-R	(TC)10
677-14-01-D11-R	(TGG)6	677-14-03-C08-R	(GA)5	677-14-05-G05-R	(CT)5
677-14-01-E06-R	(AAT)5	677-14-03-C08-R	(TA)5	677-14-05-G09-R	(AT)5
677-14-01-F05-R	(CT)8	677-14-03-D01-R	(AC)5	677-14-05-H08-R	(CT)5
677-14-01-F07-R	(GA)5	677-14-03-D03-R	(TA)5	677-17-06-A01-R	(GA)7
677-14-01-F12-R	(TC)7	677-14-03-D05-R	(TG)6	677-14-06-A02-R	(AC)5
677-14-01-G01-R	(AC)6	677-14-03-D05-R	(TC)5	677-14-06-B01-R	(TC)5
677-14-01-H02-R	(TC)10	677-14-03-D06-R	(CT)6	677-14-06-D06-R	(GA)5
677-14-01-H02-R	(CT)6	677-14-03-D09-R	(TC)5	677-14-06-D10-R	(CT)7
677-14-01-H02-R	(CT)5	677-14-03-F08-R	(AT)5	677-14-06-E08-R	(CT)7
677-14-01-H05-R	(GA)5	677-14-03-H01-R	(TCG)5	677-14-06-E08-R	(TC)5
677-14-02-B03-R	(CA)6	677-17-03-H04-R	(TC)8	677-14-06-F02-R	(TCA)8
677-14-02-B11-R	(TC)6	677-14-03-H07-R	(GT)15	677-14-06-F12-R	(TC)6
677-14-02-C04-R	(TGA)5	677-14-04-B01-R	(GA)5	677-14-06-G06-R	(CT)5
677-14-02-C08-R	(CAG)6	677-14-04-B08-R	(GA)5		
677-14-02-C09-R	(TC)5	677-14-04-B08-R	(GA)7		
677-14-02-D03-R	(AC)6	677-14-04-D03-R	(TA)5		
677-14-02-F01-R	(TTA)7	677-14-04-D03-R	(TC)5		
677-14-02-F05-R	(TC)7	677-14-04-F02-R	(TA)5		
677-14-02-G04-R	(CA)5	677-14-04-G01-R	(AT)11		
677-14-02-G08-R	(GA)5	677-14-04-G11-R	(GTG)5		
677-14-02-G08-R	(CT)5	677-14-04-G12-R	(AT)5		
677-14-02-H01-R	(CT)9	677-14-04-H05-R	(GA)55		
677-14-02-H01-R	(CT)5	677-14-05-A04-R	(CA)5		

Table 12. Searching of SSR site using 677-14 EST sequences in 2011.

EST sequences	Motif	EST sequences	Motif	EST sequences	Motif
677-14_07-A04-R	(GAT)4	677-14_08-G08-R	(TGC)4	677-14_11-E11-R	(TTC)4
677-14_07-B01-R	(TC)5	677-14_08-G10-R	(CAA)4	677-14_11-G01-R	(ATG)4
677-14_07-B01-R	(GAA)4	677-14_08-H02-R	(GA)5	677-14_11-G06-R	(TTA)4
677-14_07-B10-R	(CAA)4	677-14_09-A03-R	(TGA)5	677-14_11-G08-R	(TA)5
677-14_07-C03-R	(CA)5	677-14_09-A06-R	(AT)5	677-14_12-A07-R	(CTC)4
677-14_07-D01-R	(TA)5	677-14_09-C09-R	(ACC)4	677-14_12-A07-R	(AGA)4
677-14_07-D02-R	(TC)7	677-14_09-D01-R	(TA)5	677-14_12-A07-R	(GAA)4
677-14_07-D07-R	(GA)6	677-14_09-D07-R	(GA)6	677-14_12-A07-R	(CTC)4
677-14_07-D08-R	(CTG)5	677-14_09-F05-R	(TA)5	677-14_12-A07-R	(TCT)4
677-14_07-D08-R	(TGC)4	677-14_09-F10-R	(AGA)4	677-14_12-B12-R	(ATCT)4
677-14_07-E01-R	(CCT)4	677-14_09-G03-R	(GA)5	677-14_12-D12-R	(TC)5
677-14_07-E02-R	(AT)5	677-14_09-G06-R	(TTC)4	677-14_12-E10-R	(AT)5
677-14_07-E08-R	(AT)5	677-14_09-G06-R	(AGC)4	677-14_12-F03-R	(TC)5
677-14_07-E10-R	(GA)6	677-14_09-G10-R	(AAT)6	677-14_12-F05-R	(GA)6
677-14_07-F03-R	(CT)5	677-14_09-H06-R	(ATT)4	677-14_12-F07-R	(AC)5
677-14_07-G05-R	(GCA)4	677-14_09-H10-R	(CA)6	677-14_12-F10-R	(TGT)4
677-14_07-G05-R	(CAG)5	677-14_10-A10-R	(TAT)5	677-14_12-F12-R	(TA)5
677-14_07-G07-R	(TA)5	677-14_10-C03-R	(GTG)4	677-14_12-G01-R	(TC)6
677-14_07-H08-R	(TC)6	677-14_10-C06-R	(CAC)4	677-14_12-G01-R	(CAATC)4
677-14_07-H10-R	(CAA)4	677-14_10-C11-R	(TGG)4	677-14_12-G03-R	(TC)5
677-14_08-A01-R	(CCG)6	677-14_10-D12-R	(GT)6	677-14_12-G04-R	(TA)5
677-14_08-A02-R	(CTG)4	677-14_10-E10-R	(TC)5	677-14_12-G06-R	(AG)7
677-14_08-A03-R	(CTT)4	677-14_10-F11-R	(AAG)4	677-14_12-H11-R	(TC)5
677-14_08-B03-R	(GCT)4	677-14_10-G01-R	(GA)5	677-14_13-A04-R	(CTT)4
677-14_08-B05-R	(CT)5	677-14_10-G08-R	(ATGT)4	677-14_13-A08-R	(GGT)4
677-14_08-B10-R	(AT)5	677-14_10-H12-R	(ATGT)4	677-14_13-A11-R	(TC)7
677-14_08-C01-R	(CT)6	677-14_11-A05-R	(AGC)4	677-14_13-A12-R	(CT)5
677-14_08-C01-R	(TC)5	677-14_11-A06-R	(GA)8	677-14_13-B09-R	(CCA)4
677-14_08-C03-R	(TA)5	677-14_11-B01-R	(TC)6	677-14_13-B09-R	(CA)12
677-14_08-D01-R	(TA)5	677-14_11-B05-R	(TTTC)4	677-14_13-C03-R	(GA)6
677-14_08-D02-R	(TC)7	677-14_11-B06-R	(AG)5	677-14_13-C07-R	(TC)11
677-14_08-D02-R	(CT)8	677-14_11-B08-R	(GA)8	677-14_13-D03-R	(CAG)4
677-14_08-D08-R	(ATCT)4	677-14_11-C07-R	(TGA)4	677-14_13-D04-R	(CAC)4
677-14_08-E08-R	(GA)8	677-14_11-D02-R	(CAG)5	677-14_13-E01-R	(CAA)4
677-14_08-F01-R	(TC)5	677-14_11-D05-R	(ATAC)4	677-14_13-F02-R	(GA)7
677-14_08-F01-R	(CT)7	677-14_11-D05-R	(TGA)5	677-14_13-G02-R	(CAC)4
677-14_08-F03-R	(CT)5	677-14_11-D07-R	(GA)5		
677-14_08-G03-R	(TG)11	677-14_11-D12-R	(GA)5		

Table 13. SSR primer design using 659-1 EST sequences.

EST sequences	SSR name	Motif	Tm	Product length
659-1-01-B06-R	659-01-B06	(TC)5	58	269
659-1-01-E09-R	659-01-E09	(GA)7	58	356
659-1-01-G09-R	659-01-G09	(TG)7	59	276
659-1-02-A03-R	659-02-A03	(CA)4/(AT)5	60	259
659-1-02-A11-R	659-02-A11	(TC)6	59	246
659-1-02-F09-R	659-02-F09	(GA)10	59	241
659-1-03-A01-R	659-03-A01	(GA)11	58	288
659-1-03-C07-R	659-03-C07	(AT)5	59	315
659-1-03-D05-R	659-03-D05	(GCA)5	59	260
659-1-03-H11-R	659-03-H11	(GA)9	59	271
659-1-04-A11-R	659-04-A11	(TC)6	59	290
659-1-04-E02-R	659-04-E02	(GT)6	59	256
659-1-05-F02-R	659-05-F02	(CT)5	59	288
659-1-05-F08-R	659-05-F08	(GA)5	59	269
659-1-06-D05-R	659-06-D05	(CCG)5	60	239
659-1-06-G07-R	659-06-G07	(TGG)6	60	240
659-1_07-B09-R	659-07-B09	(AT)5	60	312
659-1_07-D03-R	659-07-D03	(CAC)4	60	255
659-1_07-E06-R	659-07-E06	(TA)5	60	244
659-1_07-F09-R	659-07-F09	(GGC)6	60	283
659-1_07-F12-R	659-07-F12	(ATG)4	60	266
659-1_07-H06-R	659-07-H06	(CTAG)4	58	257
659-1_07-H09-R	659-07-H09	(CAC)4	59	277
659-1_07-H11-R	659-07-H11	(TA)5	60	286
659-1_08-A05-R	659-08-A05	(ATAA)4	59	264
659-1_08-F11-R	659-08-F11	(TC)5/(CT)10	60	342
659-1_08-H01-R	659-08-H01	(TC)6	60	290
659-1_09-D01-R	659-09-D01	(CTC)4/(TCT)4	60	258

Table 13. Continued.

EST sequences	SSR name	Motif	Tm	Product length
659-1_09-D01-R	659-09-D01	(CTC)4/(TCT)4	60	258
659-1_10-B08-R	659-10-B08	(CAC)4	59	285
659-1_10-F12-R	659-10-F12	(CAA)4	59	226
659-1_10-G10-R	659-10-G10	(CT)18	60	267
659-1_10-H12-R	659-10-H12	(TA)6	59	302
659-1_11-A05-R	659-11-A05	(AGA)4	60	274
659-1_11-D06-R	659-11-D06	(TA)5	59	244
659-1_11-G06-R	659-11-G06	(CA)5	59	290
659-1_11-G11-R	659-11-G11	(CGG)6	60	269
659-1_12-B06-R	659-12-B06	(TC)11	60	260
659-1_12-D02-R	659-12-D02	(TCA)4	60	262
659-1_12-E10-R	659-12-E10	(CAC)4	59	285
659-1_12-H11-R	659-12-H11	(TC)5	59	279
659-1_13-D03-R	659-13-D03	(TTTG)4	59	287
659-1_13-E01-R	659-13-E01	(CAC)4	60	289
659-1_13-F01-R	659-13-F01	(AT)12	59	251
659-1_13-H12-R	659-13-H12	(CAG)4	60	287

Table 14. SSR primer design using 671-14 EST sequences.

EST sequences	SSR name	Motif	Tm	Product length
677-14-01-B02-R	677-01-B02	(GA)9	60	273
677-14-01-C01-R	677-01-C01	(TG)6	59	323
677-14-01-D07-R	677-01-D07	(TC)7	59	269
677-14-01-D11-R	677-01-D11	(TGG)6	60	276
677-14-01-G01-R	677-01-G01	(AC)6	60	249
677-14-02-B03-R	677-02-B03	(CA)6	59	247
677-14-02-C08-R	677-02-C08	(CAG)6	59	252
677-14-02-D03-R	677-02-D03	(AC)6	60	273
677-14-03-B05-R	677-03-B05	(CGA)4	59	292
677-14-03-B11-R	677-03-B11	(TG)6	60	293
677-14-03-D01-R	677-03-D01	(AC)5	60	328
677-14-03-H01-R	677-03-H01	(TCG)5	59	290
677-14-04-G11-R	677-04-G11	(GTG)5	59	245
677-14-05-A04-R	677-05-A04	(CA)5	60	299
677-14-05-G05-R	677-05-G05	(CT)5	60	245
677-14-05-H08-R	677-05-H08	(CT)5	59	311
677-14-06-B01-R	677-06-B01	(TC)5	60	294
677-14-06-E08-R	677-06-E08	(TC)5	60	272
677-14-06-F02-R	677-06-F02	(TCA)8	60	294
677-14-06-F12-R	677-06-F12	(TC)6	61	317
677-14-06-G06-R	677-06-G06	(CT)5	59	288
677-14_07-B10-R	677-07-B10	(CAA)4	59	242
677-14_07-D02-R	677-07-D02	(TC)7	59	266
677-14_07-D08-R	677-07-D08	(TGC)4	60	305
677-14_07-F03-R	677-07-F03	(CT)5	60	288
677-14_08-A03-R	677-08-A03	(CTT)4	60	272
677-14_08-C01-R	677-08-C01	(CT)6/(TC)5	59	264
677-14_08-D01-R	677-08-D01	(TA)5	59	295

Table 14. Continued.

EST sequences	SSR name	Motif	Tm	Product length
677-14_08-D02-R	677-08-D02	(CT)8	60	251
677-14_08-D08-R	677-08-D08	(ATCT)4	60	316
677-14_08-F01-R	677-08-F01	(CT)7	59	279
677-14_08-G08-R	677-08-G08	(TGC)4	59	301
677-14_08-G10-R	677-08-G10	(CAA)4	59	286
677-14_09-F10-R	677-09-F10	(AGA)4	59	291
677-14_09-G06-R	677-09-G06	(TTC)4	59	288
677-14_10-C03-R	677-10-C03	(GTG)4	59	290
677-14_10-C06-R	677-10-C06	(CAC)4	60	253
677-14_10-F11-R	677-10-F11	(AAG)4	60	286
677-14_11-A05-R	677-11-A05	(AGC)4	60	281
677-14_11-B01-R	677-11-B01	(TC)6	60	282
677-14_11-C07-R	677-11-C07	(TGA)4	59	255
677-14_11-D02-R	677-11-D02	(CAG)5	60	276
677-14_11-D05-R	677-11-D05	(ATAC)4	59	290
677-14_11-E11-R	677-11-E11	(TTC)4	59	302
677-14_11-G01-R	677-11-G01	(ATG)4	60	295
677-14_12-A07-R	677-12-A07	(CTC)4	60	311
677-14_12-A07-R	677-12-A07	(AGA)4	60	268
677-14_12-A07-R	677-12-A07	(GAA)4	60	257
677-14_12-B12-R	677-12-B12	(ATCT)4	60	284
677-14_12-F10-R	677-12-F10	(TGT)4	59	258
677-14_13-A08-R	677-13-A08	(GGT)4	60	276
677-14_13-D03-R	677-13-D03	(CAG)4	59	245
677-14_13-D04-R	677-13-D04	(CAC)4	59	297
677-14_13-E01-R	677-13-E01	(CAA)4	60	283
677-14_13-G02-R	677-13-G02	(CAC)4	59	298

(2) 단모형 종자 표현형 666-13개체와 유모형 종자 표현형 671-9개체의 EST 염기서열 분석을 통한 SSR sites 탐색 및 primer 작성 결과

단모형 종자 표현형 666-13개체와 유모형 종자 표현형 671-9개체의 각각의 EST 염기서열을 바탕으로 SSR sites를 분석한 결과 2차 년도에 666-13개체의 EST 염기서열에서 50건 (Table 15), 671-9개체의 EST 염기서열에서 59건 (Table 16)이 분석 되었으며, 3차 연도에는 추가적으로 666-13개체의 EST 염기서열에서 94건 (Table 17), 671-9개체의 EST 염기서열에서 174건 (Table 18)이 분석이 완료되었으며, 이들 분석된 SSR site를 이용한 마커 개발을 위해 200~350bp 크기의 primer를 작성하였다 (Table 19, 20).

Table 15. Searching of SSR site search using 666-13 EST sequences in 2010.

EST sequences	Motif	EST sequences	Motif
666-13-01-A05-R	(TA)7	666-13-04-G12-R	(TAT)5
666-13-01-C11-8	(CGG)6	666-13-05-A04-R	(CA)5
666-13-02-A09-R	(GA)10	666-13-05-A08-R	(CA)5
666-13-02-F08-R	(GA)6	666-13-05-A08-R	(GC)5
666-13-03-A01-R	(TG)5	666-13-05-B01-R	(TA)5
666-13-03-A07-R	(GA)5	666-13-05-C12-R	(TGA)5
666-13-03-A07-R	(AG)6	666-13-05-D08-R	(TGA)5
666-13-03-B06-R	(CA)5	666-13-05-E03-R	(TA)5
666-13-03-C01-R	(AT)5	666-13-05-F04-R	(TA)6
666-13-03-C07-R	(AT)5	666-13-05-G02-R	(AC)5
666-13-03-D10-R	(GC)5	666-13-05-H04-R	(AC)5
666-13-03-G04-R	(AT)5	666-13-06-A03-R	(TC)16
666-13-03-G06-R	(CAG)5	666-13-06-A08-R	(CAG)5
666-13-03-H05-R	(TA)5	666-13-06-B12-R	(TA)5
666-13-03-H07-R	(CAAC)6	666-13-06-C07-R	(GA)8
666-13-03-H10-R	(AAG)5	666-13-06-C07-R	(GA)5
666-13-04-A02-R	(GA)5	666-13-06-C11-R	(ATC)5
666-13-04-A11-R	(TA)5	666-13-06-D12-R	(TC)7
666-13-04-B11-R	(TA)5	666-13-06-E04-R	(TA)5
666-13-04-D01-R	(GCACAT)5	666-13-06-E10-R	(TC)6
666-13-04-D06-R	(TA)5	666-13-06-F06-R	(AG)56
666-13-04-D10-R	(CT)8	666-13-06-F06-R	(GA)15
666-13-04-D10-R	(CT)7	666-13-06-G08-R	(TC)5
666-13-04-E07-R	(TA)5	666-13-06-H07-R	(CA)5
666-13-04-F05-R	(TA)5	666-13-06-H09-R	(TA)5

Table 16. Searching of SSR site using 666-13 EST sequences in 2011.

EST sequences	Motif	EST sequences	Motif	EST sequences	Motif
666-13_07-A01-R	(AG)5	666-13_09-C12-R	(ATCT)4	666-13_11-D03-R	(TC)6
666-13_07-A11-R	(TGA)5	666-13_09-D11-R	(CCG)6	666-13_11-D07-R	(CAA)4
666-13_07-B06-R	(CAA)7	666-13_09-E09-R	(TA)5	666-13_11-D09-R	(CGA)4
666-13_07-E02-R	(CT)6	666-13_09-E11-R	(AG)5	666-13_11-D12-R	(GGA)4
666-13_07-F08-R	(CGG)5	666-13_09-G08-R	(TA)5	666-13_11-F02-R	(TA)5
666-13_07-F10-R	(ATCT)4	666-13_09-H05-R	(TA)5	666-13_11-F03-R	(GA)9/(AG)5
666-13_07-G02-R	(TCT)4	666-13_09-H10-R	(CT)5	666-13_11-F03-R	(AG)5
666-13_07-H03-R	(CT)14	666-13_09-H12-R	(CAC)4	666-13_11-G08-R	(TA)5
666-13_07-H03-R	(TC)8	666-13_09-H12-R	(CA)5	666-13_11-G11-R	(TA)5
666-13_07-H11-R	(TGC)4	666-13_10-C03-R	(CT)9	666-13_11-H10-R	(AC)5
666-13_08-A01-R	(TGA)5	666-13_10-C03-R	(TC)6	666-13_12-A08-R	(CGA)4
666-13_08-A08-R	(ATC)4	666-13_10-C05-R	(GA)25	666-13_12-B01-R	(GCT)4
666-13_08-B06-R	(AT)5	666-13_10-C05-R	(AG)6	666-13_12-B05-R	(CAT)5
666-13_08-B09-R	(GAA)4	666-13_10-D02-R	(CAG)4	666-13_12-B12-R	(TGA)5
666-13_08-B10-R	(CCTCAA)3	666-13_10-D03-R	(CAC)4	666-13_12-C01-R	(TA)5
666-13_08-C01-R	(AT)5	666-13_10-D04-R	(TTA)4	666-13_12-E06-R	(TA)5
666-13_08-C11-R	(CAA)4	666-13_10-D10-R	(ATCT)4	666-13_12-E10-R	(TA)5
666-13_08-E01-R	(AT)5	666-13_10-E05-R	(GA)6	666-13_12-H04-R	(CAA)4
666-13_08-E12-R	(TA)5	666-13_10-E11-R	(ATCT)4	666-13_12-H05-R	(GA)7/(GA)5
666-13_08-F09-R	(GAA)6	666-13_10-F02-R	(ATCT)4	666-13_12-H05-R	(GA)5
666-13_08-F11-R	(AGC)4	666-13_10-F10-R	(TA)5	666-13_13-B09-R	(AAG)4
666-13_08-F12-R	(CAG)4	666-13_10-H08-R	(CT)5	666-13_13-B12-R	(CTG)7
666-13_08-G06-R	(TA)5	666-13_10-H08-R	(GT)7	666-13_13-C06-R	(CCA)4
666-13_08-H09-R	(TA)5	666-13_10-H10-R	(AT)5	666-13_13-D10-R	(CAA)4
666-13_09-A02-R	(TA)5	666-13_11-A08-R	(AT)6	666-13_13-E01-R	(AG)5
666-13_09-A05-R	(TC)6	666-13_11-B09-R	(GT)5	666-13_13-E05-R	(CT)6
666-13_09-A06-R	(AT)5	666-13_11-C01-R	(GGA)4	666-13_13-E11-R	(GT)5
666-13_09-B08-R	(ACC)4	666-13_11-C02-R	(TA)6	666-13_13-F08-R	(CT)5
666-13_09-B09-R	(AAAT)4	666-13_11-D01-R	(GCA)4	666-13_13-F10-R	(CT)7
666-13_09-B10-R	(TTTG)4	666-13_11-D02-R	(CGA)4	666-13_13-F11-R	(CT)6/(TC)6

Table 17. Searching of SSR site using 671-9 EST sequences in 2010.

EST sequences	Motif	EST sequences	Motif	EST sequences	Motif
671-9-01-A02-R	(TC)10	671-9-03-A05-R	(TA)5	671-9-04-G05-R	(CT)5
671-9-01-B09-R	(GAT)5	671-9-03-A06-R	(AT)5	671-9-04-G11-R	(TA)5
671-9-01-C06-R	(TC)10	671-9-03-B03-R	(CA)6	671-9-05-C11-R	(CT)5
671-9-01-C09-R	(CT)6	671-9-03-B03-R	(TC)5	671-9-05-E04-R	(AT)5
671-9-01-C09-R	(CT)5	671-9-03-B05-R	(TA)5	671-9-05-E04-R	(AT)5
671-9-01-C09-R	(TC)17	671-9-03-B05-R	(AT)6	671-9-05-E12-R	(GTG)5
671-9-01-D08-R	(GA)7	671-9-03-B05-R	(TA)5	671-9-05-F02-R	(TA)5
671-9-01-E02-R	(GA)7	671-9-03-B09-R	(CCG)5	671-9-05-F05-R	(AC)5
671-9-01-E07-R	(GAA)6	671-9-03-E08-R	(CT)5	671-9-05-G10-R	(TC)9
671-9-01-H02-R	(TC)8	671-9-03-E08-R	(CT)5	671-9-06-A04-R	(GA)6
671-9-02-A01-R	(AT)5	671-9-03-F03-R	(GA)45	671-9-06-E08-R	(GCG)6
671-9-02-B03-R	(GA)8	671-9-03-F03-R	(GA)6	671-9-06-E10-R	(CT)7
671-9-02-C02-R	(AT)5	671-9-03-F03-R	(GA)7	671-9-06-E10-R	(TC)5
671-9-02-D03-R	(TC)7	671-9-03-G06-R	(TA)5	671-9-06-F12-R	(CA)5
671-9-02-D07-R	(AAG)6	671-9-03-H12-R	(CA)5	671-9-06-G09-R	(GA)8
671-9-02-D11-R	(TA)5	671-9-04-A08-R	(AC)5	671-9-06-G09-R	(TA)5
671-9-02-F05-R	(AAG)6	671-9-04-C09-R	(TA)5	671-9-06-H06-R	(CT)8
671-9-02-G04-R	(TA)5	671-9-04-D02-R	(CT)8	671-9-06-H06-R	(CT)7
671-9-02-G09-R	(CA)5	671-9-04-E12-R	(TC)5	671-9-06-H07-R	(CT)7
671-9-02-H05-R	(TC)8	671-9-04-F08-R	(TA)5		

Table 18. Searching of SSR site using 671-9 EST sequences in 2011.

EST sequences	Motif	EST sequences	Motif	EST sequences	Motif
671-9_07-A05-R	(ATC)4	671-9_08-A09-R	(CA)6	671-9_09-C02-R	(TA)5
671-9_07-C03-R	(TA)5	671-9_08-B07-R	(TA)5	671-9_09-C07-R	(GA)8
671-9_07-C06-R	(TC)5	671-9_08-C04-R	(TC)16	671-9_09-D05-R	(CT)5
671-9_07-C07-R	(AG)6	671-9_08-C08-R	(TC)6	671-9_09-D05-R	(AT)6
671-9_07-C07-R	(GA)5	671-9_08-D05-R	(GA)8	671-9_09-D11-R	(TC)8
671-9_07-C12-R	(GA)5	671-9_08-D05-R	(GA)5	671-9_09-E05-R	(TA)5
671-9_07-D08-R	(TA)5	671-9_08-D08-R	(CCA)4	671-9_09-E05-R	(CAC)4
671-9_07-E01-R	(CT)33	671-9_08-D08-R	(CCA)4	671-9_09-E05-R	(GCA)4
671-9_07-E02-R	(TC)5	671-9_08-D10-R	(GT)5	671-9_09-E07-R	(GA)5
671-9_07-E04-R	(TC)4	671-9_08-D12-R	(AAG)4	671-9_09-E07-R	(GA)8
671-9_07-E04-R	(TC)5	671-9_08-E03-R	(GA)5	671-9_09-F03-R	(TG)5
671-9_07-E04-R	(TC)11	671-9_08-E03-R	(CT)6	671-9_09-F05-R	(AG)10
671-9_07-E06-R	(GGA)4	671-9_08-E04-R	(CT)8	671-9_09-F06-R	(AC)7
671-9_07-E12-R	(AT)6	671-9_08-F02-R	(TGA)5	671-9_09-F10-R	(TC)5
671-9_07-E12-R	(CAG)6	671-9_08-G05-R	(CAG)4	671-9_09-F11-R	(GA)8
671-9_07-F05-R	(GCT)4	671-9_08-G05-R	(AGC)5	671-9_09-G02-R	(AAG)4
671-9_07-F08-R	(GA)7	671-9_08-G08-R	(TTC)5	671-9_09-G03-R	(CA)6
671-9_07-F08-R	(TA)5	671-9_08-G08-R	(TCT)5	671-9_09-G06-R	(TTC)4
671-9_07-G03-R	(CAC)4	671-9_09-A03-R	(GA)7	671-9_09-H04-R	(CAC)4
671-9_07-G04-R	(TA)5	671-9_09-A05-R	(GA)9	671-9_09-H06-R	(CAC)4
671-9_07-G06-R	(AT)6	671-9_09-A08-R	(ATGT)4	671-9_09-H07-R	(TA)5
671-9_07-G06-R	(CAG)6	671-9_09-A10-R	(TA)5	671-9_09-H10-R	(GAT)4
671-9_07-G08-R	(GCA)4	671-9_09-A11-R	(GA)9	671-9_09-H12-R	(TC)10
671-9_07-G10-R	(GA)8	671-9_09-B03-R	(GA)7	671-9_10-A04-R	(TA)5
671-9_07-G11-R	(CCA)4	671-9_09-B03-R	(AT)5	671-9_10-B07-R	(GA)8
671-9_07-H03-R	(TCTAA)5	671-9_09-B04-R	(ATA)4	671-9_10-B08-R	(CT)5
671-9_07-H08-R	(CAA)4	671-9_09-B04-R	(TAA)4	671-9_10-B08-R	(CT)5
671-9_07-H12-R	(TAC)4	671-9_09-B06-R	(TC)5	671-9_10-C01-R	(TC)6
671-9_08-A08-R	(CAC)4	671-9_09-C02-R	(GA)8	671-9_10-C10-R	(AT)5

Table 19. SSR primer design using 666-13 EST sequences.

EST sequences	SSR name	Motif	Tm	Product length
666-13-01-A05-R	666-01-A05	(TA)7	60	244
666-13-01-C11-8	666-01-C11	(CGG)6	60	269
666-13-03-A07-R	666-03-A07	(AG)6	59	275
666-13-03-B06-R	666-03-B06	(CA)5	59	302
666-13-03-C01-R	666-03-C01	(ATC)3/(AT)4	59	266
666-13-03-G04-R	666-03-G04	(ATC)3/(AT)4	58	246
666-13-03-G06-R	666-03-G06	(CAG)5	59	286
666-13-03-H07-R	666-03-H07	(CAAC)6	59	338
666-13-03-H10-R	666-03-H10	(AAG)5	60	276
666-13-04-A02-R	666-04-A02	(AG)3/(GA)5	59	255
666-13-04-D01-R	666-04-D01	(GCACAT)5	59	361
666-13-04-D06-R	666-04-D06	(TA)5/(AT)4	59	264
666-13-04-D10-R	666-04-D10	(CT)7	60	348
666-13-04-G12-R	666-04-G12	(TAT)5	59	267
666-13-05-A04-R	666-05-A04	(ATCT)4	60	245
666-13-05-H04-R	666-05-H04	(AC)5	59	298
666-13-06-A03-R	666-06-A03	(TC)16	59	265
666-13-06-B12-R	666-06-B12	(TA)5	60	298
666-13-06-C07-R	666-06-C07	(GA)8	60	289
666-13-06-C07-R	666-06-C07	(GA)5	60	296
666-13-06-C11-R	666-06-C11	(ATC)5	60	288
666-13-06-E10-R	666-06-E10	(TC)6/(TC)4/(AT)4	60	283
666-13-06-H07-R	666-06-H07	(CA)5	60	286
666-13-06-H09-R	666-06-H09	(CA)3/(TA)5	60	282
666-13_07-B06-R	666-07-B06	(CAA)7	60	276
666-13_07-E02-R	666-07-E02	(CT)6	59	305
666-13_07-F08-R	666-07-F08	(CGG)5	60	298
666-13_07-F10-R	666-07-F10	(ATCT)4	60	289

Table 19. Continued.

EST sequences	SSR name	Motif	Tm	Product length
666-13_07-G02-R	666-07-G02	(TCT)4	60	285
666-13_08-A08-R	666-08-A08	(ATC)4	60	311
666-13_08-B09-R	666-08-B09	(GAA)4	60	296
666-13_08-F09-R	666-08-F09	(GAA)6	59	275
666-13_08-G06-R	666-08-G06	(TA)5	60	282
666-13_09-B10-R	666-09-B10	(TTTG)4	60	248
666-13_09-C12-R	666-09-C12	(ATCT)4	60	295
666-13_09-H12-R	666-09-H12	(CAC)4	60	289
666-13_10-C03-R	666-10-C03	(TC)6	60	263
666-13_10-D03-R	666-10-D03	(CAC)4	60	295
666-13_10-D10-R	666-10-D10	(ATCT)4	60	254
666-13_10-E11-R	666-10-E11	(ATCT)4	60	286
666-13_10-F02-R	666-10-F02	(ATCT)4	60	289
666-13_11-D02-R	666-11-D02	(CGA)4	60	309
666-13_11-D09-R	666-11-D09	(CGA)4	60	265
666-13_11-F03-R	666-11-F03	(GA)9/(AG)5	60	260
666-13_11-H10-R	666-11-H10	(AC)5	60	297
666-13_12-A08-R	666-12-A08	(CGA)4	60	265
666-13_12-B01-R	666-12-B01	(GCT)4	59	287
666-13_12-B05-R	666-12-B05	(CAT)5	60	244
666-13_12-H05-R	666-12-H05	(GA)7/(GA)5	60	282
666-13_13-C06-R	666-13-C06	(CCA)4	60	292
666-13_13-E05-R	666-13-E05	(CT)6	60	281
666-13_13-F11-R	666-13-F11	(CT)6/(TC)6	60	269

Table 20. SSR primer design using 671-9 EST sequences.

EST sequences	SSR name	Motif	Tm	Product length
671-01-A02-R	671-01-A02	(TC)10	60	303
671-01-C06-R	671-01-C06	(TC)10	59	279
671-01-E07-R	671-01-E07	(GAA)6	59	275
671-02-D07-R	671-02-D07	(AAG)6	60	274
671-02-D11-R	671-02-D11	(TA)5	59	279
671-02-F05-R	671-02-F05	(AAG)6	60	256
671-02-G04-R	671-02-G04	(TA)5	60	312
671-02-H05-R	671-02-H05	(TC)8	60	307
671-03-B03-R	671-03-B03	(CA)6/(TC)5	59	297
671-03-B09-R	671-03-B09	(CCG)5	60	279
671-03-E08-R	671-03-E08	(CT)5	60	306
671-03-F03-R	671-03-F03	(GA)45	59	253
671-04-D02-R	671-04-D02	(CT)8	59	264
671-04-E12-R	671-04-E12	(TC)5	59	280
671-05-E04-R	671-05-E04	(AT)5	59	271
671-05-E12-R	671-05-E12	(GTG)5	60	267
671-06-E08-R	671-06-E08	(GCG)6	60	250
671-06-H06-R	671-06-H06	(CT)8	60	271
671-06-H06-R	671-06-H06	(CT)7	59	287
671_07-E04-R	671-07-E04	(TC)4	58	257
671_07-E06-R	671-07-E06	(GGA)4	60	311
671_07-E12-R	671-07-E12	(AT)6/(CAG)6	60	303
671_07-G03-R	671-07-G03	(CAC)4	60	293
671_07-G06-R	671-07-G06	(AT)6	60	277
671_07-H03-R	671-07-H03	(TCTAA)5	60	279
671_07-H08-R	671-07-H08	(CAA)4	60	281
671_07-H12-R	671-07-H12	(TAC)4	60	285
671_08-A08-R	671-08-A08	(CAC)4	59	285

Table 20. Continued.

EST sequences	SSR name	Motif	Tm	Product length
671_08-A09-R	671-08-A09	(CA)6	59	300
671_08-C04-R	671-08-C04	(TC)16	60	357
671_08-E04-R	671-08-E04	(CT)8	60	263
671_08-G05-R	671-08-G05	(CAG)4	60	246
671_08-G08-R	671-08-G08	(TTC)5	60	255
671_09-B04-R	671-09-B04	(ATA)4	60	312
671_09-C02-R	671-09-C02	(GA)8	60	293
671_09-C02-R	671-09-C02	(TA)5	60	282
671_09-C07-R	671-09-C07	(GA)8	60	314
671_09-D05-R	671-09-D05	(CT)5	60	282
671_09-E05-R	671-09-E05	(TA)5	60	303
671_09-F05-R	671-09-F05	(AG)10	60	299
671_09-F10-R	671-09-F10	(TC)5	60	299
671_09-G02-R	671-09-G02	(AAG)4	60	273
671_09-G06-R	671-09-G06	(TTC)4	60	263
671_09-H04-R	671-09-H04	(CAC)4	59	261
671_09-H06-R	671-09-H06	(CAC)4	59	290
671_10-B07-R	671-10-B07	(GA)8	60	309
671_10-B08-R	671-10-B08	(CT)5	60	283
671_10-C01-R	671-10-C01	(TC)6	60	296
671_10-C10-R	671-10-C10	(AT)5	59	290
671_10-D12-R	671-10-D12	(TC)6	60	302
671_10-E11-R	671-10-E11	(CAC)4	60	314
671_10-F08-R	671-10-F08	(CAC)4	60	306
671_10-F09-R	671-10-F09	(TA)5	60	281
671_10-F11-R	671-10-F11	(GA)7	60	282
671_10-G03-R	671-10-G03	(CTG)4	60	274
671_10-G10-R	671-10-G10	(TC)5	59	258

Table 20. Continued.

EST sequences	SSR name	Motif	Tm	Product length
671_10-H05-R	671-10-H05	(TAG)4	59	295
671_11-B01-R	671-11-B01	(CT)5	59	248
671_11-D04-R	671-11-D04	(AT)20	59	289
671_11-D11-R	671-11-D11	(GCG)6	60	280
671_11-F05-R	671-11-F05	(TGC)4	59	289
671_11-H07-R	671-11-H07	(CT)5	60	302
671_12-B03-R	671-12-B03	(TC)22	59	257
671_12-C03-R	671-12-C03	(TC)10/(CA)7	58	299
671_12-D06-R	671-12-D06	(TTC)4	60	262
671_12-D11-R	671-12-D11	(TGG)4	60	279
671_12-D12-R	671-12-D12	(TGG)4	60	281
671_12-E12-R	671-12-E12	(TC)9	60	277
671_12-F05-R	671-12-F05	(GAA)4	59	284
671_12-G10-R	671-12-G10	(CTG)5/(TGC)4	60	294
671_12-G12-R	671-12-G12	(TCT)4	60	295
671_12-H05-R	671-12-H05	(TGG)4	60	257
671_13-A05-R	671-13-A05	(TC)7	59	292
671_13-A12-R	671-13-A12	(AT)5	59	256
671_13-C04-R	671-13-C04	(AT)20	60	328
671_13-D04-R	671-13-D04	(CCA)4	60	274
671_13-E05-R	671-13-E05	(CAC)4	60	314
671_13-F02-R	671-13-F02	(CT)5	59	291
671_13-F10-R	671-13-F10	(CGA)4	60	291
671_13-F12-R	671-13-F12	(GTG)6	60	280

(3) EST 염기서열에서 확인된 SSR sites의 반복 motifs 분석

EST 염기서열에서 SSR sites의 repeats type을 분석한 결과, 전체 750개의 SSR sites 중에서 di-nucleotide type이 68.9%로 가장 높은 빈도로 분포하고 있었으며, tri-nucleotide type은 27.6%, tetra-nucleotide type은 2.8%, hexa-nucleotide type은 0.4%의 빈도로 분포하고 있음을 확인할 수 있었다 (Fig. 11). 또한 가장 높은 빈도로 분포하고 있는 di-nucleotide type의 SSR motif를 분석한 결과, 전체 517개의 di-nucleotide의 motif 중에서 AT의 motif를 가진 type은 35.4%로 분포하고 있었고, CT의 motif를 가진 type은 31.7%, AG의 motif를 가진 type은 21.1%의 빈도로 분포하고 있음을 확인하였다 (Fig. 12). 이는 대부분의 식물에서의 SSR sites들의 분포경도와 비교해보았을 때, 당근에서의 SSR sites 분포도 유사함을 확인할 수 있었다.

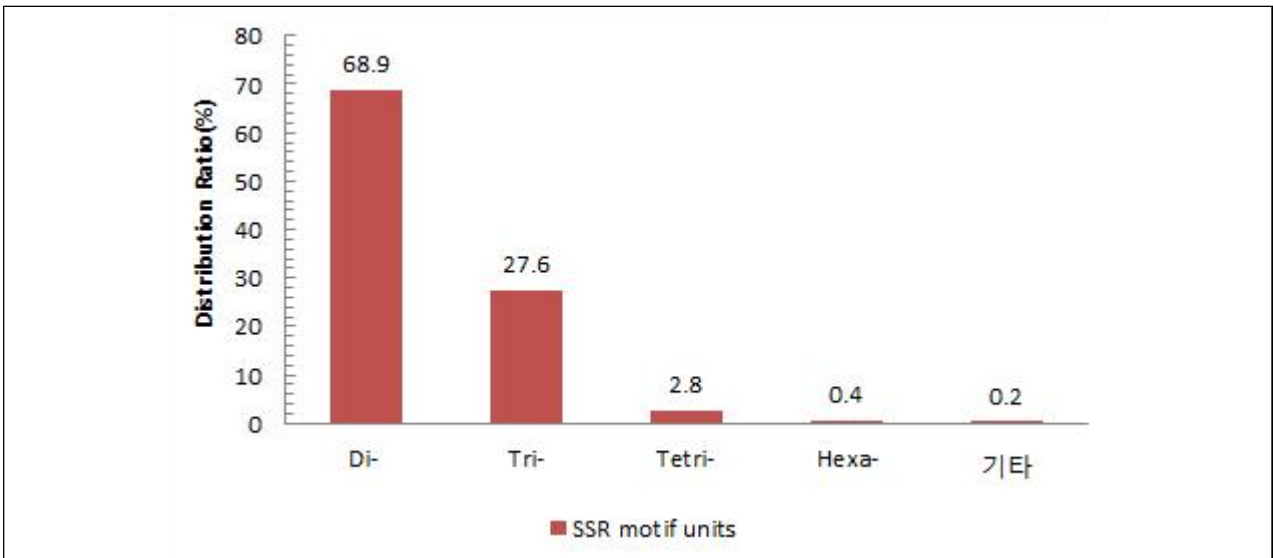


Fig. 11. Frequency distribution of repeat type of SSR sites.

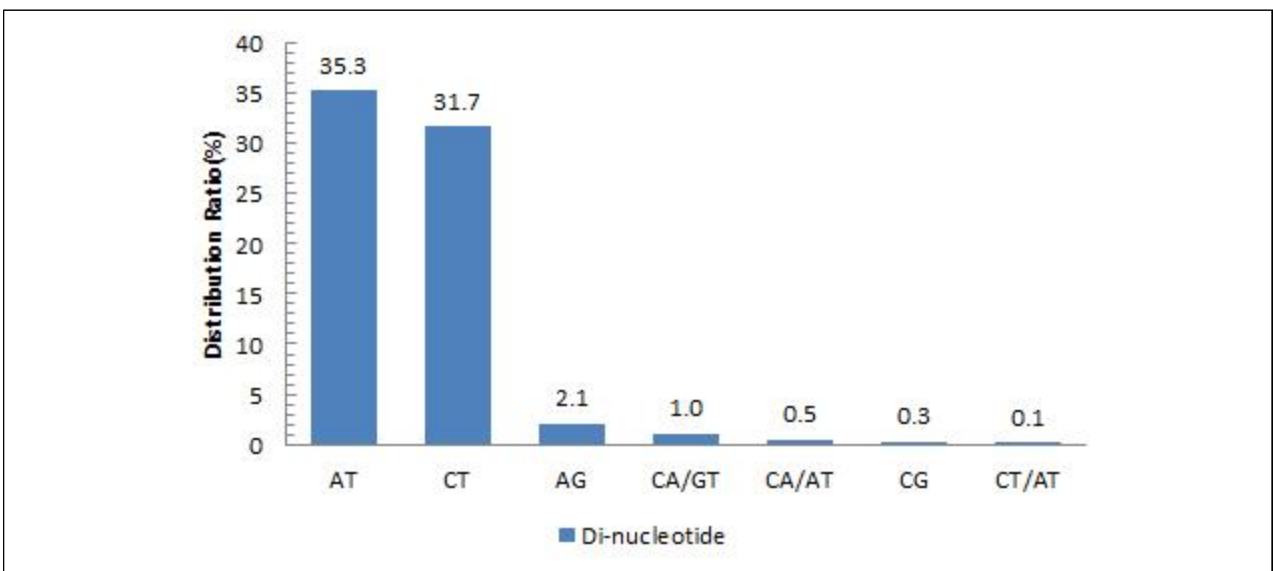


Fig. 12. Frequency of di-nucleotide distribution of SSR sites.

3. 3차년도 작성 cDNA library 및 EST 염기서열을 이용한 SNP site 탐색

가. 목적

EST 염기서열 분석 자료를 이용하여 SNP sites를 찾아내 primer를 design 함으로써 마커로 개발하고자 실시하였다. SNP의 경우 무모형 종자 표현형을 가지는 개체와 유모형 종자 표현형을 가지는 개체 간 SNP site를 찾아 마커가 개발되면 효과적인 무모 종자 형질에 관련 마커를 개발 할 수 있다. 이를 통해 SNP 마커를 개발하여 무모형 종자 표현형 개체의 선발에 효과적으로 이용할 수 있을 것이며, 당근 종자모 형질 관련 연구에 많은 도움이 될 것이다.

나. 재료 및 방법

(1) 단모형 종자 표현형 389-1의 selfign progeny 659 line 개체군 중 659-1 개체와 유모형 종자 표현형 677-14개체의 EST 염기서열

단모형 종자 표현형을 가지는 개체 659-1의 98 contigs, 761 singleton과 유모형 종자 표현형을 가지는 개체 677-14의 90 contig, 827 singleton의 EST 염기서열을 Sequencher ver. 4.10.1 program을 이용하여 두 개체간 assembly 결과를 분석하였다 (Fig. 13). 이에 따라 동일한 염기서열이 match되는 두 개체의 EST 염기서열간 assembly 결과에서 SNP site를 확인하였으며, SNP site의 HRM 분석을 위해 200~300bp의 primer를 작성하였다.

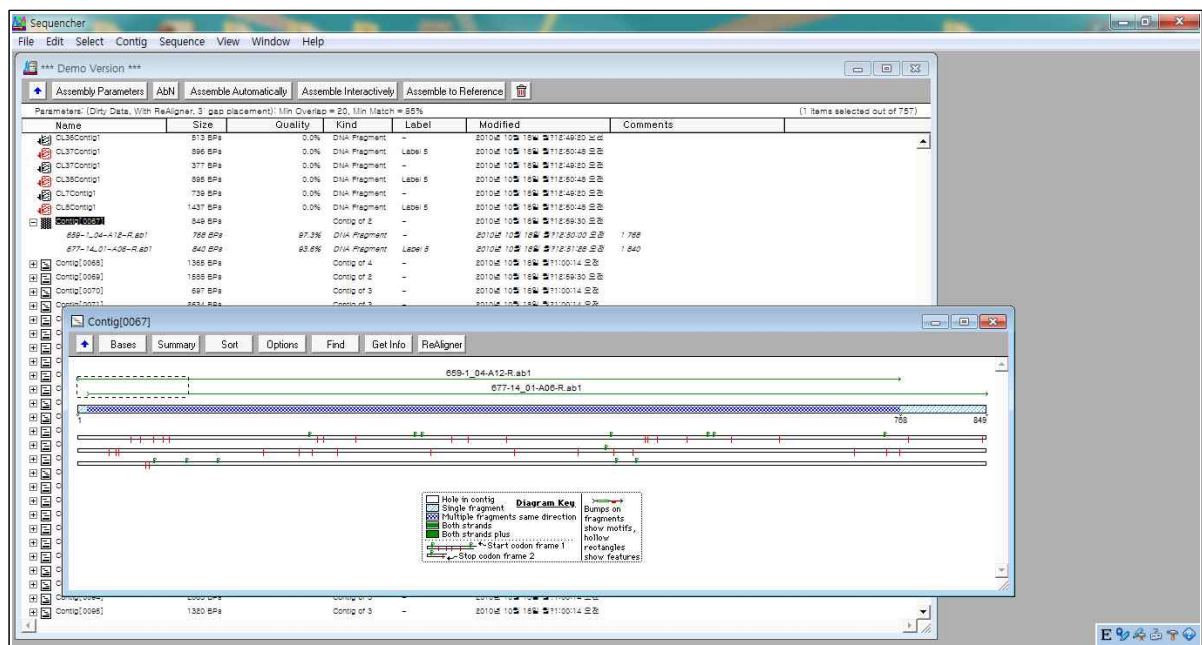


Fig. 13. Results of assembly between 659-1 and 677-14 EST sequences to search SNP sites using Sequencher ver. 4.10.1 program.

(2) 단모형 종자 표현형 394-6의 selfign progeny 666 line 개체군 중 666-13 개체와 유모형 종자 표현형 671-9개체의 EST 염기서열

단모형 종자 표현형을 가지는 개체 666-13의 97 contigs, 772 singleton과 유모형 종자

표현형을 가지는 개체 671-9의 107 contig, 786 singleton의 EST 염기서열을 Sequencher ver. 4.10.1 program을 이용하여 두 개체간 assembly 결과를 분석하였다 (Fig. 14). 이에 따라 동일한 염기서열이 match되는 두 개체의 EST 염기서열간 assembly 결과에서 SNP site를 확인하였으며, SNP site의 HRM 분석을 위해 200~300bp의 primer를 작성하였다.

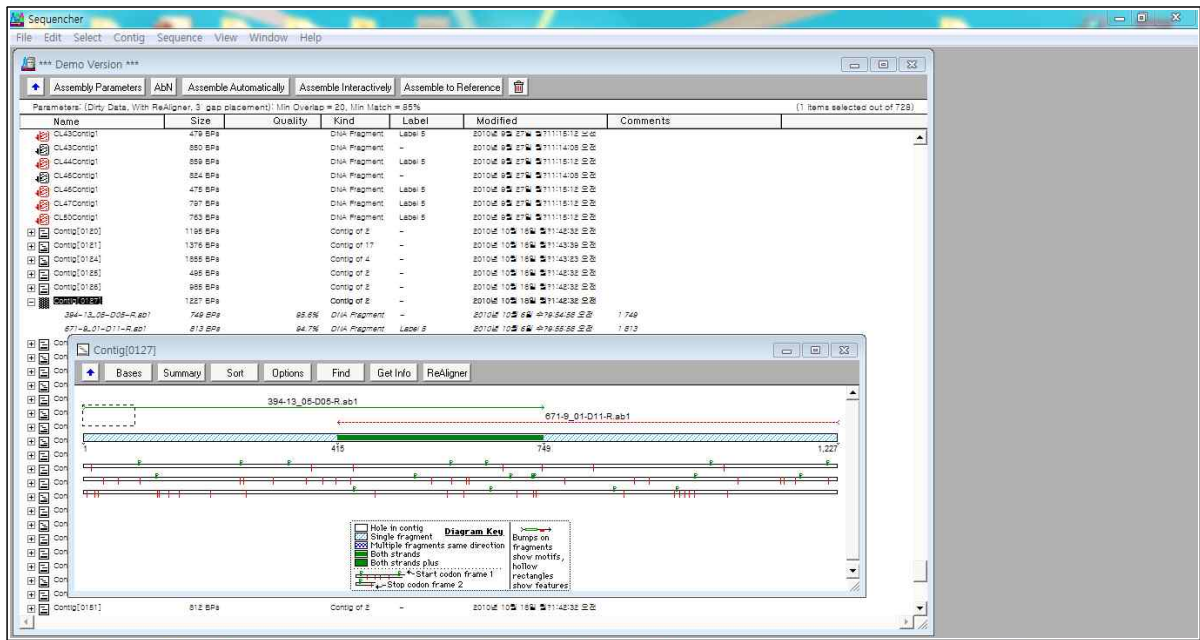


Fig. 14. Results of assembly between 666-13 and 671-9 EST sequences to search SNP sites using Sequencher ver. 4.10.1 program.

다. 결과 및 분석

(1) 단모형 종자 표현형 659-1 개체와 유모형 종자 표현형 677-14개체의 EST 염기서열 분석을 통한 SNP site 탐색 및 primer 작성 결과

단모형 종자 표현형을 가진 659-1개체와 유모형 종자 표현형 677-14개체의 EST 염기서열 assembly 결과를 바탕으로 동일한 염기서열이 match되는 두 개체의 EST 염기서열간 SNP site가 존재하는 부분을 20건 확보하였다 (Fig. 15). 각각의 확보된 SNP site를 분석하여 SNP 마커로 우선적으로 개발할 수 있는 확률이 높은 site순으로 HRM 분석을 위한 primer를 작성하였다 (Table 21). 확인한 SNP가 실제 SNP인지 확인하기 위해 HRM분석을 진행하며 이를 통해 각각 line별 single nucleotide의 변화유무를 확인하였다. 확인된 SNP는 종자모 관련 분자마커의 개발은 물론, RAPD, SSR 마커의 실험결과와 더불어 종자모 형질 관련 mapping에 이용하였다.

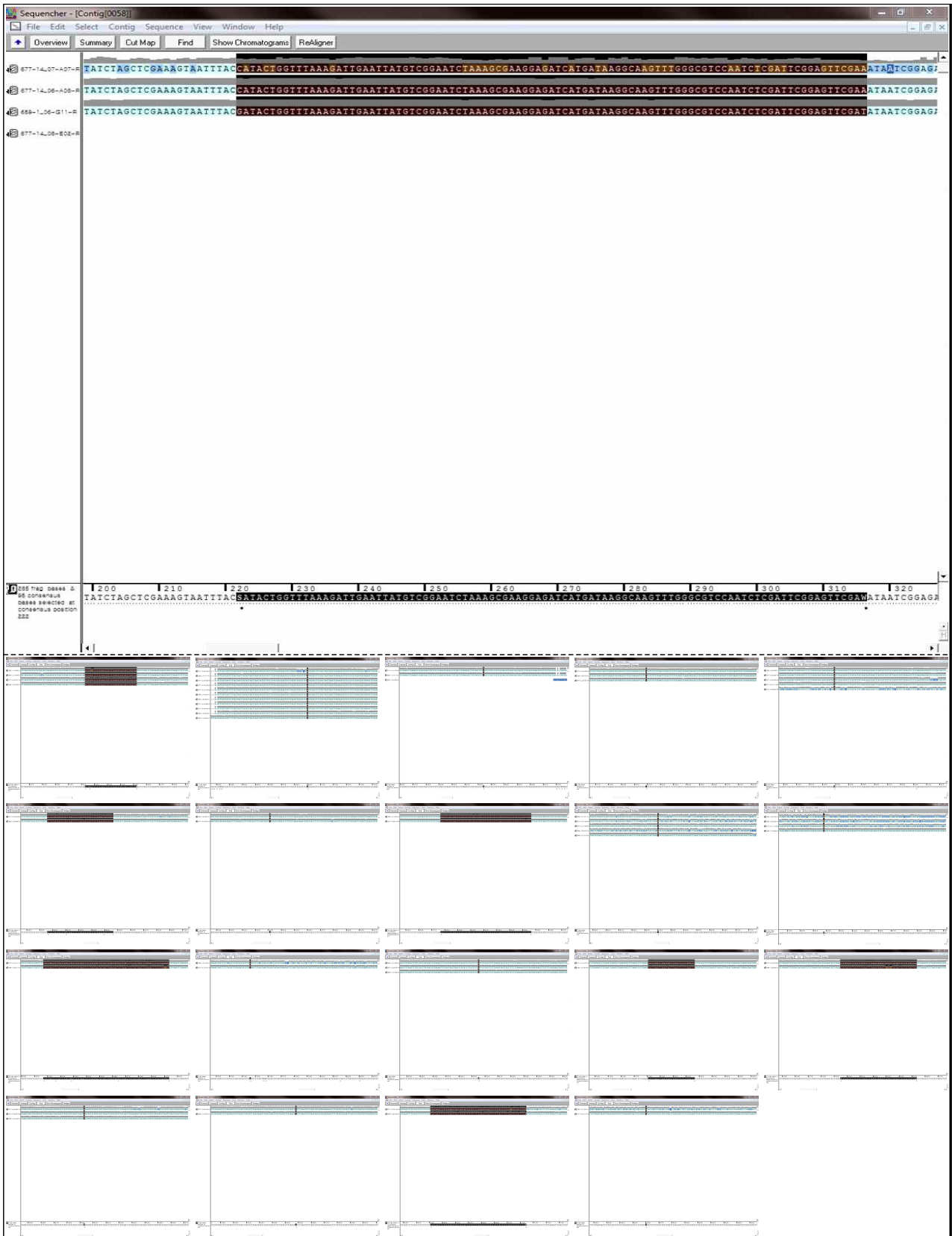


Fig. 15. 20 SNP sites between 659-1 and 677-14 EST sequences using Sequencher ver. 4.10.1 program.

Table 21. SNP primer design using selected 659-1 and 677-14 SNP sites for HRM analysis.

No.	Primer name	Tm	Product length
1	659-677-SNP-1	60	205
2	659-677-SNP-2	60	195
3	659-677-SNP-3	59	200
4	659-677-SNP-4	59	194
5	659-677-SNP-5	59	180
6	659-677-SNP-6	60	198
7	659-677-SNP-7	59	205
8	659-677-SNP-8	60	196
9	659-677-SNP-9	59	203
10	659-677-SNP-10	60	200
11	659-677-SNP-11	60	168
12	659-677-SNP-12	60	194
13	659-677-SNP-13	60	194
14	659-677-SNP-14	60	186
15	659-677-SNP-15	59	198
16	659-677-SNP-16	60	167
17	659-677-SNP-17	60	200
18	659-677-SNP-18	60	195
19	659-677-SNP-19	59	201
20	659-677-SNP-20	60	203

(2) 단모형 종자 표현형 666-13 개체와 유모형 종자 표현형 671-9개체의 EST 염기서열 분석을 통한 SNP site 탐색 및 primer 작성 결과

단모형 종자 표현형을 가진 666-13개체와 유모형 종자 표현형 671-9개체의 EST 염기

서열 assembly 결과를 바탕으로 동일한 염기서열이 match되는 두 개체의 EST 염기서열간 SNP site가 존재하는 부분을 14건 확보하였다 (Fig. 16). 각각의 확보된 SNP site를 분석하여 SNP 마커로 우선적으로 개발할 수 있는 확률이 높은 site순으로 HRM 분석을 위한 primer를 작성하였다 (Table 21). 확인한 SNP가 실제 SNP인지 확인하기 위해 HRM분석을 진행하며 이를 통해 각각 line별 single nucleotide의 변화유무를 확인하였다.

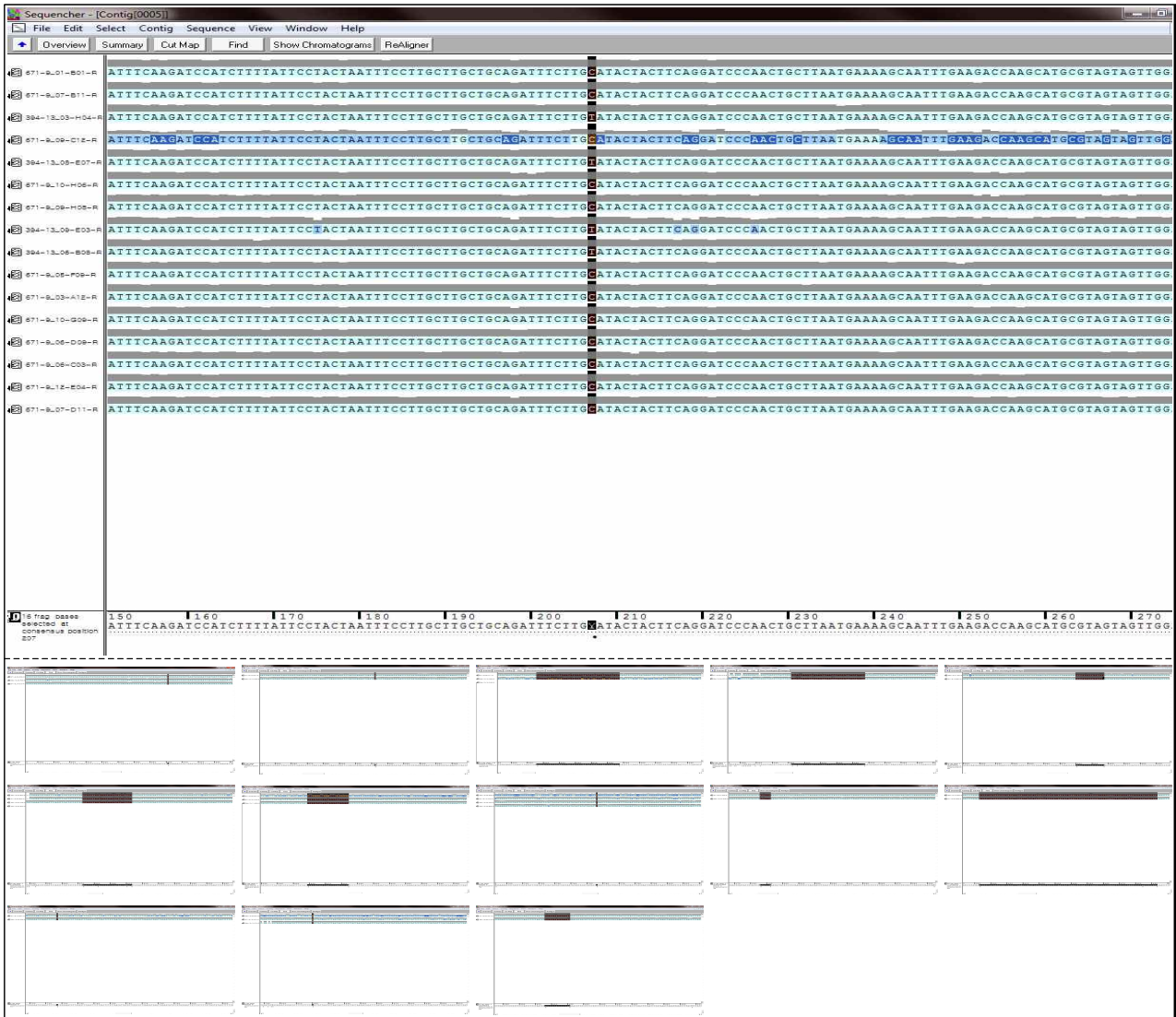


Fig. 16. 14 SNP sites between 666-13 and 671-9 EST sequences using Sequencher ver. 4.10.1 program.

Table 21. SNP primer design using selected 666-13 and 671-9 SNP sites for HRM analysis.

No.	Primer name	Tm	Product length
1	666-671-SNP-1	60	196
2	666-671-SNP-2	60	198
3	666-671-SNP-3	60	212
4	666-671-SNP-4	59	189
5	666-671-SNP-5	60	200
6	666-671-SNP-6	60	196
7	666-671-SNP-7	60	203
8	666-671-SNP-8	60	199
9	666-671-SNP-9	59	205
10	666-671-SNP-10	60	207
11	666-671-SNP-11	59	240
12	666-671-SNP-12	60	182
13	666-671-SNP-13	60	198
14	666-671-SNP-14	60	211

제8절 당근 종자모 형질 관련 SSR 분자마커 개발 및 분석

1. 3차년도 당근 종자모 형질 관련 SSR 분자마커 개발

가. 목적

종자모 형질 관련 SSR 분자마커 개발을 하고자 유모· 무모형 종자의 표현형을 가진 개체의 selfing 집단을 이용하였으며, EST 염기서열 분석 자료로부터 확인된 SSR sites들 중에서 design된 SSR primer를 이용하여 무모계 종자 관련 SSR 분자마커 개발을 위해 실험을 수행하였다. SSR 분자마커는 유전자의 조절부위나 비발현 부위에 존재하며, 높은 다형성을 나타내기 때문에 유전자 지도를 작성하는데 유용하게 사용되고 있다. 이에 따라서 SSR primer를 이용하여 무모형질과 연관된 마커를 보다 효과적으로 개발하고, 더 나아가 개발된 마커를 분석하여 유전자 지도 작성하고자 하였다.

나. 재료 및 방법

(1) 종자모 형질 관련 SSR 분자마커 개발을 위해 이용된 당근 개체

종자모 형질 관련 SSR 분자마커 개발을 위해 유모형 표현형을 보이는 6개체의 677-14 selfing progeny 1040 line과 단모형 표현형을 보이는 각각 25개체씩의 659-1 selfing progeny 1024 line, 659-2 selfing progeny 1025 line, 659-3 selfing progeny 1026 line의 개체들을 SSR 분자마커 개발을 위한 실험재료로 이용하였다.

(2) 당근 종자모 형질 관련 SSR 마커 개발

종자모 형질 관련 SSR 분자마커 개발을 위해 EST 염기서열에서 개발된 231개의 SSR primer를 이용하여 SSR 분자마커를 개발하였다. 이를 위하여 유모형 종자 표현형 1040 line의 6개체, 단모형 종자 표현형 1024, 1025, 1026 line의 각각 25개체를 이용하여 실험을 진행하였다. 마커개발을 위해 PCR mixture (20 μ l)는 40ng의 genomic DNA와 10X buffer [20mM Tris-HCl (pH 8.0), 100mM KCL, 0.1mM EDTA, 1mM DTT, 0.5% Tween 20, 0.5% Nonidet P-40, 50% Glycerol], 2.5mM dNTP, 5 unit Taq polymerase (Takara, Japan)과 10pmol의 primer가 첨가되었다. 또한 PCR 반응 조건으로 최초 94 $^{\circ}$ C에서 1분, 그리고 94 $^{\circ}$ C에서 1분을 반응시키고, 58~60 $^{\circ}$ C에서 1분, 72 $^{\circ}$ C에서 2분을 1 cycle로 최종 40회 반복하고, 72 $^{\circ}$ C에서 7분간 처리 후 반응을 종료하였다. 반응결과는 6% polyacrylamide gel [acrylamide : bisacrylamide (19:1), 7.5M Urea, 1X TBE (0.89 M Tris-Hcl pH 8.0, 0.89M boric acid, 0.02M EDTA pH 8.0)]에서 1800V, 60W, 2시간동안 전기영동하였고, Silverstar staining Kit (Bioneer, Korea)를 이용하여 silver staining 후 결과를 확인하였다.

다. 결과 및 분석

(1) 당근의 무모계 관련 계통 선발을 위한 SSR 분자마커 개발 및 분석

제작된 SSR primer를 이용하여 당근의 유모형 종자 표현형 1040 line과 단모형 종자 표현형 1024, 1025, 1026 line의 총 81개체에 적용되는 SSR 분자마커를 선발하였다. 현재 선발된 SSR

분자마커는 666-06-A03, 659-01-E09, 659-02-A11, 659-03-D05, 659-04-A11등 이며 다형성을 보이는 band들은 200~300bp에서 확인이 가능하였다 (Table 22, Fig. 17).

Table 22. Development of SSR markers showing polymorphism related to seed hair characteristic.

EST sequences	SSR name	Motif	Tm	Product length
666-13-06-A03-R	666-06-A03	(TC)16	59	265
659-1-01-B06-R	659-01-E09	(TC)5	58	269
659-1-02-A11-R	659-02-A11	(TC)6	59	246
659-1-03-D05-R	659-03-D05	(GCA)5	59	260
659-1-04-A11-R	659-04-A11	(TC)6	60	290

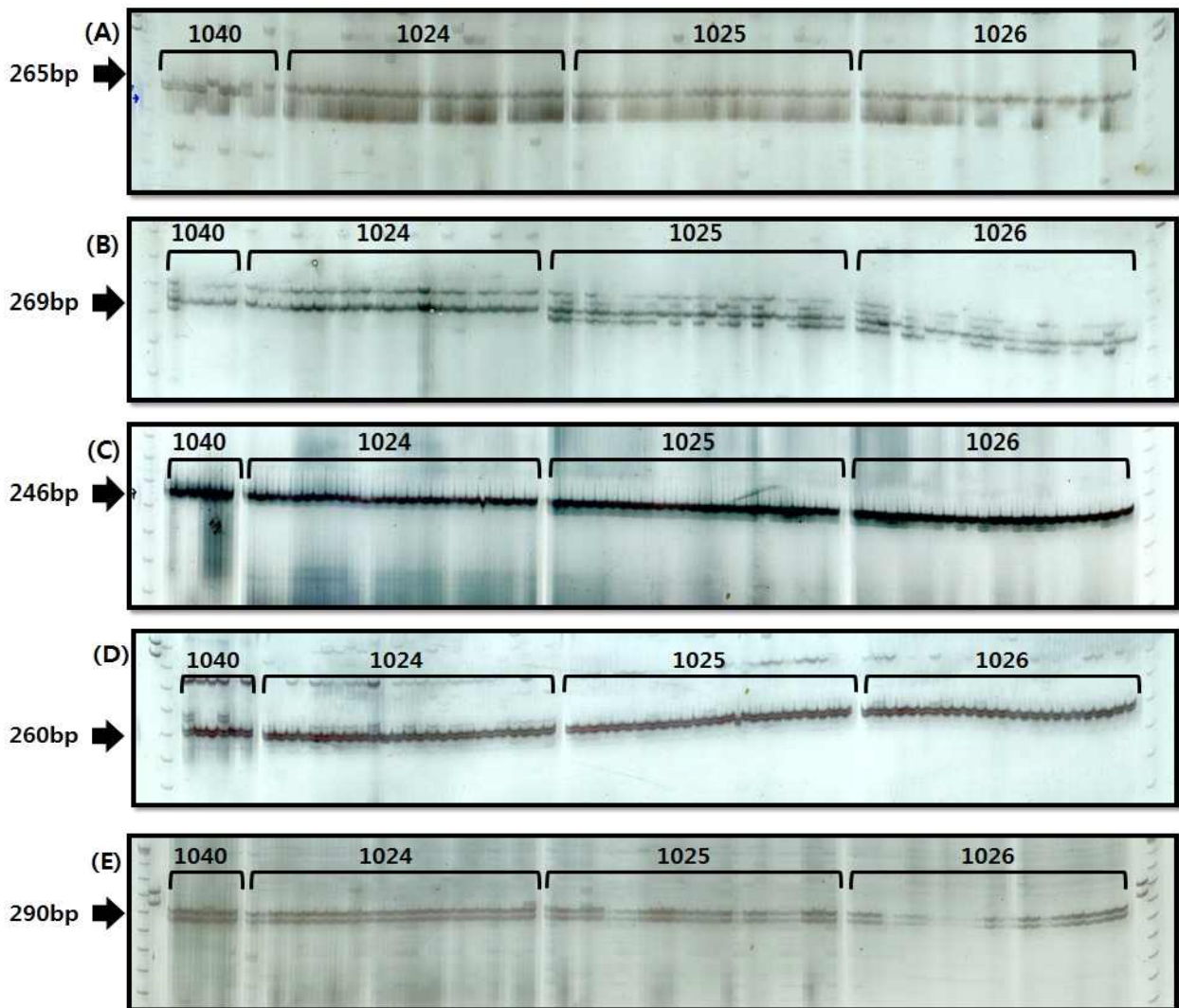


Fig. 17. Development of SSR markers showing polymorphism related to seed hair characteristic. (A) 666-06-A03, (B) 659-01-E09, (C) 659-02-A11, (D) 659-03-D05, (E) 659-04-A11)

2. 4차년도 당근 종자모 형질 관련 SSR 분자마커 개발

가. 목적

EST 염기서열 분석 자료를 이용하여 SSR site를 확인하였으며, 이를 통해 당근 종자모 형질 관련 SSR 분자마커를 개발하고자 하였다. SSR 분자마커는 유전자의 조절부위나 비발현 부위에 존재하며, 높은 다형성을 나타내기 때문에 유전자 지도를 작성하는데 유용하게 사용되고 있다. 이에 따라서 SSR primer를 이용하여 무모 종자 표현형 개체와 유모종자 표현형 개체의 비교분석을 실시하였으며 무모형질과 연관된 마커를 보다 효과적으로 개발하고, 더 나아가 개발된 마커를 분석하여 유전자 지도 작성하고자 하였다.

나. 재료 및 방법

(1) 종자모 형질 관련 SSR 분자마커 개발을 위해 이용된 당근 개체

종자모 형질 관련 SSR 분자마커 개발을 위해 유모형 표현형을 보이는 6개체의 677-14 selfing progeny 1040 line과 단모형 표현형을 보이는 각각 25개체씩의 659-1 selfing progeny 1024 line, 659-2 selfing progeny 1025 line, 659-3 selfing progeny 1026 line의 개체들을 SSR 분자마커 개발을 위한 실험재료로 이용하였다.

(2) 당근 종자모 형질 관련 SSR 마커 개발

종자모 형질 관련 SSR 분자마커 개발을 위해 EST 염기서열에서 개발된 231개의 SSR primer를 이용하여 SSR 분자마커를 개발하였다. 이를 위하여 유모형 종자 표현형 1040 line의 6개체, 단모형 종자 표현형 1024, 1025, 1026 line의 각각 25개체를 이용하여 실험을 진행하였다. 마커개발을 위해 PCR mixture (20 μ l)는 40ng의 genomic DNA와 10X buffer [20mM Tris-HCl (pH 8.0), 100mM KCL, 0.1mM EDTA, 1mM DTT, 0.5% Tween 20, 0.5% Nonidet P-40, 50% Glycerol], 2.5mM dNTP, 5 unit Taq polymerase (Takara, Japan)과 10 μ mol의 primer가 첨가되었다. 또한, PCR 반응 조건으로 최초 94 $^{\circ}$ C에서 1분, 그리고 94 $^{\circ}$ C에서 1분을 반응시키고, 58~60 $^{\circ}$ C에서 1분, 72 $^{\circ}$ C에서 2분을 1 cycle로 최종 40회 반복하고, 72 $^{\circ}$ C에서 7분간 처리 후 반응을 종료하였다. 반응결과는 6% polyacrylamide gel [acrylamide : bisacrylamide (19:1), 7.5M Urea, 1X TBE (0.89 M Tris-Hcl pH 8.0, 0.89M boric acid, 0.02M EDTA pH 8.0)]에서 1800V, 60W, 2시간동안 전기영동하였고, Silverstar staining Kit (Bioneer, Korea)를 이용하여 silver staining 후 결과를 확인하였다.

다. 결과 및 분석

(1) 당근의 무모계 관련 계통 선발을 위한 SSR 분자마커 개발 및 분석

제작된 SSR primer를 이용하여 당근의 유모형 종자 표현형 1040 line과 단모형 종자 표현형 1024, 1025, 1026 line의 총 81개체에 적용되는 SSR 분자마커를 선발하였다. 현재 선발된 SSR 분자마커는 3차년도 666-06-A03, 659-01-E09, 659-02-A11, 659-03-D05, 659-04-A11을 포함하여 4차년도 394-09-C12, 394-10-C03, 394-13-F11, 659-07-H06, 659-08-F11, 659-12-E10를 추가적으로 선발하였다. 다형성을 보이는 band들은 200~300bp에서 확인 가능하였다(Table 23, Fig. 18). 현재 계속 실험을 진행 중에 있으며, SSR 마커 선발 후, 결과들을

통합하여 유전자 지도 작성에 이용할 예정이다. 육성된 후대 집단에서의 종자모 형질관련 특이적 SSR 분자마커의 후대검정 또한 진행 중에 있다.

Table 23. Development of SSR markers showing polymorphism related to seed hair characteristic.

EST sequences	SSR name	Motif	Tm	Product length
666-13-06-A03-R	666-06-A03	(TC)16	59	265
659-1-01-B06-R	659-01-E09	(TC)5	58	269
659-1-02-A11-R	659-02-A11	(TC)6	59	246
659-1-03-D05-R	659-03-D05	(GCA)5	59	260
659-1-04-A11-R	659-04-A11	(TC)6	60	290
394-13-09-C12-R	394-09-C12	(ATCT)4	60	295
394-13-10-C03-R	394-10-C03	(TC)6	60	289
394-13-13-F11-R	394-13-F11	(CT)6/(TC)6	60	269
659-1-07-H06-R	659-07-H06	(CTAG)4	58	257
659-1-08-F11-R	659-08-F11	(TC)5/(CT)10	60	342
659-1-12-E10-R	659-12-E10	(CAC)4	59	285

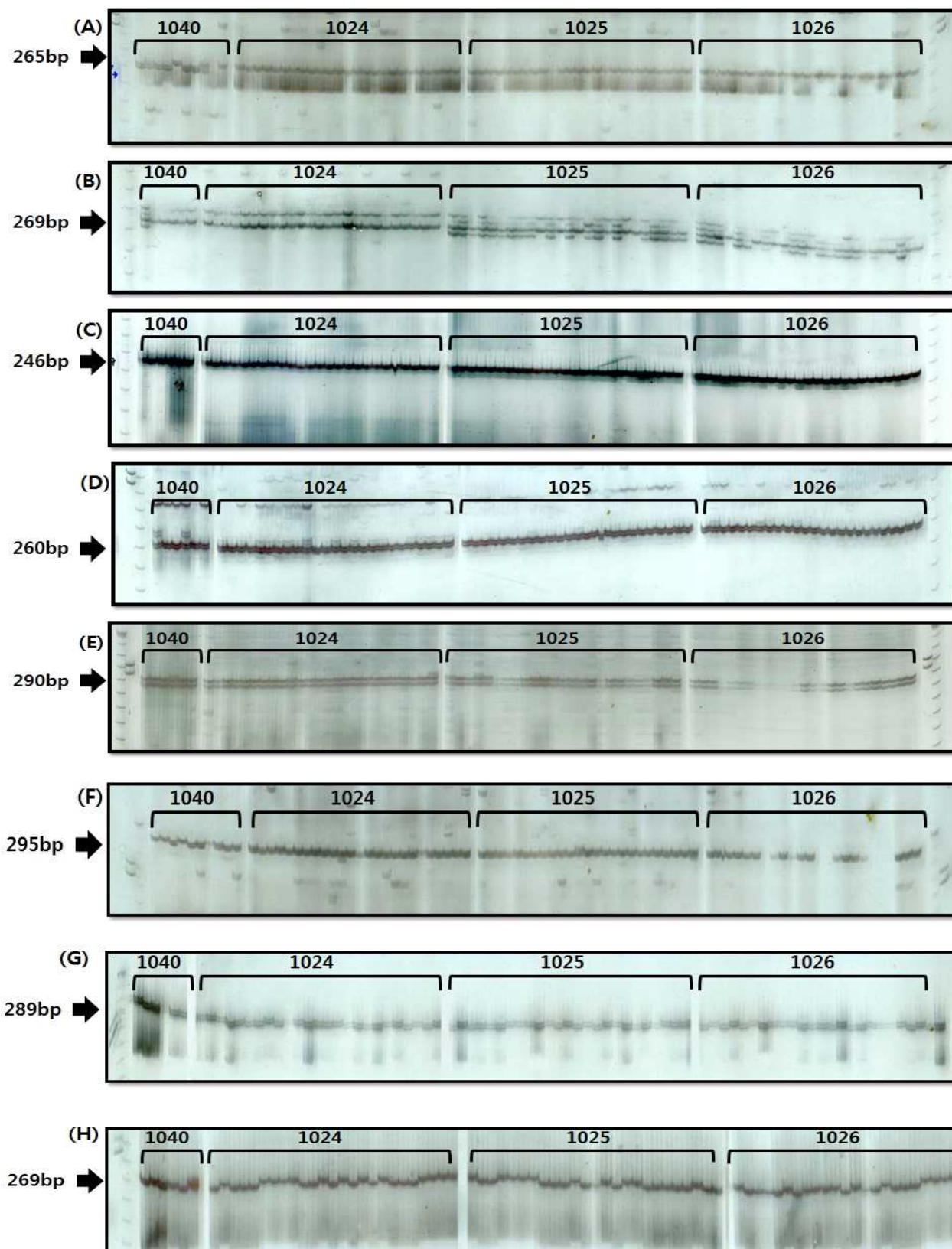


Fig. 18. Development of SSR markers showing polymorphism related to seed hair characteristic. (A) 666-06-A03, (B) 659-01-E09, (C) 659-02-A11, (D) 659-03-D05, (E) 659-04-A11, (F) 394-09-C12, (G) 394-10-C03, (H) 394-13-F11.

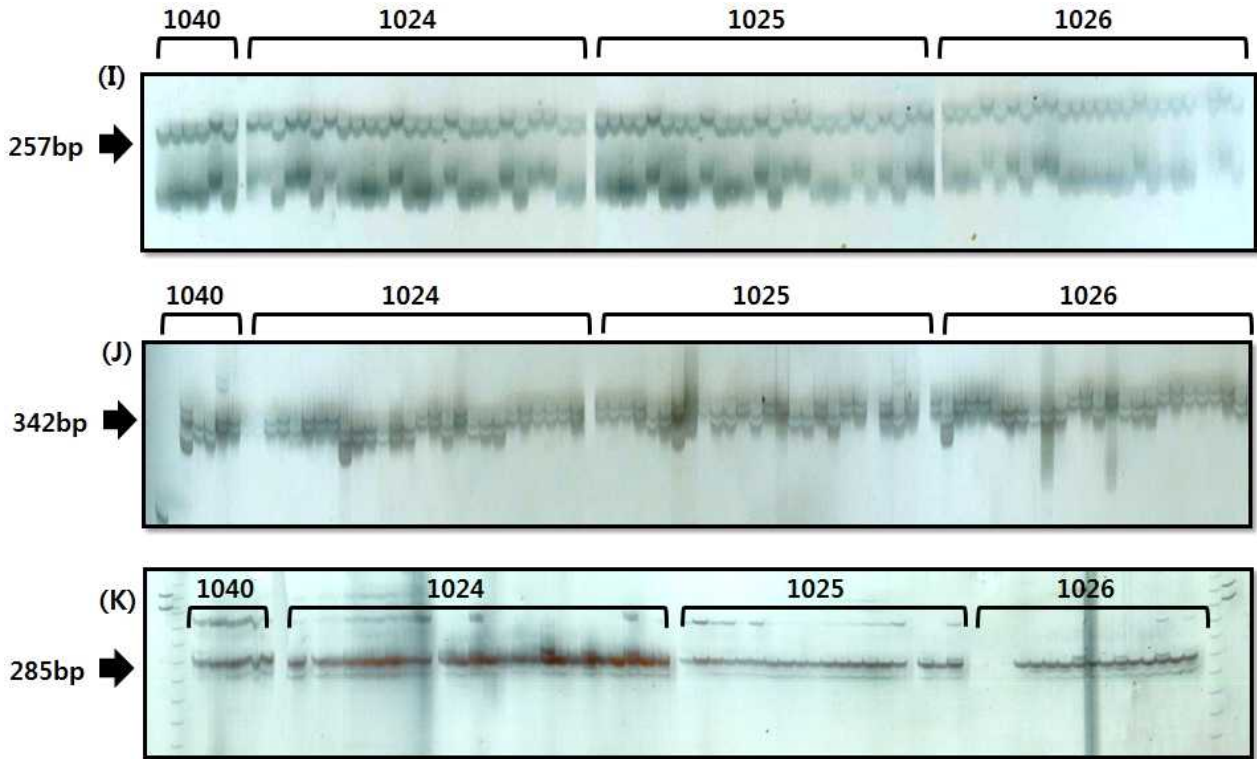


Fig. 18. Continued.

(I) 659-07-H06, (J) 659-08-F11, (K) 659-12-E10.

3. 5차년도 당근 종자모 형질 관련 SSR 분자마커 개발

가. 목적

EST sequence 분석 자료를 이용하여 SSR site를 확인하였으며, 이를 통해 당근 종자모 형질 관련 SSR 분자마커를 개발하고자 하였다. SSR 분자마커는 유전자의 조절부위나 비발현 부위에 존재하며, 높은 다형성을 나타내기 때문에 유전자 지도를 작성하는데 유용하게 사용되고 있다. 이에 따라서 SSR primer를 이용하여 무모 종자 표현형 개체와 유모종자 표현형 개체의 비교분석을 실시하였으며 무모형질과 연관된 마커를 보다 효과적으로 개발하고, 더 나아가 개발된 마커를 분석하여 유전자 지도를 작성하고자 한다.

나. 재료 및 방법

(1) 종자모 형질관련 SSR 분자마커 개발을 위해 이용된 당근 개체

종자모 형질 관련 SSR 분자마커 개발을 위해 유모형 표현형을 보이는 6개체의 677-14 selfing progeny 1040 line과 단모형 표현형을 보이는 각각 25개체씩의 659-1 selfing progeny 1024 line, 659-2 selfing progeny 1025 line, 659-3 selfing progeny 1026 line의 개체들을 SSR 분자마커 개발을 위한 실험재료로 이용하였다.

(2) 당근 종자모 형질 관련 SSR 마커 개발

종자모 형질 관련 SSR 분자마커 개발을 위해 EST sequence에서 개발된 231개의 SSR primer를 이용하여 SSR 분자마커 개발을 수행하였다. 이를 위하여 유모형 종자 표현형 1040 line의 6개체, 단모형 종자 표현형 1024, 1025, 1026 line의 각각 25개체를 이용하여 실험을 진행하였다. 마커개발을 위해 PCR mixture (20 μ l)는 40ng의 genomic DNA와 10X buffer [20mM Tris-HCl (pH 8.0), 100mM KCL, 0.1mM EDTA, 1mM DTT, 0.5% Tween 20, 0.5% Nonidet P-40, 50% Glycerol], 2.5mM dNTP, 5 unit Taq polymerase (Takara, Japan)과 10pmol의 primer가 첨가되었다. 또한, PCR 반응 조건으로 최초 94 $^{\circ}$ C에서 1분, 그리고 94 $^{\circ}$ C에서 1분을 반응시키고, 58~60 $^{\circ}$ C에서 1분, 72 $^{\circ}$ C에서 2분을 1 cycle로 최종 40회 반복하고, 72 $^{\circ}$ C에서 7분간 처리 후 반응을 종료하였다. 반응결과는 6% polyacrylamide gel [acrylamide : bisacrylamide (19:1), 7.5M Urea, 1X TBE (0.89 M Tris-Hcl pH 8.0, 0.89M boric acid, 0.02M EDTA pH 8.0)]에서 1800V, 60W, 2시간동안 전기영동하였고, Silverstar staining Kit (Bioneer, Korea)를 이용하여 silver staining 후 결과를 확인하였다.

(3) 당근 종자모 형질 관련 개발된 SSR 마커의 후대검정

종자모 형질 관련 개발된 SSR 분자마커를 이용하여 마커의 정확성 및 효율성을 검정하기 위해 4차년도와 5차년도 계통을 이용하여 후대검정을 수행하였다. 4차년도 계통은 단모 및 무모종자 표현형을 보이는 No.1024-8 line의 selfing progeny 7021 line, No.1024-19 line의 selfing progeny 7029 line, No. 1024-32 line의 selfing progeny 7042 line, No.1025-14 line의 selfing progeny 7065 line, No.1026-17의 selfing progeny 7111, No.1026-21의 selfing progeny 7114, No.1026-23의 selfing progeny 7116, No.1026-26의 selfing progeny 7118 line, 유모형 종자 표현형을 보인 1040 line과 selfing progeny 7208, 7209 line을 이용하였다. 5차년도 계통은 단모 및 무모종자 표현형을 보이는 No.7111-4의 selfing progeny 9087 line, No.7111-7의 selfing progeny 9090line, No. 7114-1의 selfing progeny 9095 line, No. 7114-6의 selfing progeny 9099 line, No. 7114-7의 selfing progeny 9100 line, No. 7118-1의 selfing progeny 9114 line, No. 7118-2의 selfing progeny 9115 line, No. 7118-4의 selfing progeny 9117 line, No. 7118-7의 selfing progeny 9119 line과 유모형 종자 표현형을 보이는 No. 7208의 selfing progeny 9182 line을 이용하여 개발된 SSR 마커의 후대검정을 수행하였다.

다. 결과 및 분석

(1) 당근의 무모계 관련 계통 선발을 위한 SSR 분자마커 개발 및 분석

제작된 SSR primer를 이용하여 당근의 유모형 종자 표현형 1040 line과 단모형 종자 표현형 1024, 1025, 1026 line의 총 81개체에 적용되는 SSR 분자마커를 선발하였다. 현재 선발된 SSR 분자마커는 3차년도 666-06-A03, 659-01-E09, 659-02-A11, 659-03-D05, 659-04-A11을 포함하여 4차년도 394-09-C12, 394-10-C03, 394-13-F11, 659-07-H06, 659-08-F11, 659-12-E10를 추가적으로 선발하였다. 5차년도에는 종자모 형질관련 특이적 다형성을 보이는 394-12-B05를 추가적으로 선발하였다. SSR에 의한 band들은 200~300bp에서 확인 가능하였다(Table 24, Fig. 19). 종자모 형질관련 특이적 다형성을 보이는 SSR 마커를 이용하여 육성된 후대집단에서 후대검정을 수행하였으며, 결과들을 통합하여 유전자 지도 작성에 이용하였다.

Table 24. Development of SSR markers showing polymorphism related to seed hair characteristic.

EST sequences	SSR name	Motif	Tm	Product length
394-13-12-B05-R	394-12-B05	(CAT)5	60	330

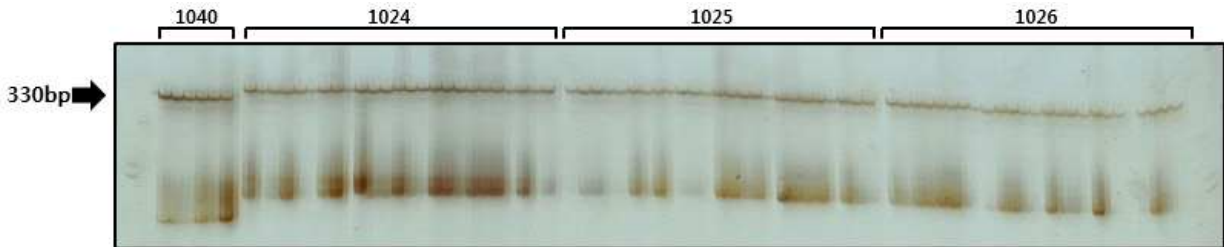


Fig. 19. Development of 394-12-B05 SSR markers showing polymorphism related to seed hair characteristic.

(2) 당근 종자모 형질 관련 개발된 SSR 마커의 후대검정 결과 분석

선발된 당근 종자모 형질과 관련된 394-12-B05 SSR primer의 정확성 및 효율성을 검정하기 위해 4차년도와 5차년도 계통을 이용하여 후대검정을 수행하였다. 후대검정에 이용된 4차년도 계통은 단모 및 무모 종자 표현형을 보이는 No.1024-8 line의 selfing progeny 7021 line, No.1024-19 line의 selfing progeny 7029 line, No. 1024-32 line의 selfing progeny 7042 line, No.1025-14 line의 selfing progeny 7065 line, No.1026-17의 selfing progeny 7111, No.1026-21의 selfing progeny 7114, No.1026-23의 selfing progeny 7116, No.1026-26의 selfing progeny 7118 line, 유모형 종자 표현형을 보인 1040 line과 selfing progeny 7208, 7209 line을 이용하였다. 5차년도 계통은 단모 및 무모종자 표현형을 보이는 No.7111-4의 selfing progeny 9087 line, No.7111-7의 selfing progeny 9090line, No. 7114-1의 selfing progeny 9095 line, No. 7114-6의 selfing progeny 9099 line, No. 7114-7의 selfing progeny 9100 line, No. 7118-1의 selfing progeny 9114 line, No. 7118-2의 selfing progeny 9115 line, No. 7118-4의 selfing progeny 9117 line, No. 7118-7의 selfing progeny 9119 line과 유모형 종자 표현형을 보이는 No. 7208의 selfing progeny 9182 line을 이용하였다.

단모 및 무모종자 표현형을 가진 계통에서 뚜렷한 SSR primer의 다형성을 확인한 후 종자모 형질이 고정된 것으로 판단되는 4차년도의 계통을 이용하여 후대검정을 수행한 결과 단모 및 무모종자 표현형을 가진 계통만 특이적으로 증폭하여 다형성을 확인할 수 있었다 (Fig. 20). 또한 5차년도 계통을 이용하여 분석한 결과에서도 단모 및 무모종자 표현형을 가진 계통만 특이적으로 증폭함을 확인할 수 있었다(Fig. 21). 각각의 계통과 이들의 후대 계통들이 동일한 결과를 나타내는 것으로 보아 394-12-B05 SSR primer는 당근 종자모 형질 관련 분자 마커로서 활용할 수 있을 것으로 생각되며 또한 개체간 종자모 형질 관련 선발에 충분히 이용 가능 할 것으로 판단된다. 결과적으로 본 연구에서 개발된 당근 종자모 형질 관련 394-12-B05 SSR 분자마커는 당근 생육초기에 종자모 형질 관련 선발을 가능하게 할 것이며, 단모 및 무모 당근 품종 육성에 유용하게 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

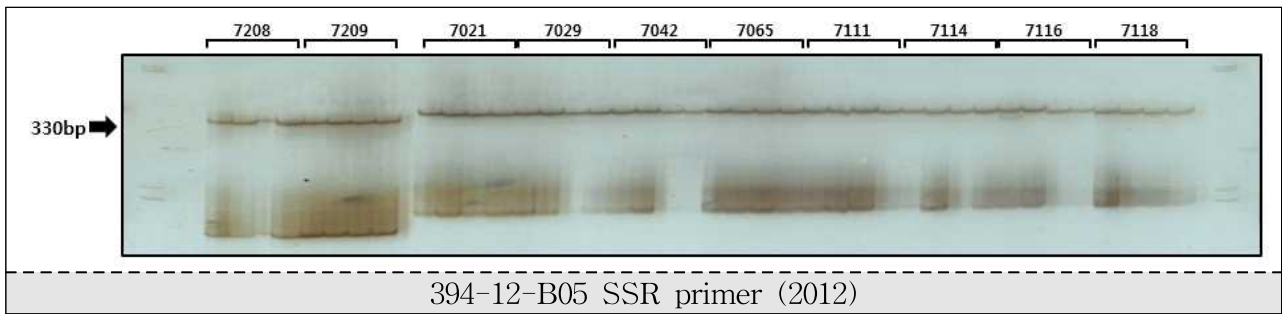


Fig. 20. SCAR analysis of long-hair seed 7208 and 7209 lines and short-hair seed 7021, 7029, 7042, 7065, 7111, 7114, 7116, and 7118 lines using SCA2_{1,2} primer in 2012.

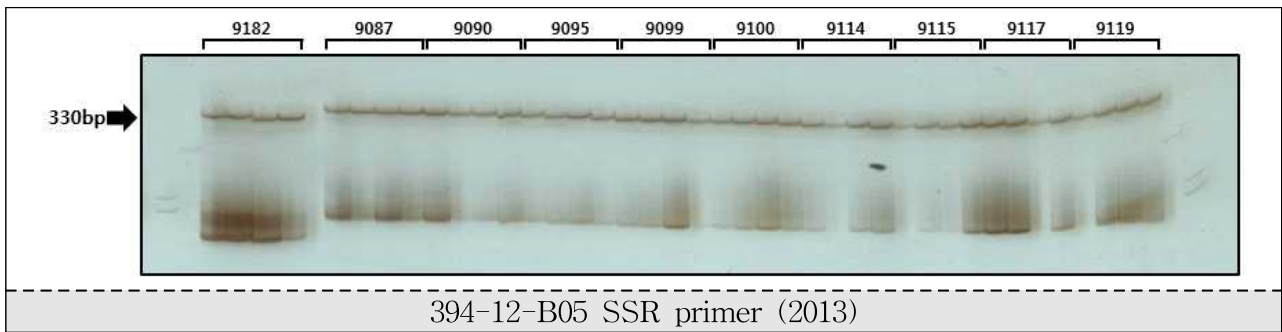


Fig. 21. SCAR analysis of long-hair seed 9182 line and short-hair seed 9087, 9090, 9095, 9099, 9100, 9114, 9115, 9117, and 9119 lines using SCA2_{1,2} primer in 2013.

제9절 당근 종자모 형질 관련 SNP 분자마커 개발 및 분석

1. 4차년도 당근 종자모 형질 관련 SNP 분자마커 개발

가. 목적

EST 염기서열 분석 자료를 이용하여 무모 종자 표현형 개체와 유모종자 표현형 개체의 비교분석을 실시하였다. 이를 통해 SNP sites를 확인하여 primer를 design하였다. 이러한 과정을 통해 SNP실험을 진행하였으며, 이는 무모형 종자 표현형을 가지는 개체와 유모형 종자 표현형을 가지는 개체간 특이적 single nucleotide polymorphism에 대한 특이적 분자마커 개발을 위함이다. 이를 통해 SNP마커를 이용한 당근 종자모 형질의 선발을 수행하기 위하여 진행하였으며, 당근 종자모 형질 관련 연구에 많은 도움이 될 것이다.

나. 재료 및 방법

(1) 단모종자 표현형 659-1 개체와 유모종자 표현형 677-14 개체간 EST 비교분석을 통해 확인된 SNP site

단모형 종자 표현형을 가지는 개체 659-1의 98 contigs, 761 singleton과 유모형 종자 표현형을 가지는 개체 677-14의 90 contig, 827 singleton의 EST sequence를 Sequencher ver. 4.10.1 program을 이용하여 두 개체간 assembly 결과를 분석하였다(Fig. 1). EST sequence assembly 결과를 바탕으로 동일한 염기서열이 match되는 두 개체의 EST 염기서열간 single nucleotide polymorphism site가 존재하는 부분을 36건 확보하였다(Fig. 2). 각각의 확보된 SNP site를 분석하여 SNP 마커로 우선적으로 개발할 수 있는 확률이 높은 site순으로 HRM 분석을 위해 primer를 4차년도에 새롭게 작성하였으며(Table 1). 효과적인 분석을 위해 60-90bp의 product range의 조건으로 Primer 3 software를 이용하여 작성하였다.

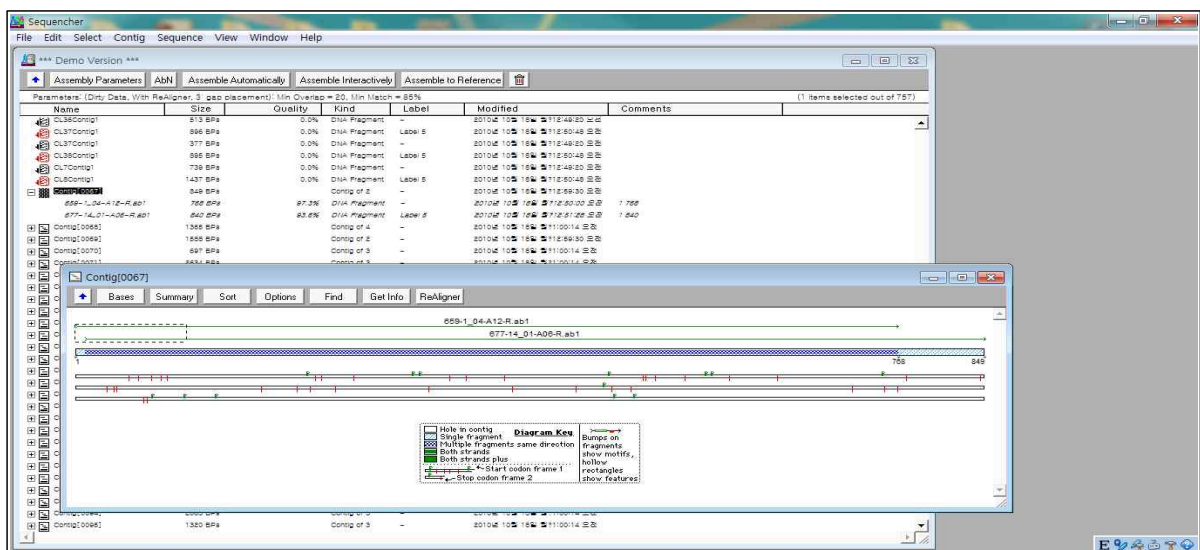


Fig. 1. Results of assembly analysis between 659-1 and 677-14 EST sequences to search SNP sites using Sequencher ver. 4.10.1 program.

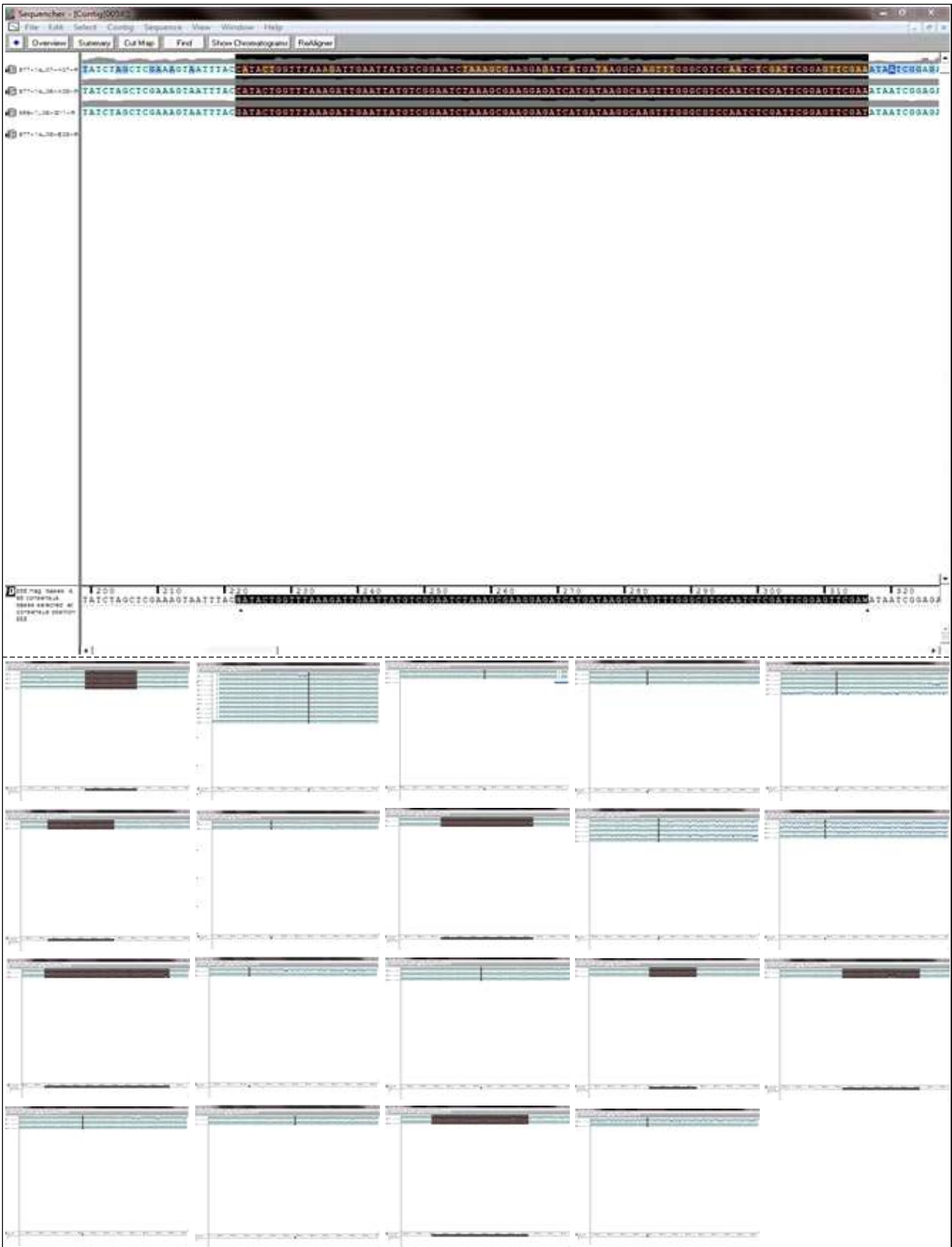


Fig. 2. 20 SNP sites between 659-1 and 677-14 EST sequences using Sequencher ver. 4.10.1 program.

Table 1. SNP primer sequences for High Resolution Melting analysis.

SNP site	Primer	Sequence ^Z	Tm	bp
659-677-1	Front	5'-CCAATCTCGATTTCGGAGTTC-3'	59.63	89
	Reverse	5'-AACAAACACCTGGAAACTCAGTG-3'	59.16	
659-677-2	Front	5'-CACGCCAAAGTGTGTCAAG-3'	60.34	90
	Reverse	5'-GCCTTGAGACAGTTGCAAGAA-3'	60.57	
659-677-3	Front	5'-TGTTTTGCCAACAATGCTC-3'	59.71	79
	Reverse	5'-CTCATCGCTAGGGGGACAT-3'	60.04	
659-677-4	Front	5'-ACTTAAAGCCCAGCAACCTG-3'	59.38	82
	Reverse	5'-TCTGTGTTATGACGAGCGAGA-3'	59.61	
659-677-5	Front	5'-ATGGATTCTTGCCGACATTC-3'	59.90	77
	Reverse	5'-TTGGACAAGTACAGGGTGTCA-3'	59.04	
659-677-6	Front	5'-GGGGCCTTTCGGAACAAT-3'	62.13	61
	Reverse	5'-AAGTCCATTGTTGGCAGCAT-3'	60.53	
659-677-8	Front	5'-CCCTCTCATACCTTCCACCA-3'	59.92	88
	Reverse	5'-TCCAAGCAAGGAACCCATC-3'	61.00	
659-677-10	Front	5'-TTTCATCAGCCACAGGAATG-3'	59.65	63
	Reverse	5'-GCACGAAAATGTTTATGCAGTC-3'	59.66	
659-677-11	Front	5'-ACAAGGACAAGGTGGAAACAA-3'	59.48	60
	Reverse	5'-TGACCATATGGACCTTGTTGG-3'	60.62	
659-677-14	Front	5'-TGCTAAAATCTCAGTGAATAATCCA-3'	59.36	84
	Reverse	5'-TCCCTGTCAGCACTTTTGAG-3'	59.01	
659-677-16	Front	5'-GCTTGTGGACTTCAAAACAAAA-3'	59.29	90
	Reverse	5'-TTGACCCTTTGATGGTGGAT-3'	60.17	
659-677-17	Front	5'-TGTTGGACAACCAGGTATTGG-3'	60.65	84
	Reverse	5'-GGTTGTGATCCTCCAGGTTG-3'	60.36	
659-677-18	Front	5'-ATGAATTTTCGAGACGCTTGC-3'	60.36	87
	Reverse	5'-CTTTCCTGCCATTGAGCATT-3'	60.21	
659-677-19	Front	5'-TGGACGTGAGATGGTAGGAA-3'	59.09	78
	Reverse	5'-TGCTAGTCACCTTGCACAGAC-3'	52.38	

^ZPrimer sequences were designed using SNP sites derived from 659-1 and No. 677-14 EST sequences.

(2) 단모종자 표현형 666-13 개체와 유모종자 표현형 671-9 개체간 EST 비교분석을 통해 확인된 SNP site

단모형 종자 표현형을 가지는 개체 666-13의 97 contigs, 772 singleton과 유모형 종자 표현형을 가지는 개체 671-9의 107 contig, 786 singleton의 EST 염기서열을 Sequencher ver. 4.10.1 program을 이용하여 두 개체간 assembly 결과를 분석하였다(Fig. 3). EST 염기서열 assembly 결과를 바탕으로 동일한 염기서열이 match되는 두 개체의 EST 염기서열간 single nucleotide polymorphism site가 존재하는 부분을 14건 확보하였다(Fig. 4). 각각의 확보된

SNP site를 분석하여 SNP 마커로 우선적으로 개발할 수 있는 확률이 높은 site순으로 HRM 분석을 위해 3차년도에 작성된 primer를 이용하였다(Table 2).

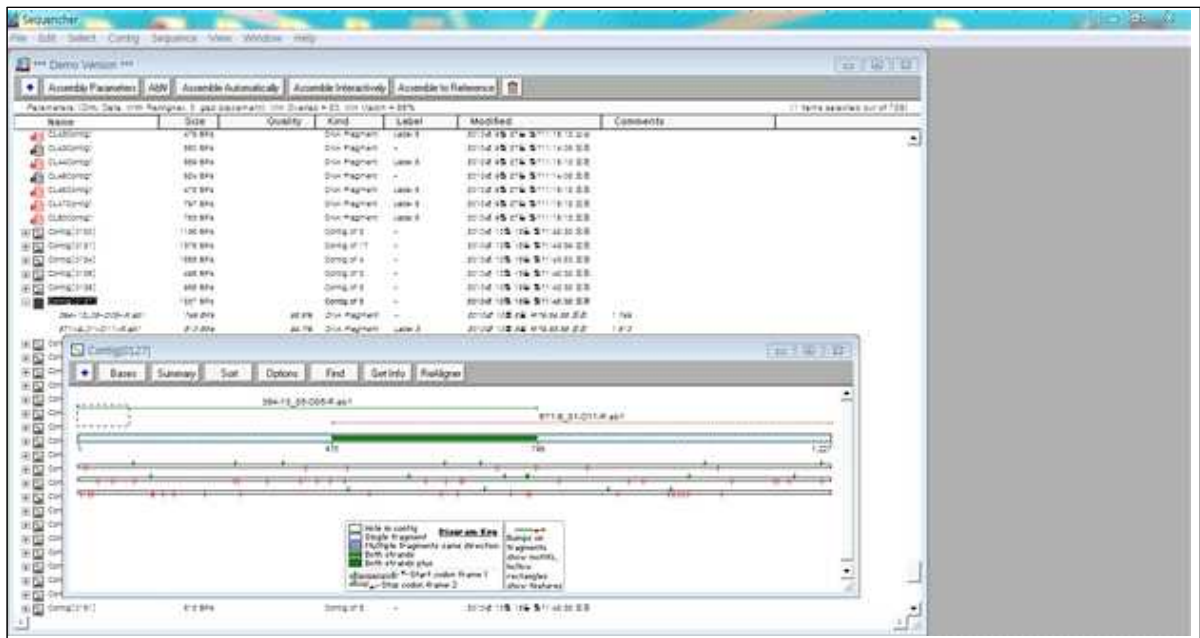


Fig. 3. Results of assembly analysis between 666-13 and 671-9 EST sequences to search SNP sites using Sequencher ver. 4.10.1 program.

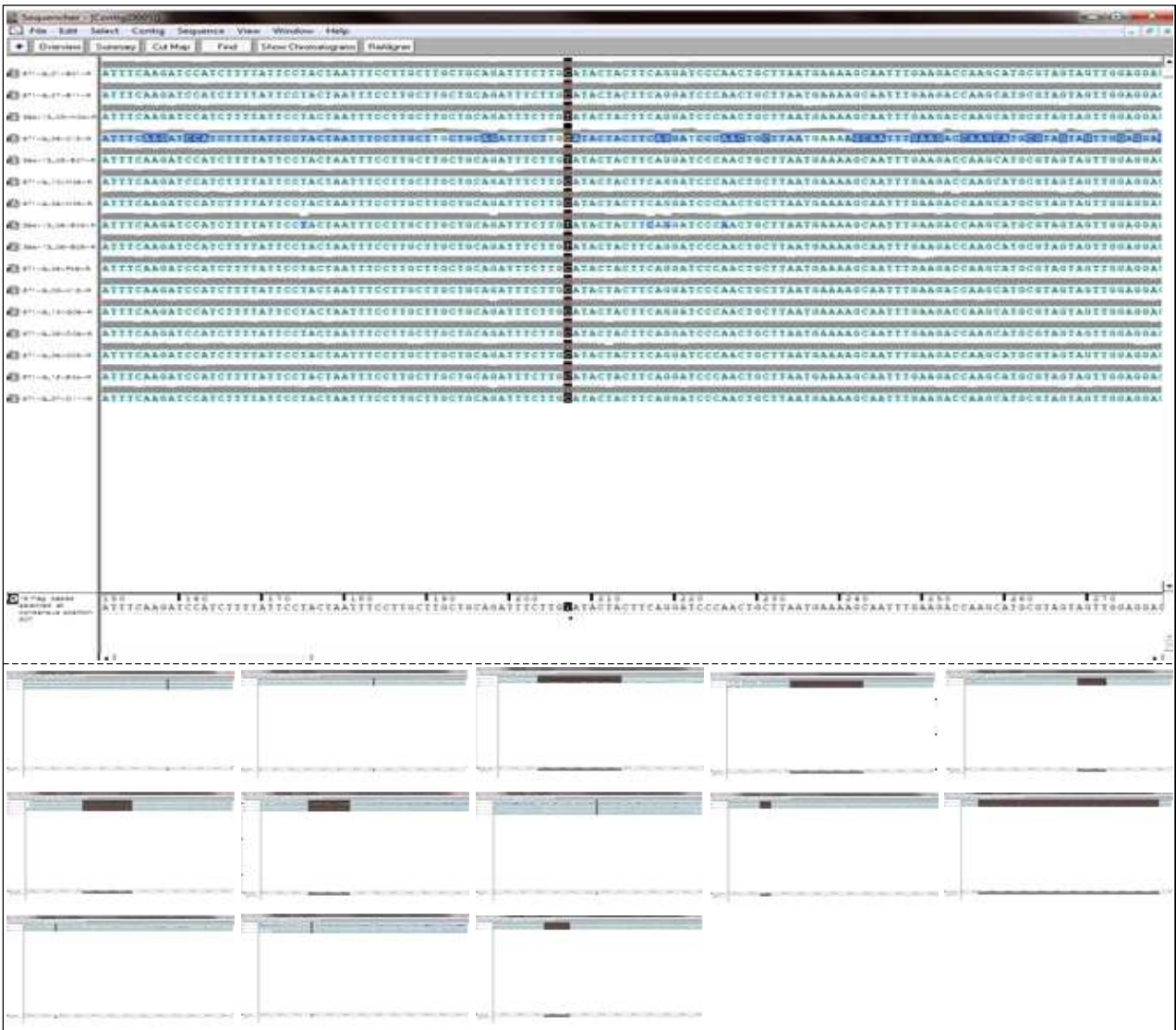


Fig. 4. 14 SNP sites between 666-13 and 671-9 EST sequences using Sequencher ver. 4.10.1 program.

Table 2. SNP primer sequences for High Resolution Melting analysis.

SNP site	Primer	Sequence ^Z	Tm	bp
666-671-1	Front	5'-CCGTGCTAAGTTCTCAAAGGA-3'	59.46	196
	Reverse	5'-CCAGGTTGTTGACGTCTTGA-3'	60.12	
666-671-2	Front	5'-TTCTGGGTTTTGTTGGTTTTG-3'	60.03	198
	Reverse	5'-GCAAGCGATCAGTGGGTAAC-3'	60.24	
666-671-3	Front	5'-TGTCCGAGTTTGGTGTTC-3'	58.84	212
	Reverse	5'-GCCAAGCTTCCGATAAAAGA-3'	59.13	
666-671-4	Front	5'-TCAATTCACATCGGACAAGC-3'	60.71	189
	Reverse	5'-GACAAAGACAGCACGTGGAA-3'	60.24	
666-671-5	Front	5'-GATGAGGAGGATGAGGCTGA-3'	60.02	200
	Reverse	5'-CACATACCACGGCGAAAATC-3'	59.87	
666-671-6	Front	5'-TGGGGAACCCTAACAATGAA-3'	60.12	196
	Reverse	5'-CAACCAAGTTGCCGGTTAAT-3'	60.33	
666-671-7	Front	5'-GGCACGAGGCCAAAACCTAT-3'	60.08	203
	Reverse	5'-CGTTAAGCATCTCGGATTGG-3'	60.29	
666-671-8	Front	5'-CTCATCACCTGGCCACTCTC-3'	60.11	199
	Reverse	5'-GCGTAGAACAGGGGAGACAG-3'	59.79	
666-671-9	Front	5'-GCCGAATTTTGTGAAGTTCC-3'	59.13	205
	Reverse	5'-TTCACCTGAAAACCCTGTGA-3'	58.87	
666-671-10	Front	5'-TTCGGCACGAGGCTATTAAC-3'	60.31	207
	Reverse	5'-CGGCGATACTCACAACAGC-3'	60.22	
666-671-11	Front	5'-GAGGCTTTGCTCCTGACAAT-3'	58.69	240
	Reverse	5'-TTCCTTTTGAAGTCACGGCTA-3'	59.01	
666-671-12	Front	5'-CCATCCCAAGCCTTTGAGTA-3'	60.03	182
	Reverse	5'-ACAATTCCTACGGCATGCTT-3'	60.41	
666-671-13	Front	5'-ACCGGTTCACTCCACATGAC-3'	60.21	198
	Reverse	5'-CCTCTCCGTACACCACCAGT-3'	60.34	
666-671-14	Front	5'-CACGAGGCTTCTCACAAGTC-3'	59.89	211
	Reverse	5'-AGGAGATGGCTGATCCACTG-3'	60.57	

^ZPrimer sequences were designed using SNP sites derived from 666-13 and No. 671-9 EST sequences.

(3) 단모종자 표현형 개체와 유모종자 표현형 개체간 EST 비교 분석을 통한 SNP 및 HRM 결과를 바탕으로 한 AS-PCR primer design

단모종자 표현형 개체와 유모종자 표현형 개체간 EST 비교 분석을 통한 SNP 및 HRM 분석결과를 바탕으로 더욱 간단한 방법으로 SNP site를 확인할 수 있는 분자표지로서의 개발을 위해 AS-PCR 프라이머를 작성하였다. AS-PCR 프라이머는 확인된 SNP site의 특이적 다형성을 프라이머의 3' 말단에 위치하게 하여 PCR을 통해 확인할 수 있도록 특이적 front 프라이머와 단모 및 유모 종자 특이적 front 프라이머를 구분하였고 동일한 reverse 프라이머

를 작성하였다(Table 3).

Table 3. SNP primer sequences for allele-specific PCR.

SNP	site	Primer	Sequence ^Z	Tm
		Hairy front	5'-TTTCGGAACAATGAGGAAGAAA-3'	60.93
659-677-6		Hairless front	5'-TTTCGGAACAATGAGGAAGAAG-3'	60.58
		Reverse	5'-TTCGACAGCAACAACACTCCAG-3'	60.02

^ZPrimer sequences were designed using SNP sites derived from 659-1 and 677-14 EST sequences.

(4) 당근 종자모 형질 관련 SNP 분자마커 개발을 위한 HRM 및 AS-PCR

당근 종자모 형질 관련 SNP 분자마커 개발을 위해 HRM 실험을 수행하였다. 사용된 개체는 무모 및 단모 종자 표현형은 보인 659 line selfing progeny 1024, 1025, 1026 line 각각의 6개체와 유모종자 표현형은 보인 677-14 selfing progeny 1040 line의 6개체를 대상으로 수행하였다. HRM은 Qiagen Type-it HRM PCR kit를 이용하여 12.5µl 2x HRM PCR Master Mix, 각각의 1.78µl 10p primer, 8µl RNase free water, 개체별 DNA 1µl의 조성으로 Corbett Rotor-Gene 6000을 이용해 수행하였다. 95°C에서 5분간 denaturation 한 후 95°C에서 10초, 60°C에서 35초 45cycle을 진행한 후 65°C에서 95°C까지 2초에 0.1°C씩 올라가며 진행하였다. AS-PCR 역시 HRM 분석과 마찬가지로 무모 및 단모 종자 표현형은 보인 659 line selfing progeny 1024, 1025, 1026 line 각각의 6개체와 유모종자 표현형은 보인 677-14 selfing progeny 1040 line의 6개체를 대상으로 수행하였다. Annealing 온도를 64.5°C로 설정하여 35 cycle의 PCR을 수행하였다.

다. 결과 및 분석

(1) 당근 종자모 형질 관련 SNP 분자마커 개발을 위한 HRM 분석

당근 종자모 형질 관련 SNP 분자마커 개발을 위해 단모종자 표현형 659-1개체와 유모종자 표현형 677-14개체의 EST 염기서열 분석을 통해 작성된 SNP primer를 이용하여 단모종자 표현형 1024, 1025, 1026 line과 유모종자 표현형 1040 line을 실험재료로 하여 HRM 실험을 진행하였다. 총 19개의 single nucleotide polymorphism site를 대상으로 실험을 수행하였으나 3곳의 SNP에 대한 HRM 실험 결과에서 유의할 만한 결과를 확인할 수 있었다. 659-677-3 SNP site에 대한 실험 결과 무모 및 단모 종자 표현형 1024, 1025, 1026 line과 유모종자 표현형 1040 line간 특이적 SNP를 확인할 수 있었으나, 유모종자 표현형 1040 line 개체간 분리가 일어나는 것을 확인할 수 있었다. 1040-5, 6 개체의 경우 A/A의 SNP양상으로 확인되었으나, 1040-1, 7, 8개체의 경우 A/G의 heterozygous한 양상을 보였다. 또한 1040-10 개체의 경우 정확한 판단이 불가능한 melting curve를 보이는 것으로 분석되었다(Fig. 5). 659-677-5 SNP site

에 대한 실험 결과 역시 무모 및 단모 종자 표현형 1024, 1025, 1026 line과 유모 종자 표현형 1040 line간 특이적 SNP를 확인할 수 있었으나, 유모종자 표현형 1040 line 개체간 분리가 일어나는 것을 확인 할 수 있었다. 1040-1, 7개체의 경우 T/T의 SNP 양상으로 확인되었으나, 5, 6, 8, 10 개체의 경우 C/T의 heterozygous한 양상을 보였다(Fig. 6).

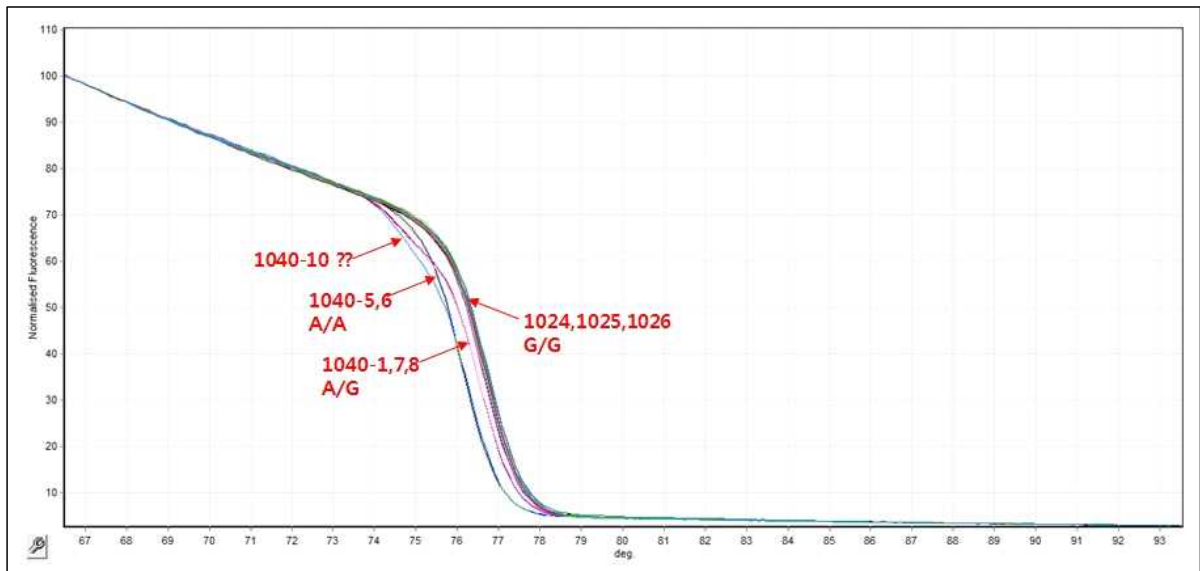


Fig. 5. High resolution melting curve profile of hairless and short-hair 1024, 1025, 1026 lines and hairy seed 1040 line using 659-677-3 SNP primers.

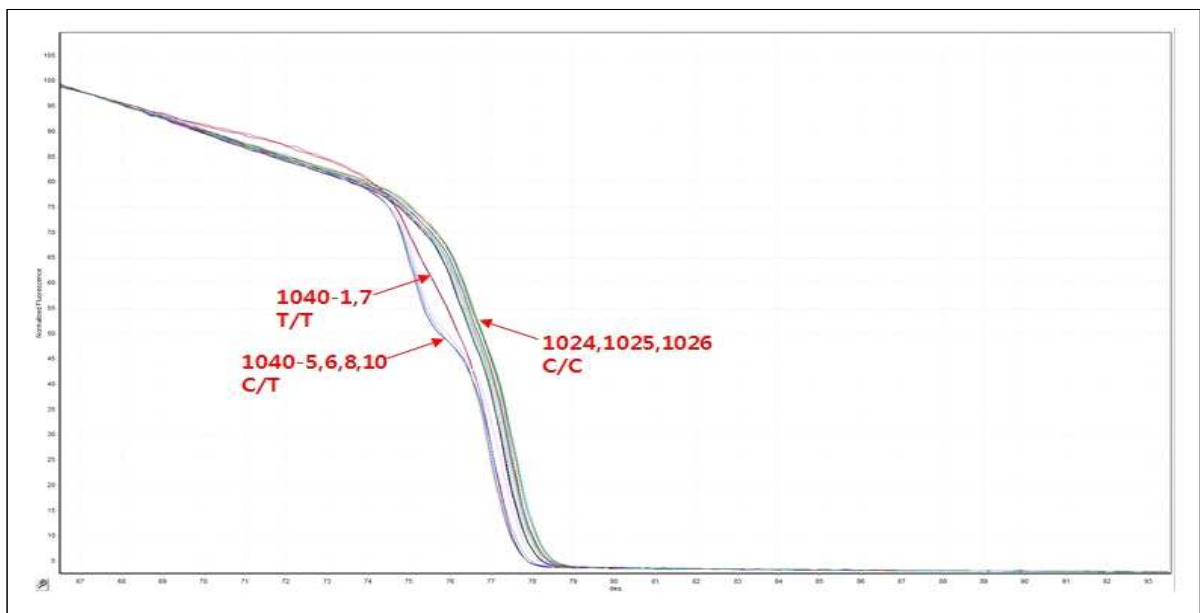


Fig. 6. High resolution melting curve profile of hairless and short-hair 1024, 1025, 1026 lines and hairy seed 1040 line using 659-677-5 SNP primers.

659-677-6 SNP site에 대한 HRM 실험결과, 무모 및 단모 종자 표현형 1024, 1025, 1026 line과 유모 종자 표현형 1040 line간 특이적 SNP를 완벽하게 개체별로 확인할 수 있었다. 단모종자 표현형 659-1 개체의 659-1_09-E02 EST 염기서열의 291bp와 유모종자 표현형 677-14 개체의 677-14_03-B01-R EST 염기서열의 285bp에서 확인된 G/A SNP site (Fig. 7)를 바탕으로 작성된 HRM primer의 실험결과 1024, 1025, 1026 line들과 1040 line간의 melting curve normalised graph 및 difference graph를 통해 뚜렷한 single nucleotide polymorphism을 확인할 수 있었다(Fig. 8). 무모 및 단모종자 표현형 1024, 1025, 1026 line들과 유모종자 표현형 1040 line간 SNP site 차이로 인해서 melting point의 차이를 확인하였으며, 각각의 line들이 동일한 결과를 보인 것으로 보아 659-677-6 SNP site를 바탕으로 작성된 HRM primer는 당근 종자모 형질 관련 분자마커로서 활용할 수 있을 것으로 생각된다.



Fig. 7. 659-677-6 SNP site between 291bp of 659-1_09-E02-R EST from short-hair seed No. 659-1 and 285bp of 677-14_03-B01-R EST from hairy seed OP 677-14.

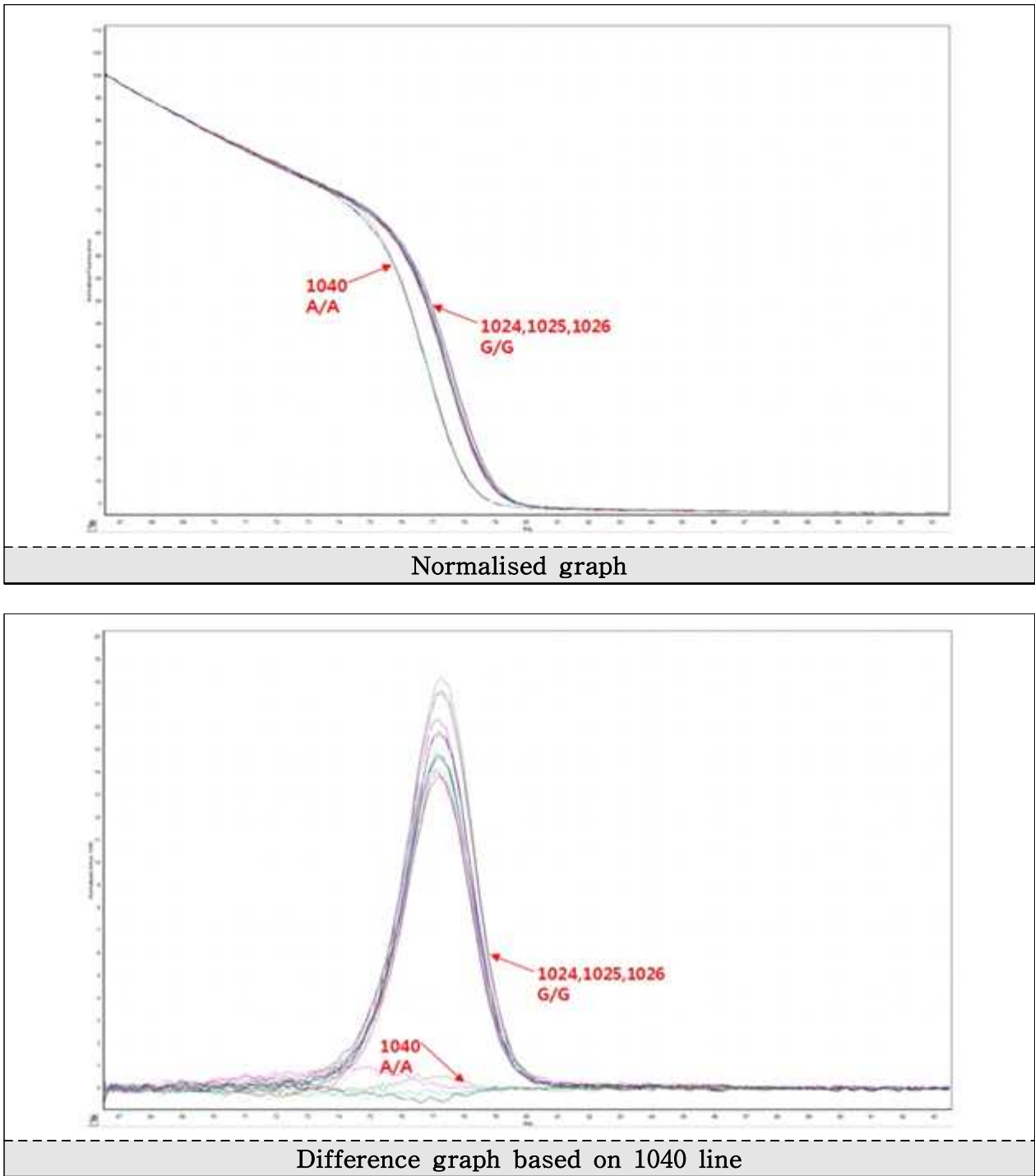


Fig. 8. High resolution melting curve profile of hairless and short-hair 1024, 1025, 1026 lines and hairy seed 1040 line using 659-677-6 SNP primers.

(2) 당근 종자모 형질 관련 SNP 분자마커 개발을 위한 AS-PCR 분석

당근 종자모 형질 관련 SNP 분자마커 개발을 위해 HRM실험 결과를 통해 뚜렷한 다형성이 확인된 659-677-6 SNP site를 대상으로 HRM 분석과 더불어 더욱 간단한 방법으로 당근 종자모 형질 관련 선발을 수행할 수 있는 allele-specific PCR을 위한 프라이머를 작성하였다. AS-PCR primer는 확인된 659-677-6 SNP site의 G/A bp 특이적 다형성을 primer 3' 말단

에 위치하게 하여 PCR을 통해 확인할 수 있도록 유모종자 특이적 front primer와 단모종자 특이적 front primer 및 동일한 reverse primer를 작성하였다. HRM 분석과 동일하게 무모 및 단모종자 표현형 1024, 1025, 1026 line과 유모종자 특이적 1040 line을 이용하여 수행하였다. Annealing 온도를 64.5℃로 설정하여 35 cycle의 PCR을 수행한 결과 유모종자 특이적 primer를 사용한 경우, 유모 종자 표현형 1040 line에서 151bp의 뚜렷한 PCR band를 확인할 수 있었으며, 무모 및 단모 종자 표현형 1024, 1025, 1026 line에서 band가 나타나지 않는 결과를 확인하였다(Fig. 9). 이러한 결과를 바탕으로 개발된 유모종자 특이적 AS-PCR 마커는 당근 종자모형질관련 분자마커로서 종자모형질 관련 선발에 충분히 이용할 수 있을 것으로 생각된다. 무모종자 특이적 primer의 경우 특이적 band를 확인하지 못하여 primer를 다시 design하여 계속 수행할 것이다.

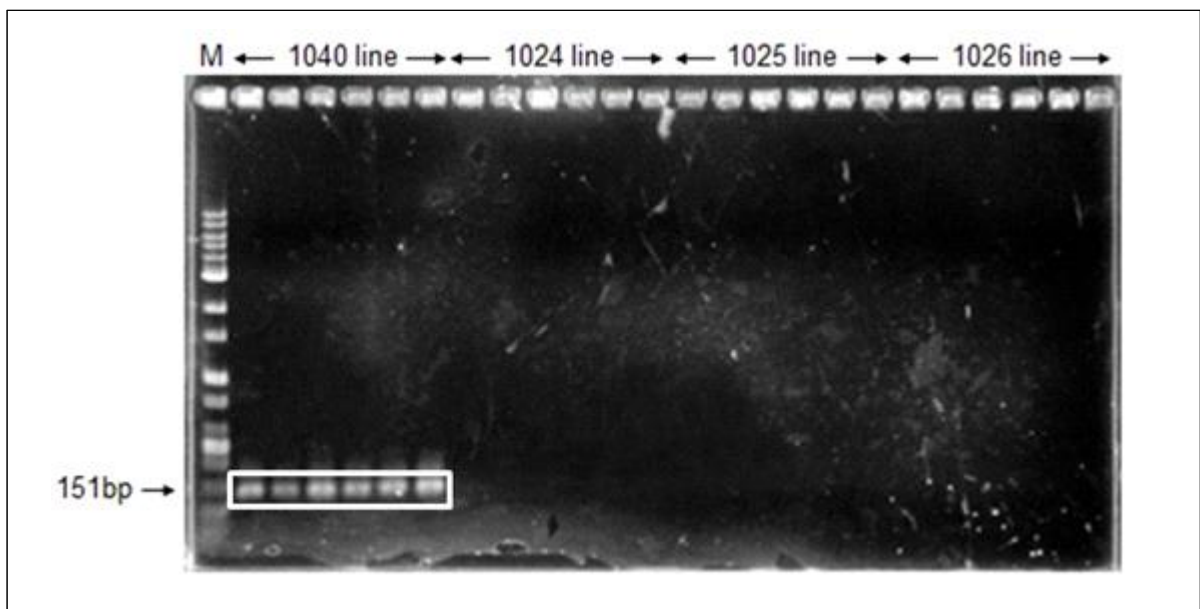


Fig. 9. Allele-specific PCR analysis of hairy seed 1040 line and hairless and short-hair seed 1024, 1025, 1026 lines using 659-677-6 SNP primers. 151bp of PCR product was obtained from hairy seed 1040 line.

(3) 개발된 SNP 마커의 후대검정 및 정확성 검정을 위한 HRM 분석

위와 같이 659-677-6 SNP site에 대해 개발된 당근 종자모형질 관련 분자마커의 후대검정 및 정확성 검정을 위한 HRM 분석을 실시하였다. 무모 및 단모 종자 표현형 1024, 1025, 1026 line들과 유모 종자 표현형 1040 line을 이용한 HRM 분석을 통해 확인한 659-677-6 SNP site를 무모 및 단모 종자 표현형 1024 selfing progeny 7021 line, 1025 selfing progeny 7065 line, 1026 selfing progeny 7111 line 및 유모종자 표현형 1040 line selfing progeny 7208 line을 이용하여 후대 검정하였다. 또한 정확성 검정을 유모종자 표현형 928 line 및 무모 종자 표현형 7148, 7159 line을 이용하여 수행하였다. HRM 수행 조건은 위와 동일하였다. 그 결과 유모종자 표현형 7208 line과 928 line, 무모 및 단모 종자 표현형 7021, 7065, 7111 line 및 무모 종자 표현형 7148, 7159 line간 뚜렷한 single nucleotide polymorphism을 melting curve를 통해 확인하였다(Fig. 10). 이로써 659-677-6 SNP site에 대한 당근 종자

모 형질 관련 HRM 분자마커의 후대검정 및 다른 계통의 개체들을 이용한 실험을 통해 개발된 SNP 분자마커가 당근 종자모 형질 관련 분자마커로서의 정확성을 가지고 있다는 것을 확인할 수 있었다. 본 연구에서 개발된 당근 종자모 형질 관련 SNP 분자마커를 이용한다면 생육 초기에 당근개체의 종자모 형성 관련 선발을 수행할 수 있으므로 무모종자 당근 품종 육성에 유용하게 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

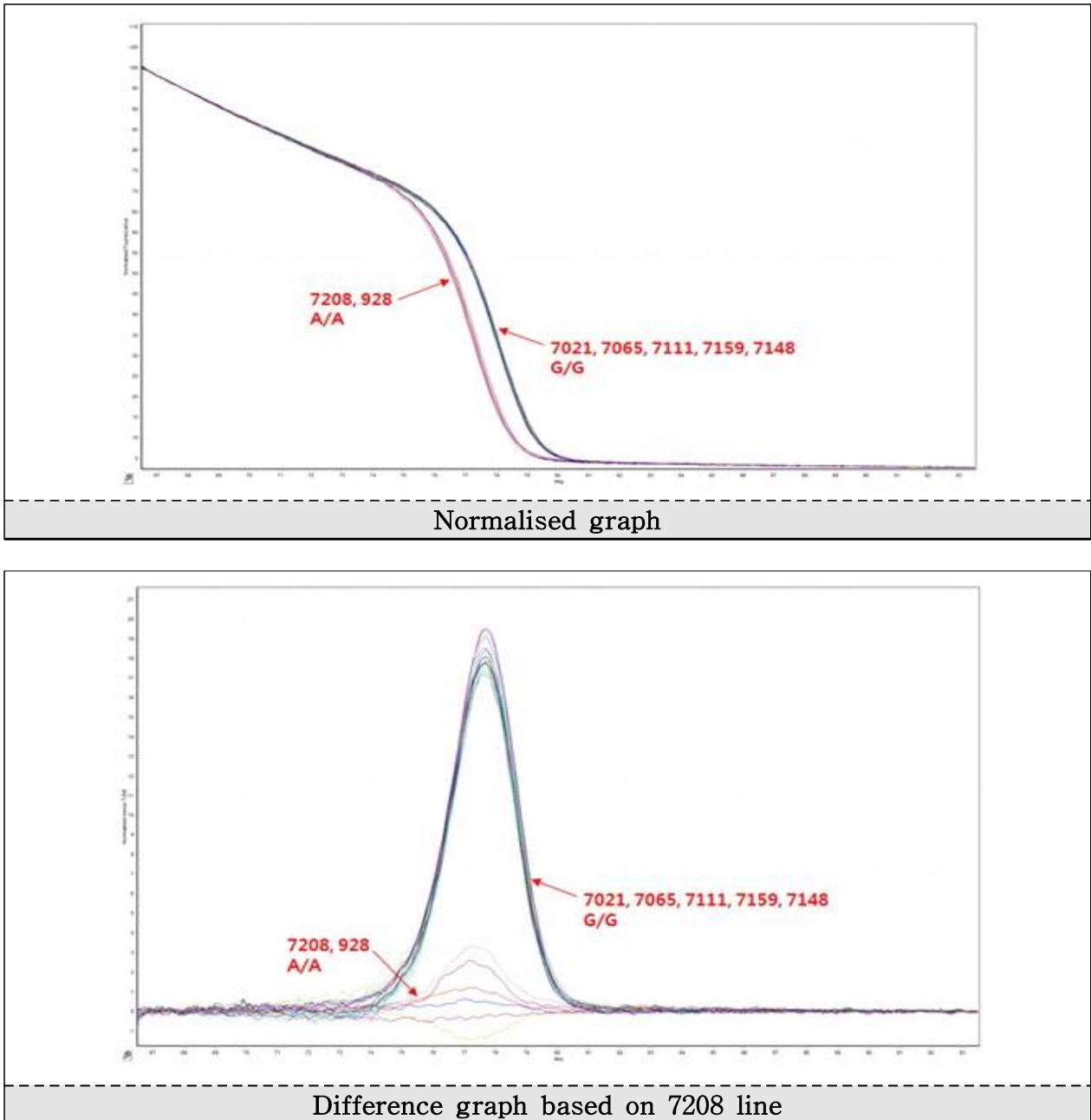


Fig. 10. High resolution melting curve profile of hairless and short-hair 7021, 7065, 7111, 7159, 7148 lines and hairy seed 7208, 928 line using 659-677-6 SNP primers.

2. 5차년도 육성 계통을 이용한 당근 종자모 형질 관련 SNP 분자마커 검정

가. 목적

EST 염기서열 분석 자료를 이용하여 무모 종자 표현형 개체와 유모종자 표현형 개체의 비교분석을 실시하였다. 이를 통해 SNP sites를 확인하여 작성된 primer를 이용한 실험을 통해 종자모 형질 특이적 SNP 분자마커를 개발하였다. 해당 SNP 분자마커에 대한 정확성 검정 및 후대 검정을 위해 5차년도 육성계통을 이용한 실험을 수행하였다.

나. 재료 및 방법

(1) 단모종자 표현형 659-1 개체와 유모종자 표현형 677-14 개체간 EST 비교분석을 통해 확인된 SNP site

단모형 종자 표현형을 가지는 개체 659-1의 98 contigs, 761 singleton과 유모형 종자 표현형을 가지는 개체 677-14의 90 contig, 827 singleton의 EST sequence를 Sequencher ver. 4.10.1 program을 이용하여 두 개체간 assembly 결과를 분석하였다. EST 염기서열 assembly 결과를 바탕으로 동일한 염기서열이 match되는 두 개체의 EST 염기서열간 single nucleotide polymorphism site가 존재하는 부분을 36건 확보하였다. 이들 SNP site를 바탕으로 작성된 HRM 프라이머를 이용한 실험을 통해 659-677-6 SNP 분자마커를 종자모 형질 특이적 분자마커로서 개발하였으며, 이를 이용해 후대검정 및 정확성 검정을 수행하였다.

(2) 당근 종자모 형질 관련 SNP 분자마커 검정을 위한 HRM 및 AS-PCR

당근 종자모 형질 관련 SNP 분자마커 검정을 위해 HRM 실험을 수행하였다. 사용된 개체는 5차년도 무모 및 단모 종자 표현형은 보인 No.7111-4의 selfing progeny 9087 line, No.7111-7의 selfing progeny 9090 line, No. 7114-1의 selfing progeny 9095 line, No. 7114-6의 selfing progeny 9099 line, No. 7114-7의 selfing progeny 9100 line, No. 7118-1의 selfing progeny 9114 line, No. 7118-2의 selfing progeny 9115 line, No. 7118-4의 selfing progeny 9117 line, No. 7118-7의 selfing progeny 9119 line과 유모형 종자 표현형을 보이는 No. 7208의 selfing progeny 9182 line을 이용하였다. HRM은 Qiagen Type-it HRM PCR kit를 이용하여 12.5 μ l 2x HRM PCR Master Mix, 각각의 1.78 μ l 10p primer, 8 μ l RNase free water, 개체별 DNA 1 μ l의 조성으로 Corbett Rotor-Gene 6000을 이용해 수행하였다. 95 $^{\circ}$ C에서 5분간 denaturation 한 후 95 $^{\circ}$ C에서 10초, 60 $^{\circ}$ C에서 35초 45cycle을 진행한 후 65 $^{\circ}$ C에서 95 $^{\circ}$ C까지 2초에 0.1 $^{\circ}$ C씩 올라가며 진행하였다.

다. 결과 및 분석

(1) 당근 종자모 형질 관련 SNP 분자마커 개발을 위한 HRM 분석

당근 종자모 형질 관련 SNP 분자마커 개발을 위해 단모종자 표현형 개체와 유모종자 표현형 개체의 EST 염기서열 분석을 통해 작성된 SNP primer를 이용하여 3차년도 육성된 단

모종자 표현형 1024, 1025, 1026 line과 유모종자 표현형 1040 line을 실험재료로 하여 HRM 실험을 진행하였다. 그 중 659-677-6 SNP site에 대한 HRM 실험결과, 무모 및 단모 종자 표현형 1024, 1025, 1026 line과 유모 종자 표현형 1040 line간 특이적 SNP를 완벽하게 개체별로 확인할 수 있었다. 이러한 결과를 바탕으로 4차년도 육성 계통을 수행하여 후대검정을 수행하였고, 5차년도 무모 및 단모 종자 표현형은 보인 No.7111-4의 selfing progeny 9087 line, No.7111-7의 selfing progeny 9090 line, No. 7114-1의 selfing progeny 9095 line, No. 7114-6의 selfing progeny 9099 line, No. 7114-7의 selfing progeny 9100 line, No. 7118-1의 selfing progeny 9114 line, No. 7118-2의 selfing progeny 9115 line, No. 7118-4의 selfing progeny 9117 line, No. 7118-7의 selfing progeny 9119 line과 유모형 종자 표현형을 보이는 No. 7208의 selfing progeny 9182 line을 대상으로 수행하였다.

HRM 실험결과 무모 및 단모 종자 표현형 계통과 유모형 종자 표현형 계통간 melting curve normalised graph 및 difference graph를 통해 뚜렷한 single nucleotide polymorphism을 확인할 수 있었다(Fig. 11). SNP site 차이로 인해서 melting point의 차이를 확인하였으며, 각각의 line들이 동일한 결과를 보인 것으로 보아 659-677-6 SNP site를 바탕으로 작성된 HRM primer는 당근 종자모 형질 관련 분자마커로서 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

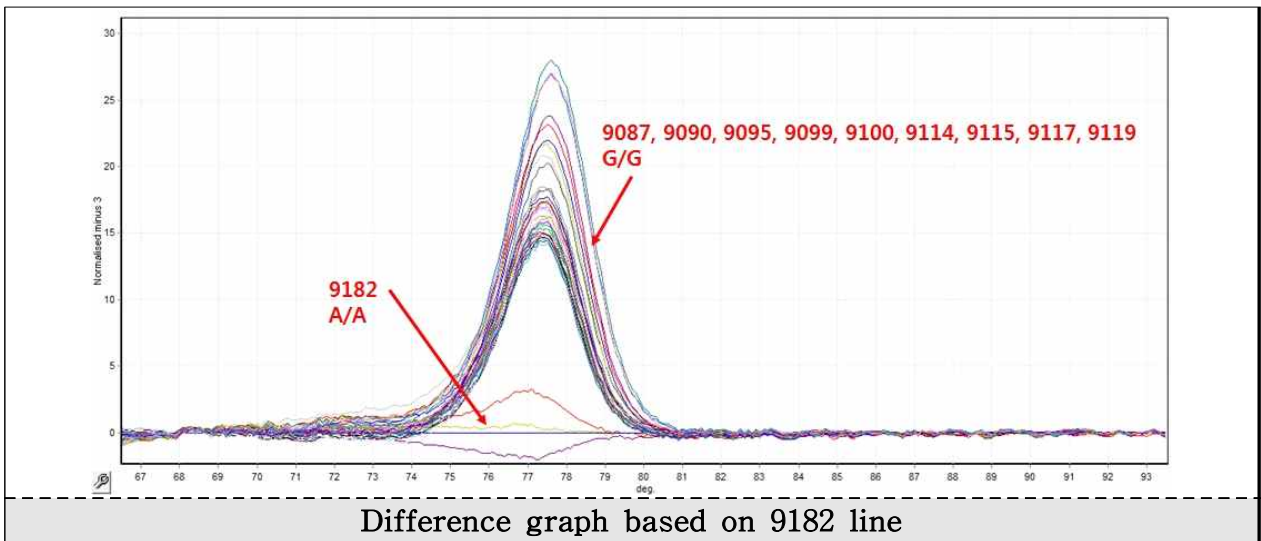
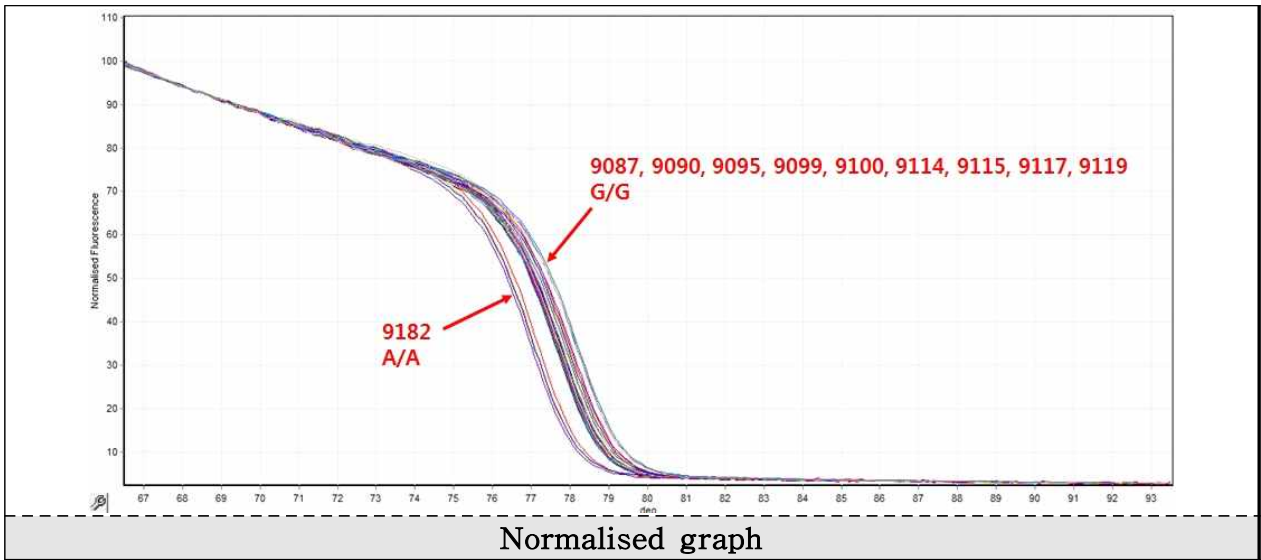


Fig. 11. High resolution melting curve profile of hairless and short-hair 9087, 9090, 9095, 9099, 9100, 9114, 9115, 9117, 9119 lines and hairy seed 9182 line using 659-677-6 SNP primers.

제10절 EST sequence를 바탕으로 당근 종자모 형질 관련 후보 유전자 탐색 및 분석

1. 4차년도 EST 염기서열을 바탕으로 당근 종자모 형질 관련 후보 유전자 탐색 및 분석

가. 목적

무모형 종자 표현형 개체와 유모형 종자 표현형 개체간 EST 염기서열 비교 분석을 통해 당근 종자모 형질 관련 후보 유전자를 탐색하고, real-time PCR을 통한 분석을 실시하여 유전자 선별을 하기 위함이다. 이를 통해 당근 종자모 형질 관련 유전자를 선별할 시 해당 형질에 관한 연구를 마커와 연관시켜 진행하고자 하였다.

나. 재료 및 방법

(1) 단모형 종자 표현형 개체와 유모형 종자 표현형 개체간 EST 염기서열 비교 분석

단모형 종자 표현형 659-1 개체와 유모형 종자 표현형 677-14 및 단모형 종자 표현형 666-13 개체와 유모형 종자 표현형 671-9 개체의 cDNA library 작성 및 EST 염기서열 분석 결과를 이용하였다. 각각의 개체 EST 염기서열의 BlastX search 결과를 바탕으로 각각의 조합에서 659-1개체와 677-14개체를 비교분석한 결과 단모형 종자 표현형 개체에서만 확인된 EST 303개와 666-13개체와 671-9개체를 비교분석한 결과 단모형 종자 표현형 개체에서만 확인된 EST 334개를 확인하였다. 이 중 확인된 EST간 개체별 비교 분석을 통해 동일한 Blast X 결과를 보이는 EST를 38개 선별하였다. 이와 마찬가지로 각각의 조합에서 659-1개체와 677-14개체를 비교 분석한 결과 유모형 종자 표현형 개체에서만 확인된 EST 351개와 666-13개체와 671-9개체를 비교 분석한 결과 유모형 종자 표현형 개체에서만 확인된 EST 365개를 확인하였다. 이 중 확인된 EST간 개체별 비교 분석을 통해 동일한 Blast X 결과를 보이는 EST를 39개 선별하였다. 이들 확인된 각각의 EST 염기서열의 GO(Gene Ontology) 값 중 종자모 형질에 관련되어 있다고 생각되어지는 Cellulose biosynthetic process tree에 속하는 EST를 선별하였는데 단모형 종자 표현형 개체간 비교 분석을 통해 4개의 EST를 선별하였으며, 유모형 종자 표현형 개체간 비교 분석을 통해 10개의 EST를 선별하였다(Table 1). 이렇게 선별한 EST 염기서열을 바탕으로 real-time PCR을 위한 12 개의 primer를 작성하였다(Table 2). EST profiling을 통해 선별한 EST 염기서열을 이용한 real-time PCR을 통해 각각의 유전자 발현양상을 비교함으로써 종자모 형성 관련 유전자를 탐색하고자 하였다.

Table 1. Candidate ESTs related to seed-hair characteristic obtained by the results of EST analysis.

Name	ID	Gene
Short-hair seed phenotype line 659-1 and 666-13		
394-13_03-B01-R.ab1	Q8VYW9	Aminotransferase 1
394-13_01-D11-R.ab1	Q9FQD2	Isocitratelase
394-13_06-F02-R.ab1	Q3KN68	Isoflavonereductase-like protein
394-13_01-E11-R.ab1	Q9LLQ6	Seed maturation protein PM34
Hairy seed phenotype line 677-14 and 671-9		
671-9_11-D05-R.ab1	Q306J8	Acetoacetyl-CoA thiolase
671-9_10-C03-R.ab1	A7QEB3	Chromosome chr1 scaffold_84
671-9_12-C12-R.ab1	P42495	Cinnamyl-alcohol dehydrogenase 1
671-9_04-E12-R.ab1	O80433	Citrate synthase, mitochondrial
671-9_11-G04-R.ab1	P06599	Extensin
CL37Contig1	Q38JJ4	Fructose-bisphosphate aldolase
671-9_10-B08-R.ab1	P17783	Malate dehydrogenase, mitochondrial
671-9_12-E02-R.ab1	Q93X23	Myrcene synthase, chloroplastic
671-9_10-E04-R.ab1	P49035	Sucrose synthase isoform 1
CL36Contig1	Q38JI4	Triosephosphate isomerase

Table 2. Desigend real-time primers using selected EST sequences.

EST sequences	Primer name	Tm	Product length
Short-hair seed phenotype 659-1 and 666-13			
394-13_03-B01-R.ab1	HRC-1	60	227
394-13_01-D11-R.ab1	HRC-2	59	265
394-13_06-F02-R.ab1	HRC-3	60	273
394-13_01-E11-R.ab1	HRC-4	60	399
Hairy seed phenotype 677-14 and 671-9			
671-9_11-D05-R.ab1	HC-1	60	305
671-9_10-C03-R.ab1	HC-2	60	281
671-9_12-C12-R.ab1	HC-3	59	292
671-9_04-E12-R.ab1	HC-4	59	252
671-9_11-G04-R.ab1	HC-5	60	281
671-9_10-B08-R.ab1	HC-6	60	269
671-9_12-E02-R.ab1	HC-7	60	315
671-9_10-E04-R.ab1	HC-8	59	284

(2) 단모형 종자 표현형 line과 유모형 종자 표현형 line을 이용한 real-time 분석

선발된 EST 염기서열을 바탕으로 작성된 당근 종자모 형질 관련 후보 유전자에 대한 real-time primer를 이용하여 real-time PCR을 수행하였다. 무모 및 단모 종자 표현형 1024, 1025, 1026 line 및 유모형 종자 표현형 개체 1040-7을 이용하였다. 각각의 개체에서 종자모 발생시기에 RNA를 추출하여 cDNA를 합성한 뒤, SYBR kit를 이용하여 수행하였다. 실험은 총 3 반복으로 실시하였으며, 95°C 15sec, 60°C 15sec, 72°C 30sec을 1 cycle로 하여 총 40 cycle을 수행하였다. 각 실험의 결과는 delta-delta C_T value 법을 이용하여 분석하였다. 또한 melting analysis 법을 이용하여 증폭된 산물 결과의 신뢰성을 검증하였다.

다. 결과 및 분석

(1) EST 염기서열 비교 분석을 통한 후보 EST를 이용한 real-time PCR 검증

단모형 종자 표현형 개체와 유모형 종자 표현형 개체 간 EST 염기서열 분석을 통해 확보한 당근 종자모 형질 관련 후보 유전자에 대한 real-time PCR을 수행한 결과 Extensin 단백질의 BlastX 결과를 보인 671-9_11-G04-R EST에 대한 결과만이 유의성 있는 무모형 종자 표현형 개체와 유모형 종자 표현형 개체간 차이를 나타냈다. 유모형 종자 표현형 개체 1040-7에 비해, 단모형 종자 표현형 1024, 1025, 1026 line에서 보다 높게 발현된 결과를 볼 수 있었다. 유모 종자 표현형 개체 1040-7의 발현량에 비해 모든 개체가 적게는 3배에서부터 많게는 13배에 이르기까지 높은 발현량을 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 해당 melting point는 $81.78 \pm 0.03^\circ\text{C}$ 의 값을 가져 정확한 동일 산물임을 확인하였다(Fig. 1, 2; Table 3).

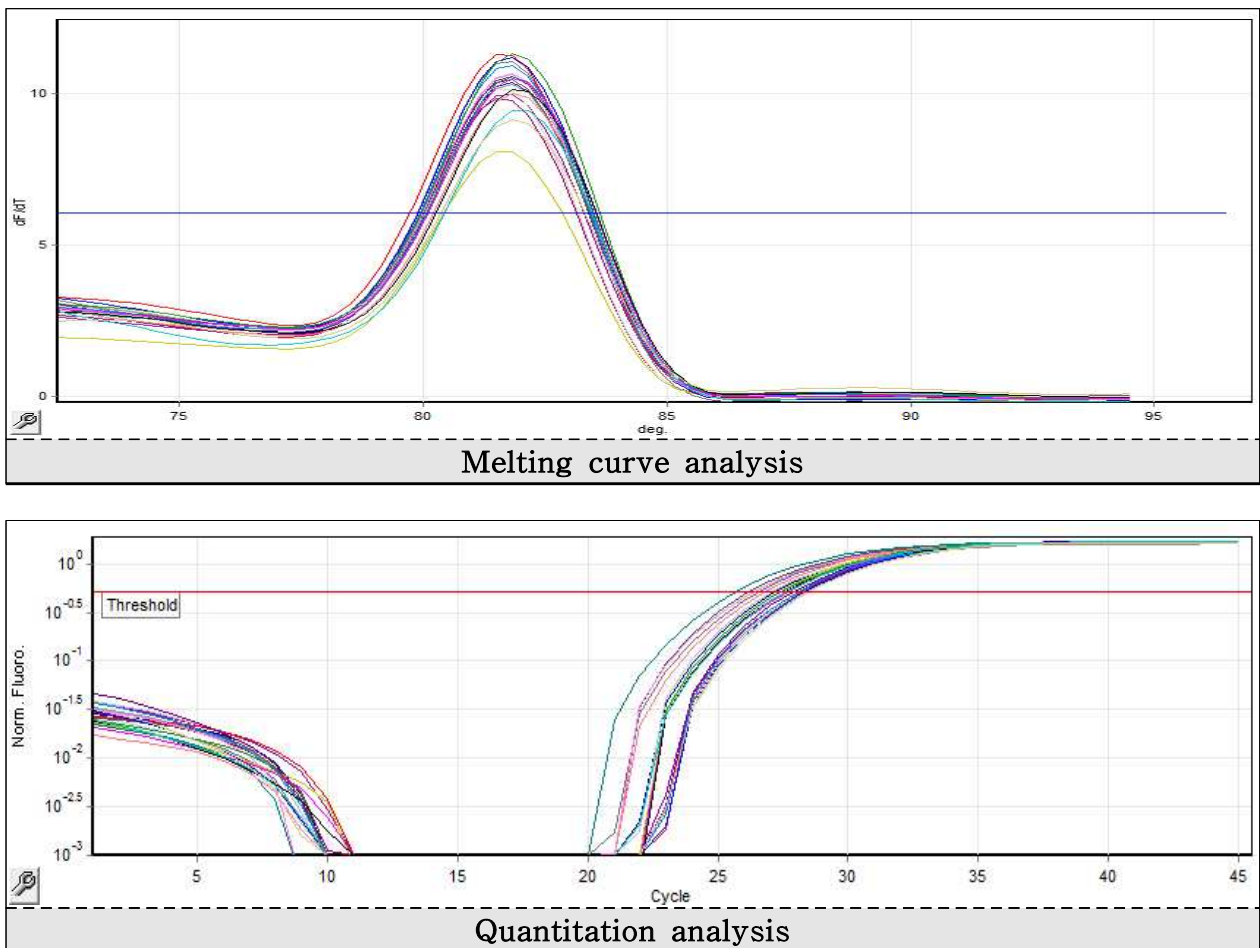


Fig. 1. The melting analysis and quantitative curve graph of real-time PCR analysis for mRNA accumulation of 671-9_11-G04-R EST with 1024, 1025, 1026 lines and 1040 line.

Table 3. Result of real-time PCR analysis for mRNA accumulation of 671-9_11-G04-R EST with hairy seed phenotype 1040-7 and hairless, short-hair seed phenotype 1024, 1025, 1026 lines.

Replicate Name	GOI CT	Norm. CT	Relative Conc.
1040-7	29.09±0.67	25.27±0.67	1.00±0.00
1024-2	29.00±0.81	26.89±0.61	3.36±0.49
1024-3	27.40±0.79	25.44±0.58	3.71±0.57
1024-4	28.44±0.85	26.32±0.64	3.34±0.51
1024-5	27.21±0.92	26.76±0.71	10.67±1.67
1024-7	26.16±0.76	26.07±0.62	13.46±1.34
1024-8	28.39±0.89	26.91±0.68	5.16±0.78
1025-1	27.95±0.73	25.87±0.63	3.35±0.23
1025-2	28.72±0.68	27.19±0.71	4.89±0.10
1025-3	28.41±0.83	26.48±0.41	4.06±1.28
1025-5	26.88±0.70	24.85±0.65	3.47±0.12
1025-6	28.39±0.92	26.45±0.55	3.97±1.11
1025-7	26.05±0.79	25.78±0.67	11.91±1.06
1026-1	27.32±0.79	26.06±0.49	6.19±1.38
1026-4	27.52±0.91	26.09±0.63	5.47±1.12
1026-5	28.52±0.89	26.46±0.57	3.56±0.85
1026-6	27.86±0.80	25.89±0.54	3.74±0.71
1026-17	28.29±0.88	26.19±0.74	3.32±0.33
1026-21	28.85±0.75	26.93±0.66	3.79±0.26

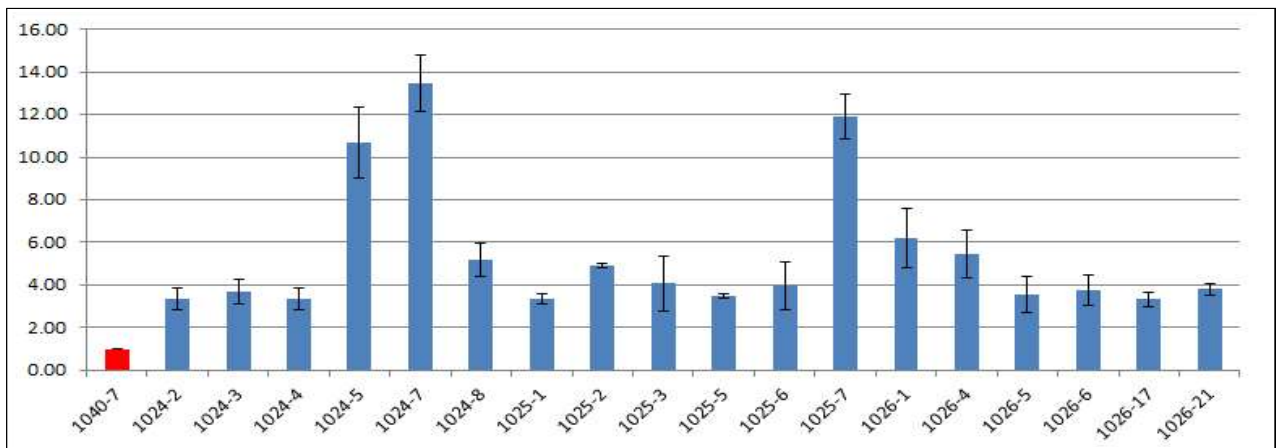


Fig. 2. Result of real-time PCR analysis for mRNA accumulation of 671-9_11-G04-R EST with hairy seed phenotype 1040-7 and hairless, short-hair seed phenotype 1024, 1025, 1026 lines.

Extensin 단백질은 주로 쌍떡잎 식물의 cell wall에서 흔히 존재하는 hydroxyproline-rich glycoprotein으로써 식물 cell wall의 구조에 관여하는 단백질이다. 이는 식물체 세포의 구조에 많은 영향을 주며, 위의 결과를 비추어 봤을 때 유모종자 표현형 개체보다 무모종자 표현형 개체에서의 발현량이 증가한 이유는 extensin 단백질의 다량 발현으로 인하여 종자모 생성 시기에 epidermal cell의 신장이 억제된 것으로 생각된다. 따라서 extensin 단백질은 종자모 형성에 직접적으로 관여한다기 보다는 간접적인 영향을 미치는 요인으로 보이며, 앞으로 더욱 많은 연구를 통해 이러한 당근 종자모 형질 관련 유전자 및 단백질을 선별해 나갈 것이다.

제11절 당근 종자모 형질 관련 분자마커를 이용한 linkage map 작성 및 분석

1. 당근 종자모 형질 관련하여 개발된 분자마커를 이용하여 linkage map 작성 및 분석

가. 목적

개발된 당근 종자모 형질 관련 분자마커를 이용하여 linkage map을 작성함으로써, 각각의 당근 종자모 형질 관련 분자마커 사이의 유전적 거리를 파악하고자 하였다. 분자유전학적인 마커들을 이용한 고밀도 연관지도는 특정 형질에 근접한 마커들을 바탕으로 하여 염색체 상에서 비교분석을 가능하게 한다. 따라서 종자모 형질과 관련된 분자마커들은 선발 지표로서 농업적으로 유용하게 이용될 수 있을 것이며, 이는 당근 종자모 형질과 관련된 육종 연구에 많은 도움이 될 것이다.

나. 재료 및 방법

당근 종자모 형질 관련하여 개발된 526개의 RAPD 분자마커와 5개의 SSR 분자마커를 이용하여 종자모 형질 관련 linkage map을 작성하였다. Linkage map 작성 및 분석은 joinmap 4.0 프로그램을 이용하였다. 연관 그룹 작성에서 LOD 값은 4.0이 사용되었고, 마커간의 유전적 거리는 Kosambi map function (Kosambi, 1944)이 사용되었다.

다. 결과 및 분석

종자모 형질 관련 분자마커를 이용하여 linkage map을 작성하였다. 총 531개의 마커들 중에서 116개의 마커가 linkage map에 연관되어 분포되었으며, A01에 1개, A02에 1개, A03에 40개, A05에 17개, A06에 11개, A07에 13개, A08에 5개, A09에 3개로 총 116개의 마커가 9개의 연관 그룹에 분포되었다 (Table 1). 종자모 형질 관련 linkage map은 총 194.6cM의 길이로 작성되었으며, 두 마커의 평균거리는 1.7cM으로 나타났다 (Fig. 1). 또한 분석된 linkage map은 당근의 염색체수 ($2n=18$)와 동일한 연관그룹으로 나누어지는 것을 확인하였으며, 이 결과를 바탕으로 무모 당근 형질과 관련된 형질을 분석하는데 도움이 될 것으로 생각된다. 그러나 본 연구에서는 종자모 형질 관련 분자마커를 당근 육종에 이용하였지만, 당근의 염기서열 분석이 완성되지 않아 정확한 유전체 정보를 확인할 수가 없었다. 따라서 본 연구에서 작성된 유전자 지도를 바탕으로 하여 고밀도 유전자 지도를 작성하면, 무모 당근의 유전자좌를 규명할 수 있을 것으로 생각되며, 무모당근 형질과 관련된 농업적 형질과 QTL 분석에 유용한 정보를 제공할 것이며, 더 나아가 산형화과 작물의 품종을 육성하는데 효율적으로 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

Table 1. Summary of genetic linkage map of selected markers related to seed hair characteristic in carrot.

No.	Marker name	Linkage group	Linkage position	Marker type
5	A-1-5	A03	67.9	RAPD
9	A-2-4	A08	185.764	RAPD
20	A-5-4	A05	107.767	RAPD
22	A-6-2	A05	99.694	RAPD
23	A-6-3	A05	104.066	RAPD
26	A-8-3	A03	62.955	RAPD
35	A-10-2	A08	174.961	RAPD
40	A-11-2	A05	106.1	RAPD
43	A-11-5	A08	190.171	RAPD
46	A-11-8	A03	60.485	RAPD
49	A-12-3	A03	72.005	RAPD
51	A-12-5	A07	157.435	RAPD
52	A-12-6	A07	158.79	RAPD
53	A-12-7	A04	77.826	RAPD
58	A-13-2	A03	48.542	RAPD
80	A-17-3	A03	66.488	RAPD
82	A-17-5	A04	92.031	RAPD
83	A-17-6	A04	91.083	RAPD
92	A-18-8	A05	113.098	RAPD
99	A-19-1	A07	145.019	RAPD
104	A-19-6	A06	132.955	RAPD
118	AN-1-5	A03	57.143	RAPD
124	AN-2-4	A07	164.713	RAPD
127	AN-3-1	A04	95.221	RAPD
133	AN-3-7	A06	131.992	RAPD
134	AN-3-8	A05	102.12	RAPD
139	AN-5-2	A04	88.218	RAPD
145	AN-5-8	A07	166.705	RAPD
149	AN-6-3	A03	58.334	RAPD

Table 1. Continued.

No.	Marker name	Linkage group	Linkage position	Marker type
167	AN-9-7	A06	123.624	RAPD
170	AN-9-10	A04	74.423	RAPD
171	AN-9-11	A06	143.567	RAPD
193	AN-13-4	A03	48.249	RAPD
194	AN-13-5	A03	57.661	RAPD
200	AN-14-2	A03	52.02	RAPD
202	AN-15-1	A03	54.528	RAPD
204	AN-15-3	A06	141.669	RAPD
222	AN-17-3	A07	149.47	RAPD
223	AN-17-4	A08	181.324	RAPD
227	AN-17-8	A04	93.07	RAPD
235	AN-18-6	A06	125.063	RAPD
236	AN-19-1	A04	71.897	RAPD
245	AN-20-2	A03	50.566	RAPD
246	AN-20-3	A01	0	RAPD
249	F-1-2	A04	80.423	RAPD
251	F-1-4	A03	70.829	RAPD
254	F-1-7	A03	69.014	RAPD
255	F-1-8	A03	68.612	RAPD
256	F-2-1	A03	58.52	RAPD
257	F-2-2	A03	62.951	RAPD
258	F-2-3	A03	64.511	RAPD
263	F-3-3	A04	82.1	RAPD
264	F-3-4	A04	81.733	RAPD
267	F-3-7	A05	104.414	RAPD
269	F-4-2	A05	110.845	RAPD
271	F-4-4	A03	60.681	RAPD
272	F-4-5	A07	157.121	RAPD
276	F-4-9	A03	58.221	RAPD

Table 1. Continued.

No.	Marker name	Linkage group	Linkage position	Marker type
285	F-6-2	A04	93.374	RAPD
287	F-6-4	A04	86.549	RAPD
297	F-9-7	A03	67.956	RAPD
299	F-10-2	A03	65.196	RAPD
304	X-2-1	A03	68.927	RAPD
314	X-3-3	A04	74.446	RAPD
316	X-3-5	A03	67.348	RAPD
320	X-4-1	A05	119.378	RAPD
328	X-5-2	A07	156.74	RAPD
329	X-5-3	A03	61.104	RAPD
330	X-5-4	A03	63.763	RAPD
334	X-5-8	A03	57.713	RAPD
340	X-7-1	A04	96.136	RAPD
341	X-7-2	A03	59.591	RAPD
342	X-7-3	A03	56.048	RAPD
343	X-7-4	A03	60.658	RAPD
344	X-7-5	A03	61.719	RAPD
354	X-8-7	A04	72.505	RAPD
359	X-9-2	A03	66.287	RAPD
364	X-9-7	A04	95.278	RAPD
365	X-9-8	A05	111.261	RAPD
367	X-9-10	A03	61.985	RAPD
376	L-1-6	A06	136.368	RAPD
377	L-1-7	A07	150.149	RAPD
389	L-3-5	A06	142.371	RAPD
405	L-5-5	A05	96.362	RAPD
408	L-5-8	A04	74.605	RAPD
416	L-7-5	A03	61.233	RAPD
424	L-8-2	A05	109.608	RAPD

Table 1. Continued.

No.	Marker name	Linkage group	Linkage position	Marker type
425	L-8-3	A03	49.897	RAPD
433	L-10-1	A06	122.664	RAPD
434	L-10-2	A07	156.536	RAPD
437	L-10-5	A04	78.238	RAPD
445	L-11-3	A03	61.122	RAPD
448	L-11-6	A05	98.553	RAPD
451	L-11-9	A04	82.527	RAPD
453	L-12-2	A04	87.262	RAPD
458	L-12-7	A09	194.05	RAPD
462	L-12-11	A03	67.264	RAPD
463	L-13-1	A09	194.748	RAPD
467	L-14-1	A08	189.328	RAPD
471	L-14-5	A05	97.442	RAPD
472	L-14-6	A04	81.971	RAPD
474	L-14-8	A04	78.264	RAPD
475	L-14-9	A04	75.114	RAPD
477	L-15-1	A03	59.077	RAPD
478	L-15-2	A05	104.258	RAPD
481	L-15-5	A04	76.156	RAPD
484	L-16-1	A05	116.167	RAPD
485	L-16-2	A06	131.796	RAPD
489	L-16-6	A07	158.483	RAPD
495	L-17-4	A09	193.789	RAPD
501	L-18-3	A07	148.921	RAPD
508	L-18-10	A02	40.476	RAPD
510	L-19-1	A05	102.106	RAPD
514	L-19-5	A06	143.174	RAPD
519	L-20-3	A03	63.884	RAPD
523	L-20-7	A07	145.473	RAPD

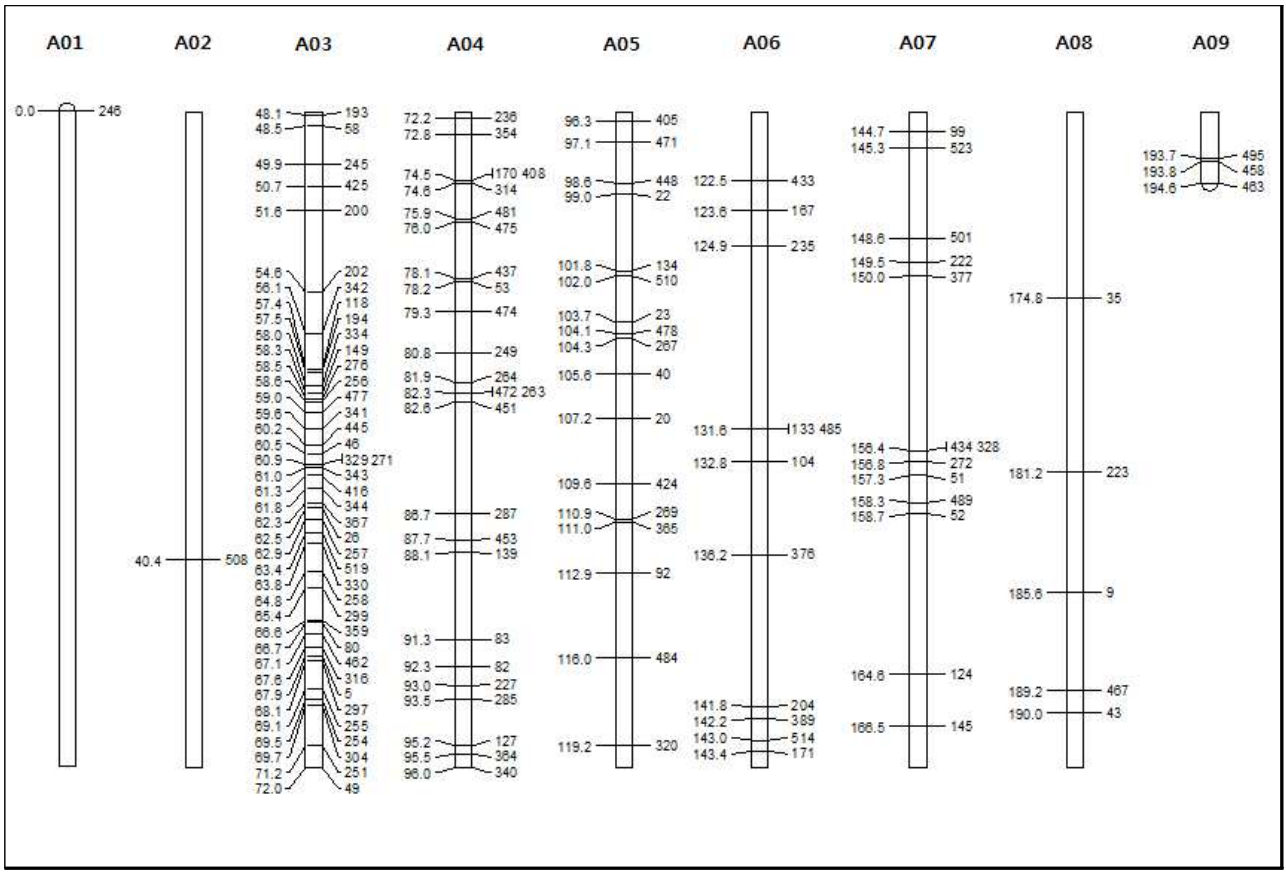


Fig. 1. Linkage maps of selected markers related seed hair characteristic in carrot..

제1협동과제 - 무모계 당근 종자 품종 육성

제1절 유전자원 도입 및 특성파악

2008년부터 2013년까지 중국, 인도등지에서 매년 10점의 새로운 유전자원을 도입하여 특성평가를 하였다. 매년마다 임성조사를 실시하여 가임으로 표현되는 자원은 교배 작업을 통하여 50점 후대 종자를 확보하였고 화분친 22계통을 육성하였다.

1. 무모계 수출용 당근 육성을 위한 해외 유전자원 수집 및 평가

가. 목적

유래별 유전자원을 도입하여 특성평가 후 우량형질은 육성 소재로 활용하고자 함.

나. 재배시험

포장 준비는 계분발효퇴비(480kg/10a) + 원예용 복합 특호비료 N-P-K-고토-붕사(10-11-12-2-0.3) 60kg/10a + 석회(60kg/10a), 토양살충제 모캡(6kg/10a)을 살포하고, 경운작업 후 파종구를 준비하여 2011년 8월 25일 이랑 너비 110cm × 조간거리 18cm × 주간거리 7cm 간격으로 5립씩 점파로 파종하였다. 파종 후 스톱프 유제 60ml/20L 비율로 적정 살포량(300ml/10a)을 살포하여 잡초발생을 억제하였다. 파종 후 7일경 발아가 시작되어, 입고병 예방으로 가지란 1,000배액을 엽면 살포를 하여 입고병을 예방하고 파종 후 25일경 본엽 2매가 되는 시기에 2주씩 남기고 1차 수음을 하였다. 파종 후 30일경 원예용 특호비료를 (20kg/300평) 살포하였다. 파종 45일경 본엽 3~4매가 되는 시기에 1주씩 남기고 최종 수음을 완료한 후 파밤나방 방제로 스텐드 1,000배액을 살포하였다. 파종 후 60일경 2차 추비를 (20kg/300평) 살포하고 관수를 하였다. 11월 상순경 투명비닐(0.05mm × 240cm)로 터널 설치와 2.4m폭의 보온 덮개를 피복하여 보온관리를 하여 월동재배로 저온감응을 유도하였다. 월동과정에서 발생하는 부패방지를 위해 일품 + 아미스타 1,000배액을 15일 간격으로 2회 살포하여 무름병을 예방하였다.

다. 선 발

월동이 완료된 모본을 2012년 3월 상순부터 수확을 하였고 번호별 특성조사는 육안으로 판별하여 근형, 근색, 심색, 등을 조사하여 선발하였다. 심부색의 선발은 어깨에서부터 13cm 하단 부위를 종단으로 절단하여 육색이 붉은색으로 착색이 잘되는 개체를 선발하였다. 선발된 개체는 잎을 3cm정도 남기고 자른 후 아미스타 + 일품 1,000배액에 10분간 소독을 하였다.

라. 정 식

포장 준비는 계분발효퇴비(480kg/10a) + 원예용 복합 특호비료 N-P-K-고토-붕사(10-11-12-2-0.3) 60kg/10a, 석회(60kg/10a) + 토양살충제 모캡(6kg/10a)을 살포하고, 경운작업 후 110cm × 40cm 정식구를 준비하여 검정색 멀칭비닐 (0.03cm × 140cm)로 멀칭 하였으며, 2012

년 3월 상순부터 선발된 번호별로 배치와 정식을 하였다. 정식 후 7일경 활착이 시작되어 모본의 활력을 촉진시키기 위해 복합 영양제 2호 1,000배액을 7일 간격으로 3회 엽면 살포하였다.

마. 개화조사 및 임신조사

2012년 5월 중순부터 개화가 시작되어 개화기 조사를 무, 中, 晩으로 조사 하였고 임신 조사는 불임, 가임으로 조사하였다.

바. 교 배

2012년 5월 하순부터 개화가 시작되어 cage + 파리를 이용하여 selfing으로 교배를 하였다.

사. 모형조사

2012년 7월 상순부터 교배가 완료된 개체별로 모용의 길이를 1(짧다), 3(중간), 5(길다)를 기준삼아 육안으로 조사하였다.

아. 종자 확보

교배 완료 후 cage를 제거하고 응애, 흰가루병 방제로 살비왕+섹큐어+훼나리 1,000배 약제를 7일 간격으로 3회 살포하였다. 2012년 7월 중순부터 종피색이 갈색으로 70% 이상 착색 되는 개체는 화지를 절단하여 도입번호별로 양과망에 예취하고 건조가 완료된 번호별로 탈종하여 제모 작업과 정선 과정을 거쳐 종자를 확보하였다.

2. 연차별 시험결과

가. 1차년도 시험내용 및 결과

(1) 시험방법

구분	파종일	수확기	정식일	교배 기간	모 용 조사	처리수	교배 방법	비고
유전자원 특성검정	08. 8. 20	09. 2하	09. 3.상	09. 5~6월	09, 7상	10	selfing	하우스

(2) 결과

표 1과 그림 1은 2008년도 수집된 유전자원의 주요특성 및 선발모본의 사진이다. 도입된 유전자원은 야생에서 유래되어 전해져 일반종인 상태로 유지된 것으로 추정되며 임신조사를 거쳐 가임으로 표현되는 10점을 교배하여 모형조사를 실시한 결과 무모형의 개체를 발견할 수 없었으나 근색이 Red-Type인 4점중 계통개발의 재료로 이용 가능한 No. 491, 492 계통을 선발하였으며 선발된 2점을 포함한 8점의 종자를 확보하였다.

표 1. 2009년도 유전자원특성 및 종자생산내역

번호	도입번호	도입국	주요특성							종자량 (ml)	비고
			근형	근색	심색	비대력	개화기 ^z	입성	모용 ^y		
375	CA-2004	인도	원추장	보라색	백색	조생	조	가임	5	12	
419	CA-7005	중국	원추	노랑	노랑	조	중	가임	5	10	
432	CA-1065	영국	추장	빨강	빨강	중	중	가임	3	50	
443	CA-1077	미국	원추	노랑	노랑	조	중	가임	5	76	
445	CA-1035	미국	원추	백색	백색	중만	중	가임	5	35	
453	CA-1053	미국	원추	보라색	오렌지	중조	중	가임	5	86	
483	CA-1066	인도	원추장	빨강	빨강	중생	중	가임	3	115	
485	CA-1064	영국	원추	보라색	오렌지	조생	중	가임	5	100	
491	CA-1087	영국	원추장	빨강	빨강	중생	중만	가임	3	70	
492	CA-1083	인도	원추장	빨강	빨강	중생	중	가임	3	22	

^z 개 화 기 : 조(빠르다), 중(중간), 만(늦다)

^y 모 용 : 1(짧다), 3(중간), 5(길다)

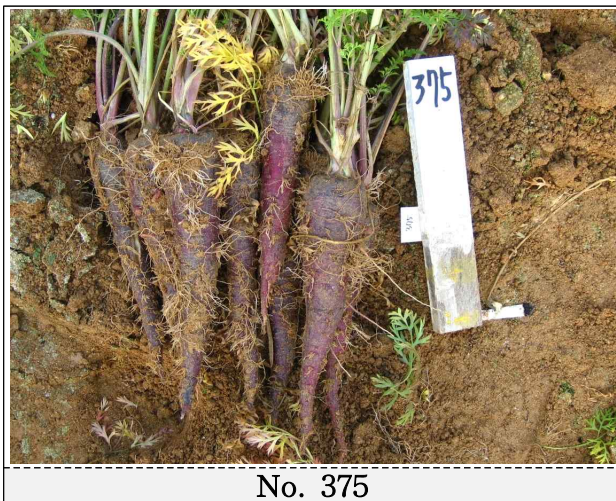


그림1. 유전자원 근형모습



No. 445



No. 453



No. 483



No. 485



No. 491



No. 492

그림1. 계속

나. 2차년도 시험내용 및 결과

(1) 시험방법

구분	파종일	수확기	정식일	교배 기간	모 용 조사	처리수	교배 방법	비고
유전자원 특성검정	09. 8. 20	10.02하	10.03상	10.05~06월	10.07상	10	Selfing	하우스

(2) 결과

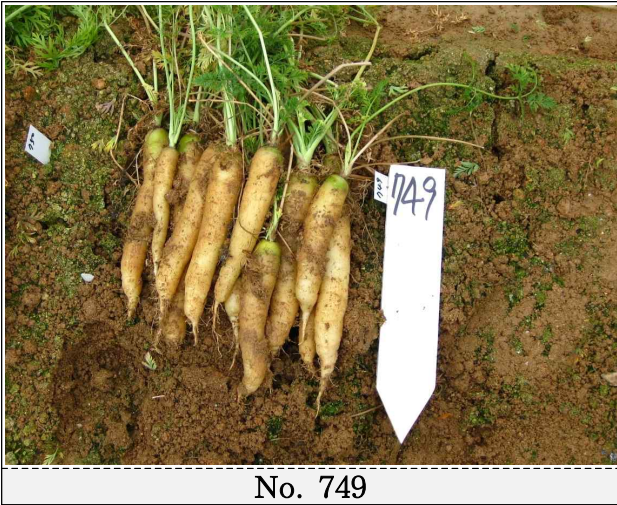
표 2와 그림 2는 수집된 유전자원의 주요특성 및 선발모본의 사진이다. 수집된 10점을 공시하여 임성조사를 거쳐 가임으로 표현되는 8점을 교배하여 모형조사를 실시한 결과 무모형의 개체는 확인 할 수 없었으나 당근육성에 필요한 유용 자원의 종자를 8점 확보하였다. 본 시험에서 공시재료로 수집된 유전자원은 각각 유래 지역에서 오랜 기간 동안 자연 상태에서 교잡되고 결실되어 전해져 온 것으로 추정되며 용도에 따라 수년간 인공적인 선발육종을 거쳐 계통화 되어 유지되고 있다. 앞으로 다양한 자원을 지속적으로 수집하고 유지하면서 색상이 다양한 계통개발이 가능하며 추후 고기능성 품종개발의 육성소재로 이용가치가 클 것으로 전망된다.

표 2. 2010년도 유전자원특성 및 종자생산내역

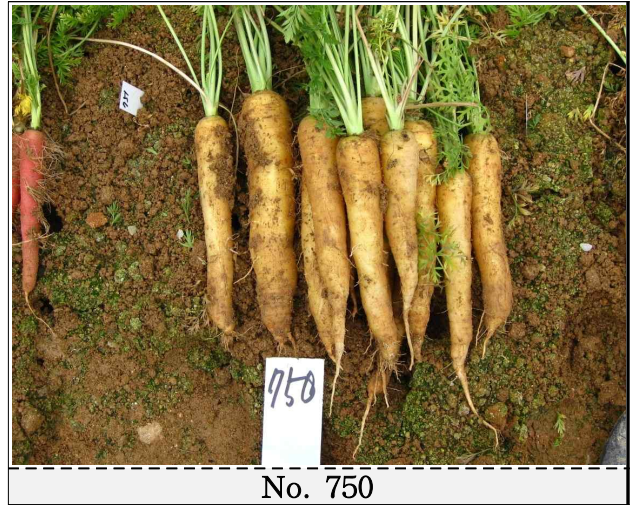
번호	도입번호	도입국	주요특성							종자량 (ml)	비고
			근형	근색	심색	비대력	개화기 ^z	임성	모용 ^y		
749	CA-1081	영국	Nantes	White	White	중생	중만	불임	5	-	
750	CA-1082	영국	Imperator	White	White	조생	중만	불임	5	-	
751	CA-1083	영국	Imperator	Red	Red	중생	중	가임	3	23	
752	CA-1084	영국	Chantenay	Purple	Orange	중생	중	가임	5	36	
753	CA-1085	영국	Imperator	White	White	중생	중	가임	5	20	
754	CA-1086	영국	Chantenay	Purple	Orange	조생	중	가임	5	50	
755	CA-1087	영국	Imperator	Red	Red	중생	중	가임	3	17	
756	CA-1088	영국	Kuroda	Yellow	Yellow	조생	중	가임	5	26	
757	CA-1089	영국	Kuroda	Yellow	Yellow	조생	중	가임	5	16	
758	CA-1090	영국	Nantes	White	Pink	조생	중만	가임	5	8	

^z 개 화 기 : 조(빠르다), 중(중간), 만(늦다)

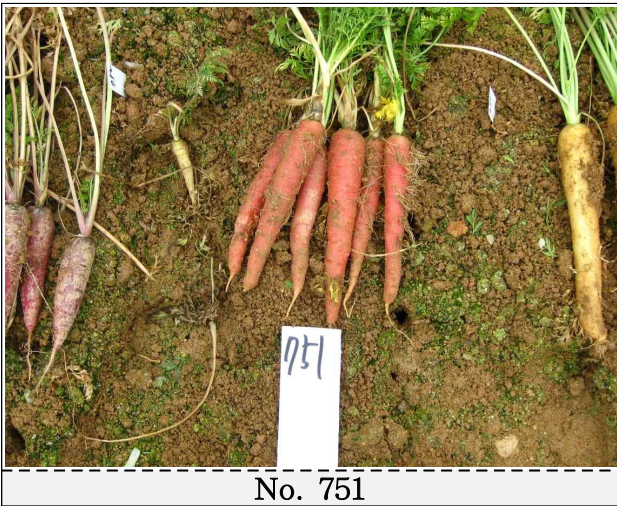
^y 모 용 : 1(짧다), 3(중간), 5(길다)



No. 749



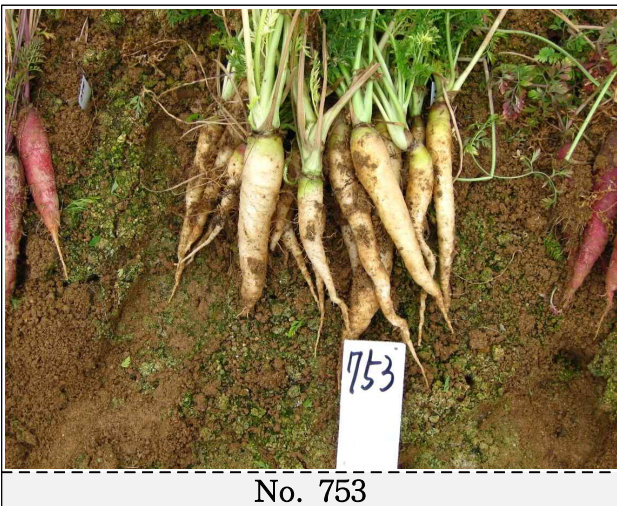
No. 750



No. 751



No. 752



No. 753



No. 754

그림 2. 유전자원 근형모습



그림 2. 계속

다. 3차년도 시험내용 및 결과

(1) 시험방법

구분	파종일	수확기	정식일	교배 기간	모 용 조사	처리수	교배 방법	비고
유전자원 특성검정	10. 8. 22	11.02하	11.03상	11.05~06월	11.07상	10	sibing	하우스

(2) 결과

본 시험에서 공시재료로 수집된 유전자원은 중국의 자생 지역에서 오랜 기간 동안 자연 상태에서 교잡되고 결실되어 수십 세대를 거쳐 유지되어 전해져온 것으로 추정되며 최근에 와서 유래자원의 중요성 인식으로 근형별 선발육종을 시도하고 있다. 앞으로 다양한 자원을 지속적으로 수집하고 유지하면서 본과제의 목적에 부합되는 품종개발에 활용하고 더불어 색상이

다양한 계통 개발도 가능함으로 추후 고기능성 품종개발의 육성소재로 이용가치가 클 것으로 전망된다 (표 3; 그림 3).

표 3. 2011년도 유전자원특성 및 종자생산내역

번호	도입번호	도입국	주요특성						모용 ^y	종자량 (ml)	비고
			근형	근색	심색	비대력	개화기 ^z	임성			
904	CA-1091	중국	Nantes	Red	Red	조생	중만	가임	5	140	
905	CA-1092	중국	Nantes	Red	Red	조생	중만	가임	5	58	
906	CA-1093	중국	Nantes	Red	Red	조생	중만	가임	5	38	
907	CA-1094	중국	Nantes	Red	Red	조생	중만	가임	5	140	
908	CA-1095	중국	Nantes	Red	Red	조생	중만	가임	5	25	
909	CA-1096	중국	Imperator	Red	Red	중생	중만	가임	5	30	
910	CA-1097	중국	Kuroda	Red	Red	중생	중만	가임	5	22	
911	CA-1098	중국	Kuroda	Red	Red	중생	중만	가임	5	90	
912	CA-1099	중국	Imperator	Red	Red	중생	중만	가임	5	26	
913	CA-1100	중국	Nantes	Red	Red	조생	중만	가임	5	86	

^z 개 화 기 : 조(빠르다), 중(중간), 만(늦다)

^y 모 용 : 1(짧다), 3(중간), 5(길다)



No. 904



No. 905

그림 3. 유전자원 근형모습



No. 906



No. 907



No. 908



No. 909



No. 910



No. 911

그림 3. 계속

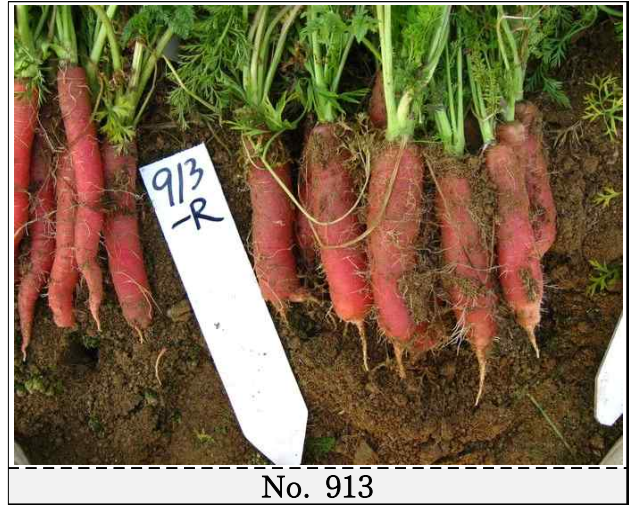
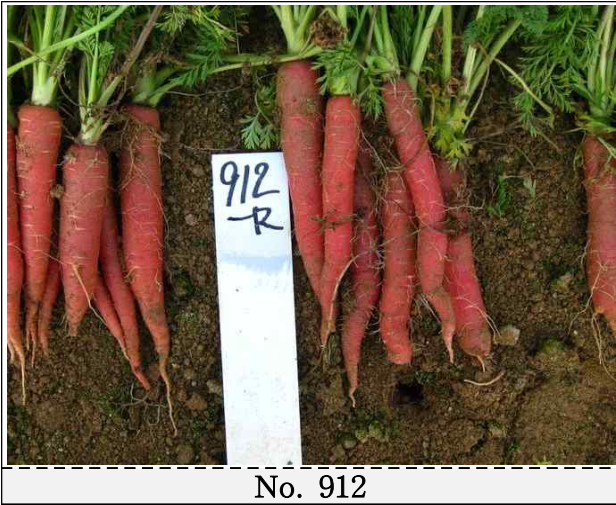


그림 3. 계속

(라) 4차년도 시험내용 및 결과

(1) 시험방법

구분	파종일	수확기	정식일	교배 기간	모 용 조 사	처리수	교배 방법	비고
유전자원 특성검정	11.08.25	12.02 하	12.03 상	12.05~06월	12.07 상	10	sibing	하우스

(2) 결과

본 시험에서 공시재료로 수집된 유전자원은 중국의 青海省, 四川省, 西藏自治區, 新疆自治區 등 서부지역을 자생 지역으로 오랜 기간 동안 자연 상태에서 교잡되고 결실되어 수세대를 거쳐 유지되어 전해져 유래된 유전자원이며, 최근에 중국 현지회사도 유래자원의 중요성을 인식 하여 선발육종을 시도하고 있다. 앞으로 다양한 자원을 지속적으로 수집하고 유지하면서 본과제의 목적에 부합되는 품종개발의 재료 활용과 더불어 색상이 다양한 계통 개발도 가능할 것으로 판단되며, 추후 고기능성 품종개발의 육성소재로 이용가치가 클 것으로 전망된다 (표4; 그림 4).

표 4. 2012년도 유전자원특성 및 종자생산내역

번호	도입번호	도입국	주요특성							종자량 (ml)	비고
			근형	근색	심색	비대력	개화기 ^z	임성	모용 ^y		
829	CA-1101	중국	Nantes	Red	Red	조생	중만	가임	5		
830	CA-1102	중국	Nantes	Red	Red	조생	중만	가임	5		
831	CA-1103	중국	Nantes	Red	Red	조생	중만	가임	5		
832	CA-1104	중국	Nantes	Red	Red	중생	중만	가임	5		
833	CA-1105	중국	Nantes	Red	Red	조생	중만	가임	5		
835	CA-1106	중국	Nantes	Red	Red	중생	중만	가임	5		
836	CA-1107	중국	Nantes	Red	Red	중생	중만	가임	5		
837	CA-1108	중국	Nantes	Red	Red	중생	중만	가임	5		
839	CA-1109	중국	Kuroda	Red	Red	중생	중만	가임	5		
843	CA-1110	중국	Nantes	Red	Red	조생	중만	가임	5		

^z 개 화 기 : 조(빠르다), 중(중간), 만(늦다)

^y 모 용 : 1(짧다), 3(중간), 5(길다)



No. 829

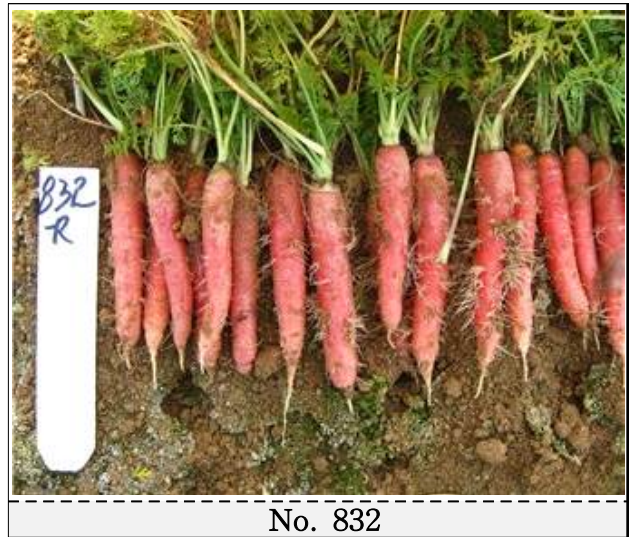


No. 830

그림 4. 유전자원 근형모습



No. 831



No. 832



No. 833



No. 835



No. 836



No. 837

그림 4. 계속



No. 839



No. 843

그림 4. 계속

(마) 5차년도 시험내용 및 결과

(1) 시험방법

구분	파종일	수확기	정식일	교배 기간	모 용 조사	처리수	교배 방법	비고
유전자원 특성검정	12.08.23	13.02 하	13.03 상	13.05~06월	13.07 상	10	sib cross	하우스

(2) 결과

수집된 유전자원의 주요특성 및 선발모본을 분석하였다. 수집된 유전자원 10점을 공시하여 임성조사를 거쳐 가임으로 표현되는 10점을 교배하여 종자를 확보하였다. 그 중 No. 954, No. 955, No. 958의 성능이 우수한 것으로 평가하였다. 추후 세대진전 및 선발을 통하여 화분친 계통으로 활용하였다 (표 5, 그림 5).

표 5. 2013년도 유전자원특성 및 종자생산내역

번호	도입번호	도입국	주요특성							종자량 (ml)	비고
			근형	근색	심색	비대력	개화기 ^z	임성	모용 ^y		
952	CA-1201	중국	Nantes	Red	Red	조생	중만	가임	5	45	Mini
953	CA-1202	중국	Nantes	Red	Red	중생	중만	가임	5	53	
954	CA-1203	중국	Nantes	Red	Red	중생	중만	가임	5	37	
955	CA-1204	중국	Nantes	Red	Red	조생	중만	가임	5	120	
956	CA-1205	중국	Nantes	Red	Red	조생	중만	가임	5	65	
957	CA-1206	중국	Nantes	Red	Red	중생	중만	가임	5	38	
958	CA-1207	중국	Nantes	Red	Red	조생	중만	가임	5	82	
959	CA-1208	중국	Nantes	Red	Red	조생	중만	가임	5	47	
960	CA-1209	중국	Nantes	Red	Red	조생	중만	가임	5	70	
961	CA-1210	중국	Nantes	Red	Red	조생	중만	가임	5	152	

^z 개 화 기 : 조(빠르다), 중(중간), 만(늦다)

^y 모 용 : 1(짧다), 3(중간), 5(길다)



그림 5. 유전자원 근형모습



No. 956



No. 957



No. 958



No. 959



No. 960



No. 961

그림 5. 계속

제2절 모본성능검정 및 선발

2009년부터 2013년까지 시험에서 CT-SMROP-616OP-389-1-3 line에서 파생된 17계통 295개체와 616OP-389-⊗-14-line에서 단모로 표현되는 6계통 174개체, Control line인 No. 9182 23개체, 웅성불임 line 9163 118개체, 전체 609개체를 특성을 파악 하였다. 특성조사 결과 각각의 계통은 제반특성이 동일한 것으로 표현되어 고정됨을 확인하였다 (표 06, 그림 06). 화분친 계통은 중국 유래 16계통과 인도유래 Deci-Red type 6계통을 공시하여 3월상순 월동이 완료된 시점에 수확하여 근색, 심부색 뿌리의 모양 등 특성을 고려하여 육안으로 특성을 조사하였다. 조합선발 No. 6346, 화분친 No. 201, CT-CH09-491OP-1은 Nantes-type으로, 선발 No. 6375 화분친 No. 217 CT-INDeci12-900OP은 Imperator-type을 제주월동시험에 공시하여 순도선발을 하였다.

1. 1차년도 모본성능검정 및 선발

가. 목적

- (1) 성능검정을 통한 모본의 개체별 특성을 파악하고 선발개체는 계통육성에 활용함.
- (2) 1차년도의 성능시험은 전체 개체를 공시하여 단모형의 무모 개체를 선발하고자함.
- (3) 저온기 재배시험지로 적합한 제주도에 계통의 성능시험을 실시하여 저온기 비대형의 계통개발에 활용함.

나. 시험방법

구분	파종일	수확일	처리수	비고
모본성능검정 및 선발	08. 8. 20	09. 2하	2계통 153개체	하우스
계통저온기성능시험	09. 8. 09	09. 12-10. 2상	2	제주

다. 재배

(1) 모본성능검정

재배는 격리된 시설하우스에서 시험을 수행하였다 포장 준비는 계분발효퇴비(480kg/10a), 원예용 복합특호비료N-P-K-고토-붕사(10-11-12-2-0.3) 60kg/10a, 석회(60kg/10a), 토양살충제 후라탄(2kg/10a)을 살포하고, 경운작업 후 파종구를 준비하여 2008년 8월 20일 이랑너비 110cm × 조간거리 18cm × 주간거리 7cm 간격으로 5립씩 점파를 하였다. 파종 후 스톱프 유제 60ml/20L비율로 적정 살포량(300ml/10a)을 살포 하여 잡초발생을 억제하였다. 파종 후 7일경 발아가 시작되어, 입고병 예방으로 가지란 1,000배액을 엽면 살포를 하여 입고병을 예방하고 파종 후 25일경 본엽 2매가 되는 시기에 2주씩 남기고 1차 수음을 하였다. 파종 45일

경 본엽 3~4매가 되는 시기에 1주씩 남기고 최종 숙음을 완료하고 파밤나방 방제로 파밭마 1,000배액을 살포하였다 11월 상순경 투명비닐(0.05mm×240cm)로 터널 설치와 2.4m폭의 보온 덮개를 피복하여 보온관리를 하여 재배하였다. 월동과정에서 발생하는 부패방지를 위해 일품+아미스타 1,000배액을 15일 간격으로 3회 살포하여 무름병을 예방하였다.

(2) 계통 저온기성능시험

저온 비대성 및 뿌리의 착색등 특성과약을 위한 제주당근의 주산지인 구좌에서 현지의 재배 관행에 따라 시험을 진행하였다.

라. 선발

2009년 3월 상순부터 개체별 모본수확을 하여 선발은 근형, 근색, 심색, 근미모양, 추근성, 초세, 숙기열근성을 육안으로 조사하고 전체 153개체를 선발하였다 (표 6, 그림 6).

표6. 2009년도 모본 특성 검정표

조사번호	계통번호	근형	근색	심색	근미 모양	추근성	초세	비대성	열근성	비고
615-1		원추	5	5	3	5	4	4	안정	
615-2		원추	5	5	2	5	4	3	안정	
615-3		원추	3	3	3	5	4	4	안정	
615-4		원추	2	2	1	5	4	1	안정	
615-5		원통	5	5	4	3	4	5	안정	
615-6		원통	5	5	3	2	5	5	안정	
615-7		원추	2	2	1	5	3	2	안정	
615-8		원추	2	2	2	5	3	2	안정	
615-9		세장	2	2	1	5	1	1	안정	
615-10		원추	4	4	2	5	4	4	안정	
615-11		원추	4	4	1	5	3	3	안정	
394-1		원추	5	5	3	5	4	4	안정	
394-2		원추	3	3	1	5	4	3	안정	
394-3		원추	4	4	2	5	4	4	안정	
394-5		원추	4	4	2	5	4	3	안정	
394-6		원추	3	3	1	5	3	3	안정	
394-7		원통	5	5	3	5	4	4	안정	
394-8		원추	3	3	1	5	4	3	안정	
394-9		원추	4	4	2	5	4	3	안정	
394-10		원추	2	2	1	5	3	2	안정	
389-1		원추	5	5	3	5	4	4	안정	
389-0		원추	5	5	2	5	4	4	안정	
388-1		세장	5	5	1	5	1	1	안정	
388-2		원통	5	5	3	5	4	5	안정	
388-3		원통	5	5	3	5	3	4	안정	
388-4		원추	5	5	1	5	3	3	안정	
388-5		원통	5	5	3	5	3	4	안정	
388-6		세장	5	5	1	5	2	1	안정	
388-7		원통	5	5	3	5	5	5	안정	
388-8		원통	5	5	3	5	4	4	안정	
388-9		원추	5	5	2	5	5	5	안정	
388-10		세장	5	5	1	5	2	1	안정	
388-11		원통	5	5	3	5	4	4	안정	
388-12		원통	5	5	3	5	4	4	안정	
388-13		원통	5	5	3	5	4	4	안정	
388-14		원통	5	5	3	5	4	4	안정	
388-15		원추	5	5	3	5	5	5	안정	
388-16		원추	5	5	3	5	4	4	안정	지근
388-17		원통	5	5	3	5	4	4	안정	
388-18		원통	5	5	3	5	4	4	안정	
388-19		원추	3	3	1	5	3	1	안정	
388-20		원통	5	5	3	5	4	4	안정	
388-21		원추	5	5	3	5	5	5	안정	
388-22		원통	5	5	3	5	4	4	안정	
388-23		원통	5	5	4	5	4	4	안정	
388-24		원추	3	3	1	5	2	2	안정	지근
388-25		원통	5	5	4	5	4	4	안정	
388-26		원통	5	5	3	5	4	4	안정	

표 6. 계속

조사번호	계통번호	근형	근색	심색	근미 모양	추근성	초세	비대성	열근성	비고
388-27		원통	5	5	3	5	4	4	안정	
388-28		원통	5	5	3	5	4	4	안정	
388-29		원통	5	5	3	5	4	4	안정	
388-30		세장	5	5	1	5	2	2	안정	
388-31		원추	5	5	3	5	4	4	안정	지근
388-32		원통	5	5	3	5	4	4	안정	
388-33		원통	5	5	2	5	3	2	안정	
388-34		원통	5	5	3	5	4	4	안정	
388-35		원통	5	5	3	5	4	4	안정	
388-36		원통	5	5	2	5	3	3	안정	
388-37		원통	5	5	2	5	3	3	안정	
388-38		원추	5	5	2	5	5	5	안정	
388-39		원추	4	4	1	5	1	2	안정	
388-40		원추	5	5	3	5	4	4	안정	
388-41		원통	5	5	3	5	3	3	안정	
388-42		원통	5	5	3	5	4	3	안정	
388-43		원통	5	5	3	5	4	4	안정	
388-44		원통	4	4	2	5	3	3	안정	
388-45		원통	5	5	3	5	4	3	안정	
388-46		원통	5	5	3	5	4	4	안정	
388-47		원추	5	5	2	5	4	4	안정	
388-48		원추	5	5	2	5	5	5	안정	
388-49		원통	4	4	2	5	3	3	안정	
388-50		원통	5	5	3	5	4	4	안정	
388-51		원통	5	5	3	5	3	4	안정	
388-52		원통	5	5	3	5	2	3	안정	
388-53		원추	5	5	3	5	5	5	안정	
388-54		원추	4	4	2	5	4	4	안정	지근
388-55		원통	4	4	2	5	4	4	안정	
388-56		원통	5	5	3	5	4	4	안정	
388-57		원추	5	5	2	5	5	4	안정	
388-58		원통	5	5	3	5	4	4	안정	
388-59		원통	5	5	3	5	4	4	안정	
388-60		원추	5	5	3	5	5	4	안정	
388-61		원통	5	5	3	5	4	4	안정	
388-62		원통	5	5	2	5	4	4	안정	
388-63		원추	4	4	1	5	4	4	안정	지근
388-64		세장	5	5	2	5	3	3	안정	
388-65		원추	5	5	2	5	4	4	안정	
388-66		원통	5	5	3	5	4	3	안정	
388-67		원통	4	4	2	5	4	3	안정	
616-1		원추	5	5	2	5	4	4	안정	
616-2		원추	5	5	3	5	5	5	안정	
616-3		원추	5	5	2	5	3	3	안정	지근
616-4		원추	5	5	2	5	4	4	안정	
616-5		원추	5	5	2	5	4	4	안정	
616-6		원추	5	5	3	5	5	5	안정	
616-7		원추	4	4	1	5	3	2	안정	지근

표 6. 계속

조사번호	계통번호	근형	근색	심색	근미 모양	추근성	초세	비대성	열근성	비고
616-8		원통	5	5	3	5	3	3	안정	
616-9		원추	5	5	3	5	4	4	안정	
616-10		원추	3	3	1	5	2	3	안정	
616-11		원통	5	5	2	5	3	4	안정	
616-12		원추	4	4	1	5	3	4	안정	지근
616-13		원추	5	5	2	5	4	4	안정	
616-14		세장	5	5	2	5	2	2	안정	
616-15		원통	5	5	3	5	4	4	안정	
616-16		원통	5	5	4	5	5	5	안정	
616-17		원추	5	5	2	5	5	5	안정	
616-18		원추	5	5	2	5	3	4	안정	
616-19		원통	5	5	3	5	3	2	안정	
616-20		세장	5	5	1	5	2	2	안정	
616-21		원추	3	3	1	5	2	4	안정	지근
616-22		원추	5	5	2	5	4	4	안정	
616-23		원통	5	5	2	5	4	3	안정	
616-24		원추	5	5	2	5	4	4	안정	
616-25		원추	5	5	2	5	4	4	안정	
616-26		원추	4	4	1	5	2	2	안정	
616-27		원통	5	5	3	5	5	5	안정	
616-28		원추	5	5	2	5	3	3	안정	
616-29		원통	5	5	3	5	4	4	안정	
616-30		원추	5	5	3	5	5	5	안정	
616-31		원통	5	5	2	5	3	3	안정	
616-32		원추	4	4	1	5	3	3	안정	
616-33		원추	5	5	1	5	4	4	안정	
616-34		원추	4	4	1	5	3	3	안정	
616-35		원추	5	5	3	5	4	4	안정	
616-36		원추	5	5	1	5	4	4	안정	
616-37		원추	5	5	1	5	4	4	안정	
616-38		원추	3	3	1	5	3	4	안정	
616-39		원추	5	5	1	5	3	4	안정	지근
616-40		원추	5	5	1	5	3	4	안정	
616-41		원통	5	5	3	5	5	5	안정	
616-42		원추	5	5	3	5	4	5	안정	
616-43		원추	5	5	2	5	4	5	안정	
616-45		원추	5	5	2	5	3	3	안정	
616-46		원추	5	5	3	5	5	5	안정	
616-47		원추	5	5	3	5	5	5	안정	
616-48		원추	4	4	2	5	4	4	안정	
616-49		원추	4	4	1	5	3	4	안정	
616-50		원추	5	5	2	5	3	4	안정	
616-51		원추	4	4	2	5	4	4	안정	
616-52		원통	5	5	3	5	5	4	안정	
616-53		원추	5	5	3	5	5	5	안정	
616-54		원추	5	5	2	5	4	4	안정	
616-55		원추	5	5	1	5	2	2	안정	
616-56		원통	5	5	3	5	4	4	안정	

표 6. 계속

조사번호	계통번호	근형	근색	심색	근미모양	추근성	초세	비대성	열근성	비고
616-57		원추	5	5	2	5	5	5	안정	
616-58		원추	5	5	2	5	5	5	안정	
616-59		원추	5	5	2	5	4	3	안정	
616-60		원추	5	5	2	5	4	4	안정	
616-61		원추	5	5	2	5	3	3	안정	
616-62		원추	5	5	1	5	3	4	안정	지근
616-63		원추	5	5	1	5	3	4	안정	
616-64		원추	4	4	3	5	3	4	안정	
366		원통	4	4	3	5	3	4	안정	
367		원통	5	4	5	5	4	5	안정	
378-1		원통	5	4	5	5	4	5	안정	
378-2		원통	5	4	5	5	4	5	안정	

- * 근색, 심색의 붉은색도 : 1(약), 3(중), 5(강)
- * 근미모양 : 1(뾰족하다), 3(중간), 5(둥글다)
- * 추근성 : 1(강하다), 3(중간), 5(안정)
- * 초세 : 1(약), 3(중), 5(강)
- * 숙기 : 1(만생), 3(중생), 5(조생)
- * 비대성 : 1(늦다), 3(중간), 5(빠르다)

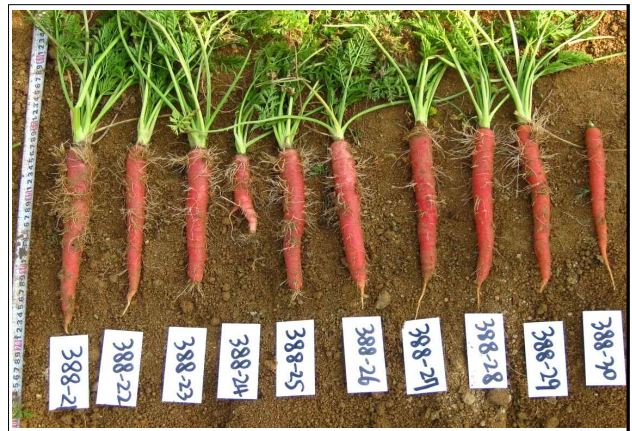


그림 6. 모본 특성 검정

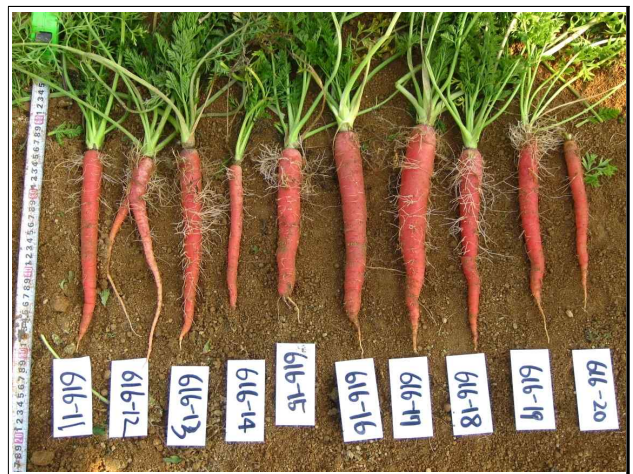
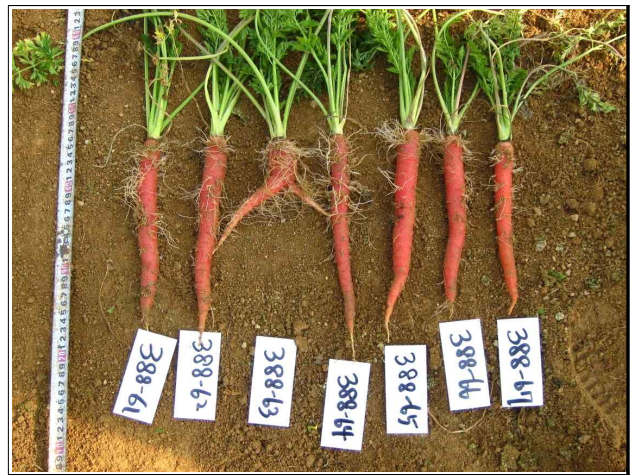


그림 6. 계속



그림 6. 계속



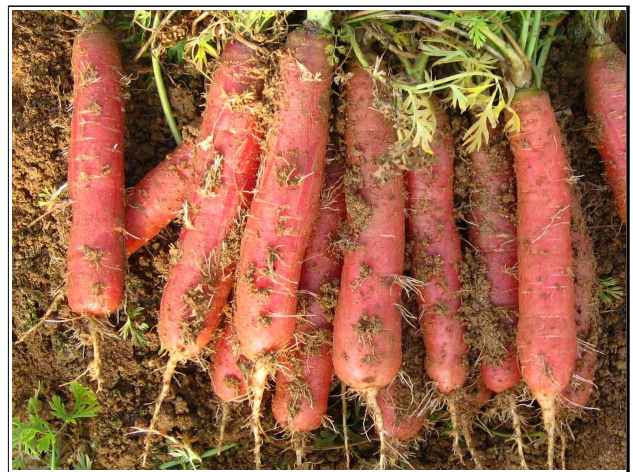
No. 366



No. 377



No. 378-1



No. 378-2

그림 7. 재료개발 화분친 근형모습

마. 결과요약

- (1) 표6은 모본의 특성을 조사한 내용
- (2) 그림 6은 월동시험 후 모본을 수확하여 153개체를 공시하기 위한 개체사진 모습이다.
- (3) 무모계 형의 2계통이 월동재배에서 저온기 비대성 및 뿌리착색의 성능과약을 위해 제주에서 시험을 진행하였다.
- (4) 그림 7은 Red-Type의 재료개발 화분친의 근형 모습이다.
- (5) No. 366은 근형이 원통형의 중장형으로 숙성은 조생이며, 근색이 빨간색으로 근피가 매끈하고 심색이 우수하며 순도가 균일하고 근미 비대는 조생이다. 열근 및 추근성이 안정되며 초세는 중장으로 근장이 길다.
- (6) No. 367은 근형이 중원통형의 중형으로 숙성은 극조생이며 근색이 빨간색으로 근피가 매끈하고 심색이 우수하며 순도가 균일하며 특히 근미 비대가 빠른 극조생이다. 열근 및 추근성이 안정되며 초세는 강한편이다.
- (7) No. 378-1은 근형이 원통형의 중장형으로 숙성은 극조생이며 근색이 빨간색으로 근피는 중간, 심색이 양호하며 순도가 균일하고 특히 근미 비대가 빠른 극조생이다. 열근

및 추근성이 안정되며 초세가 강하다.

- (8) No. 378-2은 근형이 원통형의 중장형으로 숙성은 조생이며 근색이 빨간색으로 근피는 중간, 심색이 양호하며 순도가 균일하고 근미 비대는 조생이다. 열근 및 추근성이 안정되며 초세는 강한편이다.

2. 2차년도 모본성능검정 및 선발

가. 목적

- (1) 성능검정을 통한 모본의 개체별 특성을 파악하고 선발개체는 계통육성에 활용함.
- (2) 월동재배시험을 통하여 저온기에 근색 및 심부의 착색이 빠르며 비대가 우수한 계통을 선발함.

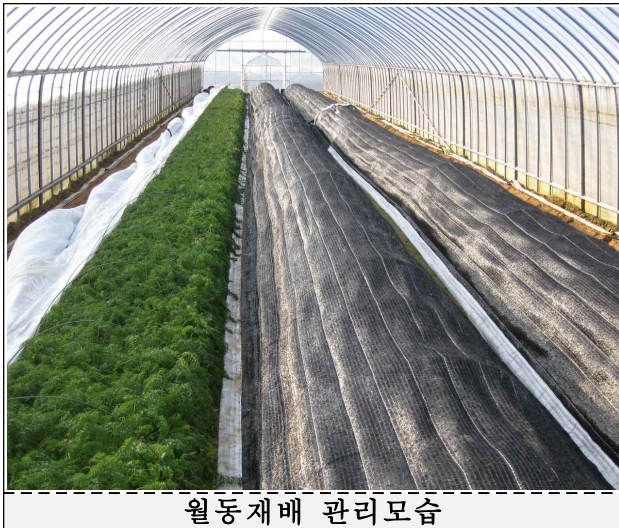
나. 시험방법

구분	파종일	수확일	처리수	비고
모본성능검정 및 선발	09.08.20	10.02 하	2계통 325개체	하우스
계통저온기성능시험	09.08.09	10.02.15	2	제주

다. 재배시험

(1) 모본성능검정

재배는 격리된 시설하우스에서 저온 감응 후 개화를 유도하기 위한 월동재배로 시험을 수행 하였다. 포장 준비는 계분발효퇴비(480kg/10a) +원예용 복합특호비료 N-P-K-고토-붕사(10-11-12-2-0.3) 60kg/10a + 석회(60kg/10a) + 토양살충제 후라단(2kg/10a)을 살포하여 경운작업을 하였다. 2009년 8월 20일 공시재료 SMR-line No. 658, 659, 660, 673, 674, 675, 676, 678, 677과 ATR-line NO661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671을 준비된 파종구 이랑에 너비 110cm × 조간거리 18cm × 주간거리 7cm 간격으로 5립씩 점파로 파종하여 복토를 하였다. 파종 직후 잡초발생 억제를 위해 스톱프 유제 60ml/20L비율로 적정 살포량(300ml/10a)을 살포 하고 발아를 촉진시키기 위해 폭 7cm 분수호스를 설치하여 관수로 적습을 유지하였다. 파종 후 7일경 발아가 시작되어, 입고병 예방으로 가지란 1,000배액을 엽면 살포를 하여 입고병을 예방하고 파종 후 25일경 본엽 2매가 되는 시기에 구당 2개체씩 남기고 1차 수음을 하였다. 파종 후 45일경 본엽 3~4매가 되는 시기에 구당 1주씩 남기고 최종 수음을 완료하고 파밤나방 방제로 파밭마 1,000배액을 살포하였다. 월동 재배 전환으로 11월 10일 투명비닐(0.05mm × 240cm)로 터널 설치와 2.4m폭의 보온덮개를 피복하여 보온과 환기를 병행하여 관리하였다. 월동과정에서 발생하는 무름병 방제로 일품 + 아미스타 1,000배액을 15일 간격으로 3회 살포하여 재배하였다 (그림 8).



월동재배 관리모습



모본수확모습

그림 8. 모본 관리, 수확 모습

(2) 계통저온기선발시험

중국 수출용 Red계 품종개발을 목표로 국내에서 월동시험이 가능한 제주도의 당근주산지인 구좌지역에서 농가 재배의 일반관행에 맞춰 2009년 8월9일 2계통을 파종하여 월동시험을 수행하였다.

라. 선발

(1) 계통모본선발

2010년 3월 상순부터 개체별 모본수확과 선발을 하였다. 조사방법은 근형은 Type로 구분하였고 근색은 붉은색의 착색정도에 따라 1(약하다), 3(중간), 5(강하다)로 조사하였다. 심부색은 뿌리의 수경에서 12cm 하단부를 종단으로 절단하여 심부의 착색정도에 따라 1(약하다), 3(중간), 5(강하다)로, 근미 모양은 1(뽕죽하다), 3(중간), 5(둥글다)로 추근성은 수경부위의 지표면 돌출정도를 1(강하다), 3(중간), 5(안정)로 초세는 1(약하다), 3(중간), 5(강하다)로, 비대성은 1(늦다), 3(중간), 5(빠르다)로 각각 육안으로 판별하여 조사하여 전체 390개체를 선발하였다 (그림9, 10).

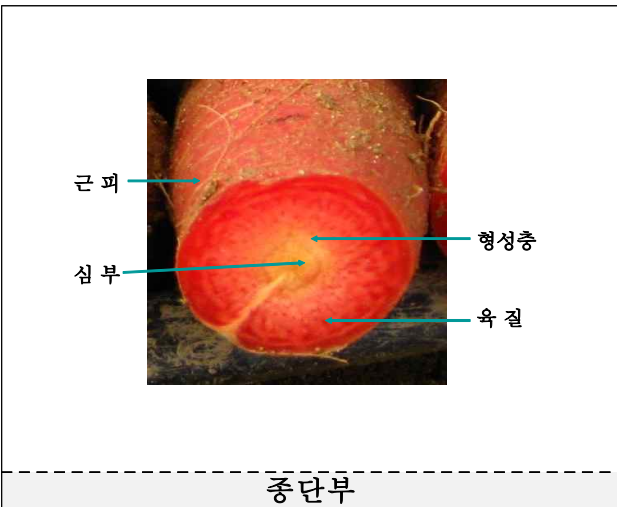


Core 선발



근형 선발

그림 9. 종단 선발, 근형 선발모습



종단부



근색 비교(비바리)

그림 10. 종단면 명칭, 일반당근 모습

(2) 계통저온기 모본선발

2010년 2월15일 월동이 완료된 시점에 수확하여 근색, 심부색 뿌리의 모양을 고려하여 선발 하였다. 선발된 No. 64, 65는 월동 후 착색이 우수한 계통으로 정식을 위한 1차 가식을 하였다 (그림 11, 12).



그림 11. 제주 선발모본 모습









뿌리모양	Type	뿌리모양	Type
	Parisian		Berlikum
	Amsterdam		Imperator
	Chantenay		Flakkee
	Kuroda		Nantes

그림 12. 당근품종의 분화

마. 결과

- 표 7, 8 ; 그림 13, 14 참조

표 7. 2010년도 SMR616OP-line 모본 특성 검정표

조사번호	계통번호	근형	근색	심색	근미 모양	추근성	초세	비대성	열근성	비고
658-1	CT-SMR 616OP-388-1-1	Imperator	4	4	1	5	3	4	안정	
658-2	CT-SMR 616OP-388-1-2	Imperator	4	4	2	5	4	4	안정	
658-3	CT-SMR 616OP-388-1-3	Chantenay	4	4	2	5	4	4	안정	
658-4	CT-SMR 616OP-388-1-4	Imperator	4	4	1	5	4	4	안정	
658-5	CT-SMR 616OP-388-1-5	Imperator	4	4	1	5	3	3	안정	
658-6	CT-SMR 616OP-388-1-6	Chantenay	4	4	3	5	4	3	안정	
658-7	CT-SMR 616OP-388-1-7	Nantes	4	4	3	5	3	3	안정	
658-8	CT-SMR 616OP-388-1-8	Imperator	4	4	1	5	3	4	안정	
658-9	CT-SMR 616OP-388-1-9	Imperator	4	4	1	5	4	4	안정	
658-10	CT-SMR 616OP-388-1-10	Imperator	4	4	1	5	4	4	안정	
659-1	CT-SMR 616OP-389-1-1	Imperator	4	4	1	5	4	4	안정	
659-2	CT-SMR 616OP-389-1-2	Imperator	4	4	1	5	2	2	안정	
659-3	CT-SMR 616OP-389-1-3	Imperator	4	4	1	5	2	2	안정	
660-1	CT-SMR 616OP-389-⊗-1	Imperator	4	4	1	5	4	4	안정	
660-2	CT-SMR 616OP-389-⊗-2	Imperator	4	4	1	5	3	3	안정	
660-3	CT-SMR 616OP-389-⊗-3	Imperator	4	4	2	5	3	4	안정	
660-4	CT-SMR 616OP-389-⊗-4	Imperator	4	4	3	5	4	4	안정	
660-5	CT-SMR 616OP-389-⊗-5	Imperator	4	4	2	5	3	4	안정	
660-6	CT-SMR 616OP-389-⊗-6	Imperator	4	4	2	5	3	3	안정	
660-7	CT-SMR 616OP-389-⊗-7	Imperator	4	4	1	5	4	4	안정	
660-8	CT-SMR 616OP-389-⊗-8	Imperator	4	4	3	5	4	4	안정	
660-9	CT-SMR 616OP-389-⊗-9	Imperator	4	4	3	5	4	4	안정	
660-10	CT-SMR 616OP-389-⊗-10	Imperator	4	4	1	5	3	3	안정	
660-11	CT-SMR 616OP-389-⊗-11	Imperator	4	4	1	5	3	3	안정	
660-12	CT-SMR 616OP-389-⊗-12	Nantes	4	4	3	5	4	3	안정	
660-13	CT-SMR 616OP-389-⊗-13	Nantes	4	4	3	5	4	3	안정	
660-14	CT-SMR 616OP-389-⊗-14	Nantes	4	4	3	5	4	3	안정	
673-1	CT-SMR 616OP-1-1	Imperator	4	4	3	5	4	4	안정	
673-2	CT-SMR 616OP-1-2	Imperator	4	4	1	5	3	3	안정	
673-3	CT-SMR 616OP-1-3	Imperator	4	4	2	5	4	4	안정	
673-4	CT-SMR 616OP-1-4	Imperator	4	4	2	5	2	2	안정	
673-5	CT-SMR 616OP-1-5	Imperator	4	4	2	5	4	3	안정	
673-6	CT-SMR 616OP-1-6	Imperator	4	4	3	5	4	4	안정	
673-7	CT-SMR 616OP-1-7	Imperator	4	4	2	5	4	3	안정	
673-8	CT-SMR 616OP-1-8	Imperator	4	4	2	5	4	3	안정	
673-9	CT-SMR 616OP-1-9	Imperator	4	4	2	5	3	3	안정	
673-10	CT-SMR 616OP-1-10	Imperator	4	4	3	5	4	4	안정	
674-1	CT-SMR 616OP-10-1	Imperator	4	4	2	5	3	3	안정	
674-2	CT-SMR 616OP-10-2	Imperator	4	4	2	3	3	3	안정	
674-3	CT-SMR 616OP-10-3	Imperator	4	4	1	3	4	3	안정	
674-4	CT-SMR 616OP-10-4	Chantenay	4	4	3	5	4	3	안정	
674-5	CT-SMR 616OP-10-5	Imperator	4	4	1	3	3	3	안정	
674-6	CT-SMR 616OP-10-6	Imperator	4	4	1	3	3	3	안정	
674-7	CT-SMR 616OP-10-7	Imperator	4	4	2	3	3	3	안정	
674-8	CT-SMR 616OP-10-8	Imperator	4	4	2	3	4	3	안정	
674-9	CT-SMR 616OP-10-9	Imperator	4	4	2	5	3	3	안정	
674-10	CT-SMR 616OP-10-10	Imperator	4	4	2	5	4	3	안정	
674-11	CT-SMR 616OP-10-11	Imperator	4	4	2	3	4	3	안정	
674-12	CT-SMR 616OP-10-12	Imperator	4	4	2	3	3	3	안정	
674-13	CT-SMR 616OP-10-13	Imperator	4	4	2	3	4	3	안정	
674-14	CT-SMR 616OP-10-14	Imperator	4	4	2	3	4	2	안정	
674-15	CT-SMR 616OP-10-15	Imperator	4	4	2	5	4	3	안정	
674-16	CT-SMR 616OP-10-16	Imperator	4	4	1	5	2	2	안정	
674-17	CT-SMR 616OP-10-17	Imperator	4	4	2	3	4	3	안정	
674-18	CT-SMR 616OP-10-18	Imperator	4	4	3	3	4	3	안정	

674-19	CT-SMR 616OP-10-19	Imperator	4	4	1	5	2	2	안정
674-20	CT-SMR 616OP-10-20	Imperator	4	4	3	5	4	3	안정
675-1	CT-SMR 616OP-14-1	Imperator	4	4	1	3	2	2	안정
675-2	CT-SMR 616OP-14-2	Imperator	4	4	1	3	3	2	안정
675-3	CT-SMR 616OP-14-3	Imperator	4	4	1	3	3	2	안정
675-4	CT-SMR 616OP-14-4	Imperator	4	4	1	3	3	2	안정
675-5	CT-SMR 616OP-14-5	Imperator	4	4	2	3	4	3	안정
675-6	CT-SMR 616OP-14-6	Imperator	4	4	1	3	4	3	안정
675-7	CT-SMR 616OP-14-7	Imperator	4	4	1	3	4	2	안정
675-8	CT-SMR 616OP-14-8	Imperator	4	4	1	3	2	2	안정
675-9	CT-SMR 616OP-14-9	Imperator	4	4	1	3	4	2	안정
675-10	CT-SMR 616OP-14-10	Imperator	4	4	1	3	3	2	안정
675-11	CT-SMR 616OP-14-11	Imperator	4	4	3	3	4	3	안정
675-12	CT-SMR 616OP-14-12	Imperator	4	4	3	3	4	3	안정
675-13	CT-SMR 616OP-14-13	Imperator	4	4	1	5	3	3	안정
675-14	CT-SMR 616OP-14-14	Imperator	4	4	1	3	2	2	안정
675-15	CT-SMR 616OP-14-15	Imperator	4	4	1	3	3	2	안정
675-16	CT-SMR 616OP-14-16	Imperator	4	4	2	5	3	2	안정
675-17	CT-SMR 616OP-14-17	Imperator	4	4	3	3	4	3	안정
675-18	CT-SMR 616OP-14-18	Imperator	4	4	3	3	4	3	안정
675-19	CT-SMR 616OP-14-19	Imperator	4	4	1	5	2	2	안정
675-20	CT-SMR 616OP-14-20	Imperator	4	4	1	3	3	2	안정
676-1	CT-SMR 616OP-30-1	Imperator	5	5	2	4	2	2	안정
676-2	CT-SMR 616OP-30-2	Imperator	5	5	3	5	4	4	안정
676-3	CT-SMR 616OP-30-3	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정
676-4	CT-SMR 616OP-30-4	Imperator	5	5	3	4	3	2	안정
676-5	CT-SMR 616OP-30-5	Imperator	5	5	1	4	3	2	안정
676-6	CT-SMR 616OP-30-6	Imperator	5	5	1	4	3	3	안정
676-7	CT-SMR 616OP-30-7	Imperator	5	5	1	5	4	4	안정
676-8	CT-SMR 616OP-30-8	Imperator	5	5	2	4	4	2	안정
676-9	CT-SMR 616OP-30-9	Imperator	5	5	3	5	4	3	안정
676-10	CT-SMR 616OP-30-10	Imperator	5	5	1	5	4	3	안정
676-11	CT-SMR 616OP-30-11	Imperator	5	5	2	4	4	3	안정
676-12	CT-SMR 616OP-30-12	Imperator	5	5	1	4	3	2	안정
676-13	CT-SMR 616OP-30-13	Imperator	5	5	3	5	4	3	안정
676-14	CT-SMR 616OP-30-14	Imperator	5	5	3	5	3	2	안정
676-15	CT-SMR 616OP-30-15	Imperator	5	5	3	5	4	4	안정
676-16	CT-SMR 616OP-30-16	Imperator	5	5	3	5	4	4	안정
676-17	CT-SMR 616OP-30-17	Imperator	5	5	2	5	3	2	안정
676-18	CT-SMR 616OP-30-18	Imperator	5	5	2	5	4	2	안정
676-19	CT-SMR 616OP-30-19	Imperator	5	5	3	5	4	3	안정
676-20	CT-SMR 616OP-30-20	Imperator	5	5	3	5	4	4	안정
678-1	CT-SMR 616OP-45-1	Flakkee	5	5	2	5	4	4	안정
678-2	CT-SMR 616OP-45-2	Imperator	5	5	3	3	4	4	안정
678-3	CT-SMR 616OP-45-3	Imperator	5	5	2	3	2	2	안정
678-4	CT-SMR 616OP-45-4	Imperator	5	5	2	4	3	3	안정
678-5	CT-SMR 616OP-45-5	Imperator	5	5	2	4	3	3	안정
678-6	CT-SMR 616OP-45-6	Imperator	5	5	2	4	4	3	안정
678-7	CT-SMR 616OP-45-7	Imperator	5	5	2	4	3	2	안정
678-8	CT-SMR 616OP-45-8	Imperator	5	5	3	4	4	2	안정
678-9	CT-SMR 616OP-45-9	Flakkee	5	5	3	4	4	4	안정
678-10	CT-SMR 616OP-45-10	Imperator	5	5	3	5	4	4	안정
678-11	CT-SMR 616OP-45-11	Imperator	5	5	3	4	4	4	안정
678-12	CT-SMR 616OP-45-12	Imperator	5	5	2	3	3	2	안정
678-13	CT-SMR 616OP-45-13	Imperator	5	5	2	3	4	2	안정
678-14	CT-SMR 616OP-45-14	Imperator	5	5	2	4	4	2	안정
678-15	CT-SMR 616OP-45-15	Imperator	5	5	2	3	4	2	안정
678-16	CT-SMR 616OP-45-16	Imperator	5	5	2	4	3	2	안정
678-17	CT-SMR 616OP-45-17	Imperator	5	5	2	3	4	2	안정
678-18	CT-SMR 616OP-45-18	Imperator	5	5	1	4	4	3	안정
678-19	CT-SMR 616OP-45-19	Imperator	5	5	1	4	2	2	안정
678-20	CT-SMR 616OP-45-20	Imperator	5	5	3	3	4	3	안정
677-1	CT-SMR 616OP-CK33-1	Imperator	5	5	2	4	4	4	안정
677-2	CT-SMR 616OP-CK33-2	Imperator	5	5	3	4	4	4	안정

677-3	CT-SMR 616OP-CK33-3	Imperator	5	5	3	4	4	4	안정
677-4	CT-SMR 616OP-CK33-4	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정
677-5	CT-SMR 616OP-CK33-5	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정
677-6	CT-SMR 616OP-CK33-6	Nantes	5	5	3	4	4	3	안정
677-7	CT-SMR 616OP-CK33-7	Imperator	5	5	1	3	2	2	안정
677-8	CT-SMR 616OP-CK33-8	Nantes	5	5	3	5	3	3	안정
677-9	CT-SMR 616OP-CK33-9	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정
677-10	CT-SMR 616OP-CK33-10	Imperator	5	5	3	5	4	3	안정
677-11	CT-SMR 616OP-CK33-11	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정
677-12	CT-SMR 616OP-CK33-12	Imperator	5	5	2	5	3	2	안정
677-13	CT-SMR 616OP-CK33-13	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정
677-14	CT-SMR 616OP-CK33-14	Imperator	5	5	3	5	4	4	안정
677-15	CT-SMR 616OP-CK33-15	Imperator	5	5	1	5	2	2	안정
677-16	CT-SMR 616OP-CK33-16	Imperator	5	5	1	5	2	2	안정
677-17	CT-SMR 616OP-CK33-17	Imperator	5	5	3	5	2	2	안정
677-18	CT-SMR 616OP-CK33-18	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정
677-19	CT-SMR 616OP-CK33-19	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정
677-20	CT-SMR 616OP-CK33-20	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정

- * 근색, 심색의 붉은색도 : 1(약), 3(중), 5(강)
- * 근미모양 : 1(뽀족하다), 3(중간), 5(둥글다)
- * 추 근 성 : 1(강하다), 3(중간), 5(안정)
- * 초 세 : 1(약), 3(중), 5(강)
- * 숙 기 : 1(만생), 3(중생), 5(조생)
- * 비 대 성 : 1(늦다), 3(중간), 5(빠르다)

표 8. 2010년도 ATR-line모본 특성 검정표

조사번호	계통번호	근형	근색	심색	근미모양	추근성	초세	비대성	열근성	비고
661-1	CT-ATR 615OP-394-1-1	Imperator	4	4	3	5	2	3	안정	
661-2	CT-ATR 615OP-394-1-2	Imperator	4	4	3	5	3	4	안정	
661-3	CT-ATR 615OP-394-1-3	Imperator	4	4	2	5	3	3	안정	
661-4	CT-ATR 615OP-394-1-4	Imperator	4	4	3	4	3	3	안정	
661-5	CT-ATR 615OP-394-1-5	Chantenay	4	4	3	4	2	4	안정	
661-6	CT-ATR 615OP-394-1-6	Chantenay	4	4	3	5	3	4	안정	
661-7	CT-ATR 615OP-394-1-7	Imperator	3	3	3	5	3	3	안정	
661-8	CT-ATR 615OP-394-1-8	Imperator	3	3	2	5	3	2	안정	
661-9	CT-ATR 615OP-394-1-9	Imperator	3	3	2	5	2	2	안정	
661-10	CT-ATR 615OP-394-1-10	Imperator	3	3	3	4	4	3	안정	
662-1	CT-ATR 615OP-394-2-1	Imperator	3	3	2	5	4	3	안정	
662-2	CT-ATR 615OP-394-2-2	Imperator	3	3	2	5	3	3	안정	
662-3	CT-ATR 615OP-394-2-3	Imperator	3	3	2	4	3	2	안정	부패
662-4	CT-ATR 615OP-394-2-4	Imperator	3	3	2	5	4	3	안정	
662-5	CT-ATR 615OP-394-2-5	Imperator	3	3	2	5	3	3	안정	
662-6	CT-ATR 615OP-394-2-6	Imperator	3	3	2	5	3	3	안정	
662-7	CT-ATR 615OP-394-2-7	Imperator	3	3	2	5	4	3	안정	
662-8	CT-ATR 615OP-394-2-8	Imperator	3	3	1	5	3	2	안정	
662-9	CT-ATR 615OP-394-2-9	Imperator	3	3	1	5	3	3	안정	
662-10	CT-ATR 615OP-394-2-10	Imperator	3	3	1	5	3	2	안정	
662-11	CT-ATR 615OP-394-2-11	Imperator	3	3	3	4	4	3	안정	
662-12	CT-ATR 615OP-394-2-12	Imperator	3	3	3	4	4	3	안정	
662-13	CT-ATR 615OP-394-2-13	Imperator	3	3	3	5	3	3	안정	
662-14	CT-ATR 615OP-394-2-14	Imperator	3	3	2	5	3	3	안정	
662-15	CT-ATR 615OP-394-2-15	Imperator	3	3	2	5	4	2	안정	
662-16	CT-ATR 615OP-394-2-16	Imperator	3	3	2	5	3	2	안정	
662-17	CT-ATR 615OP-394-2-17	Imperator	3	3	2	5	3	2	안정	
662-18	CT-ATR 615OP-394-2-18	Imperator	3	3	1	5	2	1	안정	
662-19	CT-ATR 615OP-394-2-19	Imperator	3	3	2	4	4	2	안정	
662-20	CT-ATR 615OP-394-2-20	Imperator	3	3	2	5	4	2	안정	

662-21	CT-ATR 615OP-394-2-21	Imperator	3	3	2	4	2	2	안정
662-22	CT-ATR 615OP-394-2-22	Imperator	3	3	2	4	2	1	안정
662-23	CT-ATR 615OP-394-2-23	Imperator	3	3	2	5	4	3	안정
662-24	CT-ATR 615OP-394-2-24	Imperator	3	3	2	5	3	2	안정
662-25	CT-ATR 615OP-394-2-25	Imperator	4	4	3	5	4	3	안정
662-26	CT-ATR 615OP-394-2-26	Imperator	4	4	3	5	4	3	안정
662-27	CT-ATR 615OP-394-2-27	Imperator	3	3	3	5	4	3	안정
662-28	CT-ATR 615OP-394-2-28	Imperator	3	3	3	5	4	2	안정
662-29	CT-ATR 615OP-394-2-29	Imperator	3	3	3	5	4	3	안정
662-30	CT-ATR 615OP-394-2-30	Imperator	3	3	1	4	2	1	안정
663-1	CT-ATR 615OP-394-3-1	Imperator	4	4	3	5	4	4	안정
663-2	CT-ATR 615OP-394-3-2	Imperator	4	4	3	5	4	4	안정
663-3	CT-ATR 615OP-394-3-3	Imperator	4	4	3	5	4	4	안정
663-4	CT-ATR 615OP-394-3-4	Nantes	4	4	3	5	4	4	안정
663-5	CT-ATR 615OP-394-3-5	Imperator	4	4	3	5	3	4	안정
663-6	CT-ATR 615OP-394-3-6	Nantes	4	4	3	5	4	4	안정
663-7	CT-ATR 615OP-394-3-7	Nantes	4	4	3	5	4	4	안정
663-8	CT-ATR 615OP-394-3-8	Nantes	4	4	3	5	4	4	안정
663-9	CT-ATR 615OP-394-3-9	Nantes	4	4	3	5	4	4	안정
663-10	CT-ATR 615OP-394-3-10	Imperator	4	4	3	4	4	4	안정
664-1	CT-ATR 615OP-394-4-1	Imperator	4	4	3	5	4	4	안정
664-2	CT-ATR 615OP-394-4-2	Imperator	4	4	3	5	4	4	안정
664-3	CT-ATR 615OP-394-4-3	Imperator	4	4	3	4	4	4	안정
664-4	CT-ATR 615OP-394-4-4	Imperator	4	4	3	5	3	3	안정
664-5	CT-ATR 615OP-394-4-5	Imperator	4	4	3	5	4	3	안정
664-6	CT-ATR 615OP-394-4-6	Imperator	4	4	3	4	4	4	안정
664-7	CT-ATR 615OP-394-4-7	Imperator	4	4	3	5	4	4	안정
664-8	CT-ATR 615OP-394-4-8	Imperator	4	4	2	5	4	2	안정
664-9	CT-ATR 615OP-394-4-9	Imperator	4	4	2	5	3	1	안정
664-10	CT-ATR 615OP-394-4-10	Imperator	4	4	2	5	3	1	안정
665-1	CT-ATR 615OP-394-5-1	Imperator	4	4	1	5	3	2	안정
665-2	CT-ATR 615OP-394-5-2	Imperator	4	4	3	5	4	4	안정
665-3	CT-ATR 615OP-394-5-3	Imperator	4	4	3	5	4	4	안정
665-4	CT-ATR 615OP-394-5-4	Imperator	4	4	2	5	3	3	안정
665-5	CT-ATR 615OP-394-5-5	Imperator	3	3	1	5	3	2	안정
665-6	CT-ATR 615OP-394-5-6	Imperator	3	3	2	4	3	2	안정
665-7	CT-ATR 615OP-394-5-7	Imperator	4	4	1	4	3	2	안정
665-8	CT-ATR 615OP-394-5-8	Imperator	4	4	3	5	4	4	안정
665-9	CT-ATR 615OP-394-5-9	Imperator	4	4	1	5	3	2	안정
665-10	CT-ATR 615OP-394-5-10	Imperator	3	3	1	4	3	2	안정
666-1	CT-ATR 615OP-394-6-1	Imperator	4	4	3	5	4	3	안정
666-2	CT-ATR 615OP-394-6-2	Imperator	3	3	3	5	4	3	안정
666-3	CT-ATR 615OP-394-6-3	Imperator	3	3	2	5	3	2	안정
666-4	CT-ATR 615OP-394-6-4	Imperator	3	3	2	5	3	2	안정
666-5	CT-ATR 615OP-394-6-5	Imperator	3	3	3	5	4	3	안정
666-6	CT-ATR 615OP-394-6-6	Imperator	3	3	2	5	3	1	안정
666-7	CT-ATR 615OP-394-6-7	Imperator	3	3	2	5	4	3	안정
666-8	CT-ATR 615OP-394-6-8	Imperator	3	3	2	5	3	3	안정
666-9	CT-ATR 615OP-394-6-9	Imperator	3	3	2	4	4	3	안정
666-10	CT-ATR 615OP-394-6-10	Imperator	3	3	2	4	3	1	안정
666-11	CT-ATR 615OP-394-6-11	Imperator	3	3	3	4	3	3	안정
666-12	CT-ATR 615OP-394-6-12	Imperator	3	3	2	4	3	2	안정
666-13	CT-ATR 615OP-394-6-13	Imperator	3	3	2	5	4	3	안정
666-14	CT-ATR 615OP-394-6-14	Nantes	4	4	3	5	4	4	안정
666-15	CT-ATR 615OP-394-6-15	Imperator	3	3	2	5	3	3	안정
666-16	CT-ATR 615OP-394-6-16	Imperator	3	3	2	5	3	2	안정
666-17	CT-ATR 615OP-394-6-17	Imperator	3	3	2	4	3	2	안정
666-18	CT-ATR 615OP-394-6-18	Imperator	3	3	2	4	3	2	안정
666-19	CT-ATR 615OP-394-6-19	Imperator	3	3	2	5	3	2	안정
666-20	CT-ATR 615OP-394-6-20	Imperator	4	4	3	5	3	3	안정
666-21	CT-ATR 615OP-394-6-21	Imperator	3	3	3	5	3	2	안정
666-22	CT-ATR 615OP-394-6-22	Imperator	4	4	3	5	4	3	안정
666-23	CT-ATR 615OP-394-6-23	Imperator	3	3	2	5	3	3	안정
666-24	CT-ATR 615OP-394-6-24	Imperator	3	3	2	4	3	2	안정

열근

666-25	CT-ATR 615OP-394-6-25	Imperator	3	3	2	5	3	2	안정
666-26	CT-ATR 615OP-394-6-26	Imperator	3	3	3	5	3	3	안정
666-27	CT-ATR 615OP-394-6-27	Imperator	3	3	3	5	3	3	안정
666-28	CT-ATR 615OP-394-6-28	Imperator	3	3	3	5	3	3	안정
666-29	CT-ATR 615OP-394-6-29	Imperator	3	3	2	4	4	2	안정
666-30	CT-ATR 615OP-394-6-30	Imperator	3	3	2	5	3	2	안정
666-31	CT-ATR 615OP-394-6-31	Imperator	3	3	3	5	4	4	안정
666-32	CT-ATR 615OP-394-6-32	Imperator	3	3	3	5	4	4	안정
666-33	CT-ATR 615OP-394-6-33	Imperator	3	3	3	5	4	3	안정
666-34	CT-ATR 615OP-394-6-34	Imperator	3	3	2	5	3	2	안정
666-35	CT-ATR 615OP-394-6-35	Imperator	3	3	2	4	4	4	안정
667-1	CT-ATR 615OP-394-7-1	Nantes	5	5	3	4	4	4	안정
667-2	CT-ATR 615OP-394-7-2	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정
667-3	CT-ATR 615OP-394-7-3	Nantes	5	5	3	5	3	3	안정
667-4	CT-ATR 615OP-394-7-4	Imperator	5	5	3	5	4	4	안정
667-5	CT-ATR 615OP-394-7-5	Nantes	5	5	3	5	3	3	안정
667-6	CT-ATR 615OP-394-7-6	Nantes	5	5	3	5	3	4	안정
667-7	CT-ATR 615OP-394-7-7	Imperator	5	5	3	5	4	3	안정
667-8	CT-ATR 615OP-394-7-8	Nantes	5	5	3	5	4	4	안정
667-9	CT-ATR 615OP-394-7-9	Nantes	5	5	3	5	3	4	안정
667-10	CT-ATR 615OP-394-7-10	Nantes	5	5	3	5	3	4	안정
667-11	CT-ATR 615OP-394-7-11	Nantes	5	5	3	5	4	4	안정
667-12	CT-ATR 615OP-394-7-12	Nantes	5	5	2	4	3	4	안정
668-1	CT-ATR 615OP-394-8-1	Imperator	3	3	3	5	4	4	안정
668-2	CT-ATR 615OP-394-8-2	Imperator	3	3	3	5	4	4	안정
668-3	CT-ATR 615OP-394-8-3	Imperator	3	3	2	5	3	2	안정
668-4	CT-ATR 615OP-394-8-4	Imperator	3	3	3	4	3	3	안정
668-5	CT-ATR 615OP-394-8-5	Imperator	3	3	3	5	3	3	안정
668-6	CT-ATR 615OP-394-8-6	Imperator	3	3	1	5	2	2	안정
668-7	CT-ATR 615OP-394-8-7	Imperator	3	3	2	4	3	3	안정
668-8	CT-ATR 615OP-394-8-8	Imperator	3	3	2	5	3	2	안정
668-9	CT-ATR 615OP-394-8-9	Imperator	3	3	1	4	3	1	안정
668-10	CT-ATR 615OP-394-8-10	Imperator	3	3	2	4	3	3	안정
668-11	CT-ATR 615OP-394-8-11	Imperator	3	3	1	4	2	2	안정
668-12	CT-ATR 615OP-394-8-12	Imperator	3	3	1	5	2	2	안정
668-13	CT-ATR 615OP-394-8-13	Imperator	3	3	2	5	2	2	안정
668-14	CT-ATR 615OP-394-8-14	Imperator	3	3	1	5	3	2	안정
668-15	CT-ATR 615OP-394-8-15	Imperator	3	3	1	5	3	2	안정
668-16	CT-ATR 615OP-394-8-16	Imperator	3	3	3	5	3	4	안정
668-17	CT-ATR 615OP-394-8-17	Imperator	3	3	3	5	4	4	안정
668-18	CT-ATR 615OP-394-8-18	Imperator	3	3	3	5	4	4	안정
668-19	CT-ATR 615OP-394-8-19	Imperator	3	3	2	5	3	3	안정
668-20	CT-ATR 615OP-394-8-20	Imperator	3	3	1	4	3	2	안정
669-1	CT-ATR 615OP-394-9-1	Imperator	4	4	2	5	4	3	안정
669-2	CT-ATR 615OP-394-9-2	Imperator	4	4	2	5	4	3	안정
669-3	CT-ATR 615OP-394-9-3	Imperator	4	4	2	5	3	2	안정
669-4	CT-ATR 615OP-394-9-4	Imperator	3	3	2	4	4	3	안정
669-5	CT-ATR 615OP-394-9-5	Imperator	3	3	2	5	3	2	안정
669-6	CT-ATR 615OP-394-9-6	Imperator	4	4	3	5	4	3	안정
669-7	CT-ATR 615OP-394-9-7	Imperator	3	3	2	4	3	2	안정
669-8	CT-ATR 615OP-394-9-8	Imperator	3	3	2	4	3	2	안정
669-9	CT-ATR 615OP-394-9-9	Imperator	3	3	2	4	3	2	안정
669-10	CT-ATR 615OP-394-9-10	Imperator	4	4	3	5	3	3	안정
669-11	CT-ATR 615OP-394-9-11	Imperator	4	4	3	5	3	3	안정
670-1	CT-ATR 615OP-394-10-1	Imperator	3	3	2	4	2	2	안정
670-2	CT-ATR 615OP-394-10-2	Imperator	3	3	2	4	3	2	안정
670-3	CT-ATR 615OP-394-10-3	Imperator	3	3	3	4	3	3	안정
670-4	CT-ATR 615OP-394-10-4	Imperator	3	3	3	4	4	3	안정
670-5	CT-ATR 615OP-394-10-5	Imperator	3	3	2	4	3	2	안정
670-6	CT-ATR 615OP-394-10-6	Imperator	3	3	2	4	3	2	안정
670-7	CT-ATR 615OP-394-10-7	Imperator	3	3	3	4	4	3	안정
670-8	CT-ATR 615OP-394-10-8	Imperator	3	3	2	4	3	2	안정
670-9	CT-ATR 615OP-394-10-9	Imperator	3	3	2	4	3	2	안정
670-10	CT-ATR 615OP-394-10-10	Imperator	3	3	2	4	3	2	안정

부패

670-11	CT-ATR 615OP-394-10-11	Imperator	3	3	2	4	4	3	안정
670-12	CT-ATR 615OP-394-10-12	Imperator	3	3	2	4	4	2	안정
670-13	CT-ATR 615OP-394-10-13	Imperator	3	3	1	4	3	1	안정
670-14	CT-ATR 615OP-394-10-14	Imperator	3	3	2	4	3	3	안정
670-15	CT-ATR 615OP-394-10-15	Imperator	3	3	3	4	4	3	안정
670-16	CT-ATR 615OP-394-10-16	Imperator	3	3	3	4	4	3	안정
670-17	CT-ATR 615OP-394-10-17	Imperator	3	3	1	4	3	2	안정
670-18	CT-ATR 615OP-394-10-18	Imperator	3	3	1	4	2	1	안정
670-19	CT-ATR 615OP-394-10-19	Imperator	3	3	1	4	2	1	안정
670-20	CT-ATR 615OP-394-10-20	Imperator	3	3	1	4	2	1	안정
670-21	CT-ATR 615OP-394-10-21	Imperator	3	3	1	4	3	1	안정
670-22	CT-ATR 615OP-394-10-22	Imperator	3	3	1	4	3	1	안정
670-23	CT-ATR 615OP-394-10-23	Imperator	3	3	1	4	3	2	안정
670-24	CT-ATR 615OP-394-10-24	Imperator	3	3	1	4	3	2	안정
670-25	CT-ATR 615OP-394-10-25	Imperator	3	3	1	4	3	2	안정
670-26	CT-ATR 615OP-394-10-26	Imperator	3	3	3	4	4	4	안정
670-27	CT-ATR 615OP-394-10-27	Imperator	3	3	3	4	4	3	안정
670-28	CT-ATR 615OP-394-10-28	Imperator	3	3	2	4	4	2	안정
670-29	CT-ATR 615OP-394-10-29	Imperator	3	3	1	4	3	2	안정
670-30	CT-ATR 615OP-394-10-30	Imperator	3	3	1	4	3	1	안정
671-1	CT-ATR 615OP-CK1-1	Imperator	4	4	3	5	4	4	안정
671-2	CT-ATR 615OP-CK1-2	Imperator	4	4	3	5	4	4	안정
671-3	CT-ATR 615OP-CK1-3	Imperator	4	4	3	5	4	4	안정
671-4	CT-ATR 615OP-CK1-4	Imperator	4	4	3	4	3	3	안정
671-5	CT-ATR 615OP-CK1-5	Imperator	4	4	3	5	4	4	안정
671-6	CT-ATR 615OP-CK1-6	Imperator	4	4	3	5	3	2	안정
671-7	CT-ATR 615OP-CK1-7	Imperator	4	4	3	4	4	4	안정
671-8	CT-ATR 615OP-CK1-8	Imperator	4	4	3	4	4	3	안정
671-9	CT-ATR 615OP-CK1-9	Imperator	4	4	3	5	3	2	안정
671-10	CT-ATR 615OP-CK1-10	Imperator	4	4	3	4	4	4	안정

* 근색, 심색의 붉은색도 : 1(약), 3(중), 5(강)

* 근미모양 : 1(뽀족하다), 3(중간), 5(둥글다)

* 추 근 성 : 1(강하다), 3(중간), 5(안정)

* 초 세 : 1(약), 3(중), 5(강)

* 숙 기 : 1(만생), 3(중생), 5(조생)

* 비 대 성 : 1(늦다), 3(중간), 5(빠르다)



그림 13. CT-SMR 616 line 모본성능검정 개체별 근형모습

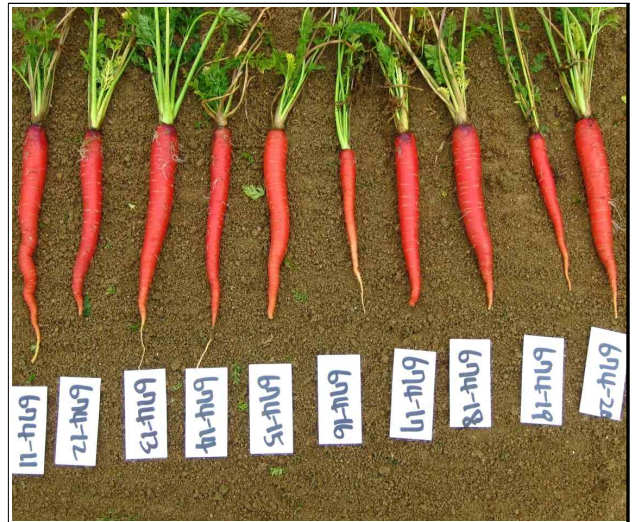


그림 13. 계속

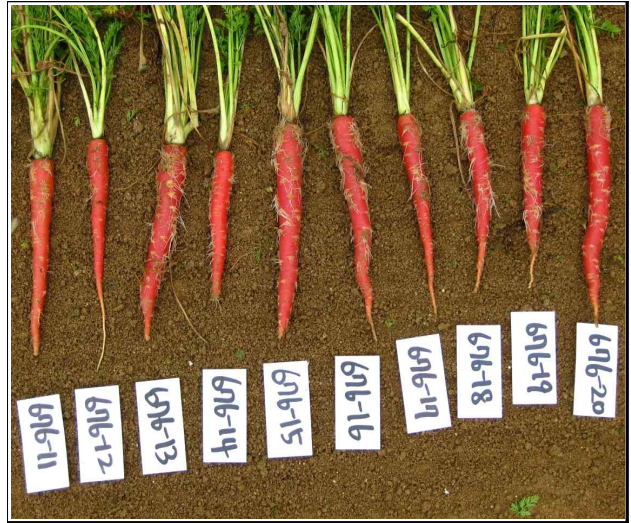


그림 13. 계속



그림 14. CT-ATR 615 line 모본성능검정 개체별 근형모습



그림 14. 계속

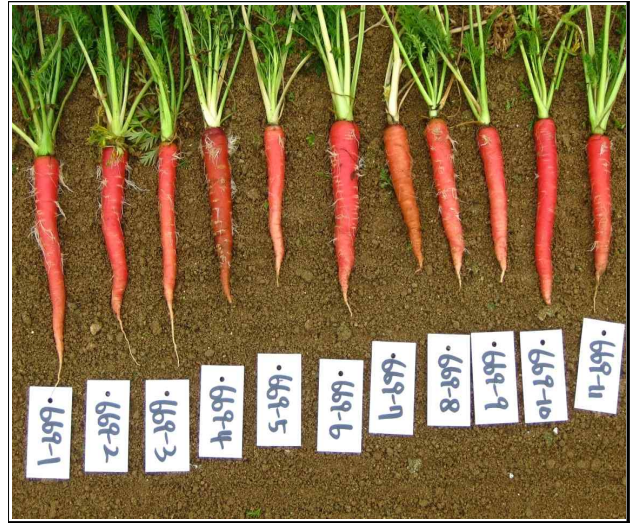


그림 14. 계속

바. 결과 요약

(1) 표 7 · 그림 12는 CT-SMROP-616 line에서 파생된 계통 중 유모형으로 표현된 No.

658 10개체, No. 673 10개체와 단모~중모형으로 표현된 No. 674 20개체, No. 675 20개체, No. 676 20개체, No. 678 20개체와 무모형으로 표현된 selfing종자 No. 659 3개체와 Sib cross 종자 No. 660 14개체, Check line인 No. 677 20개체, 전체 137개체를 각각 공시하여 모본을 육안으로 판별한 특성 검정표와 모본의 개체별 사진의 모습이다. 번호별 주요 특성은 다음과 같다.

- (2) No. 658, CT-SMR 616OP-388-1은 근색 빨강, 근형 세장형, 근색·심부색 우수, 근미비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중강, 비대성 중생중.
- (3) No. 659, CT-SMR 616OP-389-1은 근색 빨강, 근형 세장형, 근색·심부색 우수, 근미비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 비대성 중생.
- (4) No. 660, CT-SMR 616OP-389-⊗은 근색 빨강, 근형 세장형, 근색·심부색 우수, 근미비대 중만생, 추근안정, 초세 중, 비대성 중생.
- (5) No. 673, CT-SMR 616OP-1은 근색빨강, 근형 세장형, 근색·심부색 우수, 근미비대 만생, 추근 안정, 초세 중약, 비대성 중생임.
- (6) No. 674, CT-SMR 616OP-10은 근색 빨강, 근형 세장형의 장형, 근색·심부색 우수, 근미비대 만생, 추근 발생, 초세 중, 비대성 만생, 곡근 발생.
- (7) No. 675, CT-SMR 616OP-14는 근색 빨강, 근형 세장형의 장형, 근색·심부색 우수, 근미비대 만생, 추근 발생, 초세 중, 비대성 만생, 곡근 발생.
- (8) No. 676, CT-SMR 616OP-30은 근색 빨강, 근형 세장형의 장형, 근색·심부색 우수, 근미비대 만생, 추근 발생, 초세 중강, 비대성 중만생.
- (9) No. 678, CT-SMR 616OP-45는 근색 빨강, 근형 세장형, 근색·심부색 우수, 근미비대 만생, 추근 안정, 초세 강, 비대성 중생, 순도 부족.
- (10) No. 677, CT-SMR 616OP-CK33은 근색 빨강, 근형 세장형, 근색·심부색 우수, 근미비대 만생, 추근성 안정, 초세 중강, 비대성 중만생.
- (11) 표 8·그림 14는 CT-ATROP-615 line에서 파생된 계통 중 1차년도 표현형이 유모형으로 표현된 No. 661 10개체, No. 663 10개체, No. 664 10개체, No. 665 10개체, No. 667 12개체, No. 668 20개체, No. 669 20개체와 무모형으로 표현된 No. 662 30개체, No. 666 35개체, No. 670 30개체, check line인 No. 671 9개체, 전체 188개체 각각 공시하여 모본을 육안으로 판별한 특성 검정표와 모본의 개체별 사진의 모습이다. 번호별 주요 특성은 다음과 같다.
- (12) No. 661, CT-ATR 615OP-394-1은 근색 빨강, 근형 세장형, 근색·심부색 양호, 근미비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 비대성 중생.
- (13) No. 662, CT-ATR 615OP-394-2는 근색 적갈색, 근형 세장형, 근색·심부색 보통, 근미비대 만생, 추근성 안정, 초세 중, 비대성 만생
- (14) No. 663, CT-ATR 615OP-394-3은 근색 빨강, 근형 세장~원통형, 근색·심부색 우수, 근미비대 중생, 추근성 안정, 초세 중강, 비대성 중생,
- (15) No. 664, CT-ATR 615OP-394-4는 근색 빨강, 근형 세장형, 근색·심부색 우수, 근미비대 중생, 추근성 안정, 초세 중, 비대성 중생.
- (16) No. 665, CT-ATR 615OP-394-5는 근색 빨강, 근형 세장형, 근색·심부색 양호, 근미비대 중생, 추근성 안정, 초세 중, 비대성 중생.
- (17) No. 666, CT-AR. 615OP-394-6은 근색 적갈색, 근형 세장형, 근색·심부색 보통, 근

- 미 비대 증생, 추근성 안정, 초세 중강, 비대성 증생,
 (18) No. 667, CT-ATR 615OP-394-7은 근색 빨강, 근형 세장~원통형, 근색·심부색 우수, 근미 비대, 증생, 추근성 안정, 초세 중, 비대성 증생.
 (19) No. 668, CT-ATR 615OP-394-8은 근색 적갈색, 근형 세장형, 근색·심부색 보통, 근미 비대 만생, 추근성 안정, 초세 중 비대성 증만생.
 (20) No. 669, CT-ATR 615OP-394-9는 근색 빨강, 근형 세장형, 근색·심부색 양호, 근미 비대 증생, 추근성 안정, 초세 강, 비대성 증생.
 (21) No. 670, CT-ATR 615OP-394-10은 근색 적갈색, 근형 세장형, 근색·심부색 보통, 근미 비대 만생, 추근성 안정, 초세 중강, 비대성 만생.
 (22) No. 671, CT-ATR 615OP-CK1은 근색 빨강, 근형 세장형, 근색·심부색 우수, 근미 비대 증생, 추근성 안정, 초세 중, 비대성 증생.

3. 3차년도 모본성능검정 및 선발

가. 목적

- (1) 성능검정을 통한 모본의 개체별 특성을 파악하고 선발개체는 계통육성에 활용함.
- (2) 월동재배시험을 통해 저온기에 근색 및 심부의 착색이 빠르며 비대가 우수한 계통을 선발함.

나. 시험방법

구분	파종일	수확일	처리수	비고
모본성능검정 및 선발	10.08.22	11.03 상	2계통 308개체	하우스
계통저온기성능시험	10.08.10	11.02.10	2	제주

다. 재배시험

(1) 모본성능검정

본 연구의 시험은 각 계통별 모본의 특성파악과 교배사업에 필요한 모본선발을 목표로 수행 하였다. 재배는 격리된 시설하우스에서 저온 감응 후 개화를 유도하기 위한 월동재배로 시험을 수행 하였다 (그림 15). 모본 파종을 위한 포장 준비는 계분발효퇴비(480kg/10a) + 원예용 복합특호비료 N-P-K-고토-붕사(10-11-12-2-0.3) 60kg/10a + 석회(60kg/10a) + 토양살충제 후라단(2kg/10a)을 살포하여 경운작업을 하였다. 2010년 8월 22일 공시재료 SMR-line No.1022, 1024, 1025, 1026, 1027, 1028, 1029, 1040과 ATR-line No.1030, 1031, 1032, 1033, 1035, 1036, 1037, 1038, 1039을 준비된 파종구 이랑에 너비 110cm × 조간거리18cm × 주간거리 7cm 간격으로 5립씩 점파로 파종하여 복토를 하였다. 파종 직후 잡초발생 억제를 위해 스톱프 유제 60ml/20L비율로 적정 살포량(300ml/10a)을 살포하고 발아를 촉진시키기 위해 폭

7cm 분수호스를 설치하여 관수로 적습을 유지하였다. 파종 후 7일경 발아가 시작되어, 입고병 예방으로 가지란 1,000배액을 엽면 살포를 하여 입고병을 예방하고 파종 후 25일경 본엽 2매가 되는 시기에 구당 2개씩 남기고 1차 수확을 하였다. 파종 후 45일경 본엽 3~4매가 되는 시기에 구당 1주씩 남기고 최종 수확을 완료하고 파밤나방 방제로 파밭마 1,000배액을 살포하였다. 월동 재배 전환으로 11월 10일 투명비닐(0.05mm×240cm)로 터널 설치와 2.4m폭의 보온덮개를 피복하여 보온과 환기를 병행하여 관리하였다. 월동과정에서 발생하는 무름병 방제로 일품+아미스타 1,000배액을 15일 간격으로 3회 살포하여 재배하였다.

(2) 계통 저온감응재배 및 수확

중국 수출용 Red계 품종개발을 목표로 국내에서 월동시험이 가능한 제주도의 당근주산지인 구좌지역에서 농가 재배의 일반관행에 맞춰 2010년 8월10일 2계통을 파종하여 월동시험을 수행하였다 (그림 15).

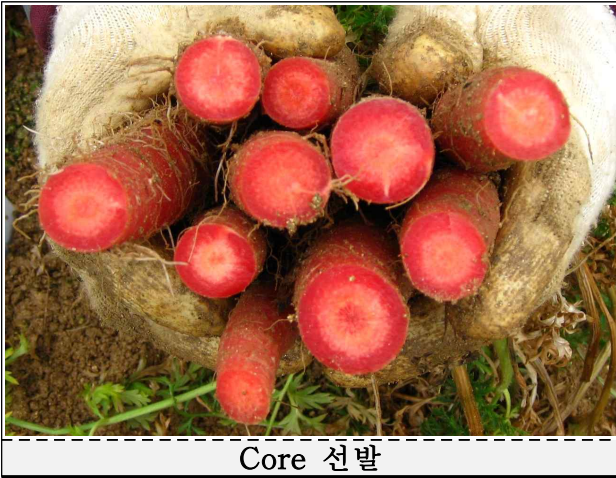


그림 15. 모본 월동관리 · 수확 · 제주시험모습

라. 선 발

(1) 계통모본선발

2011년 3월 상순부터 개체별 모본수확과 선발을 하였다. 조사방법은 근형은 Type별로 구분하였고, 근색은 붉은색의 착색정도에 따라 1(약하다), 3(중간), 5(강하다)로 조사하였다. 심부색은 뿌리의 수경에서 12cm 하단부를 종단으로 절단하여 심부의 착색정도에 따라 1(약하다), 3(중간), 5(강하다)로, 근미 모양은 1(뽕죽하다), 3(중간), 5(둥글다)로 추근성은 수경부위의 지표면 돌출정도를 1(강하다), 3(중간), 5(안정)로 초세는 1(약하다), 3(중간), 5(강하다)로, 비대성은 1(늦다), 3(중간), 5(빠르다)로 각각 육안으로 판별하여 조사하여 전체 287개체를 조사하였다(그림 16, 17).

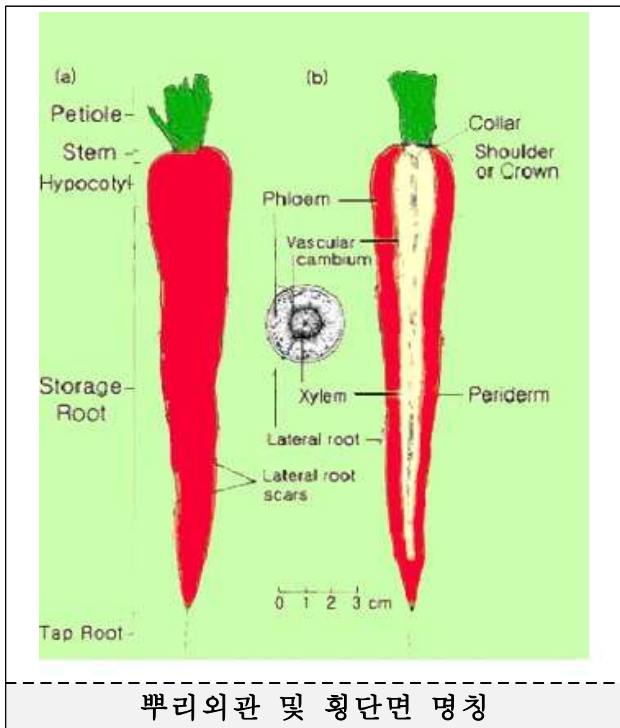


Core 선발

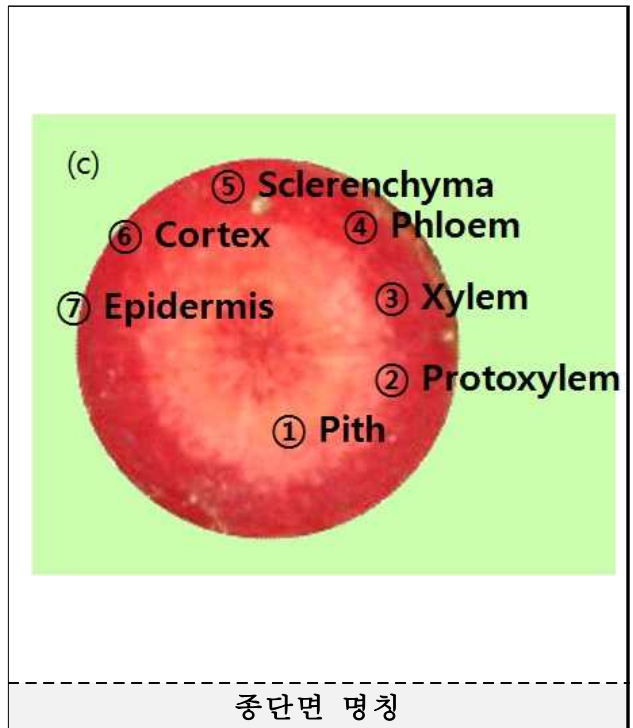


근형 선발

그림 16. Core 선발 · 근형 선발모습



뿌리외관 및 횡단면 명칭



종단면 명칭

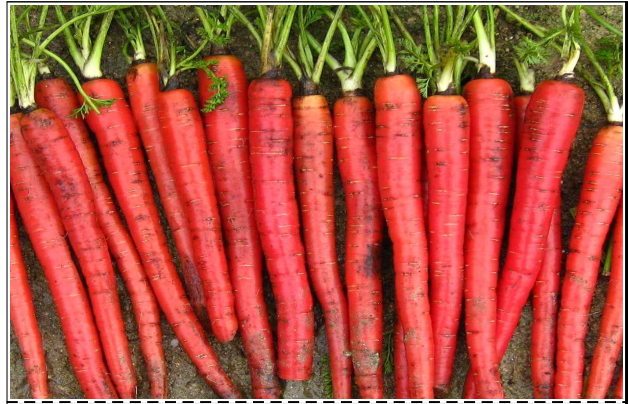
그림 17. (a)뿌리외관, (b)횡단면, (c)종단면 명칭

(2) 계통 저온기 성능시험

시험은 제주도 당근 주산지인 구좌지역에서 저온기 성능과약 및 모본선발을 목적으로 수행하였다. 2011년 2월10일 월동이 완료된 시점에 수확하여 근색, 심부색 뿌리의 모양을 고려하여 선발하였다. 선발된 No. 390, No. 391은 월동 후 근색의 착색이 우수한 화분친 계통으로 육성하고자 하였다 (그림 18).



SMR line 모본선발모습



ATR line 모본선발모습



제주선발 SMR line 개체모습



제주선발 ATR line 개체모습

그림 18. 제주 선발모본 모습

마. 결 과

(1) 선발 기준 (그림 18 참조)

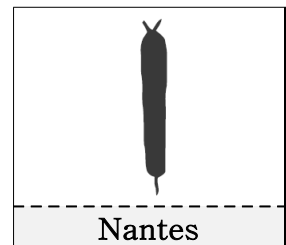
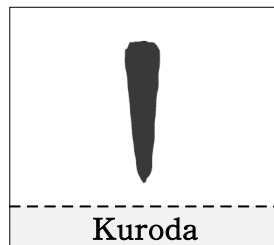
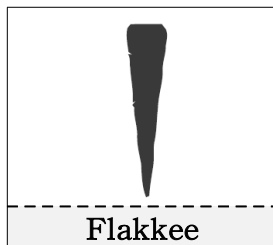
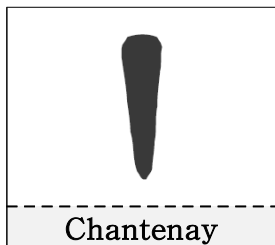
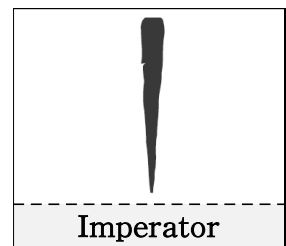
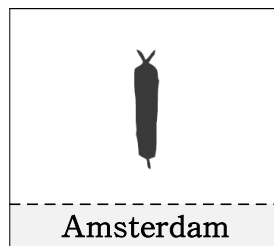
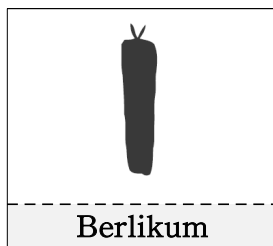
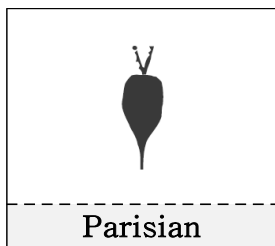


그림 18. 근형 type

(2) CT-SMR 616OP line 선발 결과

CT-SMROP-616 line에서 파생된 계통 중 무모형으로 표현된 No. 1024 44개체, No. 1025 47개체, No. 1026 55개체, sibing 세대로 유모, 단모 혼합형인 No. 1029 15개체, control line인 No. 1039 10개체 음성불임 line No. 1022 10개체, No. 1028 8개체, 전체 189개체를 각각 공시하여 모본을 육안으로 특성 검정하였다 (표 9; 그림 19, 20).

표 9. 2011년도 SMR616OP-line 모본 특성 검정표

조사번호	계통번호	근형	근색	심색	근미 모양	추근성	초세	비대성	열근성	비고
1022-1	SMR G616-1 MS-line (BC3)	Imperator	5	5	1	5	3	4	안정	
1022-2	SMR G616-2 MS-line (BC3)	Imperator	5	5	1	5	\3	4	안정	
1022-3	SMR G616-3 MS-line (BC3)	Imperator	5	5	2	5	3	4	안정	
1022-4	SMR G616-4 MS-line (BC3)	Imperator	5	5	3	5	3	4	안정	
1022-5	SMR G616-5 MS-line (BC3)	Imperator	5	5	1	5	3	4	안정	
1022-6	SMR G616-6 MS-line (BC3)	Imperator	5	5	3	5	3	4	안정	
1022-7	SMR G616-7 MS-line (BC3)	Imperator	5	5	2	5	3	4	안정	
1022-8	SMR G616-8 MS-line (BC3)	Imperator	5	5	1	5	3	4	안정	
1022-9	SMR G616-9 MS-line (BC3)	Imperator	5	5	3	5	3	4	안정	
1022-10	SMR G616-10 MS-line (BC3)	Imperator	5	5	1	5	3	4	안정	
1024-1	CT-SMR 616OP-389-1-1-1	Imperator	5	5	3	5	4	4	안정	
1024-2	CT-SMR 616OP-389-1-1-2	Imperator	5	5	1	5	4	3	안정	
1024-3	CT-SMR 616OP-389-1-1-3	Imperator	5	5	1	5	4	3	안정	
1024-4	CT-SMR 616OP-389-1-1-4	Imperator	5	5	3	5	4	3	안정	
1024-5	CT-SMR 616OP-389-1-1-5	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	
1024-6	CT-SMR 616OP-389-1-1-6	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	
1024-7	CT-SMR 616OP-389-1-1-7	Imperator	5	5	1	5	4	3	안정	
1024-8	CT-SMR 616OP-389-1-1-8	Imperator	5	5	3	5	4	3	안정	
1024-9	CT-SMR 616OP-389-1-1-9	Imperator	5	5	1	5	4	3	안정	
1024-10	CT-SMR 616OP-389-1-1-10	Imperator	5	5	1	5	4	3	안정	
1024-11	CT-SMR 616OP-389-1-1-11	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	
1024-12	CT-SMR 616OP-389-1-1-12	Imperator	5	5	3	5	4	3	안정	
1024-13	CT-SMR 616OP-389-1-1-13	Imperator	5	5	1	5	4	3	안정	
1024-14	CT-SMR 616OP-389-1-1-14	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	
1024-15	CT-SMR 616OP-389-1-1-15	Imperator	5	5	1	5	4	3	안정	
1024-16	CT-SMR 616OP-389-1-1-16	Imperator	5	5	3	5	4	3	안정	
1024-17	CT-SMR 616OP-389-1-1-17	Imperator	5	5	3	5	4	3	안정	
1024-18	CT-SMR 616OP-389-1-1-18	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	
1024-19	CT-SMR 616OP-389-1-1-19	Imperator	5	5	1	5	4	3	안정	
1024-20	CT-SMR 616OP-389-1-1-20	Imperator	5	5	3	5	4	3	안정	
1024-21	CT-SMR 616OP-389-1-1-21	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	
1024-22	CT-SMR 616OP-389-1-1-22	Imperator	5	5	1	5	4	3	안정	
1024-23	CT-SMR 616OP-389-1-1-23	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	
1024-24	CT-SMR 616OP-389-1-1-24	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	
1024-25	CT-SMR 616OP-389-1-1-25	Imperator	5	5	1	5	4	3	안정	
1024-26	CT-SMR 616OP-389-1-1-26	Imperator	5	5	1	5	4	3	안정	
1024-27	CT-SMR 616OP-389-1-1-27	Imperator	5	5	1	5	4	3	안정	
1024-28	CT-SMR 616OP-389-1-1-28	Imperator	5	5	3	5	4	3	안정	
1024-29	CT-SMR 616OP-389-1-1-29	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	

표 9. 계 속

조사번호	계통번호	근형	근색	심색	근미 모양	추근성	초세	비대성	열근성	비고
1024-30	CT-SMR 616OP-389-1-1-30	Imperator	5	5	1	5	4	3	안정	
1024-31	CT-SMR 616OP-389-1-1-31	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	
1024-32	CT-SMR 616OP-389-1-1-32	Imperator	5	5	1	5	4	3	안정	
1024-33	CT-SMR 616OP-389-1-1-33	Imperator	5	5	1	5	4	3	안정	
1024-34	CT-SMR 616OP-389-1-1-34	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	
1024-35	CT-SMR 616OP-389-1-1-35	Imperator	5	5	1	5	4	3	안정	
1024-36	CT-SMR 616OP-389-1-1-36	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	
1024-37	CT-SMR 616OP-389-1-1-37	Imperator	5	5	1	5	4	3	안정	
1024-38	CT-SMR 616OP-389-1-1-38	Imperator	5	5	3	5	4	3	안정	
1024-39	CT-SMR 616OP-389-1-1-39	Imperator	5	5	1	5	4	3	안정	
1024-40	CT-SMR 616OP-389-1-1-40	Imperator	5	5	1	5	4	3	안정	
1024-41(소)	CT-SMR 616OP-389-1-1-41	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
1024-42(소)	CT-SMR 616OP-389-1-1-42	Imperator	5	5	1	5	3	3	안정	
1024-43(소)	CT-SMR 616OP-389-1-1-43	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
1024-44(소)	CT-SMR 616OP-389-1-1-44	Imperator	5	5	1	5	3	3	안정	
1025-1	CT-SMR 616OP-389-1-2-1	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	
1025-2	CT-SMR 616OP-389-1-2-2	Imperator	5	5	1	5	4	3	안정	
1025-3	CT-SMR 616OP-389-1-2-3	Imperator	5	5	3	5	4	3	안정	
1025-4	CT-SMR 616OP-389-1-2-4	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	
1025-5	CT-SMR 616OP-389-1-2-5	Imperator	5	5	1	5	4	3	안정	
1025-6	CT-SMR 616OP-389-1-2-6	Imperator	5	5	3	5	4	3	안정	
1025-7	CT-SMR 616OP-389-1-2-7	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	
1025-8	CT-SMR 616OP-389-1-2-8	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	
1025-9	CT-SMR 616OP-389-1-2-9	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	
1025-10	CT-SMR 616OP-389-1-2-10	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	
1025-11	CT-SMR 616OP-389-1-2-11	Imperator	5	5	1	5	4	3	안정	
1025-12	CT-SMR 616OP-389-1-2-12	Imperator	5	5	1	5	4	3	안정	
1025-13	CT-SMR 616OP-389-1-2-13	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	
1025-14	CT-SMR 616OP-389-1-2-14	Imperator	5	5	3	5	4	3	안정	
1025-15	CT-SMR 616OP-389-1-2-15	Imperator	5	5	3	5	4	3	안정	
1025-16	CT-SMR 616OP-389-1-2-16	Imperator	5	5	3	5	4	3	안정	
1025-17	CT-SMR 616OP-389-1-2-17	Imperator	5	5	1	5	4	3	안정	
1025-18	CT-SMR 616OP-389-1-2-18	Imperator	5	5	1	5	4	3	안정	
1025-19	CT-SMR 616OP-389-1-2-19	Imperator	5	5	1	5	4	3	안정	
1025-20	CT-SMR 616OP-389-1-2-20	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	
1025-21	CT-SMR 616OP-389-1-2-21	Imperator	5	5	3	5	4	3	안정	
1025-22	CT-SMR 616OP-389-1-2-22	Imperator	5	5	1	5	4	3	안정	
1025-23	CT-SMR 616OP-389-1-2-23	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	
1025-24	CT-SMR 616OP-389-1-2-24	Imperator	5	5	1	5	4	3	안정	
1025-25	CT-SMR 616OP-389-1-2-25	Imperator	5	5	3	5	4	3	안정	
1025-26	CT-SMR 616OP-389-1-2-26	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	
1025-27	CT-SMR 616OP-389-1-2-27	Imperator	5	5	3	5	4	3	안정	
1025-28	CT-SMR 616OP-389-1-2-28	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	
1025-29	CT-SMR 616OP-389-1-2-29	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	
1025-30	CT-SMR 616OP-389-1-2-30	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	
1025-31	CT-SMR 616OP-389-1-2-31	Imperator	5	5	1	5	4	3	안정	
1025-32	CT-SMR 616OP-389-1-2-32	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	

표 9. 계 속

조사번호	계통번호	근형	근색	심색	근미 모양	추근성	초세	비대성	열근성	비고
1025-33	CT-SMR 616OP-389-1-2-33	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	
1025-34	CT-SMR 616OP-389-1-2-34	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	
1025-35	CT-SMR 616OP-389-1-2-35	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	
1025-36	CT-SMR 616OP-389-1-2-36	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	
1025-37	CT-SMR 616OP-389-1-2-37	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	
1025-38	CT-SMR 616OP-389-1-2-38	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	
1025-39	CT-SMR 616OP-389-1-2-39	Imperator	5	5	1	5	4	3	안정	
1025-40	CT-SMR 616OP-389-1-2-40	Imperator	5	5	1	5	4	3	안정	
1025-41	CT-SMR 616OP-389-1-2-41	Flakkee	5	5	1	5	4	3	안정	
1025-42	CT-SMR 616OP-389-1-2-42	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	
1025-43	CT-SMR 616OP-389-1-2-43	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	
1025-44	CT-SMR 616OP-389-1-2-44	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	
1025-45	CT-SMR 616OP-389-1-2-45	Imperator	5	5	3	5	4	3	안정	
1025-46	CT-SMR 616OP-389-1-2-46	Imperator	5	5	3	5	4	3	안정	
1025-47	CT-SMR 616OP-389-1-2-47	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	
1026-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-1	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	
1026-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-2	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	
1026-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-3	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	
1026-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-4	Imperator	5	5	1	5	3	3	안정	
1026-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-5	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
1026-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-6	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
1026-7	CT-SMR 616OP-389-1-3-7	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
1026-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-8	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
1026-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-9	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
1026-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-10	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
1026-11	CT-SMR 616OP-389-1-3-11	Nantes	5	5	3	5	3	3	안정	
1026-12	CT-SMR 616OP-389-1-3-12	Imperator	5	5	1	5	3	3	안정	
1026-13	CT-SMR 616OP-389-1-3-13	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
1026-14	CT-SMR 616OP-389-1-3-14	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
1026-15	CT-SMR 616OP-389-1-3-15	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
1026-16	CT-SMR 616OP-389-1-3-16	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
1026-17	CT-SMR 616OP-389-1-3-17	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
1026-18	CT-SMR 616OP-389-1-3-18	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
1026-19	CT-SMR 616OP-389-1-3-19	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
1026-20	CT-SMR 616OP-389-1-3-20	Imperator	5	5	1	5	3	3	안정	
1026-21	CT-SMR 616OP-389-1-3-21	Imperator	5	5	1	5	3	3	안정	
1026-22	CT-SMR 616OP-389-1-3-22	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
1026-23	CT-SMR 616OP-389-1-3-23	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
1026-24	CT-SMR 616OP-389-1-3-24	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
1026-25	CT-SMR 616OP-389-1-3-25	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
1026-26	CT-SMR 616OP-389-1-3-26	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
1026-27	CT-SMR 616OP-389-1-3-27	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
1026-28	CT-SMR 616OP-389-1-3-28	Flakkee	5	5	2	5	3	3	안정	

표 9. 계 속

조사번호	계통번호	근형	근색	심색	근미 모양	추근성	초세	비대성	열근성	비고
1026-29	CT-SMR 616OP-389-1-3-29	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
1026-30	CT-SMR 616OP-389-1-3-30	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
1026-31	CT-SMR 616OP-389-1-3-31	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
1026-32	CT-SMR 616OP-389-1-3-32	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
1026-33	CT-SMR 616OP-389-1-3-33	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
1026-34	CT-SMR 616OP-389-1-3-34	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
1026-35	CT-SMR 616OP-389-1-3-35	Imperator	5	5	1	5	3	3	안정	
1026-36	CT-SMR 616OP-389-1-3-36	Flakkee	5	5	1	5	3	3	안정	
1026-37	CT-SMR 616OP-389-1-3-37	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
1026-38	CT-SMR 616OP-389-1-3-38	Imperator	5	5	1	5	3	3	안정	
1026-39	CT-SMR 616OP-389-1-3-39	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
1026-40	CT-SMR 616OP-389-1-3-40	Imperator	5	5	1	5	3	3	안정	
1026-41	CT-SMR 616OP-389-1-3-41	Imperator	5	5	1	5	3	3	안정	
1026-42	CT-SMR 616OP-389-1-3-42	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
1026-43	CT-SMR 616OP-389-1-3-43	Imperator	5	5	1	5	3	3	안정	
1026-44	CT-SMR 616OP-389-1-3-44	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
1026-45	CT-SMR 616OP-389-1-3-45	Imperator	5	5	1	5	3	3	안정	
1026-46	CT-SMR 616OP-389-1-3-46	Imperator	5	5	1	5	3	3	안정	
1026-47	CT-SMR 616OP-389-1-3-47	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
1026-48	CT-SMR 616OP-389-1-3-48	Imperator	5	5	1	5	3	3	안정	
1026-49	CT-SMR 616OP-389-1-3-49	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
1026-50	CT-SMR 616OP-389-1-3-50	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
1026-51	CT-SMR 616OP-389-1-3-51	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
1026-52	CT-SMR 616OP-389-1-3-52	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
1026-53	CT-SMR 616OP-389-1-3-53	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
1026-54	CT-SMR 616OP-389-1-3-54	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
1026-55	CT-SMR 616OP-389-1-3-55	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
1027-1	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-1	Imperator	5	5	2	4	4	3	안정	
1027-2	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-2	Imperator	5	5	2	4	4	3	안정	
1027-3	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-3	Imperator	5	5	2	4	4	3	안정	
1027-4	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-4	Imperator	5	5	2	4	4	3	안정	
1027-5	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-5	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
1027-6	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-6	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
1027-7	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-7	Imperator	5	5	1	4	4	3	안정	
1027-8	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-8	Imperator	5	5	1	4	4	3	안정	
1027-9	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-9	Imperator	5	5	1	4	4	3	안정	
1027-10	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-10	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
1029-1	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1	Imperator	5	5	2	4	4	3	안정	
1029-2	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2	Imperator	5	5	1	4	4	3	안정	
1029-3	CT-SMR616OP-389-⊗-14-3	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
1029-4	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4	Imperator	5	5	1	4	4	3	안정	
1029-5	CT-SMR616OP-389-⊗-14-5	Imperator	5	5	2	4	4	3	안정	
1029-6	CT-SMR616OP-389-⊗-14-6	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
1029-7	CT-SMR616OP-389-⊗-14-7	Imperator	5	5	1	4	4	3	안정	

표 9. 계 속

조사번호	계통번호	근형	근색	심색	근미 모양	추근성	초세	비대성	열근성	비고
1029-8	CT-SMR616OP-389-⊗-14-8	Imperator	5	5	2	4	4	3	안정	
1029-9	CT-SMR616OP-389-⊗-14-9	Imperator	5	5	2	4	4	3	안정	
1029-10	CT-SMR616OP-389-⊗-14-10	Imperator	5	5	2	4	4	3	안정	
1029-11	CT-SMR616OP-389-⊗-14-11	Imperator	5	5	1	4	4	3	안정	
1029-12	CT-SMR616OP-389-⊗-14-12	Imperator	5	5	1	4	4	3	안정	
1029-13	CT-SMR616OP-389-⊗-14-13	Imperator	5	5	2	4	4	3	안정	
1029-14	CT-SMR616OP-389-⊗-14-14	Imperator	5	5	2	4	4	3	안정	
1029-15	CT-SMR616OP-389-⊗-14-15	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
1040-1	CT-SMR 616OP-CK33-14-1	Imperator	5	5	1	4	4	3	안정	
1040-2	CT-SMR 616OP-CK33-14-2	Imperator	5	5	1	4	4	3	안정	
1040-3	CT-SMR 616OP-CK33-14-3	Imperator	5	5	1	4	4	3	안정	
1040-4	CT-SMR 616OP-CK33-14-4	Imperator	5	5	1	4	4	3	안정	
1040-5	CT-SMR 616OP-CK33-14-5	Imperator	5	5	2	4	4	3	안정	
1040-6	CT-SMR 616OP-CK33-14-6	Imperator	5	5	1	4	4	3	안정	
1040-7	CT-SMR 616OP-CK33-14-7	Imperator	5	5	2	4	4	3	안정	
1040-8	CT-SMR 616OP-CK33-14-8	Imperator	5	5	2	4	4	3	안정	
1040-9	CT-SMR 616OP-CK33-14-9	Imperator	5	5	1	4	4	3	안정	
1040-10	CT-SMR 616OP-CK33-14-10	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
1040-11	CT-SMR 616OP-CK33-14-11	Imperator	5	5	1	4	4	3	안정	
1040-12	CT-SMR 616OP-CK33-14-12	Imperator	5	5	2	4	4	3	안정	
1040-13	CT-SMR 616OP-CK33-14-13	Imperator	5	5	1	4	4	3	안정	
1040-14	CT-SMR 616OP-CK33-14-14	Imperator	5	5	1	4	4	3	안정	
1040-15	CT-SMR 616OP-CK33-14-15	Imperator	5	5	2	4	4	2	안정	
1040-16	CT-SMR 616OP-CK33-14-16	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	

- 근색, 심색의 붉은색도 : 1(약), 3(중), 5(강)
- 근미모양 : 1(뽀족하다), 3(중간), 5(둥글다)
- 추 근 성 : 1(강하다), 3(중간), 5(안정)
- 초 세 : 1(약), 3(중), 5(강)
- 비 대 성 : 1(늦다), 3(중간), 5(빠르다)



● No.1022 SMR G616OP MS-line (BC3)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색 빨강, 육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성, 중생



● No.1024 CT-SMR 616OP-389-1-1-1~14

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, 육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성, 중 만생

그림 19. No.1022, No.1024 근형모습



● No.1024 CT-SMR 616OP-389-1-1-1~24(육묘)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, 육색·심색 빨강 근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성, 중 만생

No.1024 육묘 → 가식 → 월동 후 모본모습



● No.1024 CT-SMR 616OP-389-1-1-16~28



● No.1024 CT-SMR 616OP-389-1-1-29~40

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, 육색·심색 빨강 근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성, 중 만생

No.1024육묘 → 가식 → 월동 후 모본모습



● No.1024 CT-SMR 616OP-389-1-1-41~44



● No.1025 CT-SMR 616OP-389-1-2-1~10

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 중생



● No.1025 CT-SMR 616OP-389-1-2-1~10

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 중생

그림 19. 계속 No. 1025 모본모습



● No.1025 CT-SMR 616OP-389-1-2-12~21

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색·심색 빨강



● No.1025 CT-SMR 616OP-389-1-2-22~32

근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 중생

No.1025 육묘 → 가식 → 월동 후 모본모습



● No.1025 CT-SMR 616OP-389-1-2-33~42

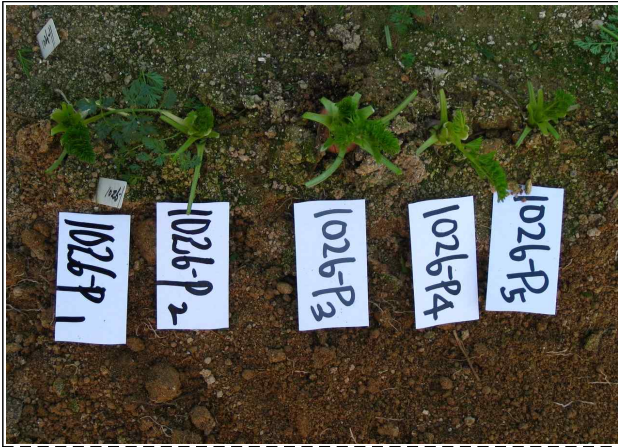
○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색·심색 빨강



● No.1205 CT-SMR 616OP-389-1-2-43~47

근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 중생

No.1025육묘 → 가식 → 월동 후 모본모습



●No.1026 CT-SMR 616OP-389-1-3-1~5

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색·심색 빨강
 근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 중생
 그림 19 계속. No.1026 육묘 → 가식 → 월동 후모본모습



●No.1026 616OP-389-1-3-6~10

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색·심색 빨강
 근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 중만생

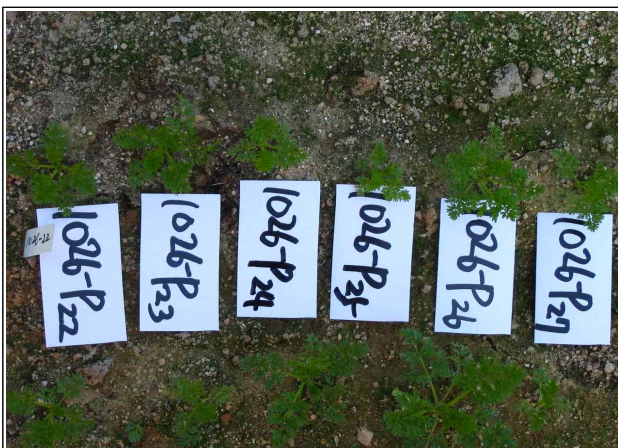


●No.1026 CT-SMR 616OP-389-1-2-11~15

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색·심색 빨강 근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 중만생
 No.1026 육묘 → 가식 → 월동 후 모본모습

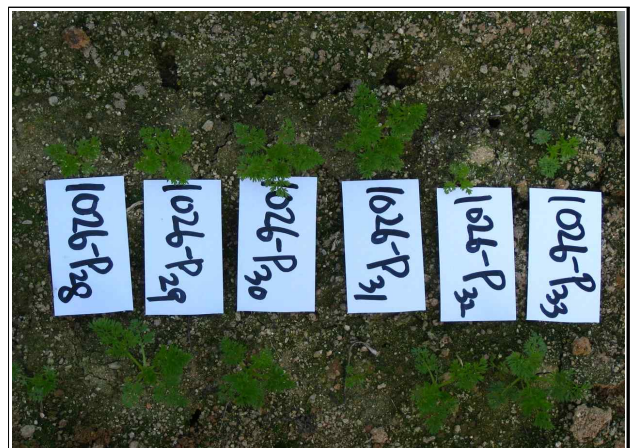


●No.1026 CT-SMR 616OP-389-1-3-16~21



●No.1026 CT-SMR 616OP-389-1-3-22~27

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색·심색 빨강 근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 중만생
 No.1026 육묘 → 가식 → 월동 후 모본모습



●No.1026 CT-SMR 616OP-389-1-3-28~33



●No.1026 CT-SMR 616OP-389-1-3-34~38

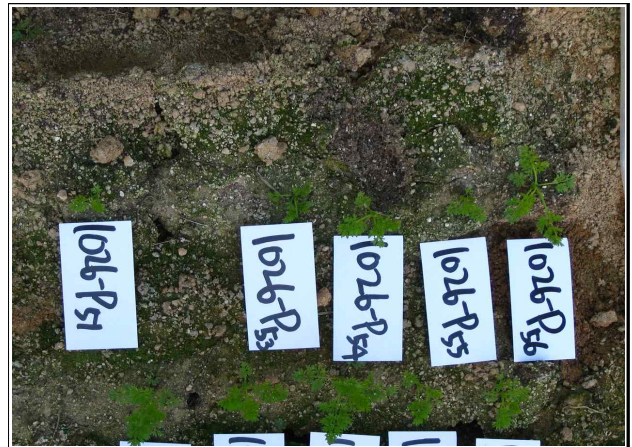


●No.1026 CT-SMR 616OP-389-1-3-40~44

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색·심색 빨강 근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 중만생
그림 19 계속. No.1026 육묘 → 가식 → 월동 후 모본모습



●No.1026 CT-SMR 616OP-389-1-3-45~49



●No.1026 CT-SMR 616OP-389-1-3-51~56

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색·심색 빨강 근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 중만생
No.1026 육묘 → 가식 → 월동 후 모본모습



●No.1029 CT-SMR 616OP-389-⊗-14

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색·심색 빨강 근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 중생



●No.1040 CT-SMR 616OP-CK33-14

○주요특성 : 근형 세장형, 근색·육색·심색 빨강 근미 비대 중생, 추근성 안정, 초세 중강, 숙성 조중

No.1029, No.1040 모본모습

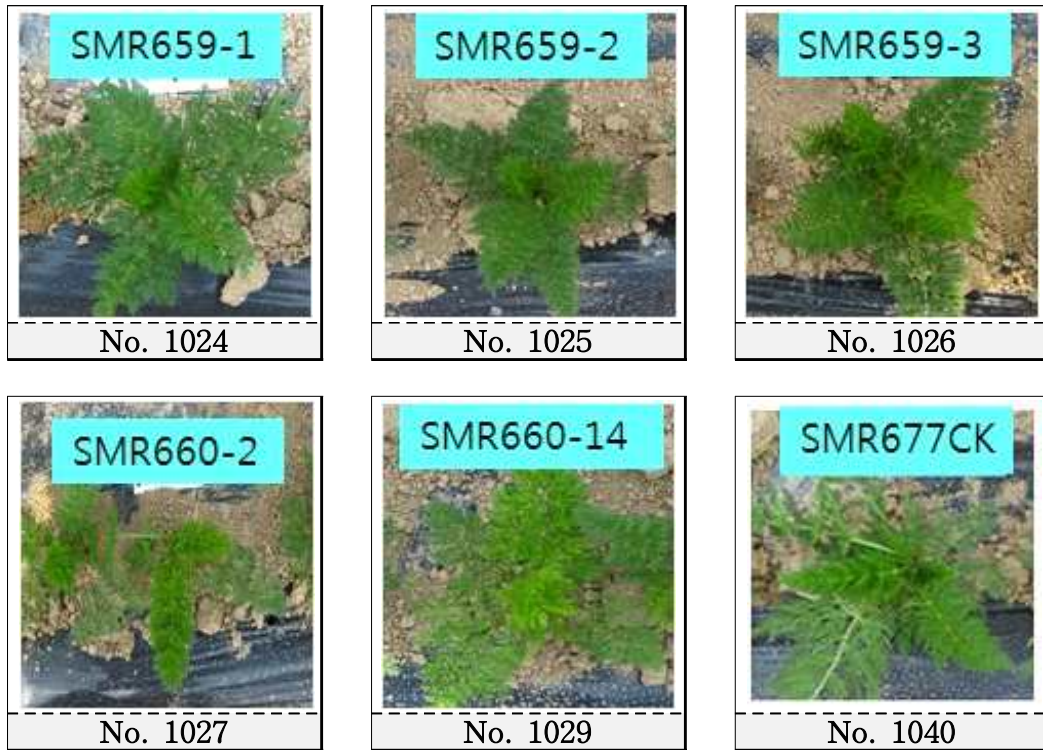


그림 20. SMR 616OP line 별 초형 모습

(3) CT-ATR 615OP line 선발 결과

CT-ATR OP-615 line에서 파생된 계통 중 1차년도 무모형 개체에서 2차년도 표현형이 유모형과 무모형으로 혼합 표현된 개체 중 선발된 No. 1031 23개체, No. 1032 8개체, No. 1033 7개체, No. 1035 10개체, No. 1036 10개체, No. 1037 10개체와 control line인 No. 1039 10개체, 웅성불임 line No. 1038 10개체 전체 98개체를 각각 공시하여 육안조사로 특성검정을 하였다 (표 10; 그림 21, 22).

표 10. 2011년도 ATR OP-line모본 특성 검정표

조사번호	계통번호	근형	근색	심색	근미 모양	추근성	초세	비대성	열근성	비교
1031-1	CT-ATR 615OP-394-6-2-1	Imperator	5	5	2	4	4	2	안정	
1031-2	CT-ATR 615OP-394-6-2-2	Imperator	5	5	2	4	4	2	안정	
1031-3	CT-ATR 615OP-394-6-2-3	Imperator	5	5	2	4	4	2	안정	
1031-4	CT-ATR 615OP-394-6-2-4	Imperator	5	5	2	4	4	2	안정	
1031-5	CT-ATR 615OP-394-6-2-5	Chantenay	5	5	2	4	4	2	안정	
1031-6	CT-ATR 615OP-394-6-2-6	Chantenay	5	5	2	4	4	2	안정	
1031-7	CT-ATR 615OP-394-6-2-7	Imperator	5	5	2	4	4	2	안정	
1031-8	CT-ATR 615OP-394-6-2-8	Imperator	5	5	2	4	4	2	안정	
1031-9	CT-ATR 615OP-394-6-2-9	Imperator	5	5	2	4	4	2	안정	
1031-10	CT-ATR 615OP-394-6-2-10	Imperator	5	5	2	4	4	2	안정	
1031-11	CT-ATR 615OP-394-6-2-11	Imperator	5	5	2	4	4	2	안정	
1031-12	CT-ATR 615OP-394-6-2-12	Imperator	5	5	2	4	4	2	안정	
1031-13	CT-ATR 615OP-394-6-2-13	Imperator	5	5	2	4	4	2	안정	부패
1031-14	CT-ATR 615OP-394-6-2-14	Imperator	5	5	2	4	4	2	안정	
1031-15	CT-ATR 615OP-394-6-2-15	Imperator	5	5	2	4	4	2	안정	
1031-16	CT-ATR 615OP-394-6-2-16	Imperator	5	5	2	4	4	2	안정	
1031-17	CT-ATR 615OP-394-6-2-17	Imperator	5	5	2	4	4	2	안정	
1031-18	CT-ATR 615OP-394-6-2-18	Imperator	5	5	2	4	4	2	안정	
1031-19	CT-ATR 615OP-394-6-2-19	Imperator	5	5	2	4	4	2	안정	
1031-20	CT-ATR 615OP-394-6-2-20	Imperator	5	5	2	4	4	2	안정	
1031-21	CT-ATR 615OP-394-6-2-21	Imperator	5	5	2	4	4	2	안정	
1031-22	CT-ATR 615OP-394-6-2-22	Imperator	5	5	2	4	4	2	안정	
1031-23	CT-ATR 615OP-394-6-2-23	Imperator	5	5	2	4	4	2	안정	
1032-1	CT-ATR 615OP-394-6-3-1	Imperator	5	5	2	4	3	2	안정	
1032-2	CT-ATR 615OP-394-6-3-2	Imperator	5	5	2	4	3	2	안정	
1032-3	CT-ATR 615OP-394-6-3-3	Imperator	5	5	2	4	3	2	안정	
1032-4	CT-ATR 615OP-394-6-3-4	Imperator	5	5	2	4	3	2	안정	
1032-5	CT-ATR 615OP-394-6-3-5	Imperator	5	5	2	4	3	2	안정	
1032-6	CT-ATR 615OP-394-6-3-6	Imperator	5	5	2	4	3	2	안정	
1032-7	CT-ATR 615OP-394-6-3-7	Imperator	5	5	2	4	3	2	안정	
1032-8	CT-ATR 615OP-394-6-3-8	Imperator	5	5	2	4	3	2	안정	
1033-1	CT-ATR 615OP-394-6-6-1	Imperator	5	5	2	4	3	2	안정	
1033-2	CT-ATR 615OP-394-6-6-2	Imperator	5	5	2	4	3	2	안정	
1033-3	CT-ATR 615OP-394-6-6-3	Imperator	5	5	2	4	3	2	안정	
1033-4	CT-ATR 615OP-394-6-6-4	Imperator	5	5	2	4	3	2	안정	
1033-5	CT-ATR 615OP-394-6-6-5	Imperator	5	5	2	4	3	2	안정	
1033-6	CT-ATR 615OP-394-6-6-6	Imperator	5	5	2	4	3	2	안정	
1033-7	CT-ATR 615OP-394-6-6-7	Imperator	5	5	2	4	3	2	안정	
1034-1	CT-ATR 615OP-394-6-13-1	Imperator	5	5	2	4	3	2	안정	
1034-2	CT-ATR 615OP-394-6-13-2	Imperator	5	5	2	4	3	2	안정	
1034-3	CT-ATR 615OP-394-6-13-3	Imperator	5	5	2	4	3	2	안정	
1034-4	CT-ATR 615OP-394-6-13-4	Imperator	5	5	2	4	3	2	안정	
1034-5	CT-ATR 615OP-394-6-13-5	Imperator	5	5	2	4	3	2	안정	
1034-6	CT-ATR 615OP-394-6-13-6	Imperator	5	5	2	4	3	2	안정	
1034-7	CT-ATR 615OP-394-6-13-7	Imperator	5	5	2	4	3	2	안정	
1034-8	CT-ATR 615OP-394-6-13-8	Imperator	5	5	2	4	3	2	안정	
1034-9	CT-ATR 615OP-394-6-13-9	Imperator	5	5	2	4	3	2	안정	
1034-10	CT-ATR 615OP-394-6-13-10	Imperator	5	5	2	4	3	2	안정	

표 10. 계 속

조사번호	계통번호	근형	근색	심색	근미 모양	추근성	초세	비대성	열근성	비고
1034-9	CT-ATR 615OP-394-6-13-9	Imperator	5	5	2	4	3	2	안정	
1034-10	CT-ATR 615OP-394-6-13-10	Imperator	5	5	2	4	3	2	안정	
1034-11	CT-ATR 615OP-394-6-13-11	Imperator	5	5	2	4	3	2	안정	
1034-12	CT-ATR 615OP-394-6-13-12	Imperator	5	5	2	4	3	2	안정	
1035-1	CT-ATR 615OP-394-5-35(13)-1	Imperator	5	5	2	4	4	2	안정	
1035-2	CT-ATR 615OP-394-5-35(13)-2	Imperator	5	5	2	4	4	2	안정	
1035-3	CT-ATR 615OP-394-5-35(13)-3	Imperator	5	5	2	4	4	2	안정	
1035-4	CT-ATR 615OP-394-5-35(13)-4	Imperator	5	5	2	4	4	2	안정	
1035-5	CT-ATR 615OP-394-5-35(13)-5	Imperator	5	5	2	4	4	2	안정	
1035-6	CT-ATR 615OP-394-5-35(13)-6	Imperator	5	5	2	4	4	2	안정	
1035-7	CT-ATR 615OP-394-5-35(13)-7	Imperator	5	5	2	4	4	2	안정	
1035-8	CT-ATR 615OP-394-5-35(13)-8	Imperator	5	5	2	4	4	2	안정	
1035-9	CT-ATR 615OP-394-5-35(13)-9	Imperator	5	5	2	4	4	2	안정	
1035-10	CT-ATR 615OP-394-5-35(13)-10	Imperator	5	5	2	4	4	2	안정	
1036-1	CT-ATR 615OP-394-6-25-1	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
1036-2	CT-ATR 615OP-394-6-25-2	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
1036-3	CT-ATR 615OP-394-6-25-3	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
1036-4	CT-ATR 615OP-394-6-25-4	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
1036-5	CT-ATR 615OP-394-6-25-5	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
1036-6	CT-ATR 615OP-394-6-25-6	Imperator	5	5	2	4	4	2	안정	
1036-7	CT-ATR 615OP-394-6-25-7	Imperator	5	5	2	4	4	2	안정	
1036-8	CT-ATR 615OP-394-6-25-8	Imperator	5	5	2	4	4	2	안정	
1036-9	CT-ATR 615OP-394-6-25-9	Imperator	5	5	2	4	4	2	안정	
1036-10	CT-ATR 615OP-394-6-25-10	Imperator	5	5	2	4	4	2	안정	
1037-1	CT-ATR 615OP-394-6-30-1	Imperator	5	5	2	4	3	2	안정	
1037-2	CT-ATR 615OP-394-6-30-2	Imperator	5	5	2	4	3	2	안정	
1037-3	CT-ATR 615OP-394-6-30-3	Imperator	5	5	2	4	3	2	안정	
1037-4	CT-ATR 615OP-394-6-30-4	Imperator	5	5	2	4	3	2	안정	
1037-5	CT-ATR 615OP-394-6-30-5	Imperator	5	5	2	4	3	2	안정	
1037-6	CT-ATR 615OP-394-6-30-6	Imperator	5	5	2	4	3	2	안정	
1037-7	CT-ATR 615OP-394-6-30-7	Imperator	5	5	2	4	3	2	안정	
1037-8	CT-ATR 615OP-394-6-30-8	Imperator	5	5	2	4	3	2	안정	
1037-9	CT-ATR 615OP-394-6-30-9	Imperator	5	5	2	4	3	2	안정	
1037-10	CT-ATR 615OP-394-6-30-10	Imperator	5	5	2	4	3	2	안정	
1038-1	CT-ATR P615-1 MS-line (BC3)	Imperator	5	5	3	4	3	3	안정	
1038-2	CT-ATR P615-2MS-line (BC3)	Imperator	5	5	3	4	3	3	안정	
1038-3	CT-ATR P615-3MS-line (BC3)	Imperator	5	5	3	4	3	3	안정	
1038-4	CT-ATR P615-4MS-line (BC3)	Imperator	5	5	3	4	3	3	안정	
1038-5	CT-ATR P615-5MS-line (BC3)	Imperator	5	5	3	4	3	3	안정	
1038-6	CT-ATR P615-6 MS-line (BC3)	Imperator	5	5	3	4	3	3	안정	
1038-7	CT-ATR P615-7 MS-line (BC3)	Imperator	5	5	3	4	3	3	안정	
1038-8	CT-ATR P615-8 MS-line (BC3)	Imperator	5	5	3	4	3	3	안정	
1038-9	CT-ATR P615-9 MS-line (BC3)	Imperator	5	5	3	4	3	3	안정	
1038-10	CT-ATR P615-10 MS-line (BC3)	Imperator	5	5	3	4	3	3	안정	
1039-1	CT-ATR 615OP-CK1-1-1	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
1039-2	CT-ATR 615OP-CK1-1-2	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
1039-3	CT-ATR 615OP-CK1-1-3	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	

표 10. 계 속

조사번호	계통번호	근형	근색	심색	근미 모양	추근성	초세	비대성	열근성	비고
1039-4	CT-ATR 615OP-CK1-1-4	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
1039-5	CT-ATR 615OP-CK1-1-5	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
1039-6	CT-ATR 615OP-CK1-1-6	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
1039-7	CT-ATR 615OP-CK1-1-7	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
1039-8	CT-ATR 615OP-CK1-1-8	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
1039-9	CT-ATR 615OP-CK1-1-9	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
1039-10	CT-ATR 615OP-CK1-1-10	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	



● CT-ATR P615OP MS-line (BC3)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색 빨강, 육색·심색 빨강
근미비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성, 중 만생



● CT-ATR 615OP-394-5-2-1~10

○주요특성 : 근형 세장형, 근색·육색·심색 적갈색
근미비대 만생, 추근성 안정, 초세 약, 숙성, 만생

그림 21. No. 1038, 1031 모본모습



● CT-ATR 615OP-394-5-2-11~14

○주요특성 : 근형 세장형, 근색·육색·심색 적갈색
근미비대 만생, 추근성 안정, 초세 약, 숙성, 만생



● CT-ATR 615OP-394-5-3-1~9

○주요특성 : 근형 세장형, 근색·육색·심색 적갈색
근미비대 만생, 추근성 안정, 초세 약, 숙성, 만생

No. 1031, 1032 모본모습



● CT-ATR 615OP-394-5-6-1~7

○주요특성 : 근형 세장형, 근색·육색·심색 적갈색
근미비대 만생, 추근성 안정, 초세 약, 숙성, 만생

그림 21 계속. No. 1033, 1035 모본모습



● CT-ATR 615OP-394-5-35(13)-1~10

○주요특성 : 근형 세장형, 근색·육색·심색 빨강
근미비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 중생



● CT-ATR 615OP-394-6-25-1~10

○주요특성 : 근형 세장형, 근색·육색·심색 빨강~갈
색 근미비대 중만생, 추근성 안정, 초세 약, 숙성 만생

No. 1036, 1037 모본모습



● CT-ATR 615OP-394-6-30-1~10

○주요특성 : 근형 세장형, 근색·육색·심색 적갈색
근미비대 만생, 추근성 안정, 초세 약, 숙성, 만생



● CT-ATR 615OP-CK1-9-1~10

○주요특성 : 근형 세장형, 근색·육색·심색 빨강 근미
비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 중생

No. 1039 모본모습

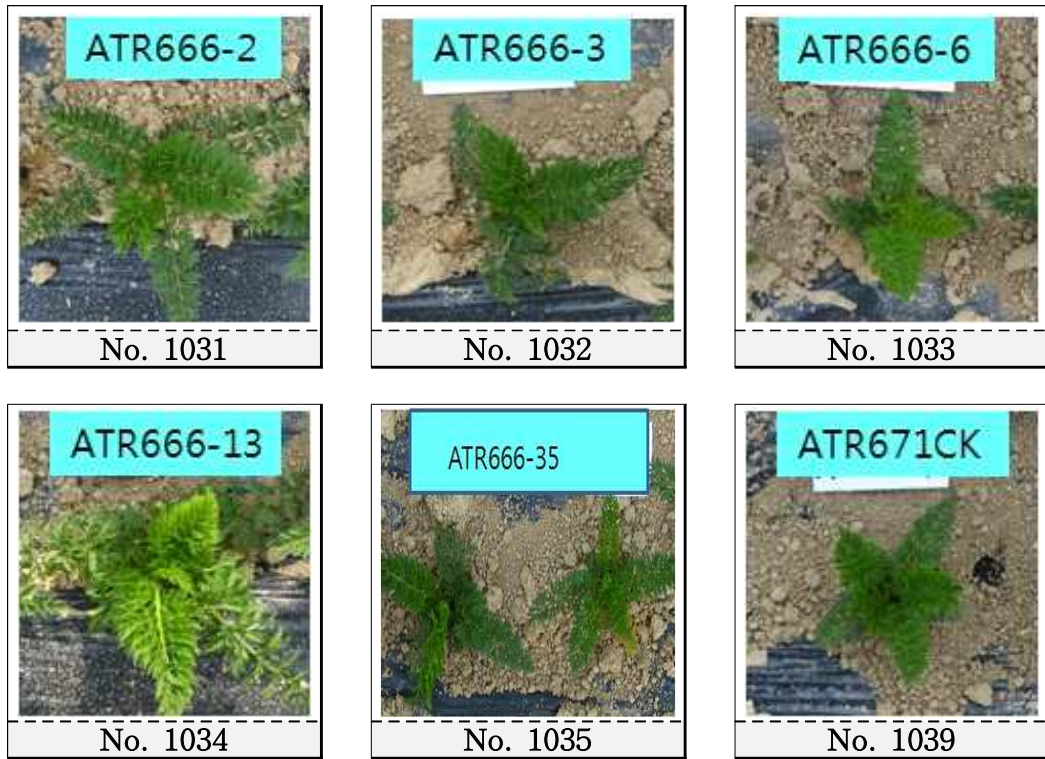


그림 22. ATR 615OP line 별 초형 모습

2011년도 교배를 통해 확보된 무모형으로 고정된 것으로 판단되는 SMR 616OP-line No. 1026과 ATR 615OP-line No.1035와 후속시험이 필요한 7계통을 포함하여 육묘재배로 시험을 (그림 23) 진행하였으며 지상부의 일부식물체는 마커개발 샘플로 활용하고 뿌리식물체는 월동 시험을 거쳐 모본으로 활용하였다.



No. 7001



No. 7002



No. 7005



No. 7029



No. 7042



No. 7049



No. 7051



No. 7099



No. 7100



No. 7108



No. 7114



No. 7116



No. 7049



No. 7051



No. 7125



No. 7127

그림 23. 2012년도 모본 육묘모습



No. 7136



No. 7138



No. 7140



No. 7147



No. 7148



No. 7150



No. 7155



No. 7159



No. 7194



No. 7197



No. 7200



No. 7205



No. 7206



No. 7208



No. 7209

그림 23. 계속

4. 4차년도 모본성능검정 및 선발

가. 모본성능검정 목적

본연구의 시험은 각 계통별 모본의 특성파악과 교배사업에 필요한 모본선발을 목표로 수행하였다. 무모 line과 웅성불임 계통의 공시재료 SMR-line No. 7001, 7021, 7029, 7042, 7049, 7051, 7065, 7075, 7099, 7100, 7111, 7114, 7116, 7118, 7127, 7136, 7140, 7147, 7148, 7150, 7155, 7159, 7208, 7209, ATR-line No. 7205, 7194, 7197, 7200, 7206은 육묘상자에 상토를 10cm 두께로 준비하여 2011년 8월10일 줄뿌림으로 파종하였다. 파종 후 20일경 본엽 출현 시기에 16구 연결 pot에 가식하고 가지란 1000배액을 살포하여 입고병을 방지하였다. 11월 상순 준비된 시설에 정식하여 보온관리로 월동재배를 하였다.

C-line은 격리된 시설하우스에서 저온 감응 후 개화를 유도하기 위한 월동재배로 시험을 수행 하였다. 모본 파종을 위한 포장 준비는 계분발효퇴비(480kg/10a) + 원예용 복합특호 비료 N-P-K-고토-붕사(10-11-12-2-0.3) 60kg/10a + 석회(60kg/10a) + 토양살충제 모캡(6kg/10a)을 살포하여 경운작업을 하였다. 2011년 8월 25일 C-line의 Nantes-type은 No. 09-491, No. 09-492, No. 10-751, No. 10-752, No. 11-906, No. 11-907, No. 12-830, No. 12-831과 Imperator-type은 No. 900, No. 901, No. 902, No. 903, No. 904, No. 905등 14계통을 준비된 파종구 이랑에 너비 110cm×조간거리18cm×주간거리 7cm 간격으로 5립씩 점파로 파종하여 복토를 하였다. 파종 직후 잡초발생 억제를 위해 스톱프 유제 60ml/20L비율로 적정 살포량(300ml/10a)을 살포 하고 발아를 촉진시키기 위해 시설내의 스프링클러 관수로 적습을 유지 하였다. 파종 후 7일경 발아가 시작되어, 입고병 예방으로 가지란 1,000배액을 엽면 살포를 하여 입고병을 예방하고 파종 후 25일경 본엽 2매가 되는 시기에 구당 2개체씩 남기고 1차 수음을 하였다. 파종 후 45일경 본엽 3~4매가 되는 시기에 구당 1주씩 남기고 최종 수음을 완료 하고 파밤나방 방제로 스텐드 1,000배액을 살포하였다. 월동 재배 전환으로 11월 10일 투명 비닐(0.05mm×240cm)로 터널 설치와 11월 30일 2.4m폭의 보온덮개를 피복하여 보온과 환기를 병행하여 관리 하였다. 월동과정에서 발생하는 무름병 방제로 일품+아미스타 1,000배액을 15일 간격으로 3회 살포하여 월동재배를 하였다 (그림 24).

유망계통의 저온기 성능시험은 제주구좌지역의 당근산지에 시험지를 선정하여 2011년 8월 10일 2계통을 파종하였다. 재배는 현지농가의 재배관행에 따라 관리하였다.



모본입모상태



보온관리

그림 24. 모본 월동관리 시험모습

나. 선발

(1) 계통 모본선발

2012년 3월 상순부터 개체별 모본수확과 선발을 하였다. C-line조사방법은 근형의 경우 type별로 구분하였고, 근색은 붉은색의 착색정도에 따라 5(강하다), 3(중간), 1(약하다)로 조사하였다. 심부색의 선발은 뿌리의 수경에서 13cm 하단부를 종단으로 절단하여 심부의 착색정도에 따라 5(진하다), 3(중간), 1(연하다)로, 근미 모양은 5(둥글다), 3(중간), 1(뾰족하다)로 추근성은 수경부위의 지표면 돌출정도를 5(약하다), 3(중간), 1(강하다)로 초세는 5(강하다), 3(중간), 1(약하다)로 숙성성은 5(조생), 3(중생), 1(만생)로 각각 육안으로 판별하여 조사하여 무모 line 460개체, C-line 14계통을 조사하였다 (그림 25, 26).

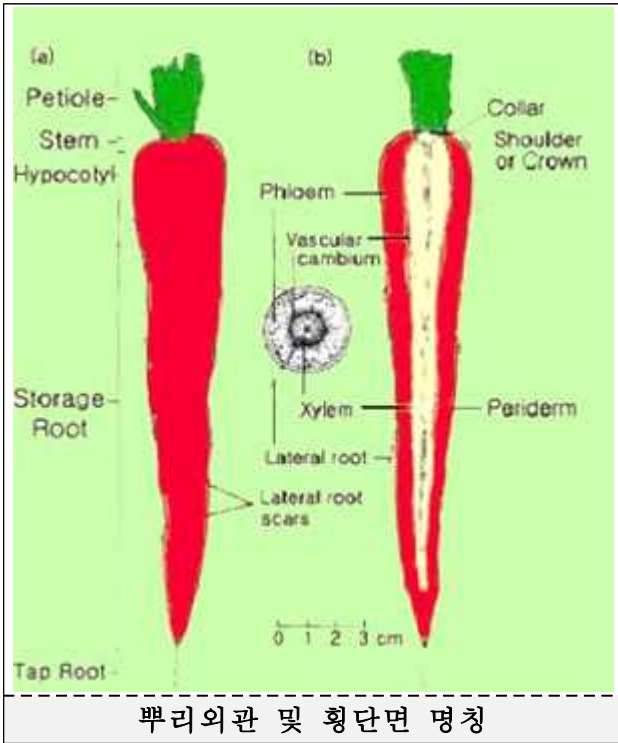


Core 선발

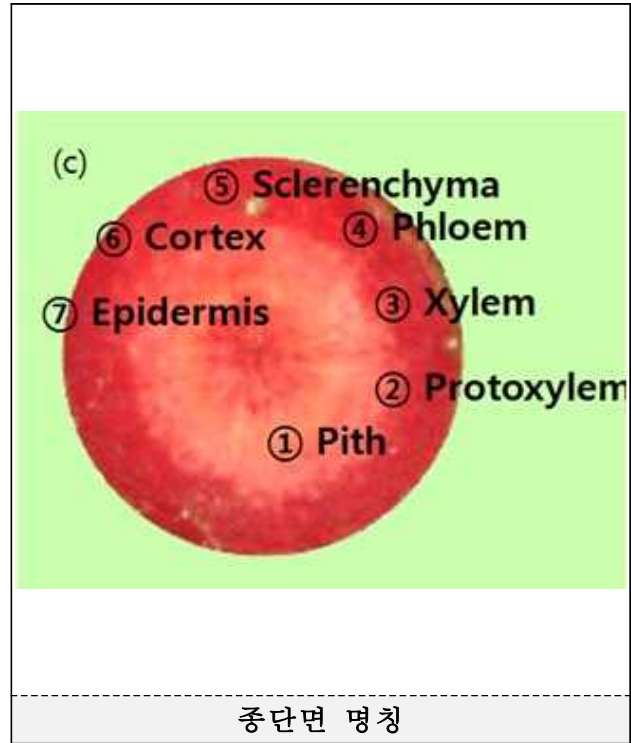


근형 선발

그림 25. Core 선발 · 근형 선발모습



뿌리의외관 및 횡단면 명칭



종단면 명칭

그림 26. (a)뿌리의외관, (b)횡단면, (c)종단면 명칭

다. 결 과

(1) 선발 기준(그림 26 참조)

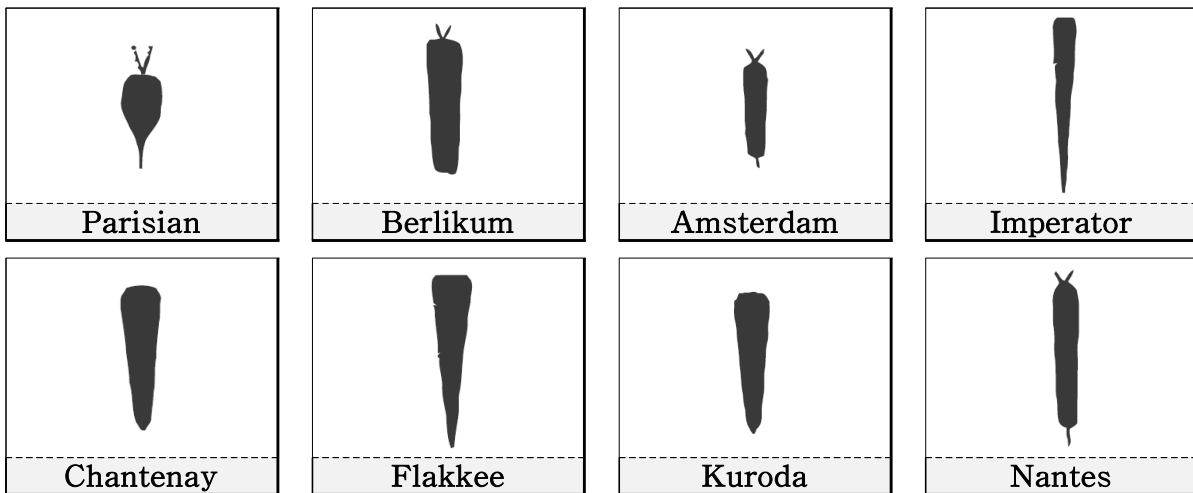


그림 26. 근형 type

(2) CT-SMR 616OP line 선발 결과 (무모-line 성능검정)

CT-SMROP-616OP-389-1-1 line에서 파생된 계통 중 단모형으로 표현된 No. 7021 25개체, 7029 13개체, 7042 13개체, No. 7049 15개체, 7051 15개체와 CT-SMR OP-616 OP-389-1-2 line에서 중모, 단모로 표현되는 No. 7065 13개체, 7075 13개체, CT-SMR OP-616

OP-389-1-3 line은 단모로 표현되는 No. 7100 13개체, 무모로 표현되는 No. 7099 13개체, 7111 11개체, 7114 40개체, 7116 41개체, 7118 10개체, 7127 5개체, 7136 20개체, CT-SMR 616OP-389-⊗-1-1-3은 단모로 표현되는 No. 7140 10개체, CT-SMR 616OP-389-⊗-14의 단모형 No. 7148 10개체, 무모로 표현되는 No. 7147 10개체, 7150 10개체, 7155 10개체, 7159 54개체를 control line인 No. 7208 13개체, No. 7209 13개체 개체 음성불임 line No. 7001 15개체, 전체 405개체를 각각 공시하여 특성검정을 하였다. 특성 조사에서 각각의 계통은 특성이 유사한 것으로 표현되어 고정단계인 것으로 추정되었다 (표 11; 그림 27).

표 11. 2012년도 SMR616OP-line 모본 특성 검정표

조사번호	계통번호	근형	근색	심색	근미 모양	추근성	초세	비대성	열근성	비고
7001-1	SMR 616OP-1-1 (BC4)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
7001-2	SMR 616OP-1-2 (BC4)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
7001-3	SMR 616OP-1-3 (BC4)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
7001-4	SMR 616OP-1-4 (BC4)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
7001-5	SMR 616OP-1-5 (BC4)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
7001-6	SMR 616OP-1-6 (BC4)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
7001-7	SMR 616OP-1-7 (BC4)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
7001-8	SMR 616OP-1-8 (BC4)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
7001-9	SMR 616OP-1-9 (BC4)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
7001-10	SMR 616OP-1-10 (BC4)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
7001-11	SMR 616OP-1-11 (BC4)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
7001-12	SMR 616OP-1-12 (BC4)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
7001-13	SMR 616OP-1-13 (BC4)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
7001-14	SMR 616OP-1-14 (BC4)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
7001-15	SMR 616OP-1-15 (BC4)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
7021-1	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-1	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7021-2	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-2	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7021-3	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-3	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7021-4	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-4	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7021-5	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-5	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
7021-6	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-6	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7021-7	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-7	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7021-8	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-8	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7021-9	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-9	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7021-10	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-10	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7021-11	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-11	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
7021-12	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-12	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7021-13	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-13	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7021-14	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-14	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7021-15	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-15	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7021-16	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-16	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7021-17	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-17	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7021-18	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-18	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7021-19	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-19	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7021-20	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-20	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
7021-21	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-21	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7021-22	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-22	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7021-23	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-23	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
7021-24	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-24	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7021-25	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-25	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7029-1	CT-SMR 616OP-389-1-1-19-1	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7029-2	CT-SMR 616OP-389-1-1-19-2	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7029-3	CT-SMR 616OP-389-1-1-19-3	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7029-4	CT-SMR 616OP-389-1-1-19-4	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7029-5	CT-SMR 616OP-389-1-1-19-5	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7029-6	CT-SMR 616OP-389-1-1-19-6	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
7029-7	CT-SMR 616OP-389-1-1-19-7	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7029-8	CT-SMR 616OP-389-1-1-19-8	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	

표 11. 계 속

조사번호	계통번호	근형	근색	심색	근미 모양	추근성	초세	비대성	열근성	비고
7029-9	CT-SMR 616OP-389-1-1-19-9	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7029-10	CT-SMR 616OP-389-1-1-19-10	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
7029-11	CT-SMR 616OP-389-1-1-19-11	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7029-12	CT-SMR 616OP-389-1-1-19-12	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7029-13	CT-SMR 616OP-389-1-1-19-13	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7042-1	CT-SMR 616OP-389-1-1-32-1	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7042-2	CT-SMR 616OP-389-1-1-32-2	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7042-3	CT-SMR 616OP-389-1-1-32-3	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7042-4	CT-SMR 616OP-389-1-1-32-4	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7042-5	CT-SMR 616OP-389-1-1-32-5	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7042-6	CT-SMR 616OP-389-1-1-32-6	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7042-7	CT-SMR 616OP-389-1-1-32-7	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7042-8	CT-SMR 616OP-389-1-1-32-8	Imperator	5	5	1	5	3	3	안정	
7042-9	CT-SMR 616OP-389-1-1-32-9	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7042-10	CT-SMR 616OP-389-1-1-32-10	Imperator	5	5	1	5	3	3	안정	
7042-11	CT-SMR 616OP-389-1-1-32-11	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7042-12	CT-SMR 616OP-389-1-1-32-12	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7042-13	CT-SMR 616OP-389-1-1-32-13	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7049-1	CT-SMR 616OP-389-1-1-41-1	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7049-2	CT-SMR 616OP-389-1-1-41-2	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7049-3	CT-SMR 616OP-389-1-1-41-3	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7049-4	CT-SMR 616OP-389-1-1-41-4	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7049-5	CT-SMR 616OP-389-1-1-41-5	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7049-6	CT-SMR 616OP-389-1-1-41-6	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
7049-7	CT-SMR 616OP-389-1-1-41-7	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7049-8	CT-SMR 616OP-389-1-1-41-8	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7049-9	CT-SMR 616OP-389-1-1-41-9	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7049-10	CT-SMR 616OP-389-1-1-41-10	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7049-11	CT-SMR 616OP-389-1-1-41-11	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7049-12	CT-SMR 616OP-389-1-1-41-12	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7049-13	CT-SMR 616OP-389-1-1-41-13	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7049-14	CT-SMR 616OP-389-1-1-41-14	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7049-15	CT-SMR 616OP-389-1-1-41-15	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7051-1	CT-SMR 616OP-389-1-1-43-1	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7051-2	CT-SMR 616OP-389-1-1-43-2	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7051-3	CT-SMR 616OP-389-1-1-43-3	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7051-4	CT-SMR 616OP-389-1-1-43-4	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7051-5	CT-SMR 616OP-389-1-1-43-5	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7051-6	CT-SMR 616OP-389-1-1-43-6	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7051-7	CT-SMR 616OP-389-1-1-43-7	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
7051-8	CT-SMR 616OP-389-1-1-43-8	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7051-9	CT-SMR 616OP-389-1-1-43-9	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7051-10	CT-SMR 616OP-389-1-1-43-10	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7051-11	CT-SMR 616OP-389-1-1-43-11	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7051-12	CT-SMR 616OP-389-1-1-43-12	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7051-13	CT-SMR 616OP-389-1-1-43-13	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7051-14	CT-SMR 616OP-389-1-1-43-14	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7051-15	CT-SMR 616OP-389-1-1-43-15	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	

표 11. 계 속

조사번호	계통번호	근형	근색	심색	근미 모양	추근성	초세	비대성	열근성	비고
7065-1	CT-SMR 616OP-389-1-2-14-1	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7065-2	CT-SMR 616OP-389-1-2-14-2	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7065-3	CT-SMR 616OP-389-1-2-14-3	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7065-4	CT-SMR 616OP-389-1-2-14-4	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7065-5	CT-SMR 616OP-389-1-2-14-5	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7065-6	CT-SMR 616OP-389-1-2-14-6	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7065-7	CT-SMR 616OP-389-1-2-14-7	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
7065-8	CT-SMR 616OP-389-1-2-14-8	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7065-9	CT-SMR 616OP-389-1-2-14-9	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7065-10	CT-SMR 616OP-389-1-2-14-10	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7065-11	CT-SMR 616OP-389-1-2-14-11	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
7065-12	CT-SMR 616OP-389-1-2-14-12	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7065-13	CT-SMR 616OP-389-1-2-14-13	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
7075-1	CT-SMR 616OP-389-1-2-24-1	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7075-2	CT-SMR 616OP-389-1-2-24-2	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7075-3	CT-SMR 616OP-389-1-2-24-3	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7075-4	CT-SMR 616OP-389-1-2-24-4	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7075-5	CT-SMR 616OP-389-1-2-24-5	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7075-6	CT-SMR 616OP-389-1-2-24-6	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7075-7	CT-SMR 616OP-389-1-2-24-7	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7075-8	CT-SMR 616OP-389-1-2-24-8	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7075-9	CT-SMR 616OP-389-1-2-24-9	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7075-10	CT-SMR 616OP-389-1-2-24-10	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7075-11	CT-SMR 616OP-389-1-2-24-11	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7075-12	CT-SMR 616OP-389-1-2-24-12	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7075-13	CT-SMR 616OP-389-1-2-24-13	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7099-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-1	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7099-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-2	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7099-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-3	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7099-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-4	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7099-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-5	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7099-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-6	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7099-7	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-7	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7099-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-8	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7099-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-9	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7099-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-10	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7099-11	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-11	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7099-12	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-12	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7099-13	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-13	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7100-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-1	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7100-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-2	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7100-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-3	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7100-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-4	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7100-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-5	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7100-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-6	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	

표 11. 계 속

조사번호	계통번호	근형	근색	심색	근미 모양	추근성	초세	비대성	열근성	비고
7100-7	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-7	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7100-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-8	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7100-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-9	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7100-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-10	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7100-11	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-11	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7100-12	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-12	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
7100-13	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-13	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7111-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-1	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7111-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-2	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7111-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-3	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7111-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-4	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7111-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-5	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7111-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-6	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7111-7	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-7	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7111-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-8	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7111-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-9	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7111-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-10	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7111-11	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-11	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7114-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-1	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7114-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-2	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7114-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-3	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7114-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-4	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7114-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-5	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7114-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7114-7	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-7	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7114-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-8	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7114-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-9	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7114-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-10	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7114-11	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-11	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7114-12	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-12	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7114-13	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-13	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7114-14	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-14	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7114-15	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-15	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7114-16	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-16	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7114-17	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-17	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7114-18	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-18	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7114-19	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-19	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7114-20	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-20	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7114-21	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-21	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7114-22	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-22	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7114-23	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-23	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7114-24	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-24	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7114-25	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-25	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7114-26	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-26	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7114-27	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-27	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	

표 11. 계속

조사번호	계통번호	근형	근색	심색	근미 모양	추근성	초세	비대성	열근성	비고
7114-28	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-28	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7114-29	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-29	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7114-30	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-30	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7114-31	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-31	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7114-32	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-32	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7114-33	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-33	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7114-34	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-34	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7114-35	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-35	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7114-36	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-36	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7114-37	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-37	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7114-38	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-38	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7114-39	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-39	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7114-40	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-40	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7116-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7116-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-2	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7116-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-3	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7116-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7116-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-5	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7116-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-6	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7116-7	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-7	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7116-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-8	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7116-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-9	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7116-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-10	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7116-11	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-11	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7116-12	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-12	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7116-13	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-13	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7116-14	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-14	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7116-15	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-15	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7116-16	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-16	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7116-17	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-17	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7116-18	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-18	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7116-19	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-19	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7116-20	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-20	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7116-21	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-21	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7116-22	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-22	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7116-23	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-23	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7116-24	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-24	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7116-25	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-25	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7116-26	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-26	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7116-27	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-27	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7116-28	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-28	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7116-29	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-29	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7116-30	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-30	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7116-31	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-31	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7116-32	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-32	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7116-33	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-33	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7116-34	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-34	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7116-35	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-35	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	

표 11. 계 속

조사번호	계통번호	근형	근색	심색	근미 모양	추근성	초세	비대성	열근성	비고
7116-36	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-36	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7116-37	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-37	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7116-38	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-38	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7116-39	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-39	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7116-40	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-40	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7116-41	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-41	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7118-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-1	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7118-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-2	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7118-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-3	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7118-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-4	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7118-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-5	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7118-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-6	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7118-7	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-7	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7118-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-8	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7118-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-9	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7118-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-10	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7127-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-40-1	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7127-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-40-2	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7127-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-40-3	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7127-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-40-4	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7127-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-40-5	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7136-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-1	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7136-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-2	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7136-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-3	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7136-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-4	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7136-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-5	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7136-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-6	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7136-7	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-7	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7136-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-8	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7136-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-9	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7136-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-10	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7136-11	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-11	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7136-12	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-12	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7136-13	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-13	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7136-14	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-14	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7136-15	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-15	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7136-16	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-16	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7136-17	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-17	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7136-18	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-18	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7136-19	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-19	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7136-20	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-20	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
7140-1	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-1-3-1	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7140-2	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-1-3-2	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7140-3	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-1-3-3	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7140-4	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-1-3-4	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7140-5	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-1-3-5	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7140-6	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-1-3-6	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7140-7	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-1-3-7	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	

표 11. 계 속

조사번호	계통번호	근형	근색	심색	근미 모양	추근성	초세	비대성	열근성	비고
7140-8	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-1-3-8	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7140-9	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-1-3-9	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7140-10	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-1-3-10	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7147-1	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-1	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7147-2	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-2	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7147-3	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-3	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7147-4	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-4	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7147-5	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-5	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7147-6	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-6	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7147-7	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-7	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7147-8	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-8	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7147-9	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-9	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7147-10	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-10	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7148-1	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-2-1	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7148-2	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-2-2	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7148-3	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-2-3	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7148-4	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-2-4	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7148-5	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-2-5	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7148-6	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-2-6	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7148-7	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-2-7	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7148-8	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-2-8	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7148-9	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-2-9	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7148-10	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-2-10	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7150-1	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-4-1	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7150-2	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-4-2	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7150-3	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-4-3	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7150-4	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-4-4	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7150-5	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-4-5	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7150-6	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-4-6	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7150-7	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-4-7	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7150-8	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-4-8	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7150-9	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-4-9	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7150-10	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-4-10	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7155-1	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-9-1	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7155-2	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-9-2	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7155-3	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-9-3	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7155-4	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-9-4	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7155-5	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-9-5	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7155-6	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-9-6	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7155-7	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-9-7	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7155-8	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-9-8	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7155-9	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-9-9	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7155-10	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-9-10	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-1	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-1	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-2	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-2	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-3	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-3	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-4	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-4	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-5	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-5	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	

표 11. 계 속

조사번호	계통번호	근형	근색	심색	근미 모양	추근성	초세	비대성	열근성	비고
7159-6	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-6	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-7	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-7	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-8	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-8	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-9	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-9	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-10	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-10	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-11	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-11	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-12	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-12	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-13	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-13	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-14	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-14	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-15	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-15	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-16	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-16	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-17	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-17	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-18	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-18	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-19	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-19	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-20	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-20	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-21	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-21	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-22	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-22	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-23	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-23	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-24	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-24	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-25	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-25	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-26	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-26	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-27	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-27	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-28	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-28	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-29	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-29	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-30	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-30	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-31	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-31	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-32	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-32	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-33	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-33	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-34	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-34	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-35	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-35	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-36	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-36	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-37	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-37	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-38	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-38	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-39	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-39	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-40	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-40	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-41	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-41	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-42	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-42	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-43	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-43	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-44	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-44	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-45	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-45	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-46	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-46	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-47	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-47	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-48	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-48	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-49	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-49	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-50	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-50	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-51	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-51	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-52	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-52	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7159-53	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-53	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	

표 11. 계 속

조사번호	계통번호	근형	근색	심색	근미 모양	추근성	초세	비대성	열근성	비고
7159-54	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-54	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7208-1	CT-SMR 616OP-CK33-14-7-1	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7208-2	CT-SMR 616OP-CK33-14-7-2	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7208-3	CT-SMR 616OP-CK33-14-7-3	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7208-4	CT-SMR 616OP-CK33-14-7-4	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7208-5	CT-SMR 616OP-CK33-14-7-5	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7208-6	CT-SMR 616OP-CK33-14-7-6	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7208-7	CT-SMR 616OP-CK33-14-7-7	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7208-8	CT-SMR 616OP-CK33-14-7-8	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7208-9	CT-SMR 616OP-CK33-14-7-9	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7208-10	CT-SMR 616OP-CK33-14-7-10	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7208-11	CT-SMR 616OP-CK33-14-7-11	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7208-12	CT-SMR 616OP-CK33-14-7-12	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7208-13	CT-SMR 616OP-CK33-14-7-13	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7209-1	CT-SMR 616OP-CK33-14-8-1	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7209-2	CT-SMR 616OP-CK33-14-8-2	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7209-3	CT-SMR 616OP-CK33-14-8-3	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7209-4	CT-SMR 616OP-CK33-14-8-4	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7209-5	CT-SMR 616OP-CK33-14-8-5	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7209-6	CT-SMR 616OP-CK33-14-8-6	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7209-7	CT-SMR 616OP-CK33-14-8-7	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7209-8	CT-SMR 616OP-CK33-14-8-8	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7209-9	CT-SMR 616OP-CK33-14-8-9	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7209-10	CT-SMR 616OP-CK33-14-8-10	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7209-11	CT-SMR 616OP-CK33-14-8-11	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7209-12	CT-SMR 616OP-CK33-14-8-12	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
7209-13	CT-SMR 616OP-CK33-14-8-13	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	

- 근색, 심색의 붉은색도 : 5(강), 3(중), (약)
- 근미모양 : 5(둥글다), 3(중간), 1(뾰족하다)
- 추 근 성 : 5(안정), 3(중간), 1(약하다)
- 초 세 : 5(강하다), 3(중간), 1(약하다)
- 비 대 성 : 5(조생), 3(중생), (1만생),



● No. 7001 SMR 616OP MS-line (BC4)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색 빨강, 육색·심색 빨강
 근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성, 중생



● No. 7021 CT-SMR 616OP-389-1-1-8(1~13)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, 육색·심색 빨강
 근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성, 중생

그림 27. No. 7001, No.7021 육묘 → 가식 → 월동 후 모본모습



● No. 7021 CT-SMR 616OP-389-1-1-8(14~24)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색,육색·심색 빨강
 근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성, 중생



● No. 7029 CT-SMR 616OP-389-1-1-19(1~13)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색,육색·심색 빨강
 근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성, 중생

그림 27. No. 7021, No7027 육묘 → 가식 → 월동 후 모본모습



● No. 7042 CT-SMR 616OP-389-1-1-32(1~13)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색,육색·심색 빨강
 근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성, 중생



● No. 7049 CT-SMR 616OP-389-1-1-41(1~15)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색,육색·심색 빨강
 근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성, 만생

그림 27. No. 7042, 7049 육묘 → 가식 → 월동 후 모본모습



● No. 7051 CT-SMR 6160P-389-1-1-43(1~15)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, 육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세, 만생

그림 27. No. 7051, 7065 육묘 → 가식 → 월동 후 모본모습



● No. 7065 CT-SMR 6160P-389-1-2-14(1~13)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, 육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성, 중생



● No. 7075 CT-SMR 6160P-389-1-2-24(1~13)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색,육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 중생

그림 27. No. 7075, 7099 육묘 → 가식 → 월동 후 모본모습



● No. 7099 CT-SMR 6160P-389-1-3-1(1~13)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색,육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 중생



● No. 7100 CT-SMR 6160P-389-1-3-1(1~13)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색,육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 중생

그림 27. No.7100, 7111 육묘 → 가식 → 월동 후 모본모습



● No. 7111 CT-SMR 6160P-389-1-3-17(1~11)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색,육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성, 만생



● No. 7114 CT-SMR 616OP-389-1-3-21(1~13)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 만생



●No. 7114 CT-SMR 616OP-389-1-3-23(14~26)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 만생

그림 27. No.7114, 7116 육묘 → 가식 → 월동 후 모본모습



● No. 7114 CT-SMR 616OP-389-1-3-21(27~40)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 만생



●No. 7116 CT-SMR 616OP-389-1-3-23(1~13)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 만생

그림 27. No.7114, 7116 육묘 → 가식 → 월동 후 모본모습



● No. 7116 CT-SMR 616OP-389-1-3-23(14~26)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 만생



●No. 7116 CT-SMR 616OP-389-1-3-23(27~41)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 만생

그림 27. No.7114, 7116 육묘 → 가식 → 월동 후 모본모습



●No. 7118 CT-SMR 616OP-389-1-3-26(1~10)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, 육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 만생



●No. 7127 CT-SMR 616OP-389-1-3-40(1~5)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, 육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 만생

그림 27. No.7118, 7127 육묘 → 가식 → 월동 후모본모습



●No. 7136 CT-SMR 616OP-389-1-3-54(1~13)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, 육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 만생



●No. 7136 CT-SMR 616OP-389-1-3-54(14~20)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, 육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 중생

그림 27. No.7136 육묘 → 가식 → 월동 후 모본모습



●No. 7140 CT-SMR 616OP-389-⊗-1-1-3(1~10)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, 육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 중생



●No. 7147 CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1(1~10)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, 육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 중생

그림 27. No. 7140, 7147 육묘 → 가식 → 월동 후 모본모습



●No. 7148 CT-SMR 616OP-389-⊗-14-2(1~10)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, 육색·심색 빨강
 근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 중생



●No. 7150 CT-SMR 616OP-389-⊗-14-4(1~10)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, 육색·심색 빨강
 근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 중생

그림 27. No. 7148, 7150 육묘 → 가식 → 월동 후 모본모습



●No.7155 CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-9(1~10)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, 육색·심색 빨강
 근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 중생



●No.7159 CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, 육색·심색 빨강
 근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 만생

그림 27. No. 7155, 7208 육묘 → 가식 → 월동 후 모본모습



●No. 7159 CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op(21~ 54)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, 육색·심색 빨강 근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 만생

그림 27. No. 7159 모본모습



●No. 7208 CT-SMR 616OP-CK33-14-7(1~13)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, 육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 중생



●No. 7209CT-SMR 616OP-CK33-14-8(1~13)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, 육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 중생

그림 27. No. 7208, 7209 육묘 → 가식 → 월동 후 모본모습

(2) CT-ATR 615OP line 선발 결과

CT-ATR OP-615OP-394-5-35 line에서 파생된 계통에서 3차년도 표현형이 단모형으로 고정된 것으로 추정되는 No. 7194 15개체, 7197 10개체, 7200 10개체, control line인 No. 7206 10개체, 융성불임 line No. 7205 10개체 전체 55개체를 각각 공시하여 육안조사로 특성검정을 하였다. 검정결과 근색, 심색, 비대성의 약세화가 빠르게 진행되는 계통으로 확인되었다 (표 12; 그림 28).

표 12. 2012년도 ATR OP-line모본 특성 검정표

조사번호	계통번호	근형	근색	심색	근미 모양	추근성	초세	비대성	열근성	비고
7205-1	CT-ATR615-2-1 (BC4)	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7205-2	CT-ATR615-2-2 (BC4)	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7205-3	CT-ATR615-2-3 (BC4)	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7205-4	CT-ATR615-2-4 (BC4)	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7205-5	CT-ATR615-2-5 (BC4)	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7205-6	CT-ATR615-2-6 (BC4)	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7205-7	CT-ATR615-2-7 (BC4)	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7205-8	CT-ATR615-2-8 (BC4)	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7205-9	CT-ATR615-2-9 (BC4)	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7205-10	CT-ATR615-2-10 (BC4)	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7194-1	CT-ATR 615OP-394-5-35-2-1	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7194-2	CT-ATR 615OP-394-5-35-2-2	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7194-3	CT-ATR 615OP-394-5-35-2-3	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7194-4	CT-ATR 615OP-394-5-35-2-4	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7194-5	CT-ATR 615OP-394-5-35-2-5	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7194-6	CT-ATR 615OP-394-5-35-2-6	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7194-7	CT-ATR 615OP-394-5-35-2-7	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7194-8	CT-ATR 615OP-394-5-35-2-8	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7194-9	CT-ATR 615OP-394-5-35-2-9	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7194-10	CT-ATR 615OP-394-5-35-2-10	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7194-11	CT-ATR 615OP-394-5-35-2-11	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7194-12	CT-ATR 615OP-394-5-35-2-12	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7194-13	CT-ATR 615OP-394-5-35-2-13	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7194-14	CT-ATR 615OP-394-5-35-2-14	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7194-15	CT-ATR 615OP-394-5-35-2-15	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7197-1	CT-ATR 615OP-394-5-35-5-1	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7197-2	CT-ATR 615OP-394-5-35-5-2	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7197-3	CT-ATR 615OP-394-5-35-5-3	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7197-4	CT-ATR 615OP-394-5-35-5-4	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7197-5	CT-ATR 615OP-394-5-35-5-5	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7197-6	CT-ATR 615OP-394-5-35-5-6	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7197-7	CT-ATR 615OP-394-5-35-5-7	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7197-8	CT-ATR 615OP-394-5-35-5-8	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7197-9	CT-ATR 615OP-394-5-35-5-9	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7197-10	CT-ATR 615OP-394-5-35-5-10	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7200-1	CT-ATR 615OP-394-5-35-8-1	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7200-2	CT-ATR 615OP-394-5-35-8-2	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7200-3	CT-ATR 615OP-394-5-35-8-3	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7200-4	CT-ATR 615OP-394-5-35-8-4	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7200-5	CT-ATR 615OP-394-5-35-8-5	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7200-6	CT-ATR 615OP-394-5-35-8-6	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7200-7	CT-ATR 615OP-394-5-35-8-7	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7200-8	CT-ATR 615OP-394-5-35-8-8	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7200-9	CT-ATR 615OP-394-5-35-8-9	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7200-10	CT-ATR 615OP-394-5-35-8-10	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7206-1	CT-ATR 615OP-394-5-35-10-1	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7206-2	CT-ATR 615OP-394-5-35-10-2	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7206-3	CT-ATR 615OP-394-5-35-10-3	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	

표 12. 계속

조사번호	계통번호	근형	근색	심색	근미 모양	추근성	초세	비대성	열근성	비고
7206-4	CT-ATR 615OP-394-5-35-10-4	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7206-5	CT-ATR 615OP-394-5-35-10-5	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7206-6	CT-ATR 615OP-394-5-35-10-6	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7206-7	CT-ATR 615OP-394-5-35-10-7	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7206-8	CT-ATR 615OP-394-5-35-10-8	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7206-9	CT-ATR 615OP-394-5-35-10-9	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	
7206-10	CT-ATR 615OP-394-5-35-10-10	Imperator	2	2	2	3	3	2	안정	

- 근색, 심색의 붉은색도 : 5(강), 3(중), (약)
- 근미모양 : 5(둥글다), 3(중간), 1(뾰족하다)
- 추 근 성 : 5(안정), 3(중간), 1(약하다)
- 초 세 : 5(강하다), 3(중간), 1(약하다)
- 비 대 성 : 5(조생), 3(중생), (1만생)



○주요특성 : 근형 세장형, 근색·육색·심색 적갈색 근미비대 만생, 추근성 안정, 초세 약, 숙성, 만생
 그림 28. No. 7205, 141 MS line 모본모습



● No. 7194CT-ATR 615OP-394-5-35-2(1~15)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색·육색·심색 적갈색
근미비대 발생, 추근성 안정, 초세 약, 숙성, 만생



● No. 7197CT-ATR 615OP-394-5-35-5(1~10)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색·육색·심색 적갈색
근미비대 발생, 추근성 안정, 초세 약, 숙성, 만생

그림 28. No. 7194, 7197 모본모습



● No. 7200CT-ATR 615OP-394-5-35-8(1~10)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색·육색·심색 적갈색
근미비대 발생, 추근성 안정, 초세 약, 숙성, 만생



● No. 7206CT-ATR 615OP-394-5-35-10(1~10)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색·육색·심색 빨강
근미비대 발생, 추근성 안정, 초세 약, 숙성, 중생

그림 28. No. 7200, 7206 모본모습

(3) C-line 모본 성능검정

2009년부터 2012년까지 유전자원에서 선발된 중국 유래 8계통과 인도유래 Deci-Red type 6계통을 공시하여 2012년 3월상순 월동이 완료된 시점에 수확하여 근색, 심부색 뿌리의 모양 등 특성을 고려하여 육안조사로 모본을 선발하였다 (표 13; 그림 29).

표 13. 2012년도 C-line 모본 특성 검정표

번호	종자번호	계통번호	근형	근색	심색	근미 모양	추근성	초세	비대 성	열근성	비고
201	09-491	CT-CH09-491OP (F4)	Nantes	5	3	5	4	4	4	안정	중장형
202	09-492	CT-CH09-492OP (F4)	Nantes	5	3	5	4	4	4	안정	중장형
203	10-751	CT-CH10-751OP (F3)	Nantes	5	3	5	4	4	4	안정	중장형
204	10-755	CT-CH10-755OP (F3)	Nantes	5	3	5	4	4	4	안정	중형
205	11-906	CT-CH11-906OP (F2)	Nantes	5	3	5	4	4	4	안정	중장형
206	11-907	CT-CH11-976OP (F2)	Nantes	5	3	5	4	4	4	안정	중형
207	12-830	CT-CH12-830OP (F2)	Nantes	5	3	5	4	4	4	안정	중장형
208	12-831	CT-CH12-831OP (F2)	Nantes	5	3	5	4	4	4	안정	단형
209	12-900	CT-INDeci-900OP (F4)	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	장형
210	12-901	CT-INDeci-901OP (F4)	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	장형
211	12-902	CT-INDeci-902OP (F4)	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	장형
212	12-903	CT-INDeci-903OP (F4)	Imperator	5	5	2	5	4	4	안정	장형
213	12-904	CT-INDeci-904OP (F4)	Imperator	5	5	2	5	4	4	안정	장형
214	12-905	CT-INDeci-905OP (F4)	Imperator	5	5	3	5	4	4	안정	장형

- 근색, 심색의 붉은색도 : 5(강), 3(중), (약)
- 근미모양 : 5(둥글다), 3(중간), 1(뾰족하다)
- 추근성 : 5(안정), 3(중간), 1(약하다)
- 초세 : 5(강하다), 3(중간), 1(약하다)
- 비대성 : 5(조생), 3(중생), (1만생)



그림 29. C-line 근형모습



No. 10-751



No. 10-755



No. 11-906



No. 11-907

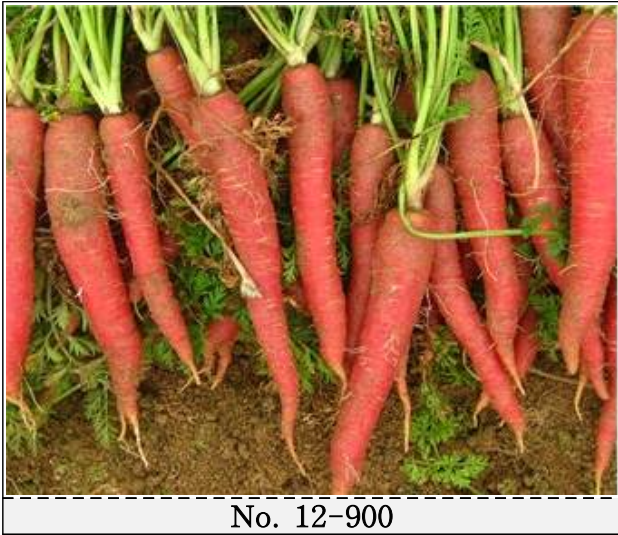


No. 12-830



No. 12-831

그림 29. 계속



No. 12-900



No. 12-901



No. 12-902



No. 12-903



No. 12-904



No. 12-905

그림 29. 계속

(4) 유망계통 저온기 성능시험

유망조합으로 예상되는 조합 No. 6375의 양친 웅성불임계 No. 7001 SMR 616OP-1 MS-line (BC₄)과 화분친 No. 201 CT-CH09-491OP 2계통을 제주에서 저온기 특성파악을 하였다. 모계친은 Emperor-type의 원추장형으로 core까지 착색발현이 우수한 개체를 선발하였고 No. 201은 Nantes-type으로 근색의 착색이 잘되고 숙기가 빠르며 근미 맷힘이 우수한 개체를 선발하였다 (그림 30).

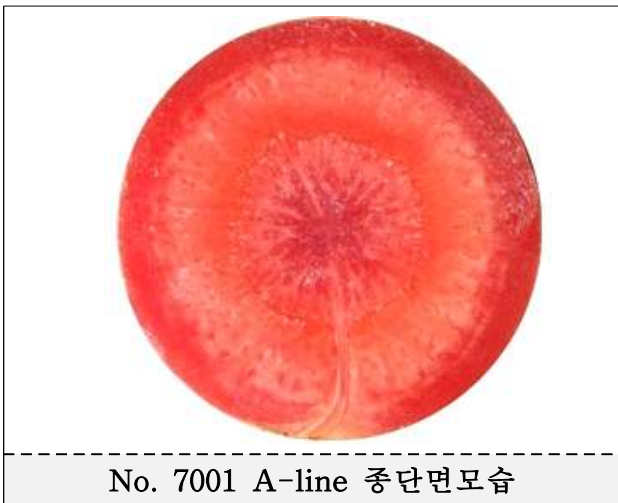


그림 30. 제주 양친 선발된 모본모습

5. 5차년도 모본성능검정 및 선발

가. 목적

- (1) 성능검정을 통한 모본의 개체별 특성을 파악하고 우수선발개체는 계통육성에 활용함.
- (2) 월동재배시험을 통해 저온기에 근색 및 심부의 착색이 빠르며 비대가 우수한 계통을 선발함.
- (3) 인도 및 중국용 Red-type의 유지친 성능검정

나. 시험방법

구분	파종일	수확일	처리수	비고
MS-line	12.08.11	13.03 상	118개체	육묘
유지친	12.08.11	13.03 상	469개체	육묘
화분친	12.08.24	13.03 상	24계통	안성(House)
선발조합 화분친 월동선발	12.08.10	13.02.05	2계통	제주(월동)

다. 재배시험

(1) 모본성능검정

본 연구의 시험은 각 계통별 특성파악과 교배사업에 필요한 모본선발을 목표로 수행하였다. 무모 line과 응성불임 계통의 공시재료 SMR-616OP-line No. 9087, 9090, 9095, 9099, 9100, 9104, 9105, 9107, 9108, 9110, 9114, 9115, 9117, 9119, 9123, 9127, 9129, 9140, 9142, 9145, 9145, 9146, 9153, 9156, MS-line 9163, CK-line 9182를 육묘상자에 상토를 10cm두께로 준비하여 8월상순 줄뿌림으로 파종하였다. 파종 후 20일경 본엽 출현 시기에 16구 연결 Pot에 가식하고 가지란 1000배액으로 살포하여 입고병을 방지하였다 (그림 31). 11월 상순 준비된 시설에 정식하여 보온관리로 월동재배를 하였다.



No. 7208



No. 9087



No. 9090



No. 9095



No. 9099



No. 9100



No. 9101



No. 9104



No. 9105



No. 9107



No. 9108



No. 9110

그림 31. 무모 line 육묘모습



그림 31. 계속

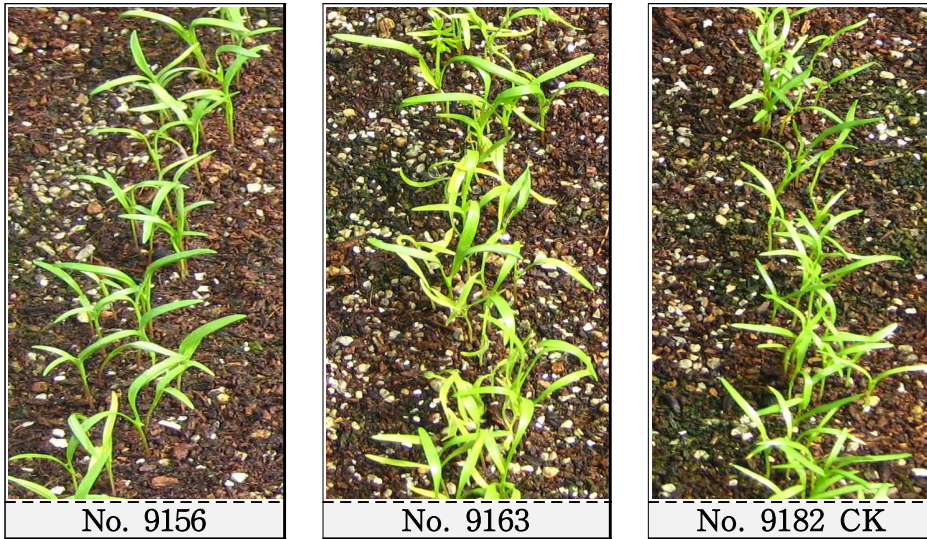


그림 31. 계속

화분친은 격리된 시설하우스에서 저온 감응 후 개화를 유도하기 위한 월동재배로 시험을 수행하였다. 모본 과종을 위한 포장 준비는 계분발효퇴비(480kg/10a) + 원예용 복합특호비료 N-P-K-고토-붕사(10-11-12-2-0.3) 60kg/10a + 석회(60kg/10a) + 토양살충제 모캡(6kg/10a)을 살포하여 경운작업을 하였다. 8월 하순경 화분친의 Nantes-type은 No. 09-491-1, No. 09-491-2, No. 09-492-1, No. 09-492-2, No. 10-751-1, No. 10-751-2, No. 10-755-1, No. 10-755-2, No. 10-755-2, No. 11-906-1, No. 11-906-2, No. 11-907-1, No. 11-907-2, No. 12-830-1, No. 12-830-2, No. 12-831-1, No. 12-831-2와 Imperator-type은 No. 12-900, No. 12-901, No. 12-902, No. 12-903, No. 12-904, No. 12-905 등 24계통을 준비된 과종구 이랑에 너비 110cm×조간거리18cm×주간거리 7cm 간격으로 5립씩 점파로 과종하여 복토를 하였다. 과종 직후 잡초발생 억제를 위해 스톱프 유제 60ml/20L 비율로 적정 살포량(300ml/10a)을 살포 하고 발아를 촉진시키기 위해 시설내의 스프링클러 관수로 적습을 유지 하였다. 과종 후 7일경 발아가 시작되어, 입고병 예방으로 가지란 1,000배액을 엽면 살포를 하여 입고병을 예방하고 과종 후 25일경 본엽 2매가 되는 시기에 구당 2개체씩 남기고 1차 수음을 하였다. 과종 후 45일경 본엽 3~4매가 되는 시기에 구당 1주씩 남기고 최종 수음을 완료하고 파밤나방 방제로 스텐드 1,000배액을 살포하였다. 월동 재배 전환으로 11월 상순 투명비닐(0.05mm×240cm)로 터널 설치와 11월 하순 2.4m폭의 보온덮개를 피복하여 보온과 환기를 병행하여 관리 하였다. 월동과정에서 발생하는 무름병 방제로 일품+아미스타 1,000배액을 15일 간격으로 3회 살포하여 월동재배를 하였다 (그림 32).

화분친 선발 성능시험은 제주구좌지역의 당근산지에 시험지를 선정하여 8년상순 2계통을 과종하였다. 재배는 현지농가의 재배관행에 따라 관리하였다.



모본입모상태



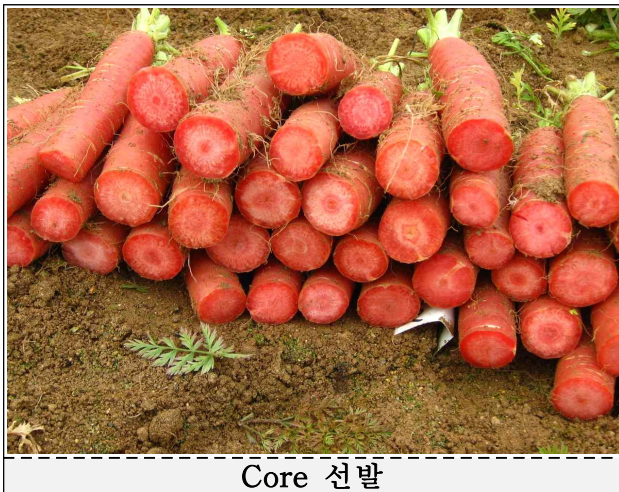
보온관리

그림 32. 모본 월동관리 시험모습

라. 화분친 선발

(1) 모본선발

3월 상순부터 개체별 모본수확과 선발을 하였다. 근형의 경우 type별로(그림 34) 구분하였고, 근색은 붉은색의 착색정도에 따라 5(강하다), 3(중간), 1(약하다)로 조사하였다. 심부색의 선발은 뿌리의 수경에서 13cm 하단부를 종단으로 절단하여 심부의 착색정도에 따라 5(진하다), 3(중간), 1(연하다)로, 근미 모양은 5(둥글다), 3(중간), 1(뽕죽하다)로 추근성은 수경부위의 지표면 돌출정도를 5(약하다), 3(중간), 1(강하다)로 초세는 5(강하다), 3(중간), 1(약하다)로 비대성은 5(조생), 3(중생), 1(만생)로 각각 육안으로 판별하여 조사하여 MS-line 118개체, 유지친 469개체, 화분친 24계통, CK-line 23개체를 조사하였다 (그림 33).



Core 선발



근형 선발

그림 33. Core 선발·근형 선발모습

(2) 선발기준(그림 34, 35 참조)

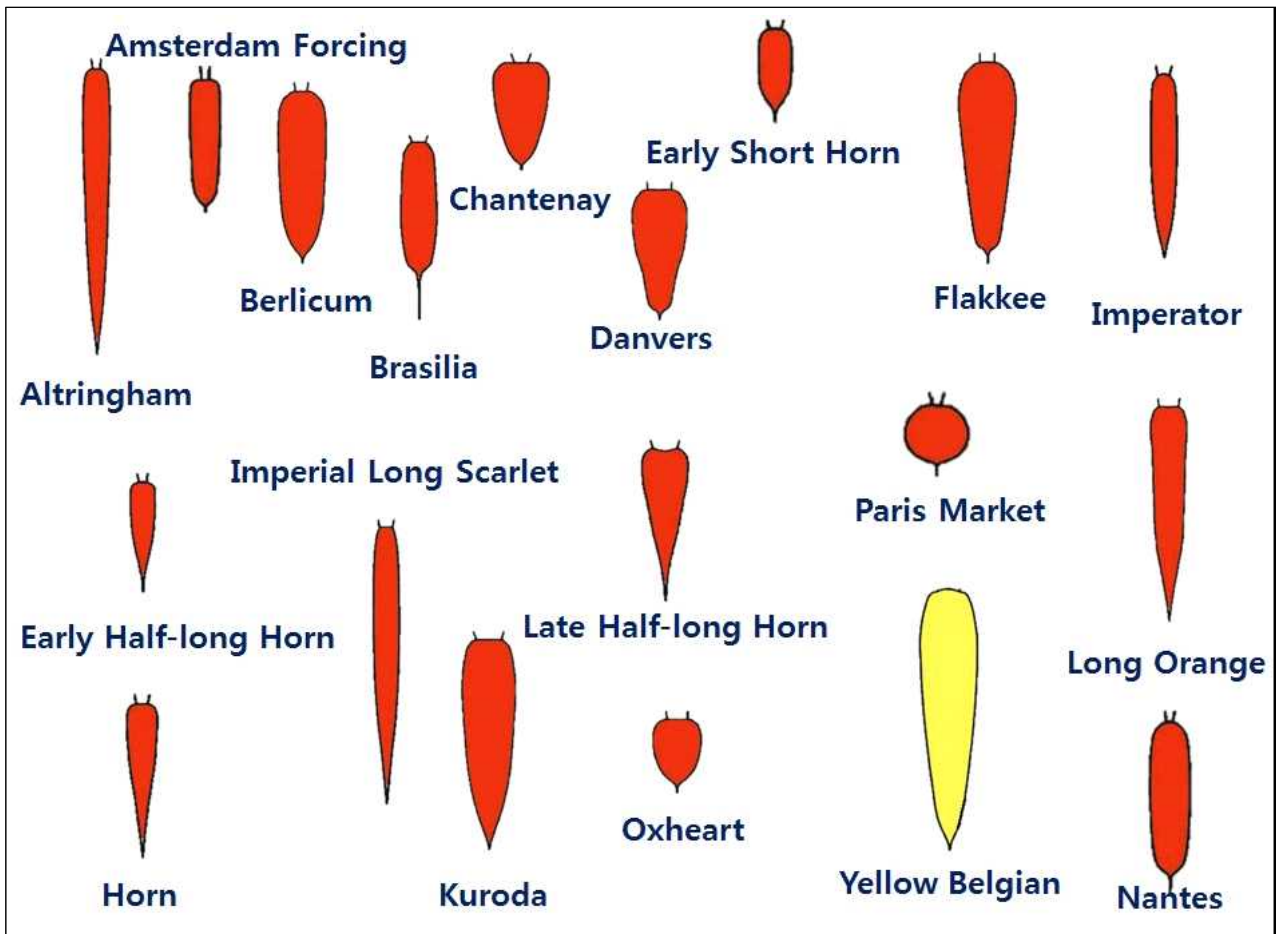
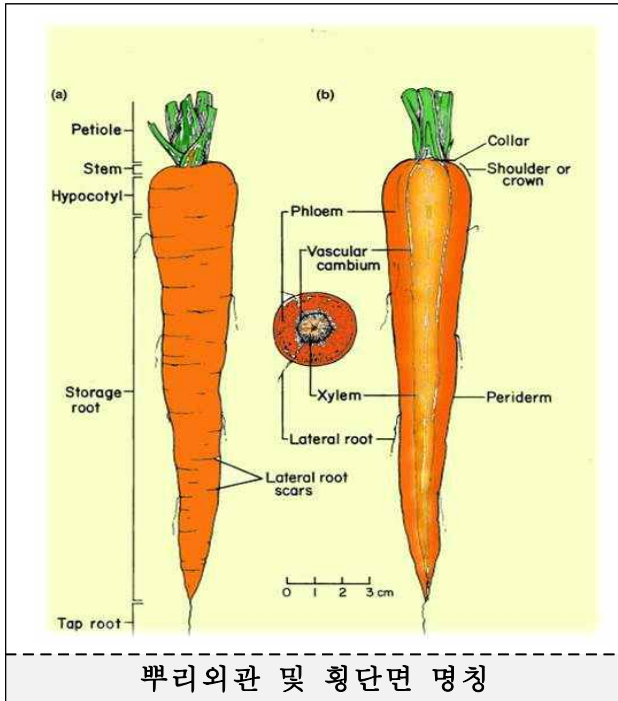
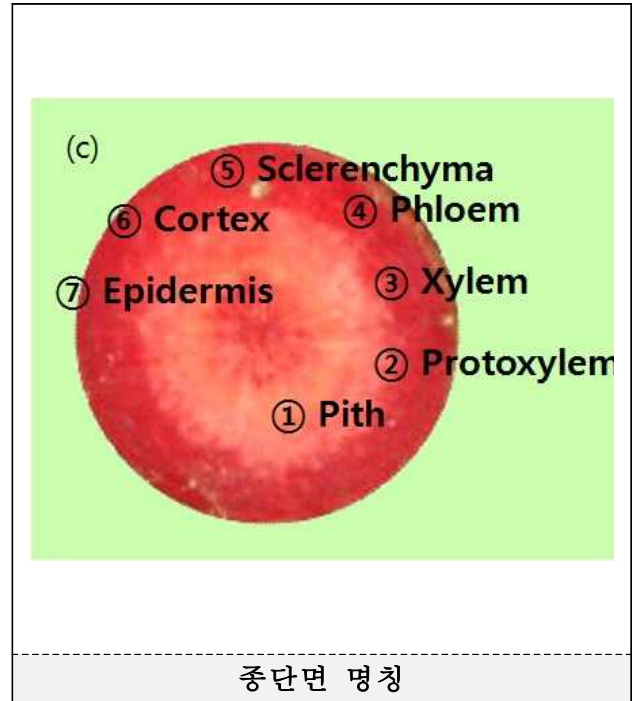


그림 34. 당근 type 별 정리



뿌리의외관 및 횡단면 명칭



종단면 명칭

그림 35. (a)뿌리의외관, (b)횡단면, (c)종단면 명칭

마. 결과

(1) CT-SMR 616OP line 결과

(가) 유지친 · 응성불입계 · CK-line 성능검정

2006년부터 2013년까지 시험에서 CT-SMROP-616OP-389-1-3 line에서 파생된 계통 중 단모형으로 표현된 No. 9087 15개체, 9090 7개체, 9095 15개체, 9099 32개체, 9101 14개체, 9104 29개체, 9105 15개체, 9107 35개체, 9108 14개체, 9110 14개체, 9114 15개체, 9115 15개체, 9117 15개체, 9119 15개체, 9123 14개체, 9127 15개체, 9129 15개체, 616OP-389-⊗-14-line에서 단모로 표현되는 No. 9140 29개체, 9142 31개체, 9145 30개체, 9146 30개체, 9153 30개체, 9156 24개체, control line인 No. 9182 23개체, 응성불입 line 9163 118개체, 전체 609개체를 각각 공시하여 특성검정을 하였다. 특성 조사에서 각각의 계통은 특성이 유사한 것으로 표현되어 고정 단계인 것으로 판단되었다 (표 14; 그림 36).

표 14. 2013년도 SMR616OP-line 모본 특성 검정표

조사번호	계통번호	근형	근색	심색	근미 모양	추근성	초세	비대성	열근성	비교
9087-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-4-1	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9087-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-4-2	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9087-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-4-3	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9087-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-4-4	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9087-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-4-5	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9087-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-4-6	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9087-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-4-8	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9087-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-4-9	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9087-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-4-10	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9087-11	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-4-11	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9087-12	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-4-12	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9087-13	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-4-13	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9087-14	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-4-14	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9087-15	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-4-15	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9090-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-7-1	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9090-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-7-2	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9090-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-7-4	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9090-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-7-5	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9090-7	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-7-7	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9095-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-1-1	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9095-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-1-2	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9095-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-1-6	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9095-7	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-1-7	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9095-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-1-8	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9095-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-1-9	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9095-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-1-10	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9095-11	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-1-11	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9095-12	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-1-12	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9095-13	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-1-13	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9095-15	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-1-15	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9099-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-2	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9099-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-3	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9099-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-4	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9099-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-6	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9099-7	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-7	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9099-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-9	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9099-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-10	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9099-12	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-12	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9099-13	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-13	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9099-14	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-14	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9099-15	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-15	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9099-16	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-16	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9099-17	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-17	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9099-18	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-18	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9099-19	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-19	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9099-20	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-20	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9099-21	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-21	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9099-22	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-22	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	

표 14. 계속

조사번호	계통번호	근형	근색	심색	근미 모양	추근성	초세	비대성	열근성	비교
9099-23	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-23	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9099-24	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-24	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9099-25	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-25	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9099-26	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-26	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9099-27	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-27	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9099-28	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-28	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9099-29	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-29	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9099-30	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-30	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9099-31	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-31	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9099-32	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-32	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9099-33	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-33	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9100-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-7-1	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9100-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-7-2	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9100-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-7-3	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9100-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-7-4	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9100-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-7-5	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9100-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-7-6	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9100-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-7-8	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9100-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-7-9	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9100-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-7-10	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9100-12	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-7-12	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9100-14	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-7-14	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9101-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-8-1	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9101-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-8-2	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9101-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-8-3	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9101-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-8-4	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9101-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-8-5	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9101-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-8-6	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9101-7	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-8-7	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9101-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-8-8	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9101-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-8-9	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9101-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-8-10	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9101-11	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-8-11	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9101-12	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-8-12	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9101-13	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-8-13	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9101-14	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-8-14	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9101-15	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-8-15	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9104-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-1	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9104-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-2	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9104-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-4	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9104-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-5	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9104-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-6	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9104-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-8	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9104-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-9	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9104-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-10	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9104-11	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-11	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9104-12	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-12	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9104-13	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-13	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	

표 14. 계속

조사번호	계통번호	근형	근색	심색	근미 모양	추근성	초세	비대성	열근성	비교
9104-14	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-14	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9104-15	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-15	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9104-16	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-16	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9104-17	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-17	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9104-18	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-18	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9104-19	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-19	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9104-20	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-20	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9104-21	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-21	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9104-22	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-22	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9104-23	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-23	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9104-24	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-24	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9104-25	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-25	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9104-26	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-26	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9104-27	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-27	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9104-28	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-28	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9104-29	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-29	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9105-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-2-1	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9105-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-2-4	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9105-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-2-5	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9105-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-2-6	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9105-7	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-2-7	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9105-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-2-9	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9105-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-2-10	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9105-11	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-2-11	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9105-12	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-2-12	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9105-14	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-2-14	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9105-15	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-2-15	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9107-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-1	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9107-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-2	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9107-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-4	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9107-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-5	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9107-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-6	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9107-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-8	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9107-12	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-12	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9107-13	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-13	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9107-14	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-14	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9107-15	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-15	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9107-16	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-16	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9107-17	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-17	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9107-18	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-18	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9107-19	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-19	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9107-20	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-20	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9107-21	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-21	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9107-22	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-22	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9107-23	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-23	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9107-24	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-24	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9107-25	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-25	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9107-26	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-26	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	

표 14. 계속

조사번호	계통번호	근형	근색	심색	근미 모양	추근성	초세	비대성	열근성	비교
9107-27	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-27	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9107-28	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-28	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9107-29	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-29	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9107-30	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-30	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9107-31	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-31	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9107-32	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-32	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9107-33	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-33	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9107-34	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-34	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9107-35	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-35	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9108-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-5-1	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9108-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-5-2	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9108-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-5-3	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9108-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-5-4	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9108-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-5-5	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9108-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-5-6	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9108-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-5-8	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9108-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-5-9	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9108-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-5-10	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9108-14	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-5-14	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9110-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-7-2	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9110-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-7-3	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9110-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-7-4	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9110-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-7-5	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9110-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-7-6	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9110-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-7-9	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9110-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-7-10	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9110-11	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-7-11	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9110-12	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-7-12	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9110-13	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-7-13	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9110-14	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-7-14	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9110-15	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-7-15	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9114-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-1-1	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9114-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-1-2	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9114-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-1-3	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9114-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-1-4	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9114-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-1-5	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9114-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-1-6	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9114-7	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-1-7	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9114-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-1-8	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9114-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-1-9	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9114-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-1-10	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9114-11	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-1-11	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9114-12	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-1-12	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9114-15	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-1-15	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9115-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-2-1	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9115-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-2-2	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9115-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-2-3	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9115-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-2-4	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	

표 14. 계속

조사번호	계통번호	근형	근색	심색	근미 모양	추근성	초세	비대성	열근성	비교
9115-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-2-5	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9115-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-2-6	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9115-7	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-2-7	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9115-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-2-8	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9115-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-2-9	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9115-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-2-10	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9115-11	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-2-11	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9115-12	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-2-12	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9115-13	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-2-13	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9115-14	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-2-14	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9115-15	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-2-15	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9117-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-4-1	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9117-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-4-2	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9117-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-4-3	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9117-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-4-4	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9117-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-4-5	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9117-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-4-6	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9117-7	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-4-7	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9117-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-4-8	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9117-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-4-9	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9117-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-4-10	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9117-11	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-4-11	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9117-12	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-4-12	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9117-13	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-4-13	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9117-14	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-4-14	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9117-15	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-4-15	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9119-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-7-1	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9119-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-7-2	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9119-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-7-3	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9119-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-7-5	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9119-7	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-7-7	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9119-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-7-8	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9119-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-7-9	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9119-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-7-10	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9119-11	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-7-11	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9119-12	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-7-12	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9119-13	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-7-13	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9119-14	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-7-14	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9119-15	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-7-15	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9123-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-40-2-2	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9123-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-40-2-3	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9123-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-40-2-4	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9123-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-40-2-5	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9123-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-40-2-6	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9123-7	CT-SMR 616OP-389-1-3-40-2-7	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9123-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-40-2-8	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9123-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-40-2-9	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9123-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-40-2-10	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	

표 14. 계속

조사번호	계통번호	근형	근색	심색	근미 모양	추근성	초세	비대성	열근성	비교
9123-11	CT-SMR 616OP-389-1-3-40-2-11	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9123-12	CT-SMR 616OP-389-1-3-40-2-12	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9123-13	CT-SMR 616OP-389-1-3-40-2-13	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9123-15	CT-SMR 616OP-389-1-3-40-2-15	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9127-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-1-1	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9127-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-1-2	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9127-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-1-3	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9127-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-1-4	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9127-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-1-5	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9127-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-1-8	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9127-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-1-9	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9127-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-1-10	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9127-11	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-1-11	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9127-12	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-1-12	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9127-13	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-1-13	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9127-14	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-1-14	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9127-15	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-1-15	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9129-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-5-1	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9129-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-5-2	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9129-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-5-4	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9129-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-5-5	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9129-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-5-6	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9129-7	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-5-7	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9129-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-5-8	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9129-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-5-9	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9129-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-5-10	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9129-11	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-5-11	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9129-12	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-5-12	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9129-14	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-5-14	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9129-15	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-5-15	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9140-1	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-1	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9140-2	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-2	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9140-3	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-3	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9140-4	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-4	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9140-5	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-5	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9140-6	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-6	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9140-7	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-7	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9140-8	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-8	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9140-9	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-9	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9140-10	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-10	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9140-11	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-11	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9140-12	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-12	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9140-13	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-13	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9140-14	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-14	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9140-15	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-15	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9140-16	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-16	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9140-17	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-17	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9140-18	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-18	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	

표 14. 계속

조사번호	계통번호	근형	근색	심색	근미 모양	추근성	초세	비대성	열근성	비교
9140-19	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-19	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9140-20	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-20	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9140-21	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-21	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9140-22	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-22	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9140-23	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-23	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9140-24	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-24	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9140-25	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-25	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9140-26	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-26	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9140-27	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-27	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9140-28	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-28	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9140-29	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-29	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9142-1	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-9-1	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9142-2	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-9-2	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9142-3	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-9-3	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9142-4	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-9-4	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9142-5	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-9-5	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9142-6	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-9-6	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9142-7	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-9-7	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9142-8	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-9-8	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9142-9	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-9-9	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9142-10	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-10	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9142-11	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-11	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9142-12	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-12	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9142-13	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-13	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9142-14	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-14	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9142-15	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-15	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9142-16	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-16	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9142-17	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-17	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9142-18	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-18	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9142-19	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-19	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9142-20	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-20	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9142-21	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-21	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9142-22	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-22	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9142-23	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-23	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9142-24	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-24	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9142-25	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-25	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9142-26	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-26	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9142-27	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-27	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9142-28	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-28	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9142-29	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-29	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9142-30	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-30	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9142-31	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-31	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9145-1	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-2-4-1	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9145-2	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-2-4-2	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9145-3	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-2-4-3	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9145-4	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-2-4-4	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9145-5	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-2-4-5	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9145-6	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-2-4-6	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	

표 14. 계속

조사번호	계통번호	근형	근색	심색	근미 모양	추근성	초세	비대성	열근성	비교
9145-7	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-7	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9145-8	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-8	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9145-9	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-9	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9145-10	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-10	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9145-11	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-11	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9145-12	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-12	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9145-13	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-13	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9145-14	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-14	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9145-15	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-15	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9145-16	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-16	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9145-17	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-17	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9145-18	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-18	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9145-19	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-19	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9145-20	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-20	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9145-21	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-21	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9145-22	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-22	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9145-23	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-23	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9145-24	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-24	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9145-25	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-25	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9145-26	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-26	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9145-27	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-27	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9145-28	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-28	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9145-29	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-29	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9145-30	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-30	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9146-1	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-2-5-1	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9146-2	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-2	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9146-3	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-3	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9146-4	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-4	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9146-5	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-5	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9146-6	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-6	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9146-7	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-7	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9146-8	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-8	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9146-9	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-9	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9146-10	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-10	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9146-11	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-11	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9146-12	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-12	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9146-13	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-13	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9146-14	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-14	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9146-15	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-15	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9146-16	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-16	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9146-17	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-17	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9146-18	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-18	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9146-19	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-19	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9146-20	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-20	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9146-21	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-21	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9146-22	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-22	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9146-23	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-23	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9146-24	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-24	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	

표 14. 계속

조사번호	계통번호	근형	근색	심색	근미 모양	추근성	초세	비대성	열근성	비교
9146-25	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-25	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9146-26	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-26	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9146-27	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-27	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9146-28	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-28	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9146-29	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-29	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9146-30	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-30	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9153-1	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-4-5-1	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9153-2	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-2	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9153-3	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-3	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9153-4	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-4	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9153-5	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-5	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9153-6	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-6	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9153-7	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-7	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9153-8	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-8	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9153-9	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-9	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9153-10	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-10	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9153-11	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-11	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9153-12	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-12	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9153-13	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-13	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9153-14	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-14	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9153-15	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-15	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9153-16	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-16	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9153-17	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-17	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9153-18	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-18	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9153-19	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-19	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9153-20	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-20	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9153-21	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-21	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9153-22	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-22	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9153-23	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-23	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9153-24	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-24	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9153-25	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-25	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9153-26	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-26	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9153-27	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-27	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9153-28	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-28	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9153-29	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-29	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9153-30	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-30	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9156-1	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-1	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9156-2	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-2	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9156-3	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-3	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9156-4	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-4	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9156-5	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-5	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9156-6	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-6	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9156-7	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-7	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9156-8	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-8	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9156-9	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-9	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9156-10	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-10	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9156-11	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-11	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9156-12	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-12	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	

표 14. 계속

조사번호	계통번호	근형	근색	심색	근미 모양	추근성	초세	비대성	열근성	비교
9156-13	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-13	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9156-14	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-14	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9156-15	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-15	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9156-16	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-16	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9156-17	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-17	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9156-18	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-18	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9156-19	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-19	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9156-20	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-20	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9156-21	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-21	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9156-22	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-22	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9156-23	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-23	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9156-24	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-24	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9163-1	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP1 (BC5)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9163-2	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP2 (BC5)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9163-3	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP3 (BC5)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9163-4	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP4 (BC5)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9163-5	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP5 (BC5)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9163-6	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP6 (BC5)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9163-7	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP7 (BC5)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9163-8	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP8 (BC5)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9163-9	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP9 (BC5)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9163-10	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP10 (BC5)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9163-11	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP11 (BC5)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9163-12	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP12 (BC5)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9163-13	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP13 (BC5)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9163-14	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP14 (BC5)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9163-15	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP15 (BC5)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9163-16	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP16 (BC5)	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9163-17	CT-SMR616OP-1-3-26-7-O17 (BC5)	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9163-18	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP18 (BC5)	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9163-19	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP19 (BC5)	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9163-20	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP20 (BC5)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9163-21	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP21 (BC5)	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9163-22	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP22 (BC5)	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9163-23	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP23 (BC5)	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9163-24	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP24 (BC5)	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9163-25	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP25 (BC5)	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9163-26	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP26 (BC5)	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9163-27	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP27 (BC5)	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9163-28	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP28 (BC5)	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9163-29	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP29 (BC5)	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9163-30	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP30 (BC5)	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9163-31	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP31 (BC5)	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9163-32	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP32 (BC5)	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9163-33	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP33 (BC5)	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9163-34	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP34 (BC5)	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9163-35	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP35 (BC5)	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	

표 14. 계속

조사번호	계통번호	근형	근색	심색	근미 모양	추근성	초세	비대성	열근성	비교
9163-36	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP36 (BC5)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9163-37	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP37 (BC5)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9163-38	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP38 (BC5)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9163-39	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP39 (BC5)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9163-40	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP40 (BC5)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9163-41	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP41 (BC5)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9163-42	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP42 (BC5)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9163-43	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP43 (BC5)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9163-44	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP44 (BC5)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9163-45	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP45 (BC5)	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9163-46	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP46 (BC5)	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9163-47	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP47 (BC5)	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9163-48	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP48 (BC5)	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9163-49	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP49 (BC5)	Imperator	5	5	3	3	4	3	안정	
9163-50	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP50 (BC5)	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9163-51	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP51 (BC5)	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9163-52	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP52 (BC5)	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9163-53	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP53 (BC5)	Imperator	5	5	3	3	4	3	안정	
9163-54	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP54 (BC5)	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9163-55	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP55 (BC5)	Imperator	5	5	3	3	4	3	안정	
9163-56	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP56 (BC5)	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9163-57	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP57 (BC5)	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9163-58	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP58 (BC5)	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9163-59	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP59 (BC5)	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9163-60	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP60 (BC5)	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9163-61	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP61 (BC5)	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9163-62	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP62 (BC5)	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9163-63	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP63 (BC5)	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9163-64	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP64 (BC5)	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9163-65	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP65 (BC5)	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9163-66	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP66 (BC5)	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9163-67	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP67 (BC5)	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9163-68	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP68 (BC5)	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9163-69	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP69 (BC5)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9163-70	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP70 (BC5)	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9163-71	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP71 (BC5)	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9163-72	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP72 (BC5)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9163-73	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP73 (BC5)	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9163-74	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP74 (BC5)	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9163-75	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP75 (BC5)	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9163-76	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP76 (BC5)	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9163-77	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP77 (BC5)	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9163-78	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP78(BC5)	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9163-79	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP79 (BC5)	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9163-80	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP80 (BC5)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9163-81	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP81 (BC5)	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9163-82	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP82 (BC5)	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	

표 14. 계속

조사번호	계통번호	근형	근색	심색	근미 모양	추근성	초세	비대성	열근성	비교
9163-83	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP83 (BC5)	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9163-84	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP84 (BC5)	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9163-85	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP85 (BC5)	Imperator	5	5	3	3	4	3	안정	
9163-86	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP86 (BC5)	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9163-87	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP87 (BC5)	Imperator	5	5	3	3	4	3	안정	
9163-88	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP88 (BC5)	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9163-89	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP89 (BC5)	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9163-90	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP90 (BC5)	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9163-91	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP91 (BC5)	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9163-92	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP92 (BC5)	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9163-93	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP93 (BC5)	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9163-94	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP94 (BC5)	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9163-95	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP95 (BC5)	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9163-96	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP96 (BC5)	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9163-97	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP97(BC5)	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9163-98	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP98 (BC5)	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9163-99	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP99 (BC5)	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9163-100	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP100 (BC5)	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9163-101	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP101 (BC5)	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9163-102	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP102 (BC5)	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9163-103	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP103 (BC5)	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9163-104	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP104 (BC5)	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9163-105	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP105 (BC5)	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9163-106	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP106 (BC5)	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	
9163-107	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP107 (BC5)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9163-108	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP108 (BC5)	Imperator	5	5	3	5	3	3	안정	
9163-109	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP109 (BC5)	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9163-110	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP110 (BC5)	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9163-111	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP111 (BC5)	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9163-112	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP112 (BC5)	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9163-113	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP113 (BC5)	Imperator	5	5	3	3	4	3	안정	
9163-114	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP114 (BC5)	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9163-115	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP115 (BC5)	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9163-116	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP116 (BC5)	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9163-117	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP117 (BC5)	Imperator	5	5	3	3	4	3	안정	
9163-118	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP118 (BC5)	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9182-1	CT-SMR 616OP-CK33-14-7-5-1	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9182-2	CT-SMR616OP-CK33-14-7-5-2	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9182-3	CT-SMR616OP-CK33-14-7-5-3	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9182-4	CT-SMR616OP-CK33-14-7-5-4	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9182-5	CT-SMR616OP-CK33-14-7-5-5	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9182-6	CT-SMR616OP-CK33-14-7-5-6	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9182-8	CT-SMR616OP-CK33-14-7-5-8	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9182-9	CT-SMR616OP-CK33-14-7-5-9	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9182-10	CT-SMR616OP-CK33-14-7-5-10	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9182-11	CT-SMR616OP-CK33-14-7-5-11	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9182-12	CT-SMR616OP-CK33-14-7-5-12	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	

표 14. 계속

조사번호	계통번호	근형	근색	심색	근미 모양	추근성	초세	비대성	열근성	비교
9182-13	CT-SMR616OP-CK33-14-7-5-13	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9182-15	CT-SMR616OP-CK33-14-7-5-15	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9182-17	CT-SMR616OP-CK33-14-7-5-17	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9182-18	CT-SMR616OP-CK33-14-7-5-18	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9182-19	CT-SMR616OP-CK33-14-7-5-19	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9182-20	CT-SMR616OP-CK33-14-7-5-20	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9182-21	CT-SMR616OP-CK33-14-7-5-21	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9182-22	CT-SMR616OP-CK33-14-7-5-22	Imperator	5	5	3	4	4	3	안정	
9182-23	CT-SMR616OP-CK33-14-7-5-23	Imperator	5	5	2	5	3	3	안정	

- 근색, 심색의 붉은색도 : 5(강), 3(중), (약)
- 근미모양 : 5(둥글다), 3(중간), 1(뾰족하다)
- 추근성 : 5(안정), 3(중간), 1(약하다)
- 초세 : 5(강하다), 3(중간), 1(약하다)
- 비대성 : 5(조생), 3(중생), (1만생)



● No.9087 CT-SMR 616OP-389-1-3-17-4(1~15)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색 빨강, 육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중약, 숙성 중생.



● No.9090 CT-SMR 616OP-389-1-3-17-7(1~7)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색·육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중약, 숙성 중생.

그림 36. No. 9087, No.9090 육묘 → 가식 → 월동 후 모본모습



● No.9095 CT-SMR 616OP-389-1-3-21-1(1~15)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, · 육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중약, 숙성중생.



● No.9099 CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6(1~15)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, · 육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중약, 숙성 중생.

그림 36. No. 9095, No.9099 육묘 → 가식 → 월동 후 모본모습



● No.9095 CT-SMR 616OP-389-1-3-21-1(1~15)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, · 육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중약, 숙성중생.



● No.9099 CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6(1~15)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, · 육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중약, 숙성 중생.

그림 36. No.9095, No.9099 육묘 → 가식 → 월동 후 모본모습



● No.9100 CT-SMR 616OP-389-1-3-21-7(1~15)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, · 육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중약, 숙성 중생.



● No.9101 CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1(1~15)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중약, 숙성 중생.

그림 36. No. 9100, No.9101 육묘 → 가식 → 월동 후 모본모습



● No.9104 CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1(1~15)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중약, 숙성 중생.



● No.9105 CT-SMR 616OP-389-1-3-23-2(1~15)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중약, 숙성 중생.

그림 36. No. 9104, No.9105 육묘 → 가식 → 월동 후 모본모습



● No.9107 CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4(1~15)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중약, 숙성 중생.



● No.9108 CT-SMR 616OP-389-1-3-23-5(1~15)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중약, 숙성 중생.

그림 36. No. 9107, No.9108 육묘 → 가식 → 월동 후 모본모습



● No.9110 CT-SMR 616OP-389-1-3-23-7(1~15)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중약, 숙성 중생.



● No.9114 CT-SMR 616OP-389-1-3-26-1(1~15)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중약, 숙성 만생.

그림 36. No. 9110, No.9114 육묘 → 가식 → 월동 후 모본모습



● No.9115 CT-SMR 616OP-389-1-3-26-2(1~15)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중약, 숙성 중생.



●No.9117 CT-SMR 616OP-389-1-3-26-4(1~15)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중약, 숙성 중생.

그림 36. No. 9115, No.9117 육묘 → 가식 → 월동 후 모본모습



● No.9119 CT-SMR 616OP-389-1-3-26-7(1~15)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중약, 숙성 중생.



●No.9123 CT-SMR 616OP-389-1-3-40-2(1~15)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중약, 숙성 중생.

그림 36. No. 9119, No.9123 육묘 → 가식 → 월동 후 모본모습



● No.9127 CT-SMR 616OP-389-1-3-54-1(1~15)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중약, 숙성 중생.



●No.9129 CT-SMR 616OP-389-1-3-54-5(1~15)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중약, 숙성 중생.

그림 36. No. 9127, No.9129 육묘 → 가식 → 월동 후 모본모습



●No.9140 CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-6(1~18)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 중생.

그림 36. No. 9140 육묘 → 가식 → 월동 후 모본모습



●No.9140 CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-6(19-29)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 중생.



●No.9142 CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-9(1~18)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 중생.

그림 36. No. 9142 육묘 → 가식 → 월동 후 모본모습



●No.9142CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-6(19~31)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 중생.



●No.9145 CT-SMR 616OP-389-⊗-14-2-4(1~5)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 강, 숙성 중조생.

그림 36. No. 9145 육묘 → 가식 → 월동 후 모본모습



●No.9145 CT-SMR 616OP-389-⊗-14-2-4(6~19)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 중생.



●No.9145 CT-SMR 616OP-389-14-2-4(20~31)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색·육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 중생.

그림 36. No. 9145, 9146 육묘 → 가식 → 월동 후 모본모습



●No.9146 CT-SMR 616OP-389-⊗-14-2-5(1~12)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색·육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 중생.



●No.9146CT-SMR 616OP-389-⊗-14-2-5(14~25)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색·육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 중생

그림 36. No. 9146 육묘 → 가식 → 월동 후 모본모습



●No.9146CT-SMR 616OP-389-⊗-14-2-5(26~32)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색·육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중, 숙성 중생.



●No.9153CTSMR 616OP-389-⊗-14-4-5(1~12)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색·육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중강, 숙성 중생.

그림 36. No. 9153 육묘 → 가식 → 월동 후 모본모습



●No.9153CT-SMR 616OP-389-⊗-14-4-5(13~24)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색·육색·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중강, 숙성 중생.



●No.9153CT-SMR 616OP-389-⊗-14-4-5(25~30)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색·심색 빨강
 근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중강, 숙성 중생.



●No.9156 CT-SMR 616OP-389-⊗-14-4-10(1~8)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색·심색 빨강
 근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중강, 숙성 중생.

그림 36. No. 9153, No. 9156 육묘 → 가식 → 월동 후 모본모습



●No.9156CT-SMR 616OP-389-⊗-14-4-10(9~15)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색·심색 빨강
 근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중강, 숙성 중생.



●No.9182 CT-SMR 616OP-CK33-14-7-5(1~8)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색·심색 빨강
 근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중강, 숙성 중생.

그림 36. No. 9156, No. 9182 육묘 → 가식 → 월동 후 모본모습



●No.9182 CT-SMR 616OP CK33-14-7-5(9~15)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색·심색 빨강
 근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중강, 숙성 중생.



●No.9182 CT-SMR 616OP-CK33-14-7-5(17~23)

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색·심색 빨강
 근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중강, 숙성 중생.

그림 36. No. 9182 육묘 → 가식 → 월동 후 모본모습



● No.9163 CT SMR6160P-389-1-3-26

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색 ·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중강, 숙성 중생.



● No.9163 CT SMR6160P-389-1-3-26

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색 ·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중강, 숙성 중생.

그림 36. No. 9163 육묘 → 가식 → 월동 후 모본모습



● No.9163 CT SMR6160P-389-1-3-26

○주요특성 : 근형 세장형, 근색, ·육색 ·심색 빨강
근미 비대 중만생, 추근성 안정, 초세 중강, 숙성 중생.

그림 36. No. 9163 육묘→가식→월동 후 모본모습

(나) 화분친 모본 성능검정 결과

2009년부터 2013년까지 유전자원에서 선발된 중국 유래 16계통과 인도유래 Deci-Red type 6계통을 공시하여 3월상순 월동이 완료된 시점에 수확하여 근색, 심부색 뿌리의 모양 등 특성을 고려하여 육안조사로 성능을 파악하였다 (그림 37; 표 15).



No. 09-491-1 line



No. 09-491-2 line



No. 09-492-1 line



No. 09-492-2 line



No. 10-751-1 line



No. 10-751-2 line

그림 37. 화분친 근형 모습



No. 10-755-1 line



No. 10-755-2 line



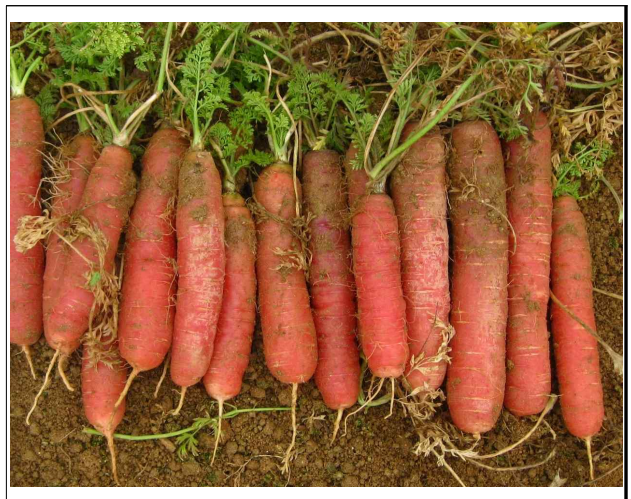
No. 11-906-1 line



No. 11-906-2 line



No. 11-907-1 line



No. 11-907-2 line

그림 37. 화분친 근형 모습



No. 12-830-1 line



No. 12-830-2 line



No. 12-831-1 line



No. 12-831-2 line



No. 12-900 line



No. 12-901

그림 37. 화분친 근형 모습



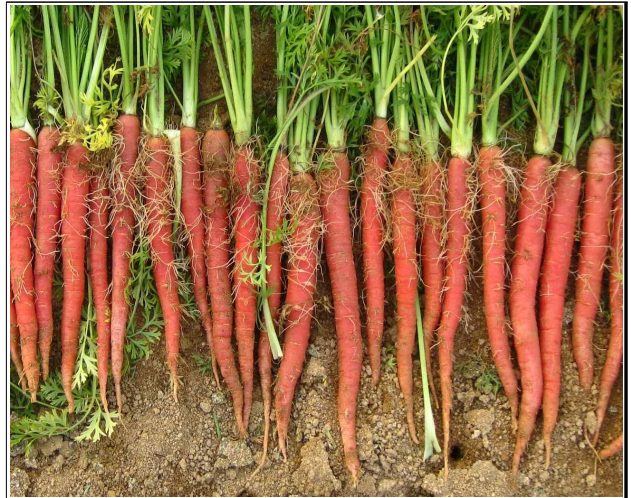
No. 12-902 line



No. 12-903 line



No. 12-904 line



No. 12-905 line

그림 37. 화분친 근형 모습

표 17. 2013년도 화분 친 모본 특성 검정표

번호	종자번호	계통번호	근형	근색	심색	근미 모양	추근성	초세	비대 성	열근성	비고
201	09-491-1	CT-CH09-491OP-1 (F5)	Nantes	5	3	5	4	4	5	안정	증장형
202	09-491-2	CT-CH09-491OP-2 (F5)	Nantes	5	3	5	4	4	5	안정	증장형
203	09-492-1	CT-CH09-492OP-1 (F5)	Nantes	5	3	5	4	4	4	안정	증장형
204	09-492-2	CT-CH09-492OP-2 (F5)	Nantes	5	3	5	4	4	4	안정	증장형
205	10-751-1	CT-CH10-751OP-1 (F4)	Nantes	5	3	5	4	4	5	안정	증장형
206	10-751-2	CT-CH10-751OP-2 (F4)	Nantes	5	3	5	4	4	5	안정	증장형
207	10-755-1	CT-CH10-755OP-1 (F4)	Nantes	5	3	5	4	4	4	안정	증형
208	10-755-2	CT-CH10-755OP-2 (F4)	Nantes	5	3	5	4	4	4	안정	증형
209	11-906-1	CT-CH11-906OP-1 (F3)	Nantes	5	3	5	4	4	4	안정	증장형
210	11-906-2	CT-CH11-906OP-2 (F3)	Nantes	5	3	5	4	4	4	안정	증장형
211	11-907-1	CT-CH11-976OP-1 (F3)	Nantes	5	3	5	4	4	4	안정	증형
212	11-907-2	CT-CH11-976OP-2 (F3)	Nantes	5	3	5	4	4	4	안정	증형
213	12-830-1	CT-CH12-830OP-1 (F2)	Nantes	5	3	3	4	4	5	안정	증장형
214	12-830-2	CT-CH12-830OP-2 (F2)	Nantes	5	3	5	4	4	5	안정	증장형
215	12-831-1	CT-CH121-831OP-1 (F2)	Nantes	5	3	5	4	4	4	안정	단형
216	12-831-2	CT-CH121-831OP-2 (F2)	Nantes	5	3	5	4	4	4	안정	단형
217	12-900	CT-INDeci-900OP (F4)	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	장형
218	12-901	CT-INDeci-901OP (F4)	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	장형
219	12-902	CT-INDeci-902OP (F4)	Imperator	5	5	2	5	4	3	안정	장형
220	12-903	CT-INDeci-903OP (F4)	Imperator	5	5	1	5	4	2	안정	장형
221	12-904	CT-INDeci-904OP(F4)	Imperator	5	5	1	5	4	2	안정	장형
222	12-905	CT-INDeci-905OP (F4)	Imperator	5	5	1	5	4	2	안정	장형

- 근색, 심색의 붉은색도 : 5(강), 3(중), (약)
- 근미모양 : 5(둥글다), 3(중간), 1(뾰족하다)
- 추근성 : 5(안정), 3(중간), 1(약하다)
- 초세 : 5(강하다), 3(중간), 1(약하다)
- 비대성 : 5(조생), 3(중생), (1만생)

(다) 선발조합 화분친 월동선발시험

선발 No. 6346, 화분친 No. 201, CT-CH09-491OP-1은 Nantes-type으로, 선발 No.6375 화분친 No. 217 CT-INDeci12-900OP은 Imperator-type으로 선발하고 근색의 착색이 잘되고 숙기가 빠른 조숙계를 선발 하였다 (그림. 38).



그림 38. 선발조합 화분 친 모본선발 모습

제3절 계통육성 및 교배

1. 1차 년도 계통육성 및 교배

가. 목적

- (1) 무모계통은 분리 고정 작업을 진행하여 마커개발에 활용함.
- (2) 기 확보된 재료와 유전자원에서 선발된 계통을 이용하여 육성목표에 맞는 교배사업을 진행하고 세대진전을 통하여 분리고정 후 품종개발에 활용함.

나. 시험 방법

구분	파종일	정식일	교배기간	모용조사	공시재료	비고
무모-line	08. 8. 20	09. 3.1~5	6월	7월	2계통153개체	안성, House
MS-line	08. 8. 20	09. 3.1~5	6월	7월	1	안성, House

(1) 정식

포장준비는 계분발효퇴비(480kg/10a), 원예용 복합 특호비료 N-P-K-고토-붕사 (10-11-12-2-0.3) 60kg/10a, 석회(60kg/10a), 토양살충제 모캡(6kg/10a)을 살포하고 경운작업 후 폭 110cm 정식구를 준비하여 검정색 비닐 0.03cm × 140cm × 200cm의 규격비닐로 멀칭하고 주간거리 40cm × 35cm 간격으로 선발된 개체별로 배치와 정식을 하였다 (그림 39).



개체별 배치모습



정식모습

그림 39. 배치 및 정식 모습

(2) 개화조사 및 임성조사

정식 후 7일경 활착이 완료되어 모본의 활력을 촉진시키기 위해 복합 영양제 2호를 1,000배액을 7일 간격으로 3회 엽면 살포하였다. 진딧물, 응애, 흰가루병 방제로 2008년 4월상순 코니도 + 살비왕 + 휘나리 1,000 배액을 7일 간격으로 2회 살포하였다. 2009년 5월 하순부터 개화가 시작되어 개화조사는 주간화서의 개화일을 조사하였고, 임성조사는 불임, 가임으로 구분하여 조사하였다 (그림 40).



웅성 불임계 화서모양



가임계 화서모양

그림 40. 화서모양

(3) 교배

무모계는 한랭사로 제작된 소형 cage를 이용하여 매개충을 투입하여 selfing으로 교배를 하였다.

계통 개발의 교배시 모계친의 화지는 매개충을 이용하여 제웅을 하였고, 부계친의 화서는 화지를 절단하여 물병을 이용하여 소형 cage로 격리하여 교배하였다.

MS-line의 교배는 주두가 2개로 갈라지는 시점에 화분친의 화지를 절단하고 물병을 이용하여 소형 cage로 격리하여 교배하였다 (그림 41).



개화모습



교배모습

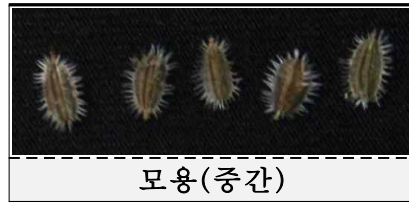
그림 41. 개화 및 교배모습

(4) 모형조사 및 종자크기 조사

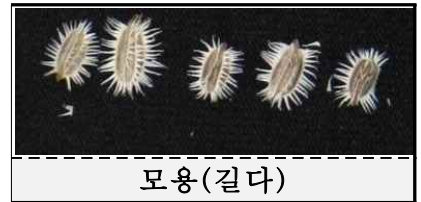
2009년 7월 상순부터 교배가 완료된 개체별로 1(짧다), 3(중간), 5(길다) 육안으로 구분하였고 등숙전 종자의 크기는 예취 시기에 1(작다), 3(중간), 5(크다) 로 육안조사 하였다 (그림 42).



모용(짧다)



모용(중간)



모용(길다)

그림 42. 모형 구분

(5) 종자 확보

교배 완료 후 응애, 흰가루병 방제로 살비왕 + 섹큐어 + 흰가루병 + 웨나리 1,000배액을 7일 간격으로 3회 약제를 살포하였다. 2009년 7월 중순부터 종피색이 갈색으로 70%이상 착색되는 화지를 개체별로 절단하여 양과망에 예취하여 등숙과 건조가 완료된 계통부터 탈중하여 정선 과정을 거쳐 종자를 확보하였다 (그림 43).



탈종작업



정선작업

그림 43. 탈종 및 정선작업

다. 결과 (표 18, 19; 그림 44, 45, 46, 47, 48, 49 참조)

표 18. 주요특성표

조사번호	추대높이 (Cm)	개화일	종자크기	모용	임성	비고
389-0-1	174	5. 30	2	1	가임	
389-0	178	5. 30	2	1	가임	
394-1	133	5. 31	5	4	가임	
394-2	124	5. 23	3	2	가임	
394-3	135	5. 27	5	4	가임	
394-4	159	5. 27	5	4	가임	
394-5	174	5. 24	4	4	가임	
394-6	84	5. 18	3	1	가임	
394-7	115	5. 24	5	4	가임	
394-8	148	5. 19	3	3	가임	
394-9	122	5. 20	5	4	가임	
394-10	108	5. 21	3	2	가임	
615-1	135	5. 27	3	5	가임	CK
615-2	113	5. 19	3	4	가임	CK
616-1	178	5. 24	3	5	가임	CK
616-10	113	5. 18	3	2	가임	
616-14	109	5. 28	3	2	가임	
616-30	100	5. 19	3	2	가임	
616-33	120	5. 22	3	5	가임	CK
616-45	98	5. 20	3	2	가임	
366	165	5. 27	3	3	가임	재료 개발 화분친
367	171	5. 25	3	3	가임	재료 개발 화분친
378-1	178	5. 25.	3	3	가임	재료 개발 화분친
378-2	173	6. 1	3	3	가임	재료 개발 화분친

* 종자크기 : 1(적다), 3(중간), 5(크다)

* 모 용 : 1(짧다), 3(중간), 5(길다)

표 19. 2009년도 종자생산내역

종자번호	생산No	종자량(ml)	교배방법	비고
2474	389-0-1	3립	Selfing	
2475	389-0	9	Sibing	
2476	394-1	14	Selfing	
2477	394-2	7	Selfing	
2478	394-3	3	Selfing	
2479	394-4	10	Selfing	
2480	394-5	9	Selfing	
2481	394-6	3	Selfing	
2482	394-7	4	Selfing	
2483	394-8	5	Selfing	
2484	394-9	10	Selfing	
2485	394-10	1	Selfing	
2486	615-1	29	Selfing	
2487	615-2	6	Selfing	
2488	616-1	30	Selfing	
2489	616-10	11	Selfing	
2490	616-14	15	Selfing	
2491	616-30	26	Selfing	
2492	616-33	18	Selfing	
2493	616-45	17	Selfing	
2431	389×366	35	Cross	Red-Type 재료개발
2435	389×367	15	Cross	Red-Type 재료개발
2439	389×378-1	6	Cross	Red-Type 재료개발
2441	389×378-2	5	Cross	Red-Type 재료개발
9656	602×389	58	Cross	M S-line
9663	602×394	22	Cross	M S-line

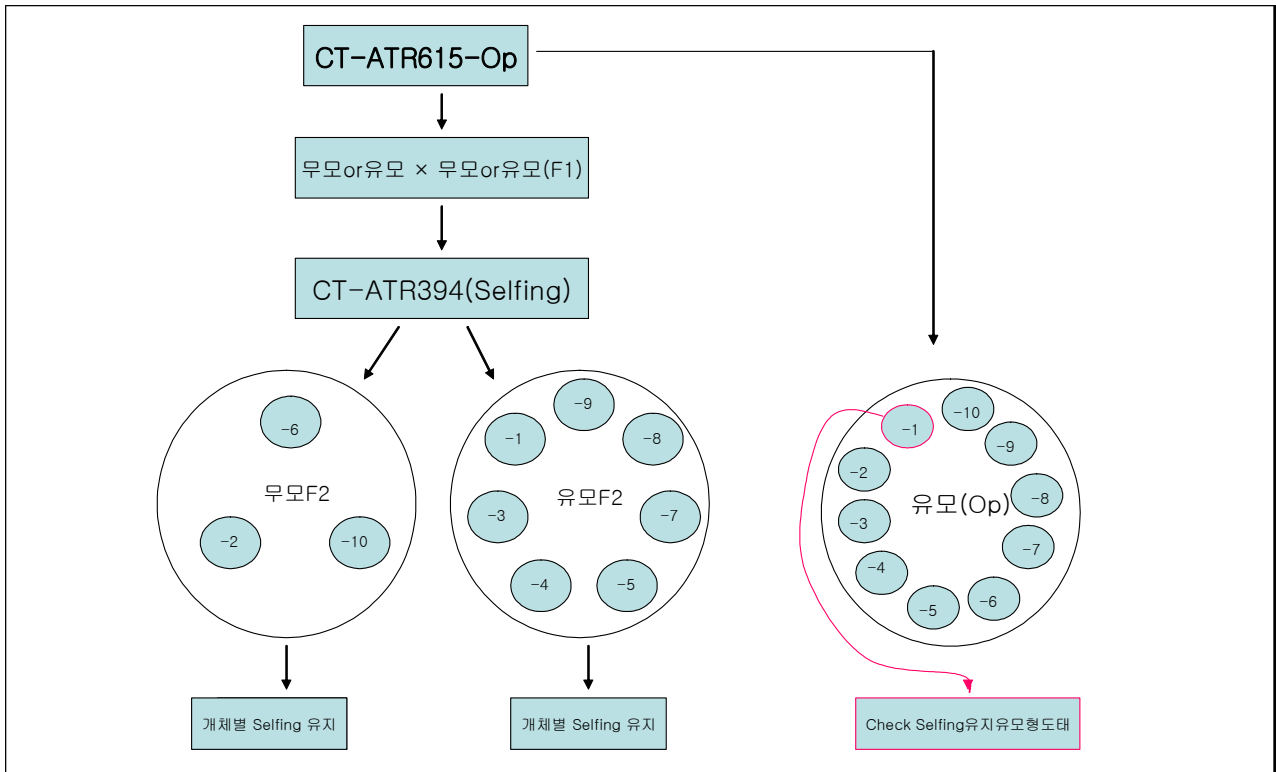


그림 44. CT-ATR 615-line 설명도

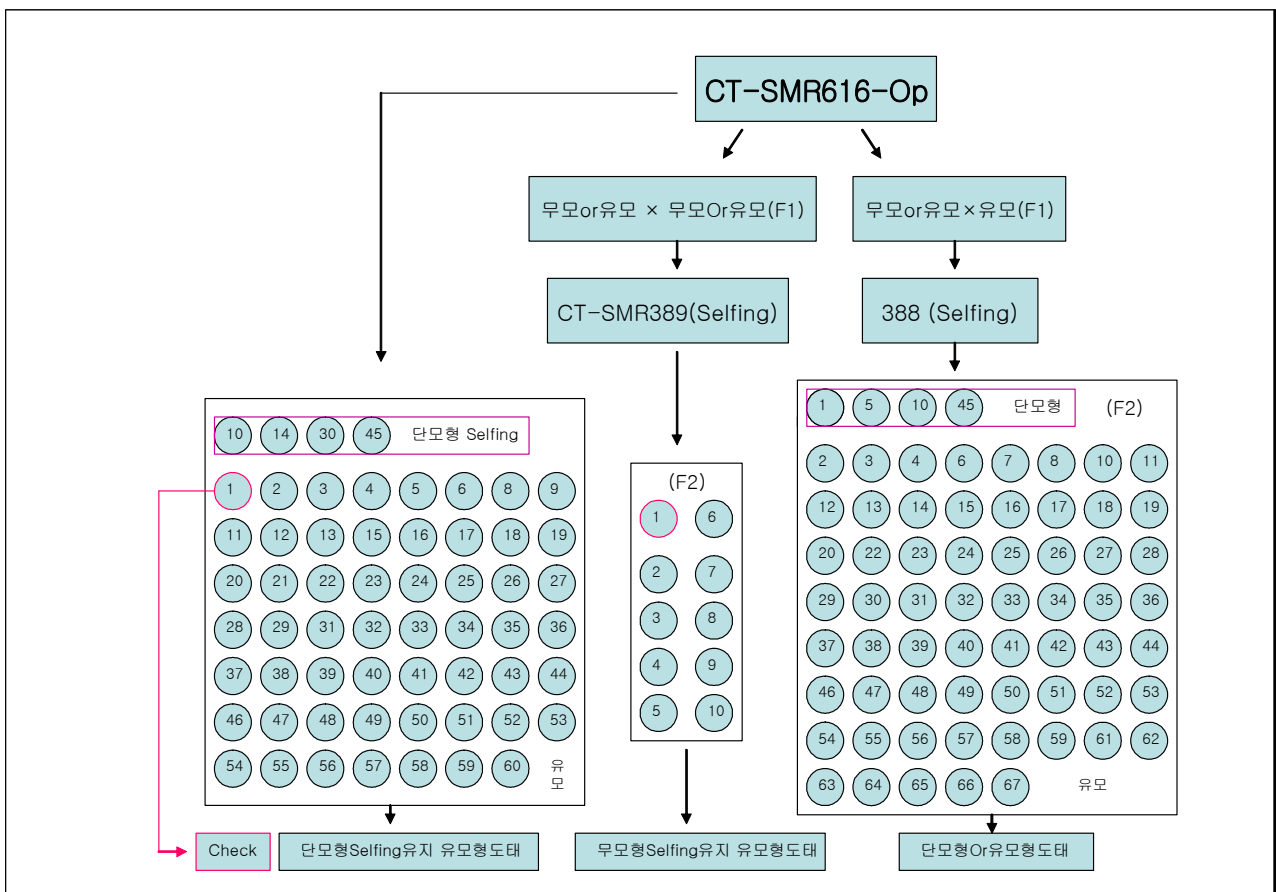


그림 45. CT-SMR 616-line 설명도



결실모습



종자모양

그림 46. CT-ATR 394-6, 무모 line 결실 및 종자모양



결실모습



종자모양

그림 47. CT-ATR 615-1, check line 결실 및 종자모양



결실모습



종자모양

그림 48. CT-SMR 389-1 or 0-1, 무모 line 결실 및 종자모양



결실모습



종자모양

그림 49. CT-SMR 616-1, check line 결실 및 종자모양

라. 결과 요약

- (1) 그림 44, 45는 계통별 세대진행 과정 설명도이며 그중 그림 45의 388-line은 최초 발견된 무모개체로 교배방법에서 무모개체 1개의 화지에 유모인 다수의 화지가 혼입된 상태로 sibing으로 교잡하여 종자가 확보된 계통으로 개체별 selfing으로 교배하여 모용조사를 실시한 결과, 전체 67개체에서 모용의 길이가 중간형태로 표현되는 개체는 388-1, 388-5, 388-10, 388-45번 4개체이며 나머지 63개체는 모용의 길이가 길다로 표현되었다. 이는 당근이 웅예선숙의 타식성 작물로 자식으로의 교잡이 이루어지지 못하였고, sib Cross 에 의한 교잡으로 종자를 확보한 결과인 것으로 추정되어진다. 1차년도 마커개발의 샘플로 이용된 388-line에서는 모용이 자라지 않는 개체를 확인할 수 없었으며 샘플선정에 문제점이 발견되어 388-line은 종자확보대상에서 제외하였다.
- (2) 389-line과 394-line은 무모 또는 유모의 화지가 각각 다수 혼입된 상태로 교잡하여 종자를 확보한 계통으로 모용조사를 실시한 결과, 무모 간 교잡된 개체로 추정되는 모용이 자라지 않는 형태로 표현되는 389-1의 개체와 394-6의 개체가 확인되었으며 각각의 개체를 selfing으로 교배하여 소량 종자를 확보하였다.
- (3) 1차년도의 시험결과 반복적인 selfing을 통한 세대진전이 이루어져야 순수한 계통 확보가 가능할 것으로 추정된다.
- (4) 표 18은 추대높이, 개화일, 모용을 조사한 내용이며 394-6 line은 615(OP)의 교잡분리유지과정에서 발견된 개체이며 동일계에서 유래된 개체이면서 모용의 길이가 길다로 표현되는 615-1을 마커샘플의 check line으로 선발 하였으며 389-1 line은 616(OP)의 교잡분리유지과정에서 발견된 개체이며 동일계에서 유래된 개체이면서 모용의 길이가 길다로 표현되는 616-1을 마커샘플의 check line으로 각각선발 하였다.
- (5) 표 19는 2009년도의 확보된 종자의 내역서임.
- (6) 그림 46, 48은 무모개체의 결실모습과 종자모양 사진임.
- (7) 그림 47, 49는 check-line의 결실모습과 종자모양 사진임.

2. 2차년도 계통육성 및 교배

가. 목 적

- (1) SMR 616OP-line selfing 종자 후대 표현형조사와 교배 육성을 통한 종자확보.
- (2) ATR 615OP-line selfing 종자 후대 표현형조사와 교배 육성을 통한 종자확보.
- (3) 유용 무모계는 분리 고정 작업을 진행하여 마커개발에 활용함.
- (4) Red-Type의 인도, 중국용 화분친 계통육성.



그림 50. 인도 Red계 당근, 전경 모습

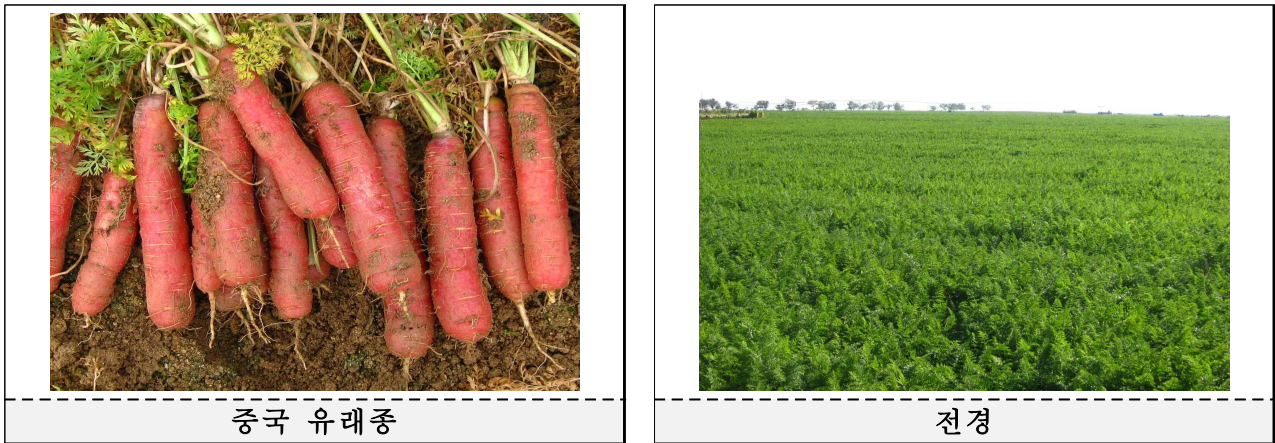


그림 51. 중국 Red계 당근, 전경 모습

나. 시험 방법

구분	파종일	정식일	교배기간	모용조사	공시재료	비고
무모-line	09.08.20	10.03.01~05	6월	7월	2계통 325개체	안성, House
MS-line	09.08.20	10.03.01~05	6월	7월	2	안성, House

(1) 정 식

포장준비는 계분발효퇴비(480kg/10a) + 원예용 복합 특호비료 N-P-K-고토-붕사(10-11-12-2-0.3) 60kg/10a + 석회(60kg/10a), + 토양살충제 모캡(6kg/10a)을 살포하고, 경운작업 후 폭 110cm 정식구를 준비하여 검정색비닐 0.03cm × 140cm × 200cm의 규격비닐로 멀칭하고 주간거리 40cm × 35cm 간격으로 선발된 개체별로 배치와 정식을 하였다 (그림 52).



정식



활착

그림 52. 모본 정식, 활착 모습

(2) 개화조사 및 임성조사

정식 후 7일경 활착이 완료되어 모본의 활력을 촉진시키기 위해 복합 영양제 2호를 1,000배액을 7일 간격으로 3회 엽면 살포 하였다. 진딧물, 응애, 흰가루병 방제로 2010년 4월 상순 코니도 + 살비왕 + 웨나리 1,000 배액을 7일 간격으로 2회 살포하였다. 2010년 5월 하순부터 개화가 시작되어 개화조사는 2010년 5월25일부터 5일 간격으로 주간화서의 개화일을 3회 조사 하였고 임성 조사는 불임, 가임으로 구분하여 조사하였다 (그림 53).



불임계



유지계

그림 53. 화서 모습

(3) 교배

당근은 응화가 노화된 후 암술이 돌출되어 동일화서에서 자식 종자를 얻기가 까다로

은 응예선속 작물로 주간화서의 개화시기와, 1차 측지, 2차 측지의 개화시기가 교배시점과 상반되어 개체별 selfing 종자확보에 어려움이 많은 작물이다. 또한 개체 간 곤충의 매개에 의한 교잡으로 종자를 유지하는 타식성 작물로 본 과제에서는 순수계통유지를 위한 교배방법으로 주간화서의 개화시점에 소형 cage와 매개충을 이용하여 4~5일간 제웅을 실시하고, 암술이 돌출된 후 주두모양이 V자로 벌어지는 시점에 동일개체의 1차~2차 측지의 화지를 절단하여 물병에 꽂아 매개충을 이용한 교배를 실시하여 selfing 종자를 확보하였다 (그림 54, 55).

- MS-line의 교배는 주두의 적정시점에 화분친의 화지를 절단하고 물병을 이용하여 소형 cage로 격리하여 교배를 하였다.



그림 54. Selfing 교배 방법



그림 55. 개화 및 교배모습

(4) 모형조사 및 종자크기 조사

2010년 7월 상순부터 교배가 완료된 개체별로 모형의 길이가 1(짧다), 3(중간), 5(길다)로 육안으로 구분하였고, 종자의 크기는 예취시기에 1(작다), 3(중간), 5(크다)로 육안조사 하였다 (그림 56).



(5) 종자 확보

교배 완료 후 응애, 흰가루병 방제로 살비왕 + 섹큐어 + 흰가루병 + 웨나리 1,000배액을 7일 간격으로 3회 약제를 살포하였다. 2010년 7월 중순부터 종피색이 갈색으로 70%이상 착색되는 화지를 개체별로 절단하여 양과망에 예취하여 등숙과 건조가 완료된 계통부터 탈종하여 정선 과정을 거쳐 종자를 확보하였다 (그림 57).



다. 결과 (표 20, 21, 22; 그림 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70 참조)

표 20. 2010년도 SMR-line 주요 특성표

조사번호	계통명	추대장(cm)	개화일	종자크기	모용	입성	비고
658-1	CT-SMR 616OP-388-1-1	137.2	06월 05일	3	4	가임	도태
658-2	CT-SMR 616OP-388-1-2	153.4	06월 05일	3	4	가임	도태
658-3	CT-SMR 616OP-388-1-3	125.3	06월 05일	3	4	가임	도태
658-4	CT-SMR 616OP-388-1-4	136.7	06월 05일	3	3	가임	
658-5	CT-SMR 616OP-388-1-5	156.2	06월 05일	3	3	가임	
658-6	CT-SMR 616OP-388-1-6	154.4	06월 05일	3	4	가임	도태
658-7	CT-SMR 616OP-388-1-7	160.6	06월 05일	3	3	가임	
658-8	CT-SMR 616OP-388-1-8	137.3	06월 05일	4	3	가임	
658-9	CT-SMR 616OP-388-1-9	143.2	06월 05일	3	3	가임	
658-10	CT-SMR 616OP-388-1-10	129.3	06월 05일	2	3	가임	
659-1	CT-SMR 616OP-389-1-1	91.5	05월 30일	2	1	가임	
659-2	CT-SMR 616OP-389-1-2	135.2	06월 10일	3	1	가임	
659-3	CT-SMR 616OP-389-1-3	98.7	06월 10일	1	1	가임	
660-1	CT-SMR 616OP-389-⊗-1	140.2	06월 05일	3	4	가임	도태
660-2	CT-SMR 616OP-389-⊗-2	155.2	06월 05일	2	2	가임	
660-3	CT-SMR 616OP-389-⊗-3	137.3	06월 05일	3	4	가임	도태
660-4	CT-SMR 616OP-389-⊗-4	133.6	05월 30일	4	4	가임	도태

660-5	CT-SMR 616OP-389-⊗-5	132.2	06월 05일	3	4	가임	도태
660-6	CT-SMR 616OP-389-⊗-6	112.5	06월 05일	3	2	가임	
660-7	CT-SMR 616OP-389-⊗-7	110.2	06월 05일	3	4	가임	도태
660-8	CT-SMR 616OP-389-⊗-8	142.3	06월 05일	3	4	가임	도태
660-9	CT-SMR 616OP-389-⊗-9	140.4	06월 05일	3	3	가임	
660-10	CT-SMR 616OP-389-⊗-10	138.5	06월 05일	3	4	가임	도태
660-11	CT-SMR 616OP-389-⊗-11	142.5	06월 05일	3	4	가임	도태
660-12	CT-SMR 616OP-389-⊗-12	152.3	06월 05일	3	4	가임	도태
660-13	CT-SMR 616OP-389-⊗-13	147.2	06월 05일	2	4	가임	도태
660-14	CT-SMR 616OP-389-⊗-14	133.5	06월 05일	3	2	가임	
673-1	CT-SMR 616OP-1-1	130.6	06월 05일	3	4	가임	도태
673-2	CT-SMR 616OP-1-2	179.5	06월 05일	3	4	가임	도태
673-3	CT-SMR 616OP-1-3	160.4	06월 05일	3	4	가임	도태
673-4	CT-SMR 616OP-1-4	121.7	06월 05일	3	5	가임	도태
673-5	CT-SMR 616OP-1-5	123.2	06월 05일	3	5	가임	도태
673-6	CT-SMR 616OP-1-6	148.1	06월 05일	3	4	가임	도태
673-7	CT-SMR 616OP-1-7	129.5	05월 30일	3	3	가임	
673-8	CT-SMR 616OP-1-8	148.2	06월 05일	3	4	가임	도태
673-9	CT-SMR 616OP-1-9	122.5	06월 05일	3	5	가임	도태
673-10	CT-SMR 616OP-1-10	134.5	06월 05일	3	3	가임	
674-1	CT-SMR 616OP-10-1	127.4	05월 30일	4	4	가임	도태
674-2	CT-SMR 616OP-10-2	141.5	05월 30일	3	4	가임	도태
674-3	CT-SMR 616OP-10-3	95.6	05월 25일	3	4	가임	도태
674-4	CT-SMR 616OP-10-4	82.5	06월 05일	3	4	가임	도태
674-5	CT-SMR 616OP-10-5	138.6	05월 25일	3	5	가임	도태
674-6	CT-SMR 616OP-10-6	148.7	05월 25일	3	3	가임	
674-7	CT-SMR 616OP-10-7	120.6	05월 25일	3	4	가임	도태
674-8	CT-SMR 616OP-10-8	95.3	05월 25일	3	3	가임	
674-9	CT-SMR 616OP-10-9	138.2	05월 25일	3	4	가임	도태
674-10	CT-SMR 616OP-10-10	102.5	05월 25일	3	5	가임	도태
674-11	CT-SMR 616OP-10-11	128.3	05월 25일	3	4	가임	도태
674-12	CT-SMR 616OP-10-12	110.6	05월 25일	3	4	가임	도태
674-13	CT-SMR 616OP-10-13	121.2	05월 25일	3	4	가임	도태
674-14	CT-SMR 616OP-10-14	120.3	05월 25일	3	4	가임	도태
674-15	CT-SMR 616OP-10-15	139.5	05월 25일	3	4	가임	도태
674-16	CT-SMR 616OP-10-16	134.2	05월 25일	3	4	가임	도태
674-17	CT-SMR 616OP-10-17	115.2	05월 25일	3	5	가임	도태
674-18	CT-SMR 616OP-10-18	102.9	05월 25일	4	5	가임	도태
674-19	CT-SMR 616OP-10-19	110.5	05월 25일	3	5	가임	도태
674-20	CT-SMR 616OP-10-20	115.6	05월 25일	3	4	가임	도태
675-1	CT-SMR 616OP-14-1	112.6	05월 30일	3	4	가임	도태
675-2	CT-SMR 616OP-14-2	124.2	06월 05일	3	3	가임	
675-3	CT-SMR 616OP-14-3	94.5	06월 05일	4	5	가임	도태
675-4	CT-SMR 616OP-14-4	104.6	06월 05일	3	4	가임	도태
675-5	CT-SMR 616OP-14-5	112.7	05월 25일	3	3	가임	
675-6	CT-SMR 616OP-14-6	102.5	06월 05일	3	5	가임	도태
675-7	CT-SMR 616OP-14-7	103.6	06월 05일	3	5	가임	도태
675-8	CT-SMR 616OP-14-8	127.6	06월 05일	3	4	가임	도태
675-9	CT-SMR 616OP-14-9	132.7	06월 05일	3	4	가임	도태
675-10	CT-SMR 616OP-14-10	112.3	06월 05일	3	4	가임	도태
675-11	CT-SMR 616OP-14-11	145.2	06월 05일	3	4	가임	도태
675-12	CT-SMR 616OP-14-12	137.3	06월 05일	3	4	가임	도태
675-13	CT-SMR 616OP-14-13	92.5	05월 30일	3	4	가임	도태
675-14	CT-SMR 616OP-14-14	118.6	06월 05일	3	4	가임	도태
675-15	CT-SMR 616OP-14-15	108.3	06월 05일	4	4	가임	도태
675-16	CT-SMR 616OP-14-16	126.2	06월 05일	3	4	가임	도태
675-17	CT-SMR 616OP-14-17	94.6	06월 05일	3	5	가임	도태
675-18	CT-SMR 616OP-14-18	94.7	06월 05일	3	5	가임	도태
675-19	CT-SMR 616OP-14-19	111.6	06월 05일	3	4	가임	도태
675-20	CT-SMR 616OP-14-20	110.6	05월 25일	3	5	가임	도태
676-1	CT-SMR 616OP-30-1	103.8	05월 30일	3	4	가임	도태
676-2	CT-SMR 616OP-30-2	107.2	05월 25일	3	4	가임	도태
676-3	CT-SMR 616OP-30-3	105.3	05월 30일	3	5	가임	도태
676-4	CT-SMR 616OP-30-4	111.5	05월 30일	3	5	가임	도태

676-5	CT-SMR 616OP-30-5	119.2	05월 25일	3	5	가임	도태
676-6	CT-SMR 616OP-30-6	148.5	06월 05일	3	4	가임	도태
676-7	CT-SMR 616OP-30-7	136.5	06월 05일	3	4	가임	도태
676-8	CT-SMR 616OP-30-8	120.9	05월 25일	3	4	가임	도태
676-9	CT-SMR 616OP-30-9	104.2	05월 25일	3	4	가임	도태
676-10	CT-SMR 616OP-30-10	112.6	05월 25일	3	5	가임	도태
676-11	CT-SMR 616OP-30-11	135.3	05월 25일	3	4	가임	도태
676-12	CT-SMR 616OP-30-12	67.5	06월 05일	3	4	가임	도태
676-13	CT-SMR 616OP-30-13	98.2	05월 25일	3	4	가임	도태
676-14	CT-SMR 616OP-30-14	93.2	05월 25일	4	4	가임	도태
676-15	CT-SMR 616OP-30-15	131.5	05월 30일	3	4	가임	도태
676-16	CT-SMR 616OP-30-16	127.7	05월 30일	3	3	가임	
676-17	CT-SMR 616OP-30-17	125.3	05월 25일	3	3	가임	
676-18	CT-SMR 616OP-30-18	115.4	05월 30일	3	4	가임	도태
676-19	CT-SMR 616OP-30-19	117.3	05월 25일	2	4	가임	도태
676-20	CT-SMR 616OP-30-20	122.4	05월 25일	3	4	가임	도태
678-1	CT-SMR 616OP-45-1	85.3	05월 25일	3	4	가임	도태
678-2	CT-SMR 616OP-45-2	113.2	05월 25일	3	4	가임	도태
678-3	CT-SMR 616OP-45-3	95.5	05월 30일	4	5	가임	도태
678-4	CT-SMR 616OP-45-4	92.4	05월 30일	3	4	가임	도태
678-5	CT-SMR 616OP-45-5	98.2	05월 25일	3	4	가임	도태
678-6	CT-SMR 616OP-45-6	92.4	05월 25일	3	4	가임	도태
678-7	CT-SMR 616OP-45-7	102.5	05월 25일	3	4	가임	도태
678-8	CT-SMR 616OP-45-8	120.2	05월 25일	3	5	가임	도태
678-9	CT-SMR 616OP-45-9	88.3	06월 05일	3	5	가임	도태
678-10	CT-SMR 616OP-45-10	103.4	05월 25일	4	5	가임	도태
678-11	CT-SMR 616OP-45-11	115.2	05월 02일	3	5	가임	도태
678-12	CT-SMR 616OP-45-12	78.4	06월 05일	3	4	가임	도태
678-13	CT-SMR 616OP-45-13	95.2	06월 05일	3	5	가임	도태
678-14	CT-SMR 616OP-45-14	82.4	06월 05일	3	4	가임	도태
678-15	CT-SMR 616OP-45-15	88.3	05월 30일	3	5	가임	도태
678-16	CT-SMR 616OP-45-16	82.6	06월 05일	3	4	가임	도태
678-17	CT-SMR 616OP-45-17	92.3	05월 30일	3	3	가임	
678-18	CT-SMR 616OP-45-18	131.5	06월 05일	3	5	가임	도태
678-19	CT-SMR 616OP-45-19	131.7	05월 30일	3	5	가임	도태
678-20	CT-SMR 616OP-45-20	82.5	05월 30일	3	3	가임	
677-1	CT-SMR 616OP-CK33-1	112.7	05월 25일	3	4	가임	도태
677-2	CT-SMR 616OP-CK33-2	130.5	05월 30일	3	4	가임	도태
677-3	CT-SMR 616OP-CK33-3	131.4	05월 30일	3	4	가임	도태
677-4	CT-SMR 616OP-CK33-4	119.3	05월 30일	3	4	가임	도태
677-5	CT-SMR 616OP-CK33-5	118.5	06월 05일	2	4	가임	도태
677-6	CT-SMR 616OP-CK33-6	135.6	06월 05일	3	5	가임	
677-7	CT-SMR 616OP-CK33-7	153.2	06월 05일	3	5	가임	도태
677-8	CT-SMR 616OP-CK33-8	130.5	05월 30일	3	4	가임	도태
677-9	CT-SMR 616OP-CK33-9	127.0	05월 30일	3	4	가임	도태
677-10	CT-SMR 616OP-CK33-10	112.6	06월 05일	3	4	가임	도태
677-11	CT-SMR 616OP-CK33-11	120.8	06월 05일	4	5	가임	도태
677-12	CT-SMR 616OP-CK33-12	137.5	06월 05일	3	4	가임	도태
677-13	CT-SMR 616OP-CK33-13	121.5	06월 05일	3	4	가임	도태
677-14	CT-SMR 616OP-CK33-14	140.6	06월 05일	3	5	가임	
677-15	CT-SMR 616OP-CK33-15	152.3	06월 05일	3	4	가임	도태
677-16	CT-SMR 616OP-CK33-16	115.4	06월 05일	3	4	가임	도태
677-17	CT-SMR 616OP-CK33-17	160.2	06월 05일	3	4	가임	도태
677-18	CT-SMR 616OP-CK33-18	132.4	05월 30일	3	5	가임	도태
677-19	CT-SMR 616OP-CK33-19	94.2	05월 30일	3	4	가임	도태
677-20	CT-SMR 616OP-CK33-20	104.7	05월 30일	3	5	가임	도태

* 종자크기 : 1(적다), 3(중간), 5(크다)

* 모 용 : 1(짧다), 3(중간), 5(길다)

* 입 성 : 가임, 불임

표 21. 2010년도 ATR-line 주요특성표

조사번호	계통명	추대장(cm)	개화일	종자크기	모용	임성	비고
661-1	CT-ATR 615OP-394-1-1	133.7	05월 30일	3	4	가임	도태
661-2	CT-ATR 615OP-394-1-2	132.5	05월 30일	3	4	가임	도태
661-3	CT-ATR 615OP-394-1-3	115.3	05월 30일	3	4	가임	도태
661-4	CT-ATR 615OP-394-1-4	100.2	05월 30일	4	4	가임	도태
661-5	CT-ATR 615OP-394-1-5	98.3	05월 30일	3	4	가임	도태
661-6	CT-ATR 615OP-394-1-6	106.3	05월 30일	3	4	가임	도태
661-7	CT-ATR 615OP-394-1-7	117.4	05월 30일	3	4	가임	도태
661-8	CT-ATR 615OP-394-1-8	134.4	05월 30일	3	4	가임	도태
661-9	CT-ATR 615OP-394-1-9	120.4	06월 05일	3	4	가임	도태
661-10	CT-ATR 615OP-394-1-10	105.3	05월 30일	3	4	가임	도태
662-1	CT-ATR 615OP-394-2-1	107.2	05월 30일	3	4	가임	도태
662-2	CT-ATR 615OP-394-2-2	95.6	05월 30일	3	4	가임	도태
662-3	CT-ATR 615OP-394-2-3	105.4	05월 30일	3	4	가임	도태
662-4	CT-ATR 615OP-394-2-4	62.8	05월 30일	2	2	가임	
662-5	CT-ATR 615OP-394-2-5	60.3	05월 30일	3	4	가임	도태
662-6	CT-ATR 615OP-394-2-6	86.2	06월 05일	3	4	가임	도태
662-7	CT-ATR 615OP-394-2-7	98.3	06월 05일	3	5	가임	도태
662-8	CT-ATR 615OP-394-2-8	85.6	06월 05일	3	3	가임	
662-9	CT-ATR 615OP-394-2-9	84.2	06월 05일	3	4	가임	도태
662-10	CT-ATR 615OP-394-2-10	80.5	05월 30일	3	4	가임	도태
662-11	CT-ATR 615OP-394-2-11	101.4	05월 30일	3	4	가임	도태
662-12	CT-ATR 615OP-394-2-12	94.3	06월 05일	3	4	가임	도태
662-13	CT-ATR 615OP-394-2-13	98.2	05월 30일	3	4	가임	도태
662-14	CT-ATR 615OP-394-2-14	72.1	05월 30일	3	3	가임	
662-15	CT-ATR 615OP-394-2-15	84.3	05월 30일	3	4	가임	도태
662-16	CT-ATR 615OP-394-2-16	92.4	05월 30일	3	4	가임	도태
662-17	CT-ATR 615OP-394-2-17	110.2	05월 30일	2	2	가임	
662-18	CT-ATR 615OP-394-2-18	90.4	06월 05일	3	4	가임	도태
662-19	CT-ATR 615OP-394-2-19	92.2	06월 05일	3	3	가임	
662-20	CT-ATR 615OP-394-2-20	123.5	06월 05일	3	3	가임	
662-21	CT-ATR 615OP-394-2-21	110.4	06월 05일	3	3	가임	
662-22	CT-ATR 615OP-394-2-22	92.3	06월 05일	3	3	가임	
662-23	CT-ATR 615OP-394-2-23	98.4	06월 05일	3	5	가임	도태
662-24	CT-ATR 615OP-394-2-24	94.2	06월 05일	3	3	가임	
662-25	CT-ATR 615OP-394-2-25	92.2	05월 30일	3	4	가임	도태
662-26	CT-ATR 615OP-394-2-26	95.4	05월 30일	4	4	가임	도태
662-27	CT-ATR 615OP-394-2-27	90.2	05월 30일	3	4	가임	도태
662-28	CT-ATR 615OP-394-2-28	101.4	06월 05일	3	3	가임	
662-29	CT-ATR 615OP-394-2-29	100.5	05월 30일	3	4	가임	도태
662-30	CT-ATR 615OP-394-2-30	99.3	06월 05일	3	3	가임	
663-1	CT-ATR 615OP-394-3-1	82.3	05월 30일	3	4	가임	도태
663-2	CT-ATR 615OP-394-3-2	94.3	05월 30일	3	4	가임	도태
663-3	CT-ATR 615OP-394-3-3	70.6	05월 30일	3	4	가임	도태
663-4	CT-ATR 615OP-394-3-4	128.3	06월 05일	3	3	가임	
663-5	CT-ATR 615OP-394-3-5	110.4	06월 05일	3	4	가임	도태
663-6	CT-ATR 615OP-394-3-6	100.4	06월 05일	3	4	가임	도태
663-7	CT-ATR 615OP-394-3-7	98.5	06월 05일	3	4	가임	도태
663-8	CT-ATR 615OP-394-3-8	134.2	06월 05일	3	3	가임	
663-9	CT-ATR 615OP-394-3-9	110.8	06월 05일	3	4	가임	도태
663-10	CT-ATR 615OP-394-3-10	98.9	06월 05일	3	4	가임	도태
664-1	CT-ATR 615OP-394-4-1	132.5	06월 05일	4	4	가임	도태
664-2	CT-ATR 615OP-394-4-2	88.4	06월 05일	4	4	가임	도태
664-3	CT-ATR 615OP-394-4-3	85.6	06월 05일	3	4	가임	도태
664-4	CT-ATR 615OP-394-4-4	122.3	06월 05일	3	4	가임	도태
664-5	CT-ATR 615OP-394-4-5	94.2	06월 05일	3	4	가임	도태
664-6	CT-ATR 615OP-394-4-6	113.5	06월 05일	3	4	가임	도태
664-7	CT-ATR 615OP-394-4-7	110.2	05월 30일	3	5	가임	도태
664-8	CT-ATR 615OP-394-4-8	119.4	06월 05일	3	4	가임	도태
664-9	CT-ATR 615OP-394-4-9	131.4	06월 05일	3	4	가임	도태
664-10	CT-ATR 615OP-394-4-10	101.5	06월 05일	3	4	가임	도태
665-1	CT-ATR 615OP-394-5-1	111.3	06월 05일	3	4	가임	도태

665-2	CT-ATR 615OP-394-5-2	100.6	05월 30일	3	5	가임	도태
665-3	CT-ATR 615OP-394-5-3	96.3	05월 30일	3	4	가임	도태
665-4	CT-ATR 615OP-394-5-4	105.4	06월 05일	3	4	가임	도태
665-5	CT-ATR 615OP-394-5-5	85.9	06월 05일	3	4	가임	도태
665-6	CT-ATR 615OP-394-5-6	122.4	06월 05일	4	4	가임	도태
665-7	CT-ATR 615OP-394-5-7	105.3	05월 30일	3	4	가임	도태
665-8	CT-ATR 615OP-394-5-8	100.0	05월 30일	3	4	가임	도태
665-9	CT-ATR 615OP-394-5-9	106.6	06월 05일	3	4	가임	도태
665-10	CT-ATR 615OP-394-5-10	140.3	06월 05일	3	4	가임	도태
666-1	CT-ATR 615OP-394-6-1	100.4	05월 25일	3	4	가임	도태
666-2	CT-ATR 615OP-394-6-2	99.3	05월 30일	3	2	가임	
666-3	CT-ATR 615OP-394-6-3	102.7	05월 30일	3	2	가임	
666-4	CT-ATR 615OP-394-6-4	116.8	05월 25일	3	3	가임	
666-5	CT-ATR 615OP-394-6-5	93.6	05월 25일	3	2	가임	
666-6	CT-ATR 615OP-394-6-6	122.4	06월 05일	2	2	가임	
666-7	CT-ATR 615OP-394-6-7	99.5	05월 25일	2	2	가임	
666-8	CT-ATR 615OP-394-6-8	87.8	05월 25일	3	4	가임	도태
666-9	CT-ATR 615OP-394-6-9	78.4	05월 25일	3	4	가임	도태
666-10	CT-ATR 615OP-394-6-10	98.2	05월 30일	3	3	가임	
666-11	CT-ATR 615OP-394-6-11	95.2	05월 25일	4	4	가임	도태
666-12	CT-ATR 615OP-394-6-12	115.8	06월 05일	4	4	가임	도태
666-13	CT-ATR 615OP-394-6-13	112.4	05월 25일	3	3	가임	
666-14	CT-ATR 615OP-394-6-14	140.7	05월 25일	3	3	가임	
666-15	CT-ATR 615OP-394-6-15	102.4	05월 25일	3	3	가임	
666-16	CT-ATR 615OP-394-6-16	81.3	05월 25일	3	4	가임	도태
666-17	CT-ATR 615OP-394-6-17	55.6	05월 25일	3	4	가임	도태
666-18	CT-ATR 615OP-394-6-18	94.7	05월 25일	3	4	가임	도태
666-19	CT-ATR 615OP-394-6-19	82.5	06월 05일	3	5	가임	도태
666-20	CT-ATR 615OP-394-6-20	112.7	05월 30일	3	4	가임	도태
666-21	CT-ATR 615OP-394-6-21	122.4	06월 05일	4	4	가임	도태
666-22	CT-ATR 615OP-394-6-22	125.3	05월 30일	3	4	가임	도태
666-23	CT-ATR 615OP-394-6-23	130.4	06월 05일	3	4	가임	도태
666-24	CT-ATR 615OP-394-6-24	123.4	05월 30일	2	3	가임	
666-25	CT-ATR 615OP-394-6-25	107.2	05월 25일	3	3	가임	
666-26	CT-ATR 615OP-394-6-26	120.6	05월 25일	3	4	가임	도태
666-27	CT-ATR 615OP-394-6-27	115.6	05월 25일	3	3	가임	
666-28	CT-ATR 615OP-394-6-28	96.8	05월 25일	3	4	가임	도태
666-29	CT-ATR 615OP-394-6-29	110.4	05월 30일	3	4	가임	도태
666-30	CT-ATR 615OP-394-6-30	92.6	05월 25일	2	2	가임	
666-31	CT-ATR 615OP-394-6-31	89.2	05월 25일	2	3	가임	도태
666-32	CT-ATR 615OP-394-6-32	59.4	05월 30일	4	4	가임	도태
666-33	CT-ATR 615OP-394-6-33	110.6	05월 30일	3	3	가임	
666-34	CT-ATR 615OP-394-6-34	96.6	05월 30일	4	3	가임	
666-35	CT-ATR 615OP-394-6-35	100.5	05월 30일	3	2	가임	
667-1	CT-ATR 615OP-394-7-1	74.3	05월 25일	3	4	가임	도태
667-2	CT-ATR 615OP-394-7-2	82.6	05월 25일	3	4	가임	도태
667-3	CT-ATR 615OP-394-7-3	111.1	05월 25일	3	4	가임	도태
667-4	CT-ATR 615OP-394-7-4	101.5	05월 25일	3	4	가임	도태
667-5	CT-ATR 615OP-394-7-5	99.5	05월 25일	3	4	가임	도태
667-6	CT-ATR 615OP-394-7-6	93.4	05월 25일	3	4	가임	도태
667-7	CT-ATR 615OP-394-7-7	86.9	05월 25일	3	4	가임	도태
667-8	CT-ATR 615OP-394-7-8	127.5	05월 25일	3	4	가임	도태
667-9	CT-ATR 615OP-394-7-9	103.5	05월 25일	3	5	가임	도태
667-10	CT-ATR 615OP-394-7-10	99.6	05월 25일	3	5	가임	도태
667-11	CT-ATR 615OP-394-7-11	84.2	05월 25일	3	4	가임	도태
667-12	CT-ATR 615OP-394-7-12	103.1	05월 25일	3	4	가임	도태
668-1	CT-ATR 615OP-394-8-1	89.6	05월 25일	3	4	가임	도태
668-2	CT-ATR 615OP-394-8-2	92.7	05월 25일	3	4	가임	도태
668-3	CT-ATR 615OP-394-8-3	127.5	05월 25일	3	4	가임	도태
668-4	CT-ATR 615OP-394-8-4	115.5	05월 30일	3	4	가임	도태
668-5	CT-ATR 615OP-394-8-5	107.3	05월 30일	3	4	가임	도태
668-6	CT-ATR 615OP-394-8-6	124.6	06월 05일	3	4	가임	도태
668-7	CT-ATR 615OP-394-8-7	111.3	05월 30일	3	4	가임	도태
668-8	CT-ATR 615OP-394-8-8	102.5	06월 05일	3	5	가임	도태

668-9	CT-ATR 615OP-394-8-9	103.6	06월 05일	3	4	가임	도태
668-10	CT-ATR 615OP-394-8-10	115.2	05월 30일	3	4	가임	도태
668-11	CT-ATR 615OP-394-8-11	114.6	06월 05일	3	4	가임	도태
668-12	CT-ATR 615OP-394-8-12	122.5	06월 05일	3	4	가임	도태
668-13	CT-ATR 615OP-394-8-13	107.3	06월 05일	4	4	가임	도태
668-14	CT-ATR 615OP-394-8-14	112.4	05월 30일	3	4	가임	도태
668-15	CT-ATR 615OP-394-8-15	98.3	05월 30일	3	5	가임	도태
668-16	CT-ATR 615OP-394-8-16	127.4	05월 30일	3	4	가임	도태
668-17	CT-ATR 615OP-394-8-17	120.5	05월 25일	3	4	가임	도태
668-18	CT-ATR 615OP-394-8-18	92.5	05월 25일	3	4	가임	도태
668-19	CT-ATR 615OP-394-8-19	113.5	05월 30일	4	4	가임	도태
668-20	CT-ATR 615OP-394-8-20	95.8	05월 30일	3	4	가임	도태
669-1	CT-ATR 615OP-394-9-1	133.2	05월 25일	3	5	가임	도태
669-2	CT-ATR 615OP-394-9-2	123.5	05월 30일	3	4	가임	도태
669-3	CT-ATR 615OP-394-9-3	110.2	05월 25일	3	4	가임	도태
669-4	CT-ATR 615OP-394-9-4	86.5	05월 25일	3	5	가임	도태
669-5	CT-ATR 615OP-394-9-5	115.2	05월 25일	3	4	가임	도태
669-6	CT-ATR 615OP-394-9-6	124.6	05월 25일	4	4	가임	도태
669-7	CT-ATR 615OP-394-9-7	135.7	05월 30일	3	4	가임	도태
669-8	CT-ATR 615OP-394-9-8	162.4	06월 05일	3	4	가임	도태
669-9	CT-ATR 615OP-394-9-9	134.7	06월 05일	3	4	가임	도태
669-10	CT-ATR 615OP-394-9-10	100.7	05월 30일	3	4	가임	도태
669-11	CT-ATR 615OP-394-9-11	126.6	05월 25일	3	4	가임	도태
670-1	CT-ATR 615OP-394-10-1	102.3	06월 05일	3	4	가임	도태
670-2	CT-ATR 615OP-394-10-2	88.5	06월 05일	3	4	가임	도태
670-3	CT-ATR 615OP-394-10-3	87.2	05월 30일	3	4	가임	도태
670-4	CT-ATR 615OP-394-10-4	113.6	05월 30일	3	4	가임	도태
670-5	CT-ATR 615OP-394-10-5	94.2	06월 05일	3	4	가임	도태
670-6	CT-ATR 615OP-394-10-6	91.5	05월 25일	3	3	가임	
670-7	CT-ATR 615OP-394-10-7	102.2	05월 30일	3	5	가임	도태
670-8	CT-ATR 615OP-394-10-8	89.7	05월 25일	3	4	가임	도태
670-9	CT-ATR 615OP-394-10-9	116.8	05월 30일	3	4	가임	도태
670-10	CT-ATR 615OP-394-10-10	126.8	06월 05일	3	4	가임	도태
670-11	CT-ATR 615OP-394-10-11	94.9	05월 25일	3	4	가임	도태
670-12	CT-ATR 615OP-394-10-12	114.2	05월 25일	3	4	가임	도태
670-13	CT-ATR 615OP-394-10-13	99.3	05월 30일	3	4	가임	도태
670-14	CT-ATR 615OP-394-10-14	84.2	06월 05일	3	4	가임	도태
670-15	CT-ATR 615OP-394-10-15	94.1	05월 25일	4	4	가임	도태
670-16	CT-ATR 615OP-394-10-16	100.6	05월 25일	3	4	가임	도태
670-17	CT-ATR 615OP-394-10-17	92.4	06월 05일	3	4	가임	도태
670-18	CT-ATR 615OP-394-10-18	114.6	06월 05일	3	4	가임	도태
670-19	CT-ATR 615OP-394-10-19	127.5	05월 25일	3	4	가임	도태
670-20	CT-ATR 615OP-394-10-20	99.6	05월 25일	3	4	가임	도태
670-21	CT-ATR 615OP-394-10-21	102.3	05월 30일	2	2	가임	
670-22	CT-ATR 615OP-394-10-22	117.8	06월 05일	3	4	가임	도태
670-23	CT-ATR 615OP-394-10-23	100.6	06월 05일	3	4	가임	도태
670-24	CT-ATR 615OP-394-10-24	98.5	05월 25일	4	4	가임	도태
670-25	CT-ATR 615OP-394-10-25	126.7	05월 25일	3	4	가임	도태
670-26	CT-ATR 615OP-394-10-26	92.4	06월 05일	3	4	가임	도태
670-27	CT-ATR 615OP-394-10-27	102.3	05월 30일	3	4	가임	도태
670-28	CT-ATR 615OP-394-10-28	110.6	05월 30일	3	4	가임	도태
670-29	CT-ATR 615OP-394-10-29	120.5	06월 05일	2	3	가임	
670-30	CT-ATR 615OP-394-10-30	74.5	06월 05일	2	3	가임	
671-1	CT-ATR 615OP-CK1-1	135.6	06월 05일	3	4	가임	도태
671-2	CT-ATR 615OP-CK1-2	126.9	06월 05일	3	4	가임	도태
671-3	CT-ATR 615OP-CK1-3	115.5	06월 05일	3	4	가임	도태
671-4	CT-ATR 615OP-CK1-4	138.4	06월 05일	3	4	가임	도태
671-5	CT-ATR 615OP-CK1-5	126.8	06월 05일	3	4	가임	도태
671-6	CT-ATR 615OP-CK1-6	140.0	06월 05일	3	4	가임	도태
671-7	CT-ATR 615OP-CK1-7	130.5	06월 05일	3	4	가임	도태
671-8	CT-ATR 615OP-CK1-8	137.5	06월 05일	3	4	가임	도태
671-9	CT-ATR 615OP-CK1-9	145.5	06월 05일	3	5	가임	
671-10	CT-ATR 615OP-CK1-10	135.6	06월 05일	3	5	가임	도태

* 종자크기 : 1(적다), 3(중간), 5(크다)

* 모 용 : 1(짧다), 3(중간), 5(길다)

* 임 성 : 가임, 불임

표 22. 2010년도 종자생산내역

조제번호	계통번호	생산No	종자량(ml)	교배방법	비고
2671	CT-SMR 616OP-388-1-4	658-4	11	Selfing	L5-4
2672	CT-SMR 616OP-388-1-5	658-5	10	Selfing	L5-4
2673	CT-SMR 616OP-388-1-7	658-7	8	Selfing	L5-4
2674	CT-SMR 616OP-388-1-8	658-8	6	Selfing	L5-4
2675	CT-SMR 616OP-388-1-9	658-9	12	Selfing	L5-4
2676	CT-SMR 616OP-388-1-10	658-10	5	Selfing	L5-4
2677	CT-SMR 616OP-389-1-1	659-1	6	Selfing	L5-1
2678	CT-SMR 616OP-389-1-2	659-2	1	Selfing	L5-1
2679	CT-SMR 616OP-389-1-3	659-3	1	Selfing	L5-1
2680	CT-SMR 616OP-389- 1 -2	660-2	11	Selfing	L5-2
2682	CT-SMR 616OP-389- 1 -6	660-6	2	Selfing	L5-2
2683	CT-SMR 616OP-389- 1 -9	660-9	32	Selfing	L5-2
2683-1	CT-SMR 616OP-389- 1 -14	660-14	8	Selfing	L5
2686	CT-ATR 615OP-394-2-4	662-4	1	Selfing	L5-4
2687	CT-ATR 615OP-394-2-8	662-8	3	Selfing	L5-4
2688	CT-ATR 615OP-394-2-14	662-14	1	Selfing	L5-4
2689	CT-ATR 615OP-394-2-17	662-17	1	Selfing	L5-4
2690	CT-ATR 615OP-394-2-19	662-19	1	Selfing	L5-4
2691	CT-ATR 615OP-394-2-21	662-21	1	Selfing	L5-4
2692	CT-ATR 615OP-394-2-22	662-22	3	Selfing	L5-4
2693	CT-ATR 615OP-394-2-24	662-24	1	Selfing	L5-4
2694	CT-ATR 615OP-394-2-28	662-28	2	Selfing	L5-4
2695	CT-ATR 615OP-394-2-30	662-30	1	Selfing	L5-4
2696	CT-ATR 615OP-394-3-4	663-4	6	Selfing	L5-4
2697	CT-ATR 615OP-394-3-8	663-8	15	Selfing	L5-4
2698	CT-ATR 615OP-394-6-2	666-2	1	Selfing	L5-4
2699	CT-ATR 615OP-394-6-3	666-3	1	Selfing	L5-4
2700	CT-ATR 615OP-394-6-4	666-4	1	Selfing	L5-4
2701	CT-ATR 615OP-394-6-5	666-5	1	Selfing	L5-4
2702	CT-ATR 615OP-394-6-6	666-6	1	Selfing	L5-4
2703	CT-ATR 615OP-394-6-7	666-7	1	Selfing	L5-4
2704	CT-ATR 615OP-394-6-10	666-10	2	Selfing	L5-4
2705	CT-ATR 615OP-394-6-13	666-13	3	Selfing	L5-4
2706	CT-ATR 615OP-394-6-35	666-35	5	Selfing	L5-4
2708	CT-ATR 615OP-394-6-14	666-14	22	Selfing	L5-4
2709	CT-ATR 615OP-394-6-15	666-15	1	Selfing	L5-4
2710	CT-ATR 615OP-394-6-24	666-24	4	Selfing	L5-4
2711	CT-ATR 615OP-394-6-25	666-25	6	Selfing	L5-3
2712	CT-ATR 615OP-394-6-27	666-27	1	Selfing	L5-3
2713	CT-ATR 615OP-394-6-30	666-30	1	Selfing	L5-3
2715	CT-ATR 615OP-394-6-33	666-33	1	Selfing	L5-2

2716	CT-ATR 615OP-394-6-34	666-34	1	Selfing	L5-3
2717	CT-ATR 615OP-394-10-6	670-6	2	Selfing	L5-3
2718	CT-ATR 615OP-394-10-21	670-21	5	Selfing	L5-3
2719	CT-ATR 615OP-394-10-29	670-29	1	Selfing	L5-3
2720	CT-ATR 615OP-394-10-30	670-30	1	Selfing	L5-3
2721	CT-ATR 615OP-CK1-9	671-9	23	Selfing	L5-3
2723	CT-SMR 616OP-1-7	673-7	20	Selfing	L5-3
2724	CT-SMR 616OP-1-10	673-10	30	Selfing	L5-3
2725	CT-SMR 616OP-10-6	674-6	17	Selfing	L5-3
2726	CT-SMR 616OP-10-8	674-8	13	Selfing	L5-3
2727	CT-SMR 616OP-14-2	675-2	13	Selfing	L5-3
2728	CT-SMR 616OP-14-5	675-5	32	Selfing	L5-2
2729	CT-SMR 616OP-30-16	676-16	12	Selfing	L5-2
2730	CT-SMR 616OP-30-17	676-17	5	Selfing	L5-2
2731	CT-SMR 616OP-CK33-6	677-6	7	Selfing	L5-2
2732	CT-SMR 616OP-CK33-14	677-14	13	Selfing	L5-2
2733	CT-SMR 616OP-45-17	678-17	13	Selfing	L5-2
2734	CT-SMR 616OP-45-20	678-20	20	Selfing	L5-2
2684	MS×SMR line	1001×660-14	7	Cross	L5
2714	MS×ATR line	143×666-30	5	Cross	L5
2800	SMR line	366	12	Sibing	L5
2801	ATR line	367	24	Sibing	L5
2802	ATR line	378-1	13	Sibing	L5
2803	ATR line	378-2	12	Sibing	L5
2804	SMR line	64	30	Sibing	L5
2805	ATR line	65	25	Sibing	L5

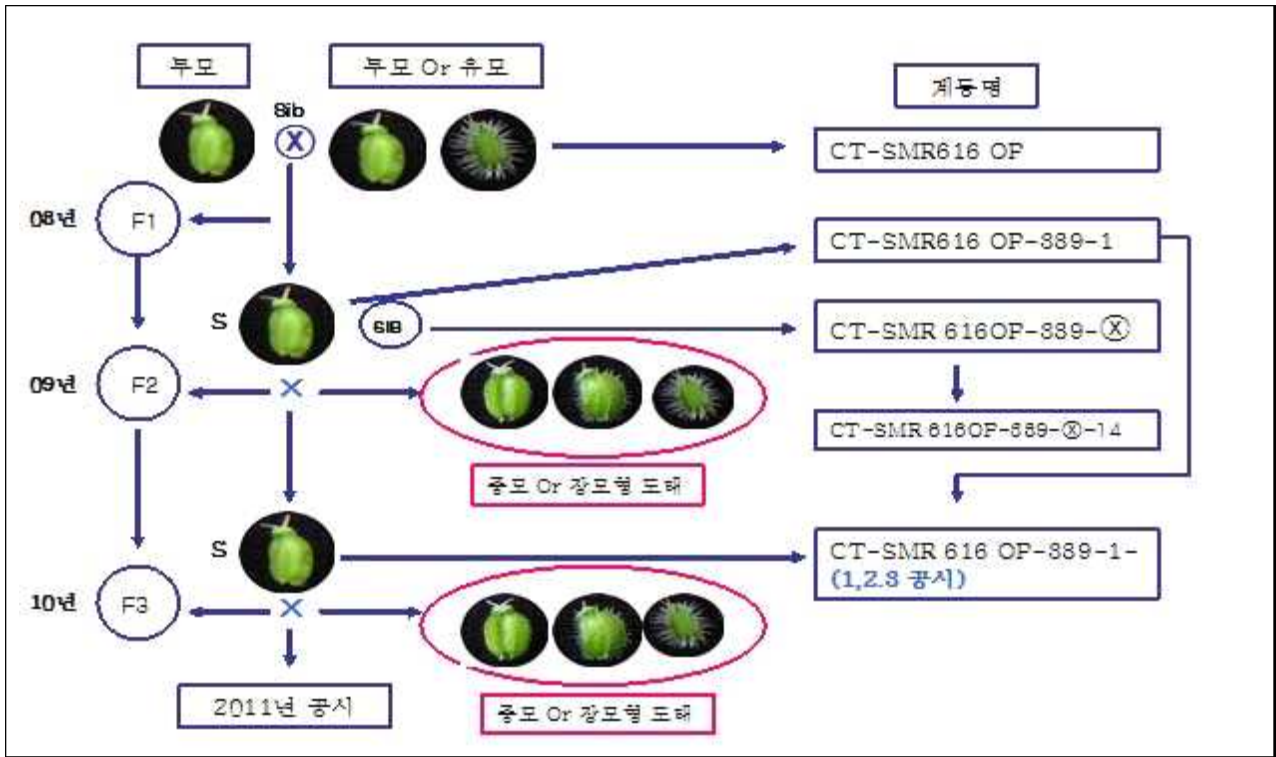


그림 58. CT-SMR616 line 육성경과도표

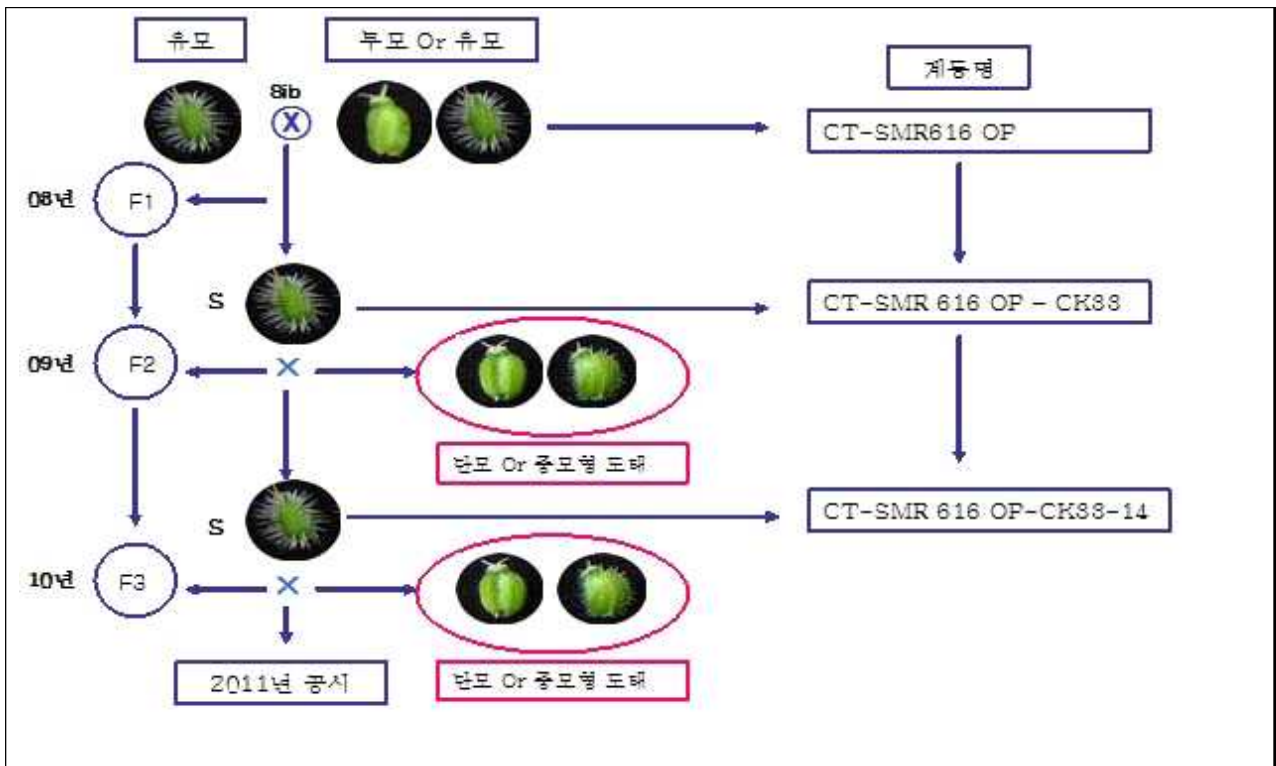


그림 59. Check line 육성경과도표

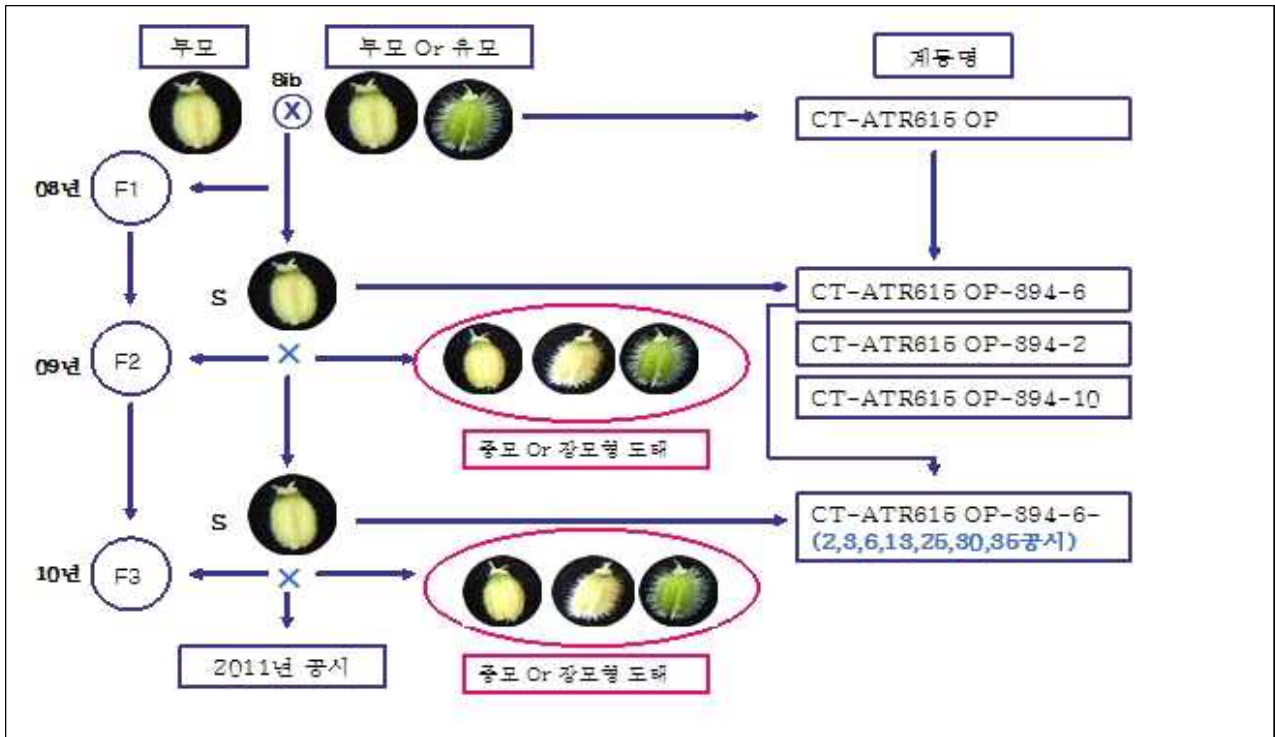


그림 60. CT-ATR615 육성경과도표

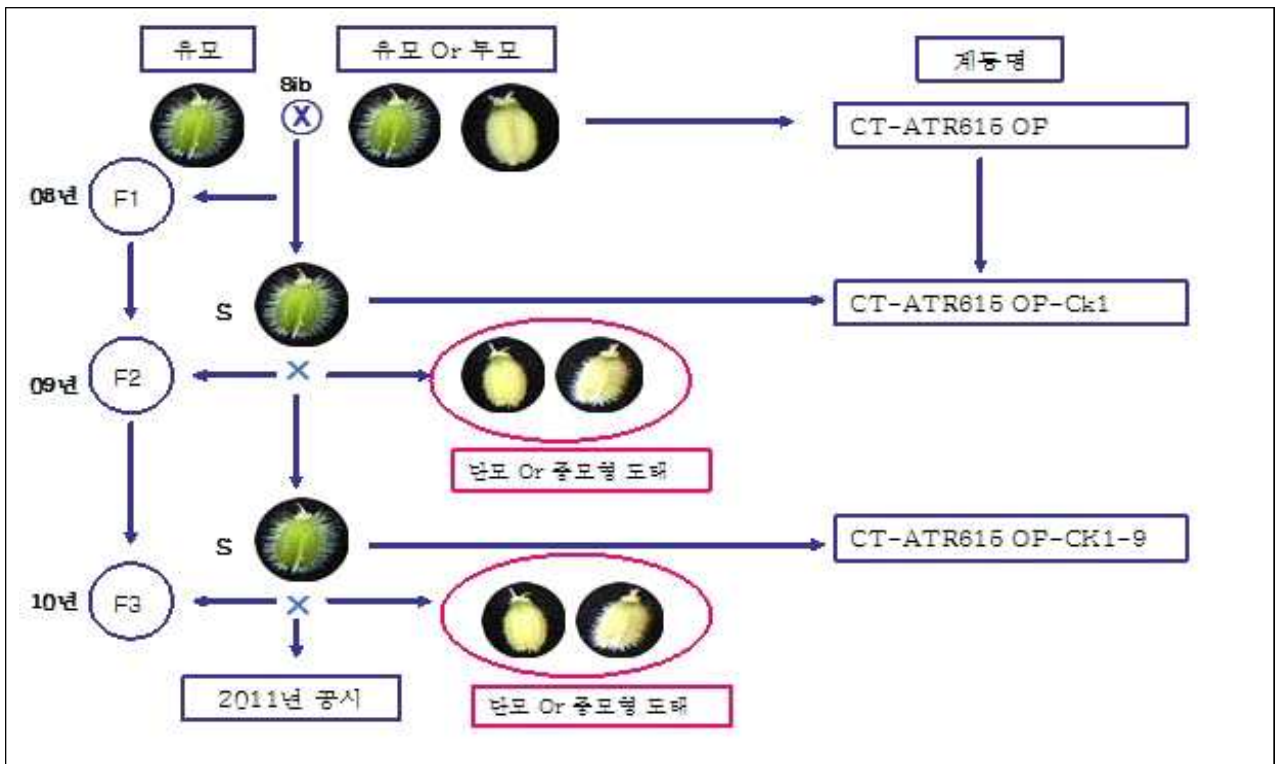


그림 61. CT-ATR615 Check line 육성경과도표



CT-SMR 616OP-389-1-3



CT-SMR 616OP-CK33-14

그림 62. CT-SMR 616Op-389 line, Check line 결실 모습



CT-ATR 615OP-394-2-2



CT-ATR 615OP-CK1-9

그림 63. CT-ATR 615OP-394 line, Check line 결실모습



No. 660-2



No. 660-6



No. 660-14

그림 64. CT-SMR 616OP-389-⊗ 종자모습



No. 659-1

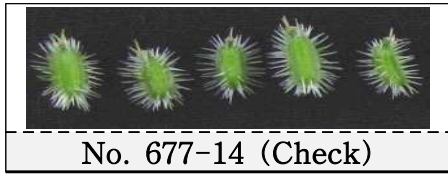


No. 659-2



No. 659-3

그림 65. CT-SMR 616OP-389-1 종자모습

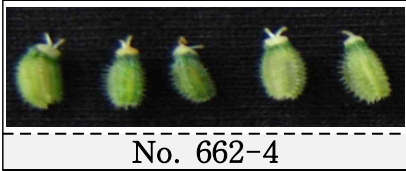


No. 677-14 (Check)



시판종(비바리)모습

그림 66. CT-SMR 616OP-CK33-14, 시판종 (제모상태) 비교모습



No. 662-4

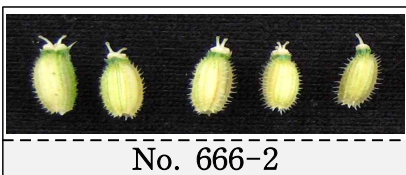


No. 662-8

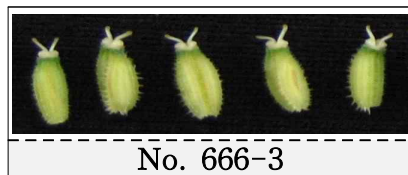


No. 662-17

그림 67. CT-ATR 615OP-394-2 종자모습



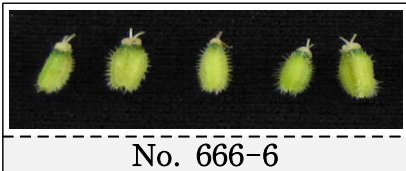
No. 666-2



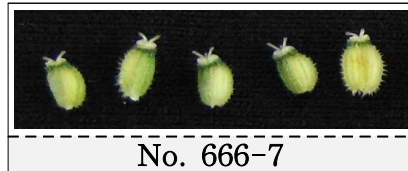
No. 666-3



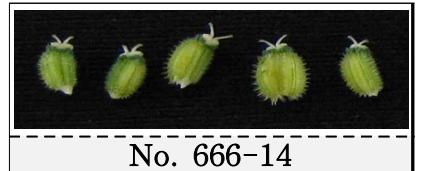
No. 666-5



No. 666-6



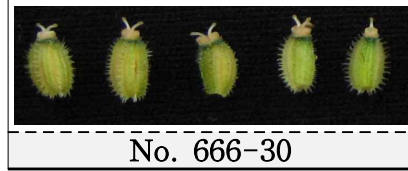
No. 666-7



No. 666-14



No. 666-24

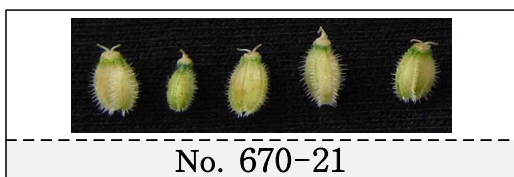


No. 666-30



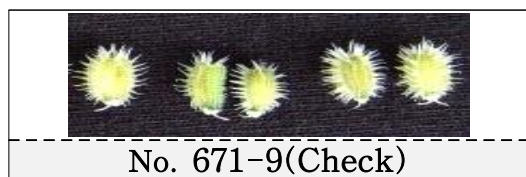
No. 666-35

그림 68. CT-ATR 615OP-394-6 종자모습



No. 670-21

그림 69. CT-ATR 615OP-394-10



No. 671-9(Check)

그림 70. CT-ATR 615OP-CK1-9

라. 결과 요약

- (1) 시험결과 무모계로 확인된 No. 659 CT-SMR 616OP-389-1은 2년간의 시험에서 sib cross 세대에서도 무모계로 표현되는 개체가 확인되었고, selfing 세대의 개체는 무모 발현이 안정적인 것으로 판단되며 세대 진전에 따른 분리비 조사는 차년도 시험에서 진행하였다. No. 666 CT-ATR 615OP-394-6은 무모 개체 선발과 selfing 교배로 세대를 진전시킨다.
- (2) 표 20은 SMR-line의 추대높이, 개화일, 모용을 조사한 내역으로 번호별 조사 결과는

다음과 같다.

- (3) No. 658 CT-SMR 616OP-388-1은 Sib cross의 F₂세대 388-1의 개체에서 단모계로 선발 selfing으로 교배된 종자를 10개체 공시한 결과 중모 6개체, 장모 4개체로 각각 표현되었다.
- (4) No. 659 CT-SMR 616OP-389-1은 Sib cross의 F₂세대 389-1의 개체에서 무모로 확인된 개체를 selfing으로 교배하여 3개체를 공시한 결과 전체개체가 무모로 표현되었다. [그림 65 참조]
- (5) No. 660 CT-SMR 616OP-389-⊗은 sib cross의 F₂세대, 389-1의 개체를 모본으로 389-⊗을 부분으로 sib cross으로 교배하여 14개체를 공시한 결과 무모 3개체 중모 1개체, 장모 10개체로 각각 표현되었다 [그림 64 참조].
- (6) No.674 CT-SMR 616OP-10은 sib cross의 F₂세대인 -10은 단모형으로 selfing 후대 20개체를 공시한 결과 중모 2개체, 장모 18개체로 각각 표현되었다.
- (7) No. 675 CT-SMR 616OP-14은 sib cross F₂세대인 -14는 단모형으로 selfing 후대 20개체를 공시한 결과 중모 2개체, 장모 18개체로 각각 표현되었다.
- (8) No. 676 CT-SMR 616OP-30은 sib cross F₂세대인 -30은 단모형으로 selfing 후대 20개체를 공시한 결과 중모 2개체, 장모 18개체로 각각 표현되었다.
- (9) No. 678 CT-SMR 616OP-45은 sib cross F₂세대인 -45는 단모형으로 selfing 후대 20개체를 공시한 결과 중모 2개체, 장모 18개체로 각각 표현되었다.
- (10) No. 677 CT-SMR 616OP-CK33은 check-line으로 유모 20개체를 공시하여 전체개체에서 유모의 표현을 나타냈으며 그중 -14를 check-line 개체로 선발하였다.
- (11) 그림 58, 59는 SMR616-line의 무모계-line과 check-line의 육성 경과 도표를 설명한 그림이다.
- (12) 표 21은 ATR-line의 추대높이, 개화일, 모용을 조사한 내역으로 번호별 조사 결과는 다음과 같다.
- (13) No. 661 CT-ATR 615OP-394-1은 sib cross의 F₂세대인 -1은 장모형으로 selfing 후대 10개체를 공시한 결과 전체 10개체가 장모로 각각 표현되었다.
- (14) No. 662 CT-ATR 615OP-394-2는 sib cross의 F₂세대인 -2은 단모형으로 selfing 후대 30개체를 공시한 결과 단모형 2개체, 중모 10개체, 장모 18개체로 각각 표현되었다 (그림 68).
- (15) No. 663 CT-ATR 615OP-394-3은 sib cross의 F₂세대인 -3은 장모형으로 selfing 후대 10개체를 공시한 결과 중모 2개체, 장모 8개체로 각각 표현되었다.
- (16) No. 664 CT-ATR 615OP-394-4는 sib cross의 F₂세대인 -4은 장모형으로 selfing 후대 10개체를 공시한 결과 전체개체에서 장모개체로 표현되었다.
- (17) No. 665 CT-ATR 615OP-394-5는 sib cross의 F₂세대인 -5은 장모형으로 selfing 후대 10개체를 공시한 결과 전체개체가 장모개체로 표현되었다.
- (18) No. 666 CT-ATR 615OP-394-6은 sib cross의 F₂세대인 -6은 단모형으로 selfing 후대 35체를 공시한 결과 단모 7개체, 중모 11개체, 장모 17개체로 각각 표현되었다 (그림 60).
- (19) No. 667 CT-ATR 615OP-394-7은 sib cross의 F₂세대인 -7은 장모형으로 selfing 후대 10개체를 공시한 결과 전체개체가 장모개체로 표현되었다.

- (20) No. 668 CT-ATR 615OP-394-8는 sib cross의 F₂세대인 -8은 중모형으로 selfing 후대 20개체를 공시한 결과 전체개체가 장모개체로 표현되었다.
- (21) No. 669 CT-ATR 615OP-394-9는 sib cross의 F₂세대인 -9는 장모형으로 selfing 후대 11개체를 공시한 결과 전체개체가 장모개체로 표현되었다.
- (22) No. 670 CT-ATR 615OP-394-10은 sib cross의 F₂세대인 -10은 단모형으로 selfing 후대 30개체를 공시한 결과 단모 1개체, 중모 3개체, 장모 26개체로 각각 표현되었다.
- (23) 그림 60, 61은 ATR 615-line의 무모계-line과 check-line의 육성 경과도표를 설명한 그림이다.
- (24) 표 22은 selfing 교배로 확보된 종자 생산내역서이다.

3. 3차년도 계통육성 및 교배

가. 목적

- (1) SMR 616OP-line selfing 종자 후대 표현형조사와 교배 육성을 통한 종자확보.
- (2) ATR 615OP-line selfing 종자 후대 표현형조사와 교배 육성을 통한 종자확보.
- (3) 유용 무모계는 분리 고정 작업을 진행하여 마커개발에 활용함.
- (4) Red-type의 화분친 계통육성.

나. 시험방법

구분	파종일	정식일	교배기간	모용조사	공시재료	비고
무모-line	10.08.22	10.03.01~05	6월	7월	2계통 308개체	안성, House
화분친	10.08.10	10.03.01~05	6월	7월	2계통	안성, House
MS-line	09.08.22	10.03.01~05	6월	7월	3	안성, House



인도 유래종



인도 재배 전경



중국 유래종



중국 재배 전경

그림 71. 인도 및 중국 Red계 뿌리모양 및 재배전경 모습

(1) 정 식

정식구 포장준비는 계분발효퇴비(480kg/10a) + 원예용 복합 특호비료 N-P-K-고토-붕사(10-11-12-2-0.3) 60kg/10a + 석회(60kg/10a), + 토양살충제 모캡(6kg/10a)을 살포하고, 경운작업 후 폭 110cm 정식구를 준비하여 검정색비닐 0.03cm × 140cm × 200cm의 규격비닐로 멀칭 하여 정식구를 준비하고 선발된 모본은 줄기부분을 3cm 정도 남기고 자른 다음 아미스타 + 일품 1,000배액에 30분 침지 소독하여 주간거리 40cm × 35cm 간격으로 선발된 개체별로 배치와 정식을 하였다. 정식 후 7일경부터 모본이 활착되어 지주를 설치하였다 (그림 72).



정 식



활 착

그림 72. 모본 정식, 활착 모습

(2) 개화조사 및 임성조사

모본활착 후 활력을 촉진시키기 위해 복합 영양제 2호를 1,000배액을 7일 간격으로 3회 엽면 살포하였다. 진딧물, 응애, 흰 가루병 방제로 2011년 4월 상순 코니도 + 살비왕 + 휘나리 1,000 배액을 7일 간격으로 2회 살포하였다. 2011년 5월 하순부터 개화가 시작되어 개화 조사는 2011년 5월 하순 부터 5일 간격으로 주간화서의 개화일을 3회 조사 하였고 임성 조사는 불임, 가임으로 구분하여 조사하였다 (그림 73).



불임계



가임계



추 대



개 화

그림 73. 화서종류 · 추대 · 개화 모습

(3) 교 배

당근은 응화가 노화된 후 암술이 돌출되어 동일화서에서 자식 종자를 얻기가 까다로운 응예선숙 작물로 주간화서의 개화시기와, 1차 측지, 2차 측지의 개화시기가 교배시점과 상반되어 개체별 selfing 종자확보에 어려움이 많은 작물이다. 또한 개체 간 곤충의 매개에 의한 교잡으로 종자를 유지하는 타식성 작물로 본 과제에서는 순수계통유지를 위한 교배방법으로 주간화서의 개화시점에 소형 cage와 매개충을 이용하여 4~5일간 제웅을 실시하고, 암술이 돌출된 후 주두모양이 V자로 벌어지는 시점에 동일개체의 1차~2차 측지의 화지를 절단하여 물병에 꽂아 매개충을 이용한 교배를 실시하여 selfing 교배를 하였다. MS-line의 교배는 주두의 적정시점에 화분친의 화지를 절단하고 물병을 이용하여 소형 cage로 격리하여 교배하였다.

무모 line은 꽃잎이 떨어지고 주두에 분비물이 발생되지 않는 것으로, MS line과 control line은 자방의 과피에 모용이 자라는 조사로 교배됨을 확인하였다 (그림 74, 75).



그림 74. 암술 · 수술 · 교배모습

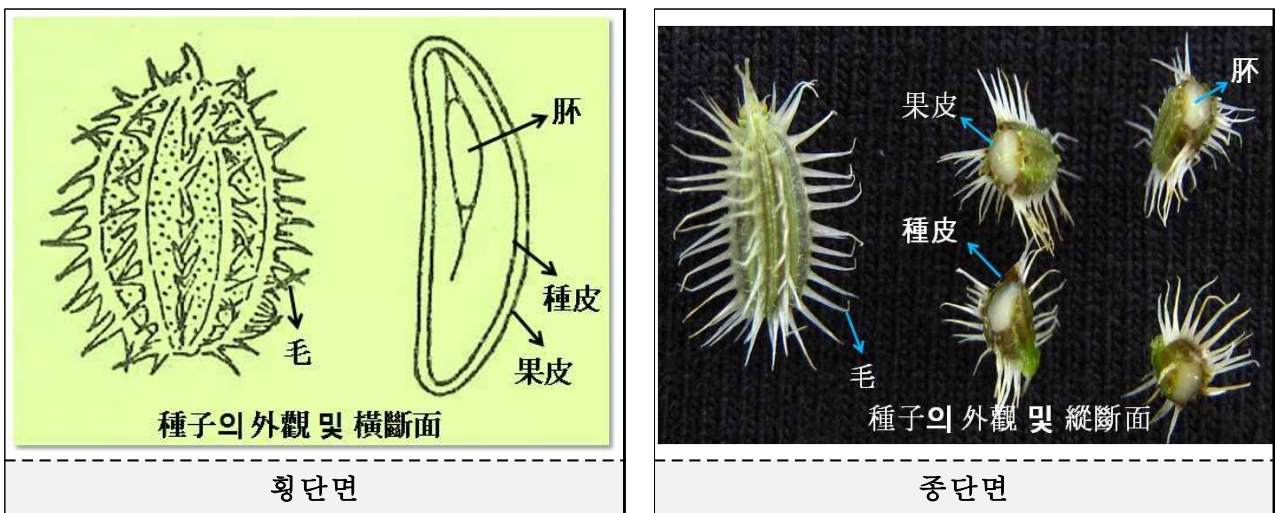


그림 75. 당근종자의 횡단, 종단면 구조명칭

(4) 모형조사 및 종자크기 조사

2011년 7월 상순부터 교배가 완료된 개체별로 모형의 길이가 1(짧다), 3(중간), 5(길다)로 육안으로 구분 하였고, 종자의 크기는 예취시기에 1(작다), 3(중간), 5(크다) 로 육안조사 하였다 (그림 76).

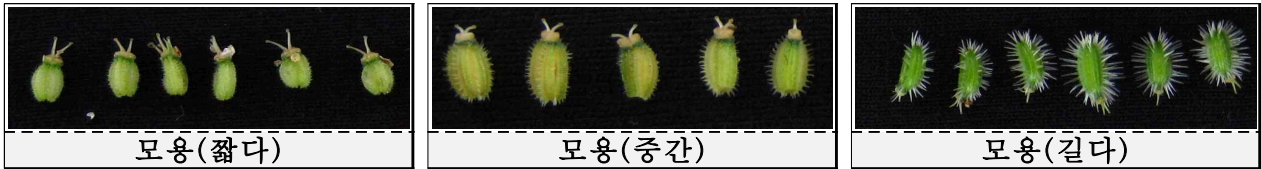


그림 76. 모형 조사

(5) 종자 확보

교배 완료 후 응애, 흰 가루병 방제로 살비왕 + 섹큐어 + 흰가루병 + 웨나리 1,000배액을 7일 간격으로 3회 약제를 살포하였다. 2011년 7월 중순부터 종피색이 갈색으로 70% 이상 착색되는 화지를 개체별로 절단하여 양파망에 예취하여 등숙과 건조가 완료된 계통부터 탈종하여 정선 과정을 거쳐 종자를 확보하였다 (그림 77).

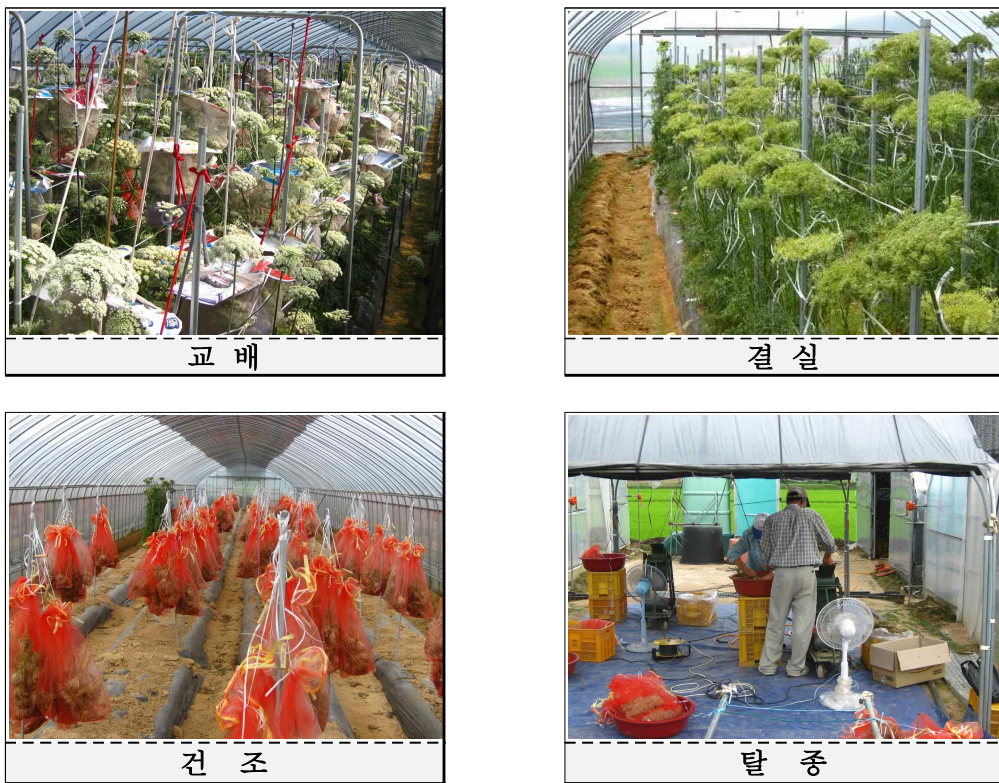


그림 77. 교배 · 결실 · 건조 · 탈종모습

다. 결 과

- (1) 무모계로 확인된 No.1026 CT-SMR616OP-389-1-3과 No. 1035 CT-ATR 615 OP-394-6-35은 F₃ selfing 세대의 전체 개체에서 무모로 표현되어 무모발현은 안정적인 계통으로 확인되었다. 차년도 시험에서는 selfing과 sib cross로 교배하여 선발 고정시키고 세대진전에 따른 분리비 조사를 진행하였다 (그림 78).
- (2) No. 1040 CT-SMR 616OP-CK33-14-7와 No. 1039 CT-ATR 615OP-CK1-9-10은 전체개체에서 전년도의 시험결과와 동일한 유모형으로 표현되었다. 차년도의 시험에서 selfing세대로 고정하고 마커개발의 control line으로 활용하였다.

- (3) MS line No. 1022 SMR G616-6 MS-line (BC₃)-1과 No. 1038 CT-ATR P615 MS-line (BC₃)-2는 단모형으로 확인된 개체로 차년도에 여교잡으로 핵치환하고 모형의 분리비를 조사하였다.
- (4) 제주선발 2계통과 중국에서 도입된 10점의 유전자원은 화분친 계통으로 육성하고 F₁조합의 부계친으로 활용하여 빨간색 당근 조합에 대한 성능확인을 위해 F₁ 25조합을 작성하여 안성연구소에서 성능시험이 제주 구좌지역에서 지역적응성 예비시험을 진행하였다.

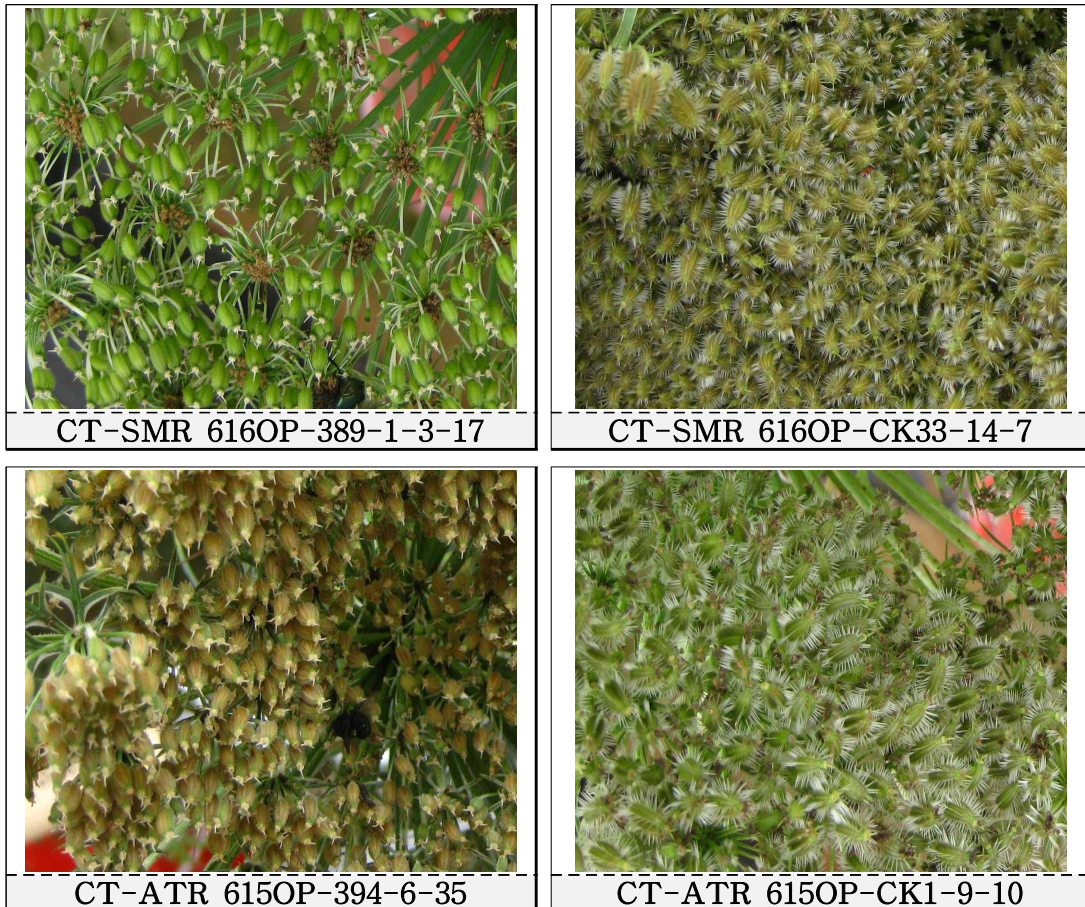


그림 78. CT-SMR 616Op-389 line, control line 및 CT-ATR 615OP-394 line, control line의 결실모습

(5) CT-SMR 616OP line

SMR 616OP line의 추대높이, 개화일, 모용을 번호별로 분석을 실시하였다 (표 23).

(6) No. 1024 (CT-SMR 616OP-389-1-1)

Selfing의 F₃세대 389-1의 개체에서 단모계로 선발 selfing으로 교배된 종자 4개체를 공시한 결과 4개체의 고사주를 제외하고 단모 34개체가 확인되었고, 무모의 장간형은 No. 1024-8, -19와 단간형은 No. 1024-41, 42, 43, 44번이 확인되었다. 종자모습은 그림 79로, 육성 경과 도표는 그림 80으로 나타내었다.

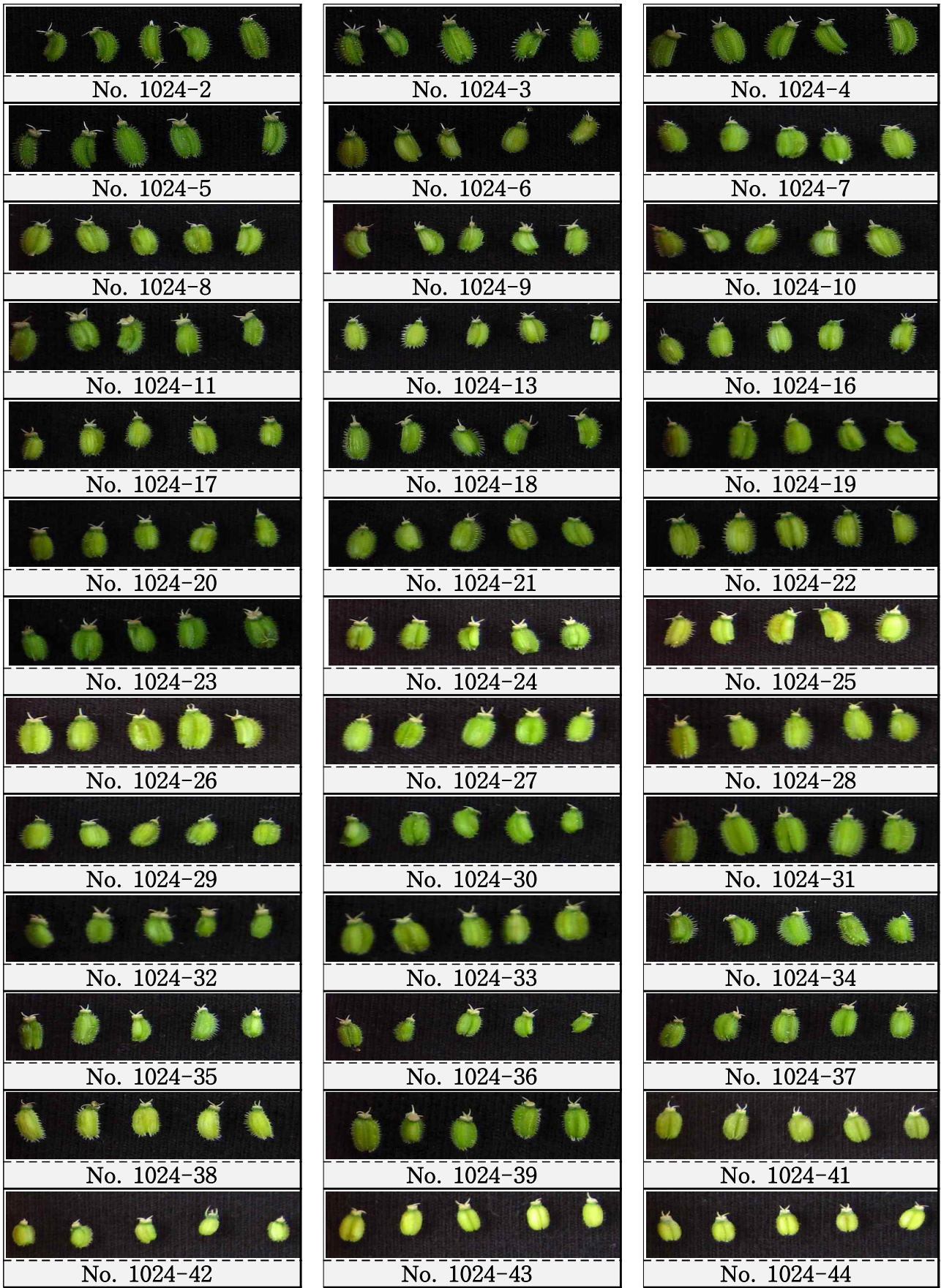


그림 79. CT-SMR 616OP-389-1-1-2~44 종자모습

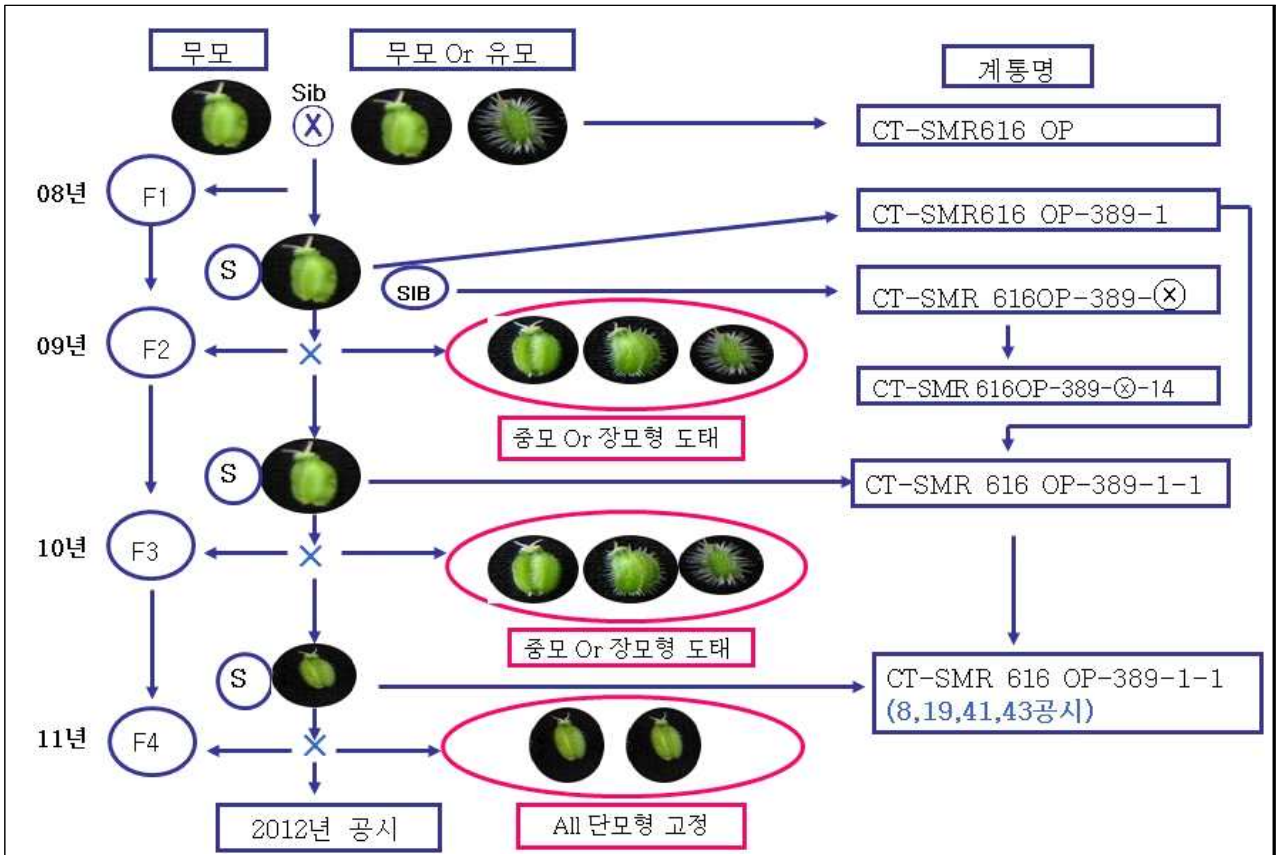


그림 80. No.1024 CT-SMR 616OP-389-1-1(-2~-44) line 육성 경과 도표

(7) No. 1025 (CT-SMR616OP-389-1-2)

Selfing의 F₃세대 389-2의 개체에서 단모계로 선발 selfing으로 교배된 종자 47개체를 공시한 결과 1개체의 고사주를 제외하고 단모 11개체, 중단모 35개체로 확인되었고 전체개체가 장간형으로 표현되었다. No. 1025는 중단모 표현이 우세하여 차년도 시험은 제외하였다. 종자 모습은 그림 81로, 육성 경과 도표는 그림 82로 나타내었다.

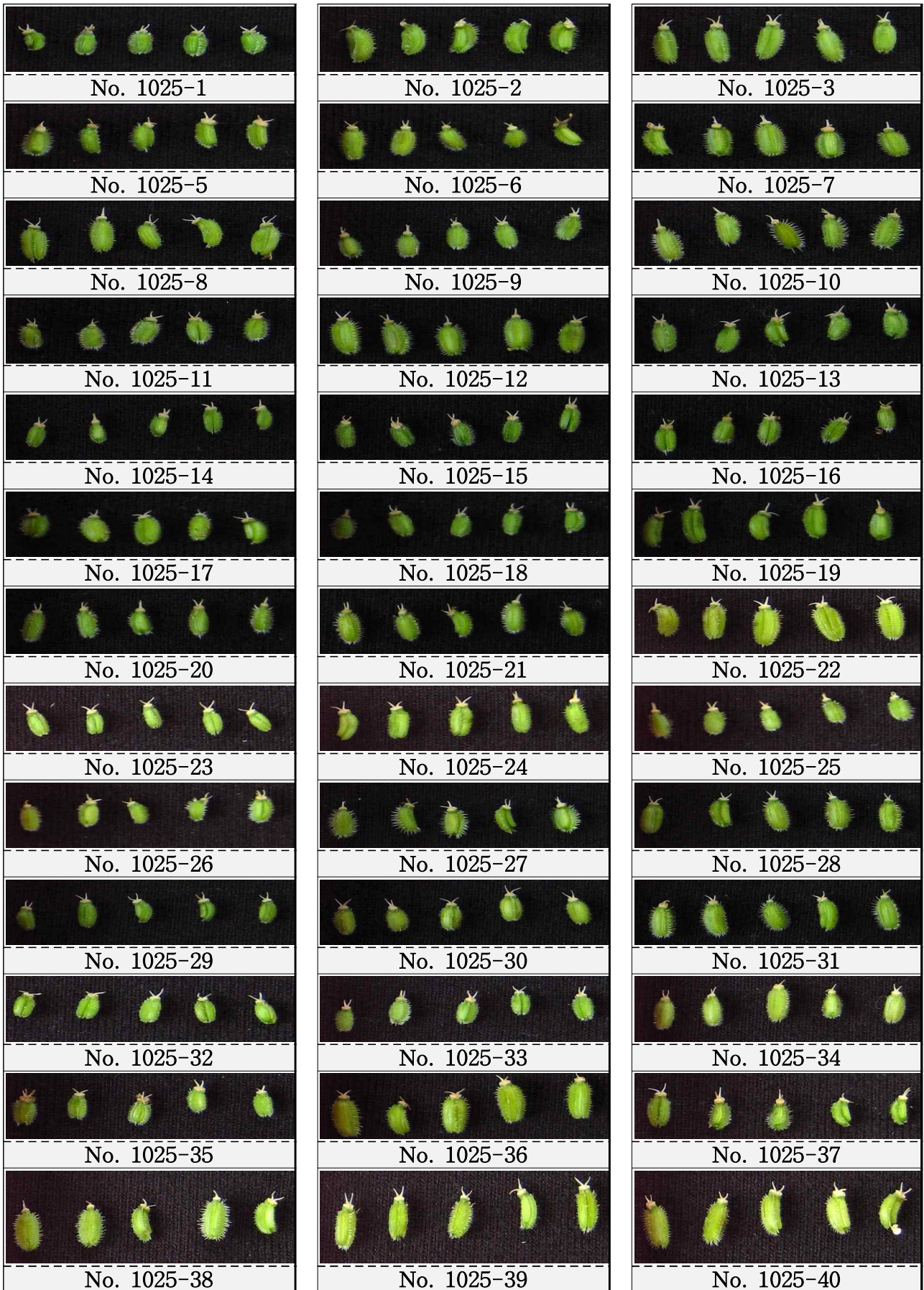


그림 81. CT-SMR 616OP-389-1-1-2~44 종자모습

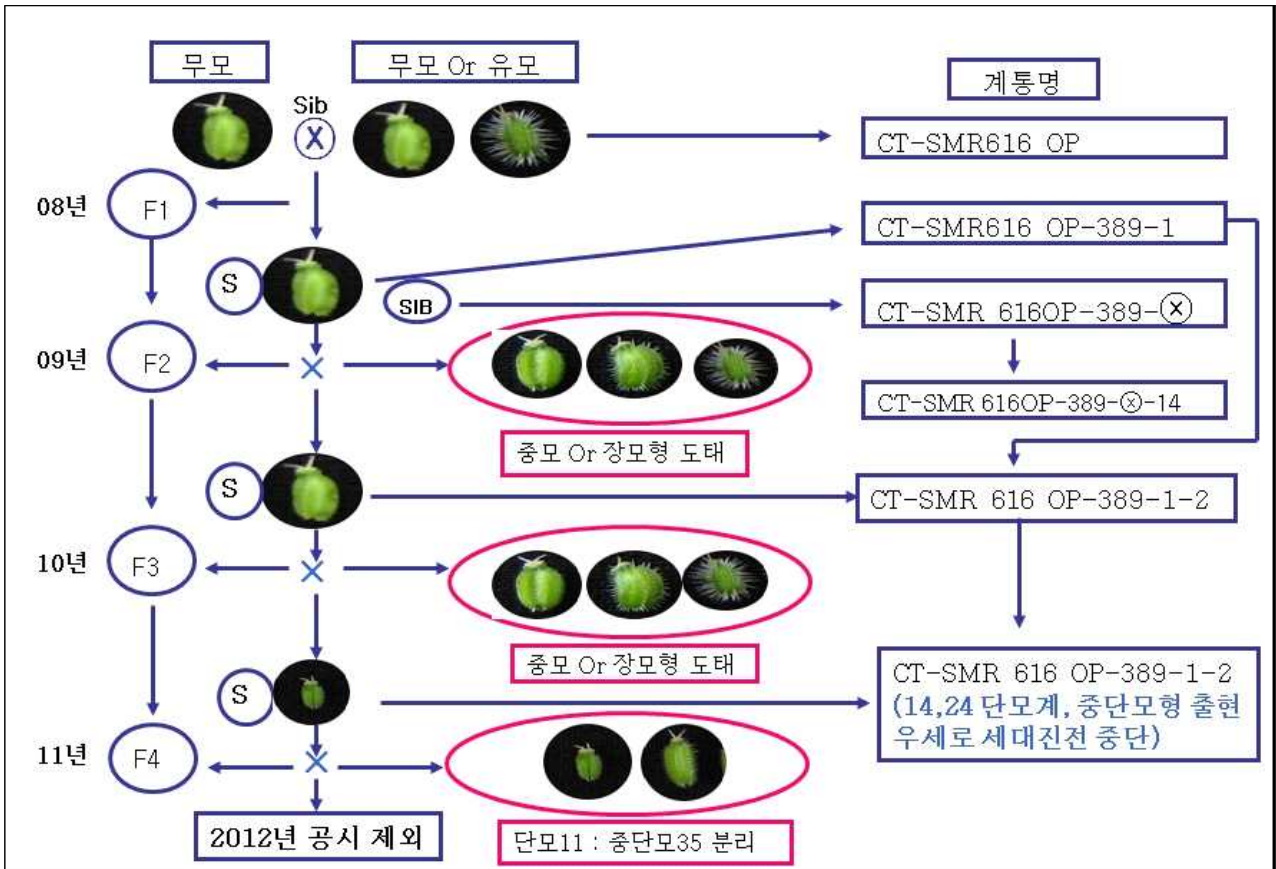


그림 82. No. 1025 CT-SMR616OP-389-1-2(-1~-47) line 육성 경과 도표

(8) No. 1026 (CT-SMR 616OP-389-1-3)

Selfing의 F₃세대 단모형 selfing 후대 389-3의 개체에서 단모계로 선발 selfing으로 교배된 종자 55개체를 공시한 결과 추대고가 50cm 이내의 이용가치가 적은 극 단간으로 표현된 18개체는 도태하고 나머지 37개체는 무모로 확인되었다. No. 1026은 무모발현이 안정된 고정단계에 이른 것으로 추정되며 MS 유지친으로 활용하였다. 종자모습은 그림 83으로, 육성 경과 도표는 그림 84로 나타내었다.

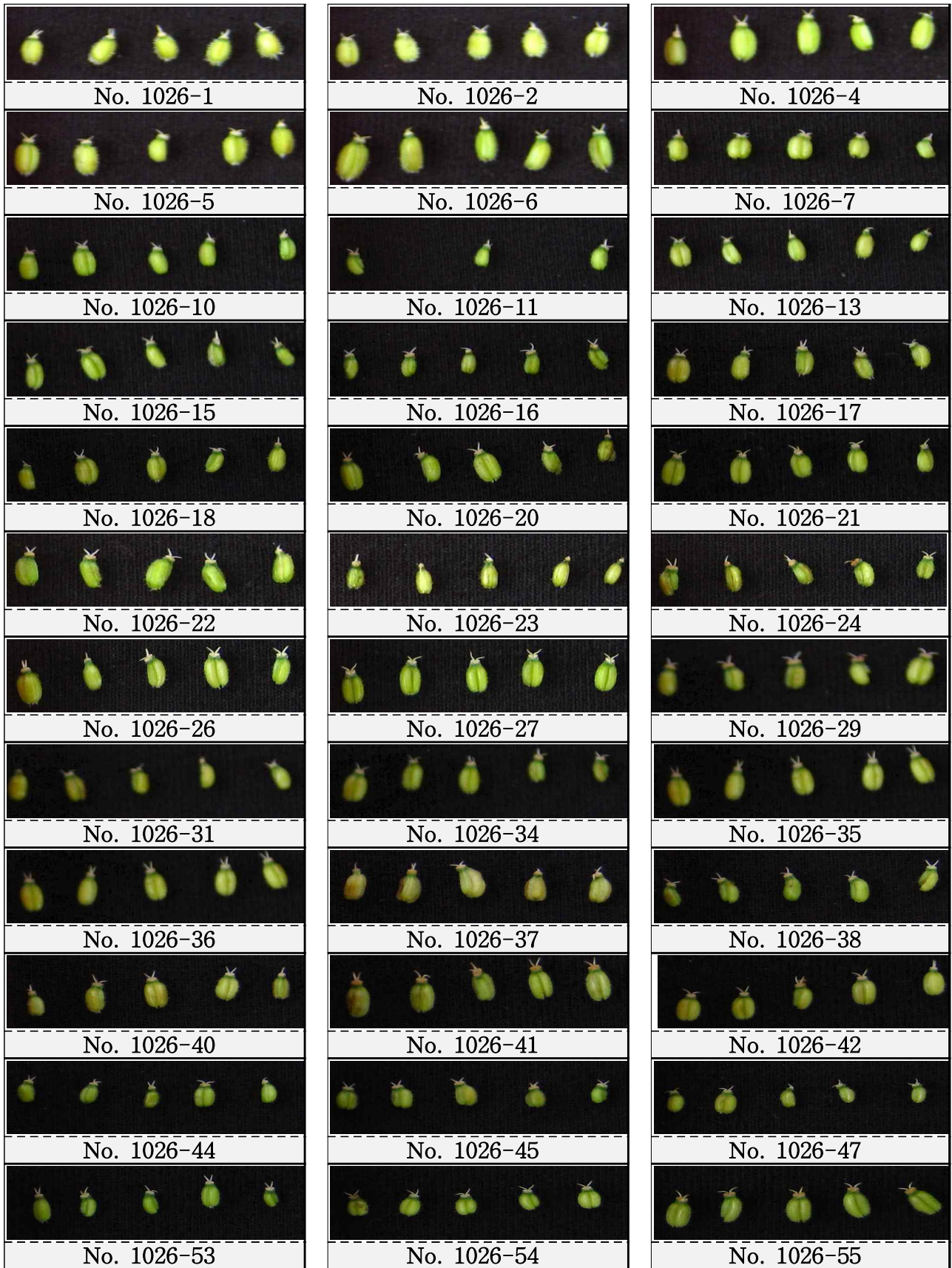


그림 83. CT-SMR 616OP-389-1-3-1~55 종자모습

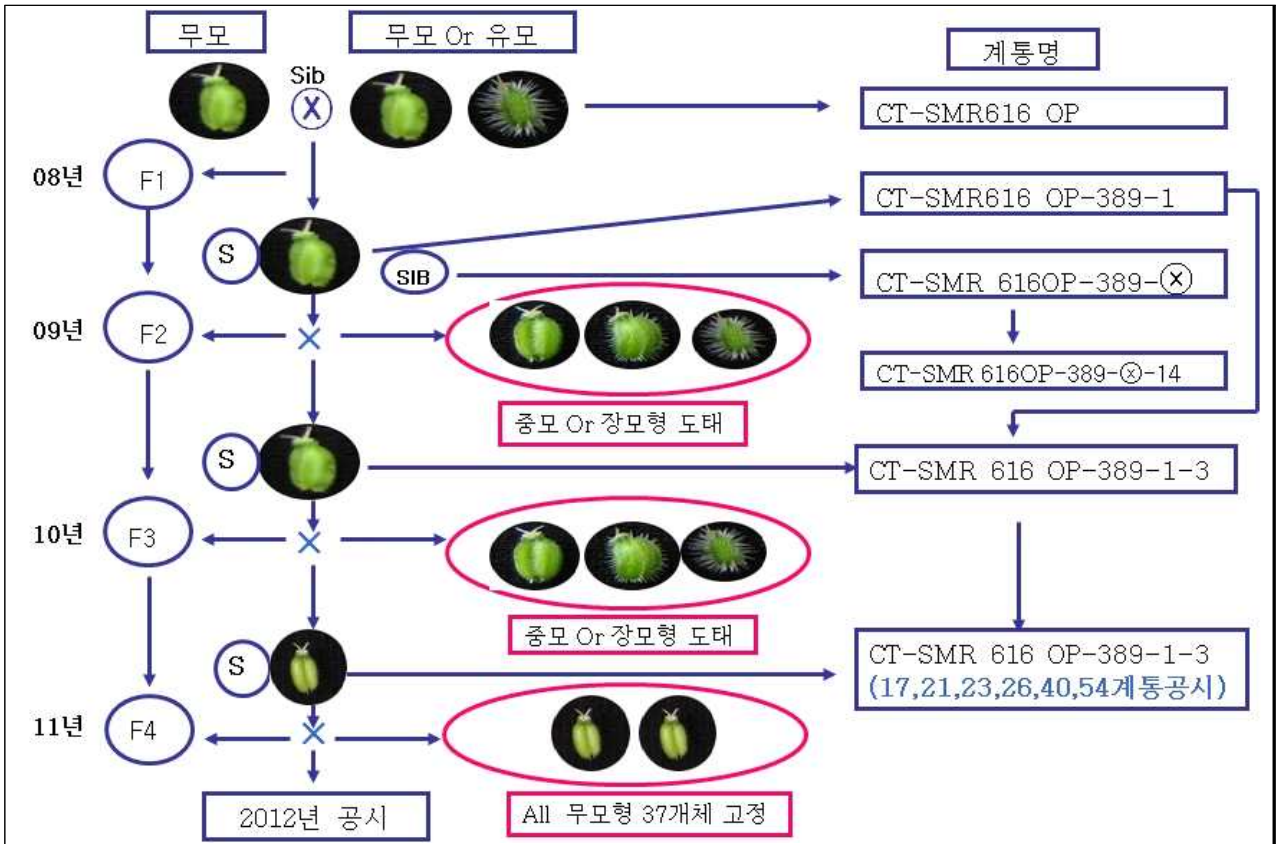


그림 84. No. 1026 CT-SMR616OP-389-1-3(-1~-55) line 육성 경과 도표

(9) No. 1027(CT-SMR 616OP-389-⊗-1-1~10)

Sib cross의 F₂세대 단모형으로 selfing 후대 389-⊗-1의 10개체를 공시한 결과 부모 2개체, 중단모 3개체, 중모 5개체로 확인되었다.

(10) No. 1029(CT-SMR616OP-389-⊗-14-1~15)

Sib cross의 F₂세대 단모형 selfing 후대 389-⊗-14의 15개체를 공시한 결과 부모 9개체, 단모 6개체, 중모 1개체로 각각 확인되었다. 부모로 표현된 9개체는 추대고가 높은 부모·장간계 육성을 위해 selfing으로 종자를 확보하였다. 종자모습은 그림 85로, 육성 경과 도표는 그림 86으로 나타내었다.

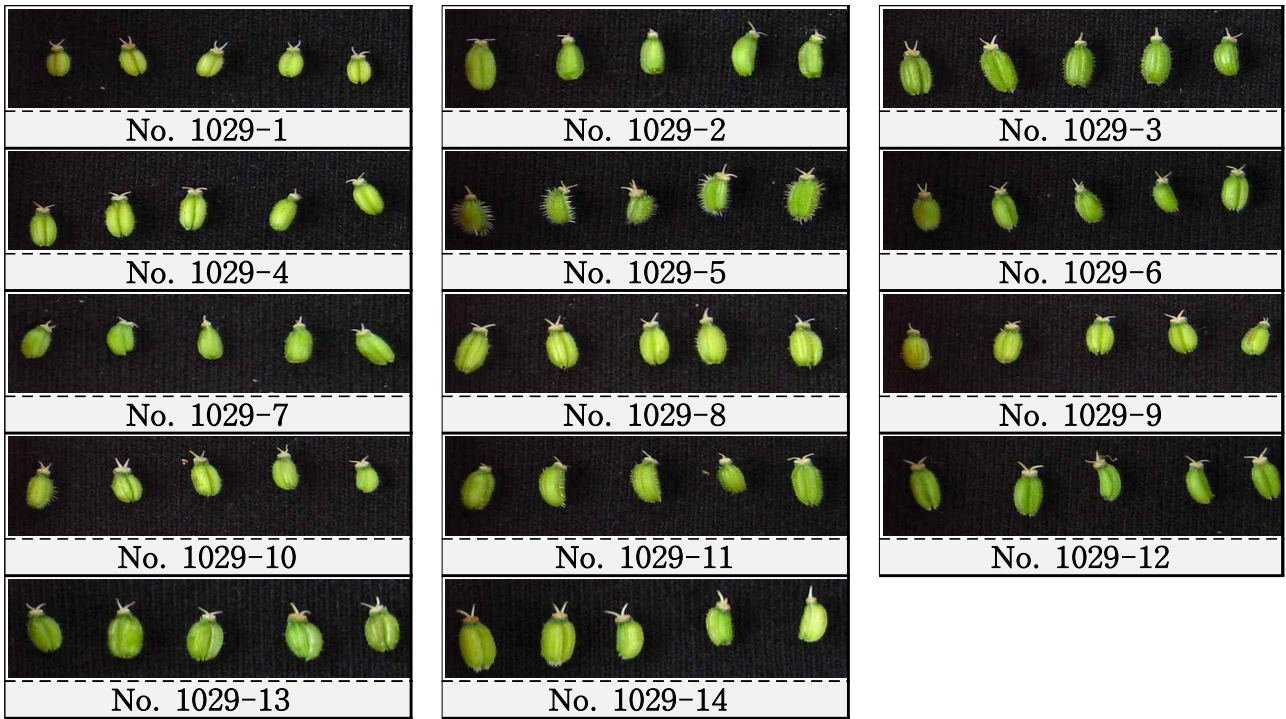


그림 85. CT-SMR 616OP-389-1-3(-1~14) 종자모습

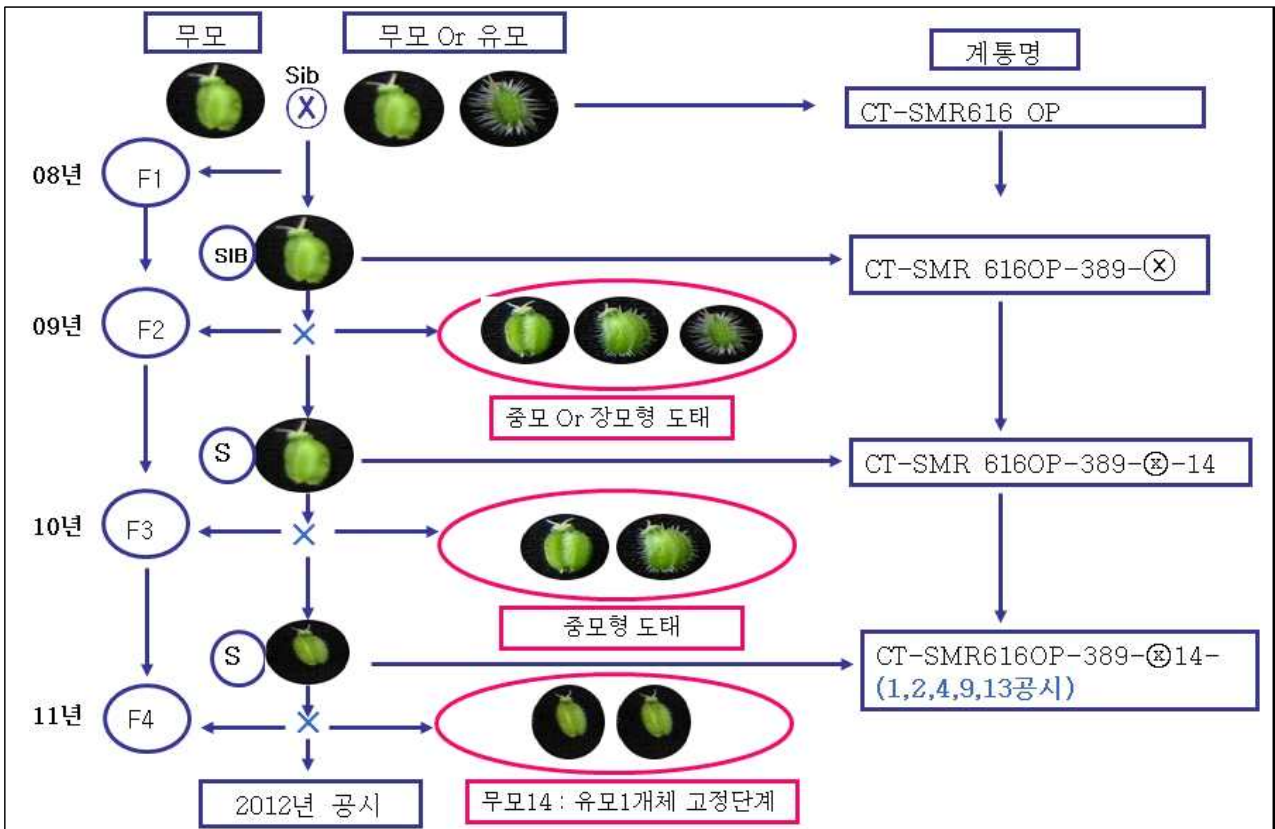


그림 86. No.1029 CT-SMR 616OP-389-1-3(-1~14)

(11) No. 1040(CT-SMR 616OP-CK33-14-7)

Control line으로 유모 15개체를 공시하여 전체개체에서 유모의 표현을 나타냈으며, 그

중 -1, -7, -8개체를 control line 개체로 선발하였다. Control line의 종자모습은 그림 87로, 육성 경과 도표는 그림 88으로 나타내었다.

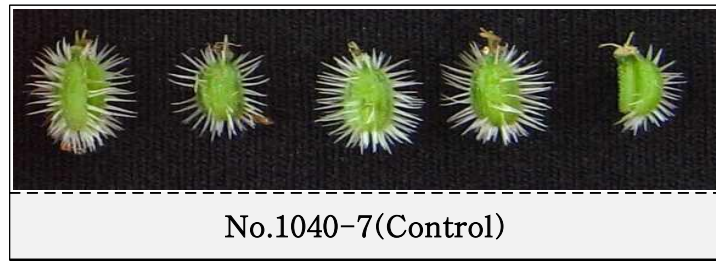


그림 87. CT-SMR 616OP-CK33-14-7 종자모습

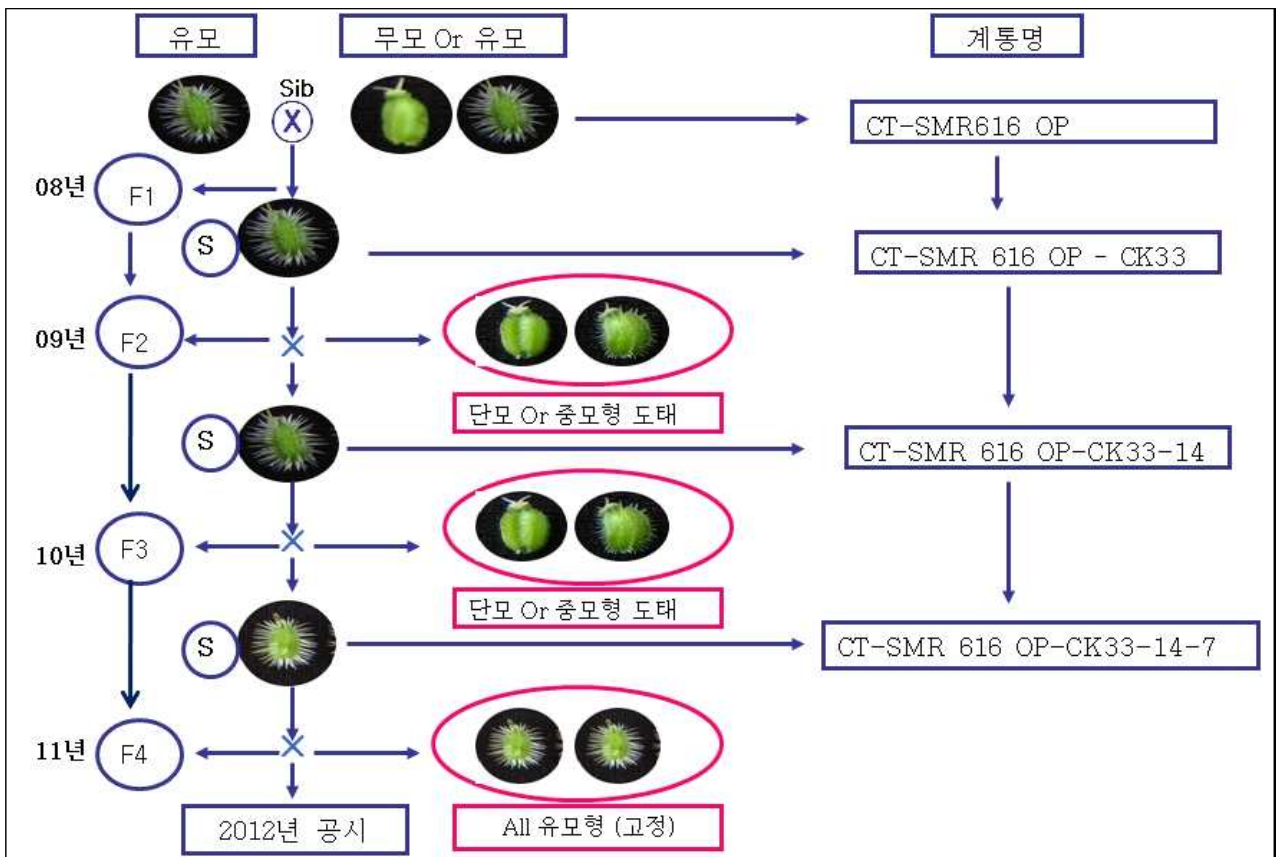


그림 88. No.1040 CT-SMR 616OP-CK33-14-7 control line 육성 경과 도표

(12) No. 1022 SMR G616 MS line

MS line No. 1022 SMR G 616-6 MS line(BC₃)은 10개체를 공시하여 중단모형 3개체와 장모 7개체로 분리 되는 것을 확인하였고 -1의 단모개체를 선발 하였다. 차년도 시험은 여교잡으로 세대를 진전하여 종자확보와 모용조사를 진행하였다. MS line의 종자모습과 융성불임의 핵치환작출 도표는 그림 89로 나타내었다.

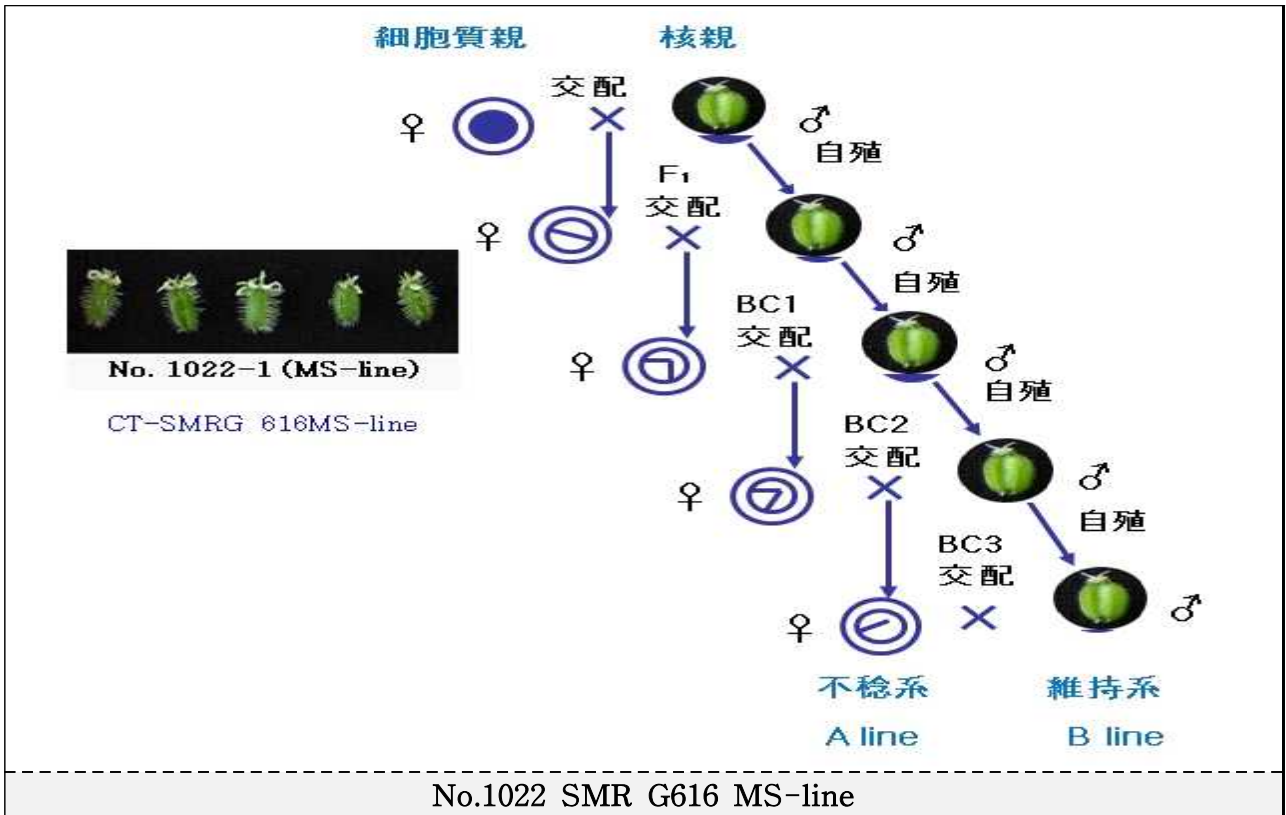


그림 89. No. 1040-7 핵置換 雄性不妊의 作出(BC3)

표 23. 2011 SMR 616OP line 주요 특성표

조사번호	계통명	추대장 (cm)	추대일	개화일	종자크기	모용	임성	비고
1022-1	SMR G616-1 MS-line (BC3)	125	04월 20일	06월 04일	3	1	MS	선발
1022-2	SMR G616-2 MS-line (BC3)	156	04월 20일	06월 04일	3	2	MS	
1022-3	SMR G616-3 MS-line (BC3)	167	04월 20일	06월 06일	3	3	MS	
1022-4	SMR G616-4 MS-line (BC3)	164	04월 22일	06월 06일	3	3	MS	
1022-5	SMR G616-5 MS-line (BC3)	127	04월 20일	06월 03일	3	3	MS	
1022-6	SMR G616-6 MS-line (BC3)	133	04월 20일	06월 03일	3	2	MS	
1022-7	SMR G616-7 MS-line (BC3)	134	04월 20일	06월 07일	3	3	MS	
1022-8	SMR G616-8 MS-line (BC3)	123	04월 20일	06월 06일	3	3	MS	
1022-9	SMR G616-9 MS-line (BC3)	132	04월 20일	06월 05일	3	3	MS	
1022-10	SMR G616-10 MS-line (BC3)	135	04월 20일	06월 03일	3	3	MS	
1024-1	CT-SMR 616OP-389-1-1-1	-	-	-	-	-	-	고사
1024-2	CT-SMR 616OP-389-1-1-2	115	04월 22일	06월 04일	3	1	가임	
1024-3	CT-SMR 616OP-389-1-1-3	109	04월 24일	06월 06일	3	1	가임	
1024-4	CT-SMR 616OP-389-1-1-4	110	04월 22일	06월 04일	3	1	가임	
1024-5	CT-SMR 616OP-389-1-1-5	98	04월 30일	06월 07일	3	1	가임	
1024-6	CT-SMR 616OP-389-1-1-6	116	04월 20일	06월 04일	3	1	가임	
1024-7	CT-SMR 616OP-389-1-1-7	121	04월 20일	06월 04일	3	1	가임	
1024-8	CT-SMR 616OP-389-1-1-8	113	04월 20일	06월 04일	3	1	가임	
1024-9	CT-SMR 616OP-389-1-1-9	111	04월 24일	06월 05일	3	1	가임	
1024-10	CT-SMR 616OP-389-1-1-10	117	04월 20일	06월 03일	3	1	가임	
1024-11	CT-SMR 616OP-389-1-1-11	123	04월 20일	06월 07일	3	1	가임	

표 23. 계속

조사번호	계통명	추대장 (cm)	추대일	개화일	종자크기	모용	임성	비고
1024-12	CT-SMR 616OP-389-1-1-12	-	-	-	-	-	-	고사
1024-13	CT-SMR 616OP-389-1-1-13	122	04월 20일	06월 04일	3	2	가임	
1024-14	CT-SMR 616OP-389-1-1-14	-	-	-	-	-	-	고사
1024-15	CT-SMR 616OP-389-1-1-15	-	-	-	-	-	-	고사
1024-16	CT-SMR 616OP-389-1-1-16	121	04월 22일	06월 06일	3	1	가임	
1024-17	CT-SMR 616OP-389-1-1-17	122	04월 22일	06월 06일	3	1	가임	
1024-18	CT-SMR 616OP-389-1-1-18	119	04월 20일	06월 04일	3	2	가임	
1024-19	CT-SMR 616OP-389-1-1-19	128	04월 20일	06월 05일	3	1	가임	
1024-20	CT-SMR 616OP-389-1-1-20	116	04월 24일	06월 08일	3	1	가임	
1024-21	CT-SMR 616OP-389-1-1-21	118	04월 20일	06월 04일	3	1	가임	
1024-22	CT-SMR 616OP-389-1-1-22	120	04월 20일	06월 04일	3	1	가임	
1024-23	CT-SMR 616OP-389-1-1-23	119	04월 20일	06월 05일	3	1	가임	
1024-24	CT-SMR 616OP-389-1-1-24	120	04월 20일	06월 05일	3	2	가임	
1024-25	CT-SMR 616OP-389-1-1-25	118	04월 20일	06월 05일	3	2	가임	
1024-26	CT-SMR 616OP-389-1-1-26	121	04월 20일	06월 04일	3	1	가임	
1024-27	CT-SMR 616OP-389-1-1-27	117	04월 20일	06월 05일	3	1	가임	
1024-28	CT-SMR 616OP-389-1-1-28	123	04월 20일	06월 04일	3	2	가임	
1024-29	CT-SMR 616OP-389-1-1-29	116	04월 20일	06월 06일	3	1	가임	
1024-30	CT-SMR 616OP-389-1-1-30	126	04월 20일	06월 07일	3	1	가임	
1024-31	CT-SMR 616OP-389-1-1-31	122	04월 20일	06월 04일	3	1	가임	
1024-32	CT-SMR 616OP-389-1-1-32	123	04월 20일	06월 07일	3	1	가임	
1024-33	CT-SMR 616OP-389-1-1-33	121	04월 20일	06월 04일	3	1	가임	
1024-34	CT-SMR 616OP-389-1-1-34	119	04월 20일	06월 04일	3	2	가임	
1024-35	CT-SMR 616OP-389-1-1-35	-	-	-	-	-	-	고사
1024-36	CT-SMR 616OP-389-1-1-36	124	04월 20일	06월 04일	2	1	가임	
1024-37	CT-SMR 616OP-389-1-1-37	123	04월 20일	06월 04일	3	1	가임	
1024-38	CT-SMR 616OP-389-1-1-38	116	04월 20일	06월 05일	3	1	가임	
1024-39	CT-SMR 616OP-389-1-1-39	117	04월 20일	06월 04일	3	1	가임	
1024-40	CT-SMR 616OP-389-1-1-40	-	-	-	-	-	-	고사
1024-41(소)	CT-SMR 616OP-389-1-1-41	125	04월 22일	06월 08일	2	1-	가임	
1024-42(소)	CT-SMR 616OP-389-1-1-42	105	04월 24일	06월 10일	2	1-	가임	
1024-43(소)	CT-SMR 616OP-389-1-1-43	107	04월 24일	06월 10일	2	1-	가임	
1024-44(소)	CT-SMR 616OP-389-1-1-44	107	04월 24일	06월 10일	2	1-	가임	
1025-1	CT-SMR 616OP-389-1-2-1	126	04월 20일	06월 04일	3	1	가임	
1025-2	CT-SMR 616OP-389-1-2-2	124	04월 18일	06월 04일	3	2	가임	
1025-3	CT-SMR 616OP-389-1-2-3	131	04월 20일	06월 04일	4	1	가임	
1025-4	CT-SMR 616OP-389-1-2-4	-	-	-	-	-	-	고사
1025-5	CT-SMR 616OP-389-1-2-5	146	04월 20일	06월 04일	3	2	가임	
1025-6	CT-SMR 616OP-389-1-2-6	132	04월 20일	06월 04일	3	1	가임	
1025-7	CT-SMR 616OP-389-1-2-7	145	04월 18일	06월 04일	4	2	가임	
1025-8	CT-SMR 616OP-389-1-2-8	139	04월 18일	06월 04일	3	1	가임	
1025-9	CT-SMR 616OP-389-1-2-9	144	04월 18일	06월 04일	3	2	가임	
1025-10	CT-SMR 616OP-389-1-2-10	145	04월 18일	06월 04일	4	2	가임	
1025-11	CT-SMR 616OP-389-1-2-11	147	04월 20일	06월 05일	3	2	가임	
1025-12	CT-SMR 616OP-389-1-2-12	143	04월 18일	06월 03일	4	2	가임	
1025-13	CT-SMR 616OP-389-1-2-13	142	04월 18일	06월 04일	3	1	가임	
1025-14	CT-SMR 616OP-389-1-2-14	150	04월 18일	06월 05일	2	1	가임	
1025-15	CT-SMR 616OP-389-1-2-15	153	04월 18일	06월 05일	2	2	가임	

표 23 계속

조사번호	계통명	추대장 (cm)	추대일	개화일	종자크기	모용	임성	비고
1025-16	CT-SMR 616OP-389-1-2-16	141	04월 18일	06월 04일	3	2	가임	
1025-17	CT-SMR 616OP-389-1-2-17	145	04월 18일	06월 04일	3	2	가임	
1025-18	CT-SMR 616OP-389-1-2-18	149	04월 18일	06월 05일	2	2	가임	
1025-19	CT-SMR 616OP-389-1-2-19	146	04월 18일	06월 04일	3	2	가임	
1025-20	CT-SMR 616OP-389-1-2-20	148	04월 20일	06월 05일	3	2	가임	
1025-21	CT-SMR 616OP-389-1-2-21	145	04월 18일	06월 04일	3	2	가임	
1025-22	CT-SMR 616OP-389-1-2-22	141	04월 18일	06월 02일	4	2	가임	
1025-23	CT-SMR 616OP-389-1-2-23	144	04월 18일	06월 05일	2	1	가임	
1025-24	CT-SMR 616OP-389-1-2-24	145	04월 18일	06월 04일	3	1	가임	
1025-25	CT-SMR 616OP-389-1-2-25	146	04월 18일	06월 05일	2	2	가임	
1025-26	CT-SMR 616OP-389-1-2-26	119	04월 18일	06월 04일	2	2	가임	
1025-27	CT-SMR 616OP-389-1-2-27	146	04월 18일	06월 05일	3	2	가임	
1025-28	CT-SMR 616OP-389-1-2-28	144	04월 18일	06월 04일	3	2	가임	
1025-29	CT-SMR 616OP-389-1-2-29	139	04월 20일	06월 06일	2	1	가임	
1025-30	CT-SMR 616OP-389-1-2-30	126	04월 18일	06월 04일	3	2	가임	
1025-31	CT-SMR 616OP-389-1-2-31	142	04월 18일	06월 04일	3	2	가임	
1025-32	CT-SMR 616OP-389-1-2-32	127	04월 20일	06월 05일	3	1	가임	
1025-33	CT-SMR 616OP-389-1-2-33	130	04월 18일	06월 04일	3	1	가임	
1025-34	CT-SMR 616OP-389-1-2-34	139	04월 18일	06월 04일	3	2	가임	
1025-35	CT-SMR 616OP-389-1-2-35	138	04월 18일	06월 04일	2	2	가임	
1025-36	CT-SMR 616OP-389-1-2-36	134	04월 18일	06월 04일	4	2	가임	
1025-37	CT-SMR 616OP-389-1-2-37	139	04월 20일	06월 06일	3	2	가임	
1025-38	CT-SMR 616OP-389-1-2-38	128	04월 20일	06월 04일	3	2	가임	
1025-39	CT-SMR 616OP-389-1-2-39	131	04월 20일	06월 05일	3	2	가임	
1025-40	CT-SMR 616OP-389-1-2-40	132	04월 18일	06월 02일	3	2	가임	
1025-41	CT-SMR 616OP-389-1-2-41	133	04월 18일	06월 04일	3	2	가임	
1025-42	CT-SMR 616OP-389-1-2-42	145	04월 18일	06월 04일	3	2	가임	
1025-43	CT-SMR 616OP-389-1-2-43	120	04월 18일	06월 03일	3	2	가임	
1025-44	CT-SMR 616OP-389-1-2-44	138	04월 20일	06월 05일	3	2	가임	
1025-45	CT-SMR 616OP-389-1-2-45	136	04월 20일	06월 05일	3	2	가임	
1025-46	CT-SMR 616OP-389-1-2-46	134	04월 20일	06월 05일	3	2	가임	
1025-47	CT-SMR 616OP-389-1-2-47	133	04월 20일	06월 04일	3	2	가임	
1026-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-1	123	04월 20일	06월 04일	2	1-	가임	
1026-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-2	151	04월 20일	06월 05일	2	1	가임	
1026-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-3	-	-	-	-	-	-	고사
1026-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-4	130	04월 20일	06월 04일	3	1-	가임	
1026-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-5	115	04월 20일	06월 04일	3	1-	가임	
1026-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-6	124	04월 20일	06월 02일	3	1-	가임	
1026-7	CT-SMR 616OP-389-1-3-7	76	04월 26일	06월 18일	2	1-	가임	
1026-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-8	-	-	-	-	-	-	고사
1026-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-9	-	-	-	-	-	-	고사
1026-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-10	85	04월 26일	06월 16일	2	1-	가임	
1026-11	CT-SMR 616OP-389-1-3-11	87	04월 26일	06월 16일	2	1-	가임	
1026-12	CT-SMR 616OP-389-1-3-12	98	04월 24일	06월 16일	2	1-	가임	
1026-13	CT-SMR 616OP-389-1-3-13	90	04월 24일	06월 10일	2	1-	가임	
1026-14	CT-SMR 616OP-389-1-3-14	-	-	-	-	-	-	고사
1026-15	CT-SMR 616OP-389-1-3-15	87	04월 24일	06월 16일	2	1-	가임	
1026-16	CT-SMR 616OP-389-1-3-16	78	04월 24일	06월 16일	2	1-	가임	

표 23. 계속

조사번호	계통명	추대장 (cm)	추대일	개화일	종자크기	모용	임성	비고
1026-17	CT-SMR 616OP-389-1-3-17	105	04월 24일	06월 15일	2	1-	가임	
1026-18	CT-SMR 616OP-389-1-3-18	89	04월 24일	06월 15일	2	1-	가임	
1026-19	CT-SMR 616OP-389-1-3-19	-	-	-	-	-	-	고사
1026-20	CT-SMR 616OP-389-1-3-20	92	04월 26일	06월 18일	3	1-	가임	
1026-21	CT-SMR 616OP-389-1-3-21	110	04월 26일	06월 15일	2	1-	가임	
1026-22	CT-SMR 616OP-389-1-3-22	101	04월 26일	06월 18일	3	1-	가임	
1026-23	CT-SMR 616OP-389-1-3-23	109	04월 26일	06월 15일	2	1-	가임	
1026-24	CT-SMR 616OP-389-1-3-24	92	04월 26일	06월 18일	2	1-	가임	
1026-25	CT-SMR 616OP-389-1-3-25	-	-	-	-	-	-	고사
1026-26	CT-SMR 616OP-389-1-3-26	113	04월 24일	06월 15일	3	1-	가임	
1026-27	CT-SMR 616OP-389-1-3-27	106	04월 24일	06월 15일	3	1-	가임	
1026-28	CT-SMR 616OP-389-1-3-28	-	-	-	-	-	가임	고사
1026-29	CT-SMR 616OP-389-1-3-29	103	04월 26일	06월 18일	3	1-	가임	
1026-30	CT-SMR 616OP-389-1-3-30	98	04월 26일	06월 20일	2	1-	가임	
1026-31	CT-SMR 616OP-389-1-3-31	101	04월 24일	06월 15일	2	1-	가임	
1026-32	CT-SMR 616OP-389-1-3-32	-	-	-	-	-	-	고사
1026-33	CT-SMR 616OP-389-1-3-33	-	-	-	-	-	-	고사
1026-34	CT-SMR 616OP-389-1-3-34	104	04월 26일	06월 18일	2	1-	가임	
1026-35	CT-SMR 616OP-389-1-3-35	85	04월 24일	06월 18일	3	1-	가임	
1026-36	CT-SMR 616OP-389-1-3-36	112	04월 24일	06월 15일	3	1-	가임	
1026-37	CT-SMR 616OP-389-1-3-37	-	-	-	-	-	-	고사
1026-38	CT-SMR 616OP-389-1-3-38	96	04월 24일	06월 18일	2	1-	가임	
1026-39	CT-SMR 616OP-389-1-3-39	-	-	-	-	-	-	고사
1026-40	CT-SMR 616OP-389-1-3-40	107	04월 24일	06월 18일	3	1-	가임	
1026-41	CT-SMR 616OP-389-1-3-41	106	04월 26일	06월 18일	3	1-	가임	
1026-42	CT-SMR 616OP-389-1-3-42	105	04월 24일	06월 15일	3	1-	가임	
1026-43	CT-SMR 616OP-389-1-3-43	-	-	-	-	-	-	고사
1026-44	CT-SMR 616OP-389-1-3-44	102	04월 26일	06월 18일	2	1-	가임	
1026-45	CT-SMR 616OP-389-1-3-45	97	04월 26일	06월 18일	2	1-	가임	
1026-46	CT-SMR 616OP-389-1-3-46	88	04월 26일	06월 20일	2	1-	가임	
1026-47	CT-SMR 616OP-389-1-3-47	95	04월 24일	06월 18일	2	1-	가임	
1026-48	CT-SMR 616OP-389-1-3-48	106	04월 26일	06월 20일	2	1-	가임	
1026-49	CT-SMR 616OP-389-1-3-49	-	-	-	-	-	-	고사
1026-50	CT-SMR 616OP-389-1-3-50	-	-	-	-	-	-	고사
1026-51	CT-SMR 616OP-389-1-3-51	-	-	-	-	-	-	고사
1026-52	CT-SMR 616OP-389-1-3-52	-	-	-	-	-	-	고사
1026-53	CT-SMR 616OP-389-1-3-53	86	04월 26일	06월 20일	2	1-	가임	
1026-54	CT-SMR 616OP-389-1-3-54	79	04월 26일	06월 20일	2	1-	가임	
1026-55	CT-SMR 616OP-389-1-3-55	106	04월 24일	06월 18일	3	1-	가임	
1027-1	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-1	135	04월 20일	06월 05일	3	1	가임	
1027-2	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-2	137	04월 18일	06월 02일	3	3	가임	
1027-3	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-3	132	04월 20일	06월 05일	2	1	가임	
1027-4	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-4	162	04월 18일	06월 08일	3	3	가임	
1027-5	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-5	163	04월 20일	06월 05일	2	2	가임	
1027-6	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-6	181	04월 16일	06월 05일	2	3	가임	
1027-7	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-7	155	04월 16일	06월 04일	3	3	가임	
1027-8	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-8	158	04월 16일	06월 04일	3	3	가임	
1027-9	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-9	151	04월 16일	06월 02일	3	2	가임	

표 23. 계속

조사번호	계통명	추대장 (cm)	추대일	개화일	종자크기	모용	임성	비고
1027-10	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-10	179	04월 20일	06월 07일	3	2	가임	
1029-1	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1	171	04월 20일	06월 06일	2	1-	가임	
1029-2	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2	160	04월 16일	06월 04일	2	2	가임	
1029-3	CT-SMR616OP-389-⊗-14-3	161	04월 16일	06월 04일	3	1	가임	
1029-4	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4	153	04월 20일	06월 05일	2	1-	가임	
1029-5	CT-SMR616OP-389-⊗-14-5	169	04월 16일	06월 04일	3	3	가임	
1029-6	CT-SMR616OP-389-⊗-14-6	172	04월 18일	06월 04일	2	1	가임	
1029-7	CT-SMR616OP-389-⊗-14-7	156	04월 20일	06월 05일	2	1-	가임	
1029-8	CT-SMR616OP-389-⊗-14-8	157	04월 20일	06월 05일	3	1-	가임	
1029-9	CT-SMR616OP-389-⊗-14-9	158	04월 20일	06월 05일	2	1-	가임	
1029-10	CT-SMR616OP-389-⊗-14-10	162	04월 20일	06월 05일	2	1	가임	
1029-11	CT-SMR616OP-389-⊗-14-11	157	04월 18일	06월 04일	3	1	가임	
1029-12	CT-SMR616OP-389-⊗-14-12	160	04월 20일	06월 08일	3	1	가임	
1029-13	CT-SMR616OP-389-⊗-14-13	115	04월 24일	06월 13일	3	1-	가임	
1029-14	CT-SMR616OP-389-⊗-14-14	114	04월 26일	06월 18일	3	1-	가임	
1029-15	CT-SMR616OP-389-⊗-14-15	97	04월 26일	06월 18일	3	1-	가임	
1040-1	CT-SMR 616OP-CK33-14-1	105	04월 14일	05월 30일	3	5	가임	선발
1040-2	CT-SMR 616OP-CK33-14-2	125	04월 18일	06월 01일	3	5	가임	
1040-3	CT-SMR 616OP-CK33-14-3	108	04월 20일	06월 01일	3	5	가임	
1040-4	CT-SMR 616OP-CK33-14-4	127	04월 14일	05월 28일	3	5	가임	
1040-5	CT-SMR 616OP-CK33-14-5	140	04월 20일	06월 04일	3	5	가임	
1040-6	CT-SMR 616OP-CK33-14-6	142	04월 20일	06월 04일	3	5	가임	
1040-7	CT-SMR 616OP-CK33-14-7	155	04월 20일	06월 04일	3	5	가임	선발
1040-8	CT-SMR 616OP-CK33-14-8	121	04월 18일	05월 30일	3	5	가임	선발
1040-9	CT-SMR 616OP-CK33-14-9	127	04월 14일	05월 30일	3	5	가임	
1040-10	CT-SMR 616OP-CK33-14-10	128	04월 16일	06월 01일	3	5	가임	
1040-11	CT-SMR 616OP-CK33-14-11	130	04월 20일	06월 04일	3	5	가임	
1040-12	CT-SMR 616OP-CK33-14-12	126	04월 14일	05월 28일	3	5	가임	
1040-13	CT-SMR 616OP-CK33-14-13	-	-	-	-	-	-	고사
1040-14	CT-SMR 616OP-CK33-14-14	-	-	-	-	-	-	고사
1040-15	CT-SMR 616OP-CK33-14-15	84	04월 26일	06월 10일	3	5	가임	
1040-16	CT-SMR 616OP-CK33-14-16	111	04월 30일	06월 13일	3	5	가임	

- 종자크기 : 1(작다), 3(보통), 5(크다)
- 모 용 : 1-(무모), 1(단모), 3(중모), 5(장모)

(13) ATR 615OP line

ATR 615OP line의 추대높이, 개화일, 모용을 번호별로 분석을 실시하였다 (표 24).

(14) No. 1035 CT-ATR 615OP-394-6-35-1~10

Selfing의 F₃세대 단모형 후대 394-1의 개체에서 단모계로 선발 selfing으로 교배된 종자 10개체를 공시한 결과 전체개체가 유모형으로 확인되었다. No. 1035는 무모발현이 안정된 고정단계에 이른 것으로 추정되며 MS 유지친으로 활용하였다. 종자모습은 그림 90으로, 육성경과 도표는 그림 91로 나타 내었다.

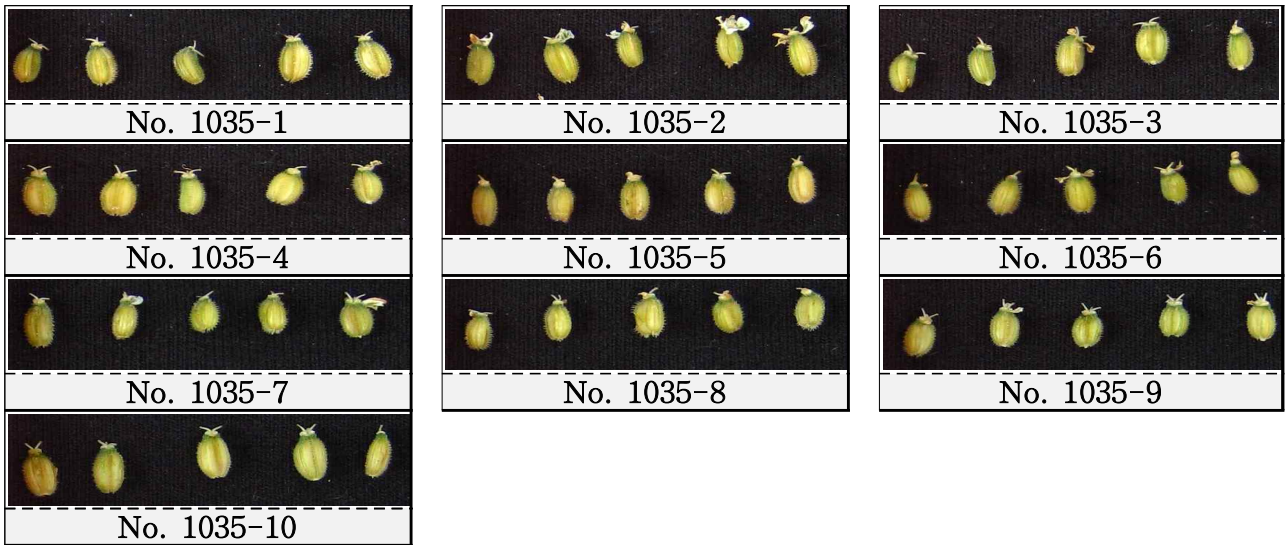


그림 90. 종자모습 CT-ATR 615OP-394-6-35-1~10

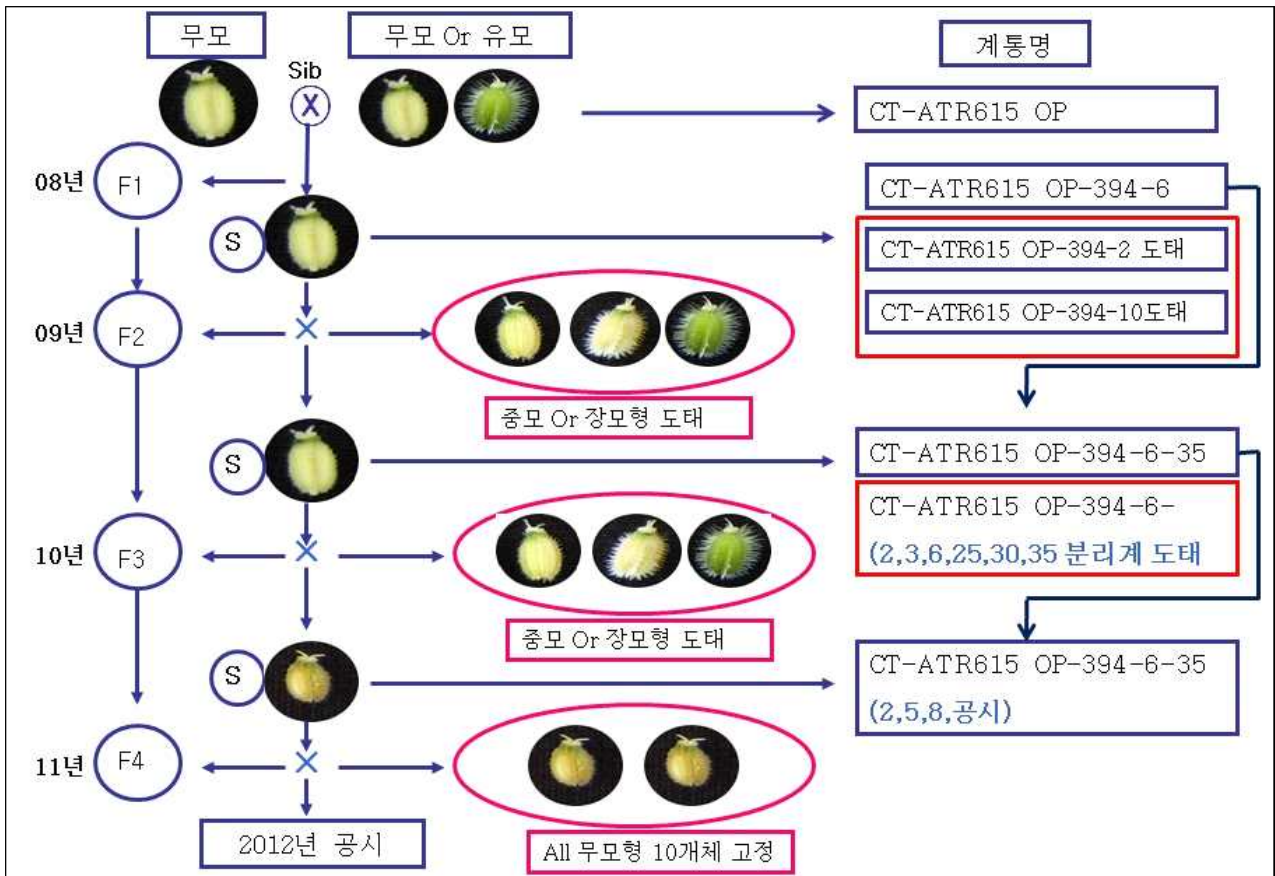


그림 91. CT-ATR 615OP 394 육성경과도표

(15) No. 1031 CT-ATR 615OP-394-6-2-1~23

Selfing의 F₃세대인 단모형 후대 23개체를 공시한 결과 중단모 14개체와 중모 9개체로 각각 확인되었다 (그림 92).

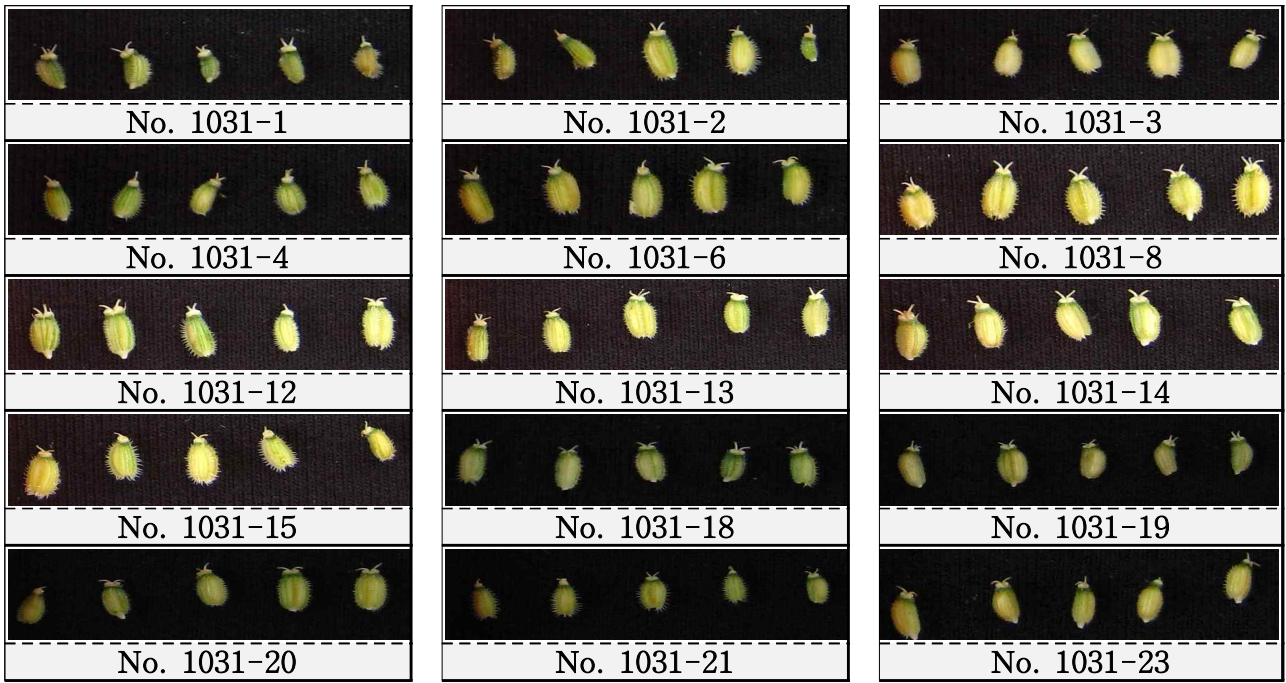


그림 92. CT-ATR 615OP-394-6-2-1~23

(15) No. 1032 CT-ATR 615OP-394-6-3-1~8

Selfing의 F₃세대 단모형 후대 8개체를 공시한 결과 전체개체가 중·단모로 확인되었고, No. 1032는 중단모 우세로 차년도 시험은 제외하였다.

(16) No. 1033 CT-ATR 615OP-394-6-6-1~4

Selfing의 F₃세대 단모형 후대 8개체를 공시한 결과 전체개체가 중단모로 확인되었고, No. 1032는 중단모 우세로 차년도 시험은 제외하였다 (그림 93).

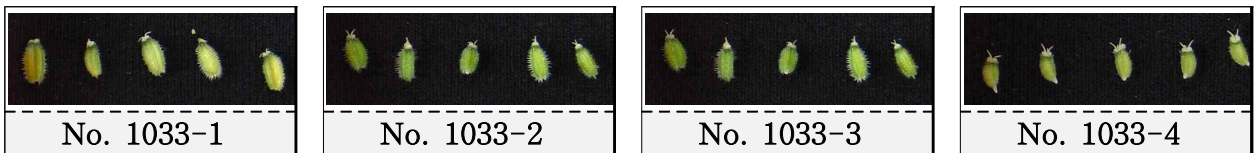


그림 93. CT-ATR 615OP-394-6-6-1~4

(17) No. 1034 CT-ATR 615OP-394-6-13-1~12

Selfing의 F₃세대 후대 12개체를 공시한 결과 전체개체가 유모로 확인되어 도태하였다.

(18) No. 1036 CT-ATR 615OP-394-6-25-1~10

Selfing의 F₃세대 후대 10개체를 공시한 결과 전체개체가 중모로 확인되어 도태하였다.

(19) No. 1039 CT-ATR 615OP-CK1-1-1~10

Control line으로 유모 10개체를 공시하여 전체개체에서 유모의 표현을 나타냈으며, 그 중 -10을 control line 개체로 선발하였다. Control line의 종자모습은 그림 86와 육성 경과 도

표는 그림 94로 나타내었다.

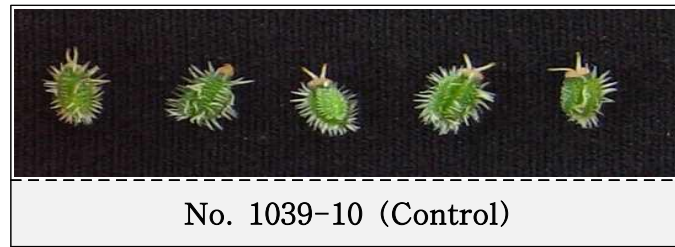


그림 94. CT-ATR 615OP-CK1-1-10종자모습

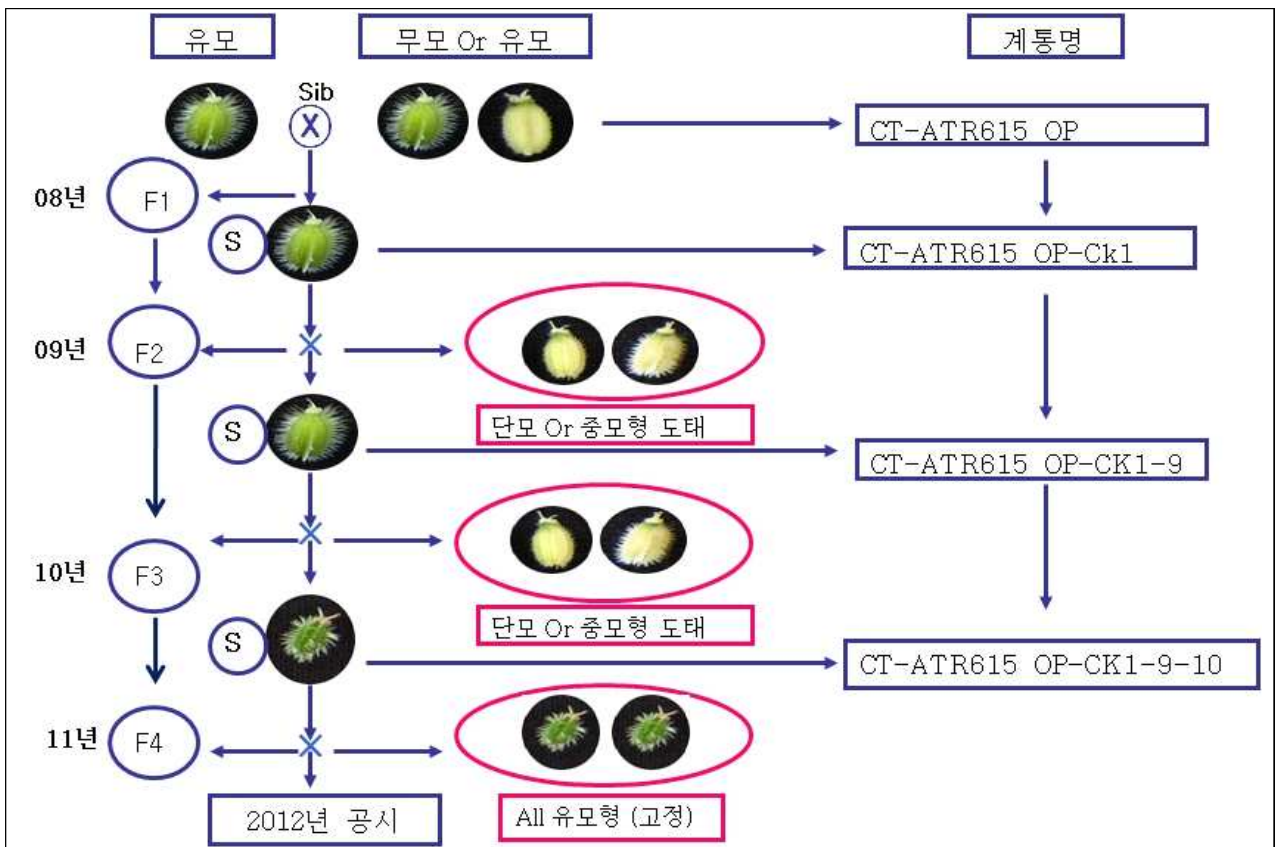


그림 95. No. 1039 CT-ATR 615OP control line 육성 경과 도표

(20) No. 1038 CT-ATR P615 MS line (BC₃)

MS line No. 1038 ATR P615-1 MS line (BC₃)은 10개체를 공시하여 중단모형 3개체와 중모 7개체로 분리되는 것을 확인하였고 -2을 선발 하였다. 차년도 시험은 여교잡으로 세대를 진전하여 종자확보와 모용조사를 진행하였다. MS line의 종자모습과 용성불임의 핵치환작출 도표는 그림 96으로 나타내었다.

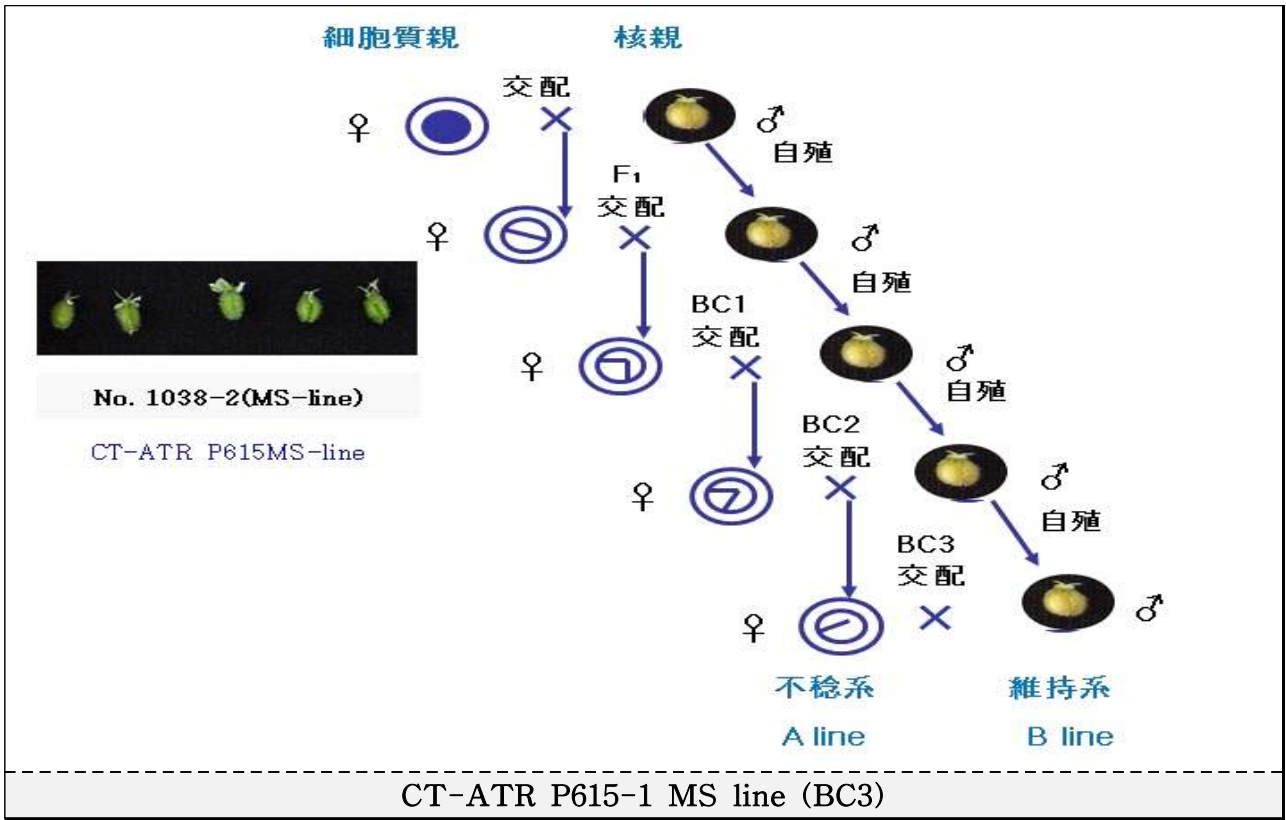


그림 96. No. 1038-2 核置換 雄性不妊의 作出(BC3)

표 24. 2011 ATR 615OP line 주요 특성표

조사번호	계통명	추대장 (cm)	추대일	개화일	종자크기	모용	임성	비고
1031-1	CT-ATR 615OP-394-6-2-1	125	04월 16일	06월 01일	2	2	가임	
1031-2	CT-ATR 615OP-394-6-2-2	100	04월 16일	06월 01일	2	3	가임	
1031-3	CT-ATR 615OP-394-6-2-3	65	04월 16일	05월 30일	2	2	가임	
1031-4	CT-ATR 615OP-394-6-2-4	95	04월 16일	06월 01일	2	2	가임	
1031-5	CT-ATR 615OP-394-6-2-5	30	04월 16일	05월 28일	3	3	가임	
1031-6	CT-ATR 615OP-394-6-2-6	107	04월 16일	06월 01일	3	2	가임	
1031-7	CT-ATR 615OP-394-6-2-7	15	04월 24일	06월 10일	3	3	가임	
1031-8	CT-ATR 615OP-394-6-2-8	126	04월 16일	05월 30일	3	2	가임	
1031-9	CT-ATR 615OP-394-6-2-9	11	04월 26일	06월 10일	3	3	가임	
1031-10	CT-ATR 615OP-394-6-2-10	22	04월 26일	06월 10일	3	3	가임	
1031-11	CT-ATR 615OP-394-6-2-11	-	-	-	-	-	가임	도태
1031-12	CT-ATR 615OP-394-6-2-12	111	04월 16일	06월 01일	3	2	가임	
1031-13	CT-ATR 615OP-394-6-2-13	101	04월 16일	06월 03일	2	2	가임	
1031-14	CT-ATR 615OP-394-6-2-14	102	04월 16일	06월 01일	3	2	가임	
1031-15	CT-ATR 615OP-394-6-2-15	124	04월 16일	06월 03일	3	2	가임	
1031-16	CT-ATR 615OP-394-6-2-16	68	04월 16일	05월 30일	3	3	가임	
1031-17	CT-ATR 615OP-394-6-2-17	125	04월 16일	06월 04일	3	3	가임	
1031-18	CT-ATR 615OP-394-6-2-18	122	04월 16일	06월 04일	2	2	가임	
1031-19	CT-ATR 615OP-394-6-2-19	78	04월 16일	05월 30일	2	2	가임	
1031-20	CT-ATR 615OP-394-6-2-20	80	04월 26일	06월 04일	2	2	가임	
1031-21	CT-ATR 615OP-394-6-2-21	-	-	-	-	-	가임	도태
1031-22	CT-ATR 615OP-394-6-2-22	94	04월 20일	06월 01일	3	2	가임	
1031-23	CT-ATR 615OP-394-6-2-23	95	04월 16일	06월 01일	2	2	가임	
1032-1	CT-ATR 615OP-394-6-3-1	107	04월 16일	06월 01일		2	가임	
1032-2	CT-ATR 615OP-394-6-3-2	109	04월 20일	06월 04일		2	가임	
1032-3	CT-ATR 615OP-394-6-3-3	79	04월 20일	05월 30일		2	가임	
1032-4	CT-ATR 615OP-394-6-3-4	95	04월 20일	06월 01일		2	가임	
1032-5	CT-ATR 615OP-394-6-3-5	94	04월 20일	06월 01일		2	가임	
1032-6	CT-ATR 615OP-394-6-3-6	111	04월 16일	06월 01일		2	가임	
1032-7	CT-ATR 615OP-394-6-3-7	105	04월 20일	06월 04일		2	가임	
1032-8	CT-ATR 615OP-394-6-3-8	86	04월 20일	06월 01일			가임	
1033-1	CT-ATR 615OP-394-6-6-1	104	04월 20일	06월 01일	2	2	가임	
1033-2	CT-ATR 615OP-394-6-6-2	125	04월 20일	06월 04일	2	2	가임	
1033-3	CT-ATR 615OP-394-6-6-3	93	04월 18일	06월 01일	2	2	가임	
1033-4	CT-ATR 615OP-394-6-6-4	101	04월 22일	06월 06일	3	2	가임	
1033-5	CT-ATR 615OP-394-6-6-5	-	-	-	-	-	-	도태
1033-6	CT-ATR 615OP-394-6-6-6	103	04월 20일	06월 03일		2	가임	
1033-7	CT-ATR 615OP-394-6-6-7	98	04월 18일	06월 01일			가임	
1035-1	CT-ATR 615OP-394-6-35-1	75	04월 20일	05월 30일	3	1	가임	
1035-2	CT-ATR 615OP-394-6-35-2	109	04월 18일	06월 01일	3	1	가임	
1035-3	CT-ATR 615OP-394-6-35-3	107	04월 20일	06월 03일	3	1	가임	
1035-4	CT-ATR 615OP-394-6-35-4	90	04월 20일	06월 01일	3	1	가임	
1035-5	CT-ATR 615OP-394-6-35-5	103	04월 18일	06월 01일	2	1	가임	
1035-6	CT-ATR 615OP-394-6-35-6	131	04월 18일	06월 01일	2	1	가임	
1035-7	CT-ATR 615OP-394-6-35-7	108	04월 18일	06월 01일	2	1	가임	
1035-8	CT-ATR 615OP-394-6-35-8	106	04월 18일	06월 01일	3	1	가임	
1035-9	CT-ATR 615OP-394-6-35-9	97	04월 18일	06월 01일	2	1	가임	
1035-10	CT-ATR 615OP-394-6-35-10	88	04월 18일	05월 30일	3	1	가임	

표 24. 계속

조사번호	계통명	추대장 (cm)	추대일	개화일	종자크기	모용	임성	비고
1036-1	CT-ATR 615OP-394-6-25-1		04월 20일				가임	도태
1036-2	CT-ATR 615OP-394-6-25-2	141	04월 14일	06월 01일			가임	도태
1036-3	CT-ATR 615OP-394-6-25-3						가임	도태
1036-4	CT-ATR 615OP-394-6-25-4		04월 14일				가임	도태
1036-5	CT-ATR 615OP-394-6-25-5						가임	도태
1036-6	CT-ATR 615OP-394-6-25-6		04월 20일				가임	도태
1036-7	CT-ATR 615OP-394-6-25-7	125	04월 12일	05월 30일			가임	도태
1036-8	CT-ATR 615OP-394-6-25-8	99	04월 20일	06월 01일			가임	도태
1036-9	CT-ATR 615OP-394-6-25-9	110	04월 28일	06월 01일			가임	도태
1036-10	CT-ATR 615OP-394-6-25-10	109	04월 14일	05월 30일		2	가임	도태
1037-1	CT-ATR 615OP-394-6-30-1	140	04월 18일	06월 03일		2	가임	
1037-2	CT-ATR 615OP-394-6-30-2	128	04월 18일	06월 01일			가임	
1037-3	CT-ATR 615OP-394-6-30-3						가임	
1037-4	CT-ATR 615OP-394-6-30-4	89	04월 14일	06월 01일			가임	
1037-5	CT-ATR 615OP-394-6-30-5	104	04월 16일	06월 01일			가임	
1037-6	CT-ATR 615OP-394-6-30-6						가임	
1037-7	CT-ATR 615OP-394-6-30-7						가임	
1037-8	CT-ATR 615OP-394-6-30-8	126	04월 16일	06월 01일			가임	
1037-9	CT-ATR 615OP-394-6-30-9						가임	
1037-10	CT-ATR 615OP-394-6-30-10	141	04월 16일	06월 04일		2	가임	
1038-1	CT-ATR P615-1 MS-line (BC3)	125	04월 12일	06월 01일	3	3	MS	
1038-2	CT-ATR P615-2MS-line (BC3)	155	04월 12일	06월 01일	3	2	MS	
1038-3	CT-ATR P615-3MS-line (BC3)	139	04월 12일	05월 30일	3	3	MS	
1038-4	CT-ATR P615-4MS-line (BC3)	154	04월 12일	06월 01일	3	3	MS	
1038-5	CT-ATR P615-5MS-line (BC3)	151	04월 12일	06월 01일	3	3	MS	
1038-6	CT-ATR P615-6MS-line (BC3)	154	04월 12일	06월 01일	3	3	MS	
1038-7	CT-ATR P615-7MS-line (BC3)	149	04월 12일	06월 01일	3	3	MS	
1038-8	CT-ATR P615-8MS-line (BC3)	136	04월 12일	05월 30일	3	3	MS	
1038-9	CT-ATR P615-9MS-line (BC3)	137	04월 12일	06월 01일	3	3	MS	
1038-10	CT-ATR P615-10MS-line (BC3)	139	04월 12일	06월 01일	3	3	MS	
1039-1	CT-ATR P615OP-CK1-1-1	141	04월 30일	06월 10일	3	5	가임	
1039-2	CT-ATR P615OP-CK1-1-2	143	04월 26일	06월 10일	3	5	가임	
1039-3	CT-ATR P615OP-CK1-1-3	115	04월 30일	06월 13일	3	5	가임	
1039-4	CT-ATR P615OP-CK1-1-4	120	04월 26일	06월 08일	3	5	가임	
1039-5	CT-ATR P615OP-CK1-1-5	140	05월 05일	06월 13일	3	5	가임	
1039-6	CT-ATR P615OP-CK1-1-6	115	05월 10일	06월 13일	3	5	가임	
1039-7	CT-ATR P615OP-CK1-1-7	149	05월 24일	06월 10일	3	5	가임	
1039-8	CT-ATR P615OP-CK1-1-8	146	05월 24일	06월 13일	3	5	가임	
1039-9	CT-ATR P615OP-CK1-1-9	144	05월 30일	06월 13일	3	5	가임	
1039-10	CT-ATR P615OP-CK1-1-10	155	05월 26일	06월 13일	3	5	가임	

- 종자크기 : 1(작다), 3(보통), 5(크다)
- 모 용 : 1-(무모), 1(단모), 3(중모), 5(장모)

(21) 2011년도 종자 생산내역은 표 25와 같다.

표 25. 2011년도 종자생산 list

조제번호	생산번호	계통명	종자량(ml)	교배방법	비고
7001	1022-1×1026-10	SMR G616-1 MS-line (BC3) × CT-SMR 616OP-389-1-3-18	8	Selfing	L5
7002	1022-2×1026-11	SMR G616-1 MS-line (BC3) × CT-SMR 616OP-389-1-3-11	6	Selfing	L5
7003	1022-3×1026-6	SMR G616-1 MS-line (BC3) × CT-SMR 616OP-389-1-3-6	9	Selfing	L5
7004	1022-4×1026-6	SMR G616-1 MS-line (BC3) × CT-SMR 616OP-389-1-3-6	21	Selfing	L5
7005	1022-6×1026-6	SMR G616-1 MS-line (BC3) × CT-SMR 616OP-389-1-3-6	12	Selfing	L5
7006	1022-7×1026-6	SMR G616-1 MS-line (BC3) × CT-SMR 616OP-389-1-3-6	8	Selfing	L5
7007	1022-8×1026-4	SMR G616-1 MS-line (BC3) × CT-SMR 616OP-389-1-3-4	18	Selfing	L5
7008	1022-9×1026-6	SMR G616-1 MS-line (BC3) × CT-SMR 616OP-389-1-3-6	35	Selfing	L5
7009	1022-10×1026-4	SMR G616-1 MS-line (BC3) × CT-SMR 616OP-389-1-3-4	7	Selfing	L5
7015	1024-2	CT-SMR 616OP-389-1-1-2	5	Selfing	L5
7016	1024-3	CT-SMR 616OP-389-1-1-3	3	Selfing	L5
7017	1024-4	CT-SMR 616OP-389-1-1-4	5	Selfing	L5
7018	1024-5	CT-SMR 616OP-389-1-1-5	2	Selfing	L5
7019	1024-6	CT-SMR 616OP-389-1-1-6	8	Selfing	L5
7020	1024-7	CT-SMR 616OP-389-1-1-7	10	Selfing	L5
7021	1024-8	CT-SMR 616OP-389-1-1-8	7	Selfing	L5
7022	1024-9	CT-SMR 616OP-389-1-1-9	1	Selfing	L5
7023	1024-10	CT-SMR 616OP-389-1-1-10	10	Selfing	L5
7024	1024-11	CT-SMR 616OP-389-1-1-11	2	Selfing	L5
7025	1024-13	CT-SMR 616OP-389-1-1-13	6	Selfing	L5
7026	1024-16	CT-SMR 616OP-389-1-1-16	5	Selfing	L5
7027	1024-17	CT-SMR 616OP-389-1-1-17	3	Selfing	L5
7028	1024-18	CT-SMR 616OP-389-1-1-18	8	Selfing	L5
7029	1024-19	CT-SMR 616OP-389-1-1-19	3	Selfing	L5
7030	1024-20	CT-SMR 616OP-389-1-1-20	1	Selfing	L5
7031	1024-21	CT-SMR 616OP-389-1-1-21	10	Selfing	L5
7032	1024-22	CT-SMR 616OP-389-1-1-22	9	Selfing	L5
7033	1024-23	CT-SMR 616OP-389-1-1-23	5	Selfing	L5
7034	1024-24	CT-SMR 616OP-389-1-1-24	6	Selfing	L5
7035	1024-25	CT-SMR 616OP-389-1-1-25	3	Selfing	L5
7036	1024-26	CT-SMR 616OP-389-1-1-26	7	Selfing	L5
7037	1024-27	CT-SMR 616OP-389-1-1-27	4	Selfing	L5
7038	1024-28	CT-SMR 616OP-389-1-1-28	8	Selfing	L5
7039	1024-29	CT-SMR 616OP-389-1-1-29	4	Selfing	L5
7040	1024-30	CT-SMR 616OP-389-1-1-30	1	Selfing	L5
7041	1024-31	CT-SMR 616OP-389-1-1-31	12	Selfing	L5
7042	1024-32	CT-SMR 616OP-389-1-1-32	5	Selfing	L5
7043	1024-33	CT-SMR 616OP-389-1-1-33	7	Selfing	L5
7044	1024-34	CT-SMR 616OP-389-1-1-34	6	Selfing	L5
7045	1024-36	CT-SMR 616OP-389-1-1-36	9	Selfing	L5
7046	1024-37	CT-SMR 616OP-389-1-1-37	8	Selfing	L5
7047	1024-38	CT-SMR 616OP-389-1-1-38	3	Selfing	L5
7048	1024-39	CT-SMR 616OP-389-1-1-39	10	Selfing	L5
7049	1024-41	CT-SMR 616OP-389-1-1-41	3	Selfing	L5

표 25. 계속

조제번호	생산번호	계통명	종자량(ml)	교배방법	비고
7050	1024-42	CT-SMR 616OP-389-1-1-42	1	Selfing	L5
7051	1024-43	CT-SMR 616OP-389-1-1-43	2	Selfing	L5
7052	1024-44	CT-SMR 616OP-389-1-1-44	2	Selfing	L5
7053	1025-1	CT-SMR 616OP-389-1-2-1	15	Selfing	L5
7054	1025-2	CT-SMR 616OP-389-1-2-2	5	Selfing	L5
7055	1025-3	CT-SMR 616OP-389-1-2-3	8	Selfing	L5
7056	1025-5	CT-SMR 616OP-389-1-2-5	10	Selfing	L5
7057	1025-6	CT-SMR 616OP-389-1-2-6	2	Selfing	L5
7058	1025-7	CT-SMR 616OP-389-1-2-7	9	Selfing	L5
7059	1025-8	CT-SMR 616OP-389-1-2-8	7	Selfing	L5
7060	1025-9	CT-SMR 616OP-389-1-2-9	8	Selfing	L5
7061	1025-10	CT-SMR 616OP-389-1-2-10	7	Selfing	L5
7062	1025-11	CT-SMR 616OP-389-1-2-11	3	Selfing	L5
7063	1025-12	CT-SMR 616OP-389-1-2-12	9	Selfing	L5
7064	1025-13	CT-SMR 616OP-389-1-2-13	12	Selfing	L5
7065	1025-14	CT-SMR 616OP-389-1-2-14	3	Selfing	L5
7066	1025-15	CT-SMR 616OP-389-1-2-15	7	Selfing	L5
7067	1025-16	CT-SMR 616OP-389-1-2-16	7	Selfing	L5
7068	1025-17	CT-SMR 616OP-389-1-2-17	13	Selfing	L5
7069	1025-18	CT-SMR 616OP-389-1-2-18	5	Selfing	L5
7070	1025-19	CT-SMR 616OP-389-1-2-19	10	Selfing	L5
7071	1025-20	CT-SMR 616OP-389-1-2-20	5	Selfing	L5
7072	1025-21	CT-SMR 616OP-389-1-2-21	7	Selfing	L5
7073	1025-22	CT-SMR 616OP-389-1-2-22	7	Selfing	L5
7074	1025-23	CT-SMR 616OP-389-1-2-23	1	Selfing	L5
7075	1025-24	CT-SMR 616OP-389-1-2-24	5	Selfing	L5
7076	1025-25	CT-SMR 616OP-389-1-2-25	6	Selfing	L5
7077	1025-26	CT-SMR 616OP-389-1-2-26	5	Selfing	L5
7078	1025-27	CT-SMR 616OP-389-1-2-27	9	Selfing	L5
7079	1025-28	CT-SMR 616OP-389-1-2-28	11	Selfing	L5
7080	1025-29	CT-SMR 616OP-389-1-2-29	6	Selfing	L5
7081	1025-30	CT-SMR 616OP-389-1-2-30	7	Selfing	L5
7082	1025-31	CT-SMR 616OP-389-1-2-31	16	Selfing	L5
7083	1025-32	CT-SMR 616OP-389-1-2-32	7	Selfing	L5
7084	1025-33	CT-SMR 616OP-389-1-2-33	6	Selfing	L5
7085	1025-34	CT-SMR 616OP-389-1-2-34	7	Selfing	L5
7086	1025-35	CT-SMR 616OP-389-1-2-35	14	Selfing	L5
7087	1025-36	CT-SMR 616OP-389-1-2-36	3	Selfing	L5
7088	1025-37	CT-SMR 616OP-389-1-2-37	13	Selfing	L5
7089	1025-38	CT-SMR 616OP-389-1-2-38	8	Selfing	L5
7090	1025-39	CT-SMR 616OP-389-1-2-39	10	Selfing	L5
7091	1025-40	CT-SMR 616OP-389-1-2-40	10	Selfing	L5
7092	1025-41	CT-SMR 616OP-389-1-2-41	5	Selfing	L5
7093	1025-42	CT-SMR 616OP-389-1-2-42	12	Selfing	L5
7094	1025-43	CT-SMR 616OP-389-1-2-43	8	Selfing	L5

표 25. 계속

조제번호	생산번호	계 통 명	종자량(ml)	교배방법	비고
7095	1025-44	CT-SMR 616OP-389-1-2-44	8	Selfing	L5
7096	1025-45	CT-SMR 616OP-389-1-2-45	7	Selfing	L5
7097	1025-46	CT-SMR 616OP-389-1-2-46	5	Selfing	L5
7098	1025-47	CT-SMR 616OP-389-1-2-47	10	Selfing	L5
7099	1026-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-1	8	Selfing	L5
7100	1026-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-2	9	Selfing	L5
7101	1026-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-4	6	Selfing	L5
7102	1026-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-5	5	Selfing	L5
7103	1026-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-6	7	Selfing	L5
7104	1026-7	CT-SMR 616OP-389-1-3-7	2	Selfing	L5
7105	1026-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-10	3	Selfing	L5
7106	1026-11	CT-SMR 616OP-389-1-3-11	3	Selfing	L5
7107	1026-12	CT-SMR 616OP-389-1-3-12	3	Selfing	L5
7108	1026-13	CT-SMR 616OP-389-1-3-13	2	Selfing	L5
7109	1026-15	CT-SMR 616OP-389-1-3-15	2	Selfing	L5
7110	1026-16	CT-SMR 616OP-389-1-3-16	2	Selfing	L5
7111	1026-17	CT-SMR 616OP-389-1-3-17	2	Selfing	L5
7112	1026-18	CT-SMR 616OP-389-1-3-18	3	Selfing	L5
7113	1026-20	CT-SMR 616OP-389-1-3-20	3	Selfing	L5
7114	1026-21	CT-SMR 616OP-389-1-3-21	2	Selfing	L5
7115	1026-22	CT-SMR 616OP-389-1-3-22	3	Selfing	L5
7116	1026-23	CT-SMR 616OP-389-1-3-23	2	Selfing	L5
7117	1026-24	CT-SMR 616OP-389-1-3-24	3	Selfing	L5
7118	1026-26	CT-SMR 616OP-389-1-3-26	3	Selfing	L5
7119	1026-27	CT-SMR 616OP-389-1-3-27	3	Selfing	L5
7120	1026-29	CT-SMR 616OP-389-1-3-29	3	Selfing	L5
7121	1026-30	CT-SMR 616OP-389-1-3-30	2	Selfing	L5
7122	1026-31	CT-SMR 616OP-389-1-3-31	1	Selfing	L5
7123	1026-34	CT-SMR 616OP-389-1-3-34	3	Selfing	L5
7124	1026-35	CT-SMR 616OP-389-1-3-35	1	Selfing	L5
7125	1026-36	CT-SMR 616OP-389-1-3-36	3	Selfing	L5
7126	1026-38	CT-SMR 616OP-389-1-3-38	3	Selfing	L5
7127	1026-40	CT-SMR 616OP-389-1-3-40	2	Selfing	L5
7128	1026-41	CT-SMR 616OP-389-1-3-41	3	Selfing	L5
7129	1026-42	CT-SMR 616OP-389-1-3-42	1	Selfing	L5
7130	1026-44	CT-SMR 616OP-389-1-3-44	4	Selfing	L5
7131	1026-45	CT-SMR 616OP-389-1-3-45	5	Selfing	L5
7132	1026-46	CT-SMR 616OP-389-1-3-46	3	Selfing	L5
7133	1026-47	CT-SMR 616OP-389-1-3-47	2	Selfing	L5
7134	1026-48	CT-SMR 616OP-389-1-3-48	3	Selfing	L5
7135	1026-53	CT-SMR 616OP-389-1-3-53	3	Selfing	L5
7136	1026-54	CT-SMR 616OP-389-1-3-54	가) 6	Selfing	L5
7137	1026-55	CT-SMR 616OP-389-1-3-55	3	Selfing	L5
7138	1027-1	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-1	18	Selfing	L5

표 25. 계속

조제번호	생산번호	계 통 명	중자량(ml)	교배방법	비고
7139	1027-2	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-2	7	Selfing	L5
7140	1027-3	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-3	4	Selfing	L5
7141	1027-4	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-4	11	Selfing	L5
7142	1027-5	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-5	4	Selfing	L5
7142-1	1027-6	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-6	5	Selfing	L5
7143	1027-7	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-7	7	Selfing	L5
7144	1027-8	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-8	8	Selfing	L5
7145	1027-9	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-9	12	Selfing	L5
7146	1027-10	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-10	10	Selfing	L5
7147	1029-1	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1	9	Selfing	L5
7148	1029-2	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2	2	Selfing	L5
7149	1029-3	CT-SMR616OP-389-⊗-14-3	19	Selfing	L5
7150	1029-4	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4	10	Selfing	L5
7151	1029-5	CT-SMR616OP-389-⊗-14-5	12	Selfing	L5
7152	1029-6	CT-SMR616OP-389-⊗-14-6	13	Selfing	L5
7153	1029-7	CT-SMR616OP-389-⊗-14-7	5	Selfing	L5
7154	1029-8	CT-SMR616OP-389-⊗-14-8	15	Selfing	L5
7155	1029-9	CT-SMR616OP-389-⊗-14-9	10	Selfing	L5
7156	1029-10	CT-SMR616OP-389-⊗-14-10	20	Selfing	L5
7157	1029-11	CT-SMR616OP-389-⊗-14-11	12	Selfing	L5
7158	1029-12	CT-SMR616OP-389-⊗-14-12	10	Selfing	L5
7159	1029-13	CT-SMR616OP-389-⊗-14-13	4	Selfing	L5
7160	1029-14	CT-SMR616OP-389-⊗-14-14	3	Selfing	L5
7161	1029-15	CT-SMR616OP-389-⊗-14-15	4	Selfing	L5
7162	1031-1	CT-ATR 615OP-394-6-2-1	4	Selfing	L5
7163	1031-3	CT-ATR 615OP-394-6-2-3	4	Selfing	L5
7164	1031-4	CT-ATR 615OP-394-6-2-4	3	Selfing	L5
7165	1031-6	CT-ATR 615OP-394-6-2-6	2	Selfing	L5
7166	1031-8	CT-ATR 615OP-394-6-2-8	6	Selfing	L5
7167	1031-12	CT-ATR 615OP-394-6-2-12	3	Selfing	L5
7168	1031-13	CT-ATR 615OP-394-6-2-13	2	Selfing	L5
7169	1031-14	CT-ATR 615OP-394-6-2-14	5	Selfing	L5
7170	1031-15	CT-ATR 615OP-394-6-2-15	7	Selfing	L5
7171	1031-18	CT-ATR 615OP-394-6-2-18	3	Selfing	L5
7172	1031-19	CT-ATR 615OP-394-6-2-19	1	Selfing	L5
7173	1031-20	CT-ATR 615OP-394-6-2-20	1	Selfing	L5
7174	1031-22	CT-ATR 615OP-394-6-2-22	2	Selfing	L5
7175	1031-23	CT-ATR 615OP-394-6-2-23	1	Selfing	L5
7176	1032-1	CT-ATR 615OP-394-6-3-1	2	Selfing	L5
7177	1032-2	CT-ATR 615OP-394-6-3-2	6	Selfing	L5
7178	1032-3	CT-ATR 615OP-394-6-3-3	6	Selfing	L5
7179	1032-4	CT-ATR 615OP-394-6-3-4	1	Selfing	L5
7180	1032-5	CT-ATR 615OP-394-6-3-5	3	Selfing	L5
7181	1032-6	CT-ATR 615OP-394-6-3-6	9	Selfing	L5
7182	1032-7	CT-ATR 615OP-394-6-3-7	1	Selfing	L5

표 25. 계속

조제번호	생산번호	계통명	종자량(ml)	교배방법	비고
7183	1033-1	CT-ATR 615OP-394-6-6-1	4	Selfing	L5
7184	1033-2	CT-ATR 615OP-394-6-6-2	7	Selfing	L5
7185	1033-3	CT-ATR 615OP-394-6-6-3	3	Selfing	L5
7186	1033-4	CT-ATR 615OP-394-6-6-4	3	Selfing	L5
7187	1033-6	CT-ATR 615OP-394-6-6-6	2	Selfing	L5
7192	1034-7	CT-ATR 615OP-394-6-13-7	19	Selfing	L5
7193	1035-1	CT-ATR 615OP-394-6-35-1	1	Selfing	L5
7194	1035-2	CT-ATR 615OP-394-6-35-2	5	Selfing	L5
7195	1035-3	CT-ATR 615OP-394-6-35-3	1	Selfing	L5
7196	1035-4	CT-ATR 615OP-394-6-35-4	1	Selfing	L5
7197	1035-5	CT-ATR 615OP-394-6-35-5	9	Selfing	L5
7198	1035-6	CT-ATR 615OP-394-6-35-6	3	Selfing	L5
7199	1035-7	CT-ATR 615OP-394-6-35-7	3	Selfing	L5
7200	1035-8	CT-ATR 615OP-394-6-35-8	8	Selfing	L5
7201	1035-9	CT-ATR 615OP-394-6-35-9	6	Selfing	L5
7202	1035-10	CT-ATR 615OP-394-6-35-10	3	Selfing	L5
7205	1038-2 × 1035	ATR P615-1 MS-line (BC3) × CT-ATR 615OP-394-6-35-2	8	Selfing	L5
7206	1039-10	CT-ATR P615OP-CK1-1-10	3	Selfing	L5
7207	1040-1	CT-SMR 616OP-CK33-14-1	17	Selfing	L5
7208	1040-7	CT-SMR 616OP-CK33-14-7	10	Selfing	L5
7209	1040-8	CT-SMR 616OP-CK33-14-8	8	Selfing	L5

라. 무모, 유모 종자구분의 표현방법

- (1) 무모종자 · 유모종자의 단위결과, 결실종자, 비립종자의 과피 모용 및 외형 · 단면구조를 비교분석하여 하였다.
- (2) 유모종자 : 화퇴 형성부터 자방의 표면에 육안으로 확인이 가능할 정도의 모용이 붙어 있다. 개화 후 수정되면 꽃잎이 떨어지고 3~4일경부터 과피에 붙어있는 모용의 신장으로 수정 확인을 알 수 있다. 그 후 모용, 과피, 종피, 배유의 정상적인 발육으로 결실된 종자모습을 유모로 표현하였다.
- (3) 무모종자 : 유모종자와 육안으로 비교해보면 화퇴 형성부터 자방의 표면에 붙어있는 모용이 없거나 짧으며 정상적인 수정이 완료된 후에도 과피에 붙어있는 모용이 퇴화하거나 자방의 표면에 붙어있는 모용이 퇴화하거나 신장되지 않고 과피, 종피, 배유만 정상적인 발육으로 결실된 종자모습을 무모로 표현하였다 (그림 97).

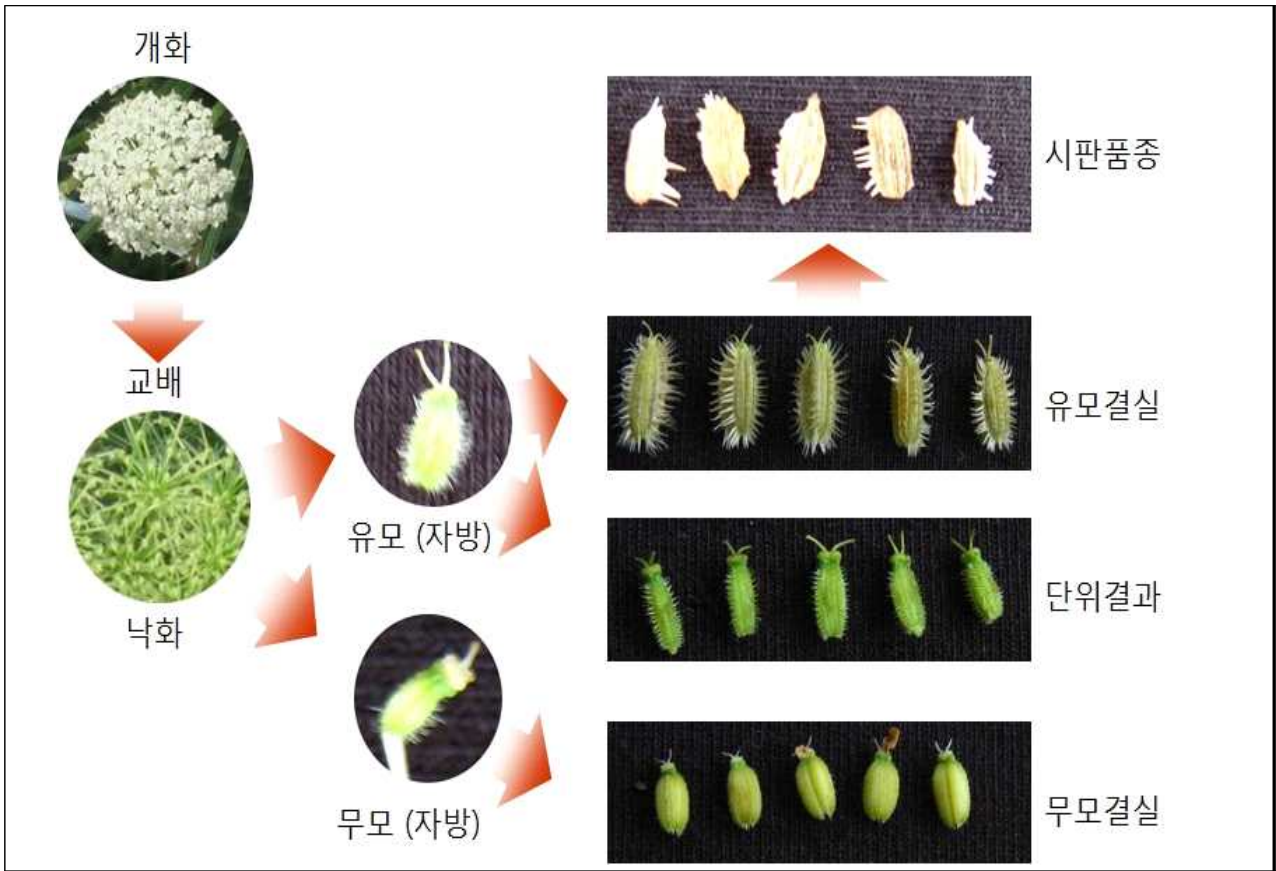


그림 97. 개화 · 수정 · 단위결과 · 유모 · 무모 결실 비교도표

(4) 비립종 : 수정 후 모용, 종피 · 배유가 발육 되지 않은 껍질모습을 비립종으로 표현하였다 (그림 98).

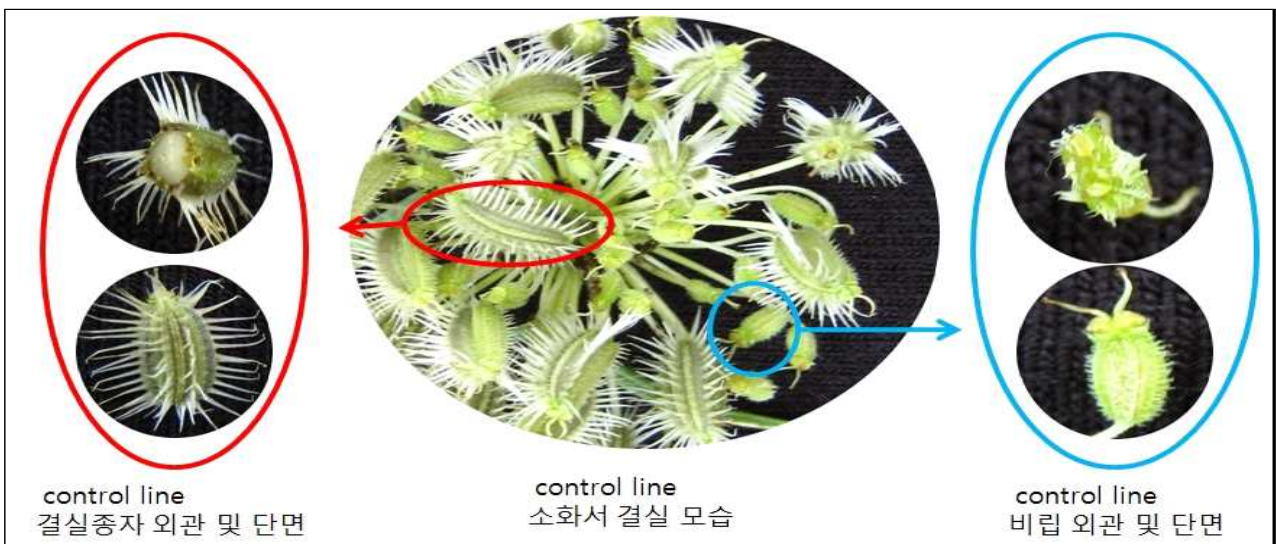


그림 98. Control line 소화서의 결실종자와 비립 종자의 모용 및 단면비교

(5) 단위결과 : 수정 후 모용, 과피, 종피는 어느 정도 신장되지만 배유형성이 되지 않은 종자모습을 단위결과로 표현하였다 (그림 99).

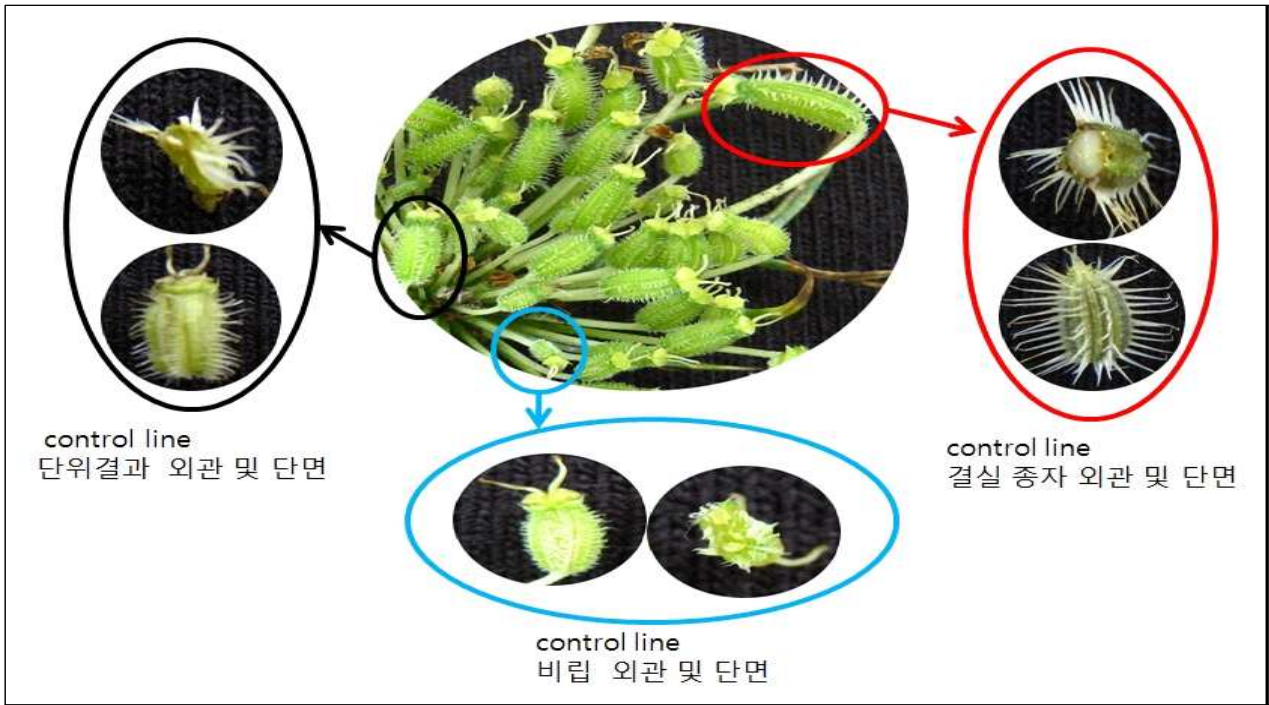


그림 99. Control line 소화서의 결실종자, 단위결과와 비립 모용 및 단면비교

(6) 무모종자 : 수정 후 자방의 모용이 퇴화하거나 신장 정지 후 과피, 종피, 배유만 정상적인 발육으로 결실된 종자모습을 무모로 표현하였다 (그림 100).

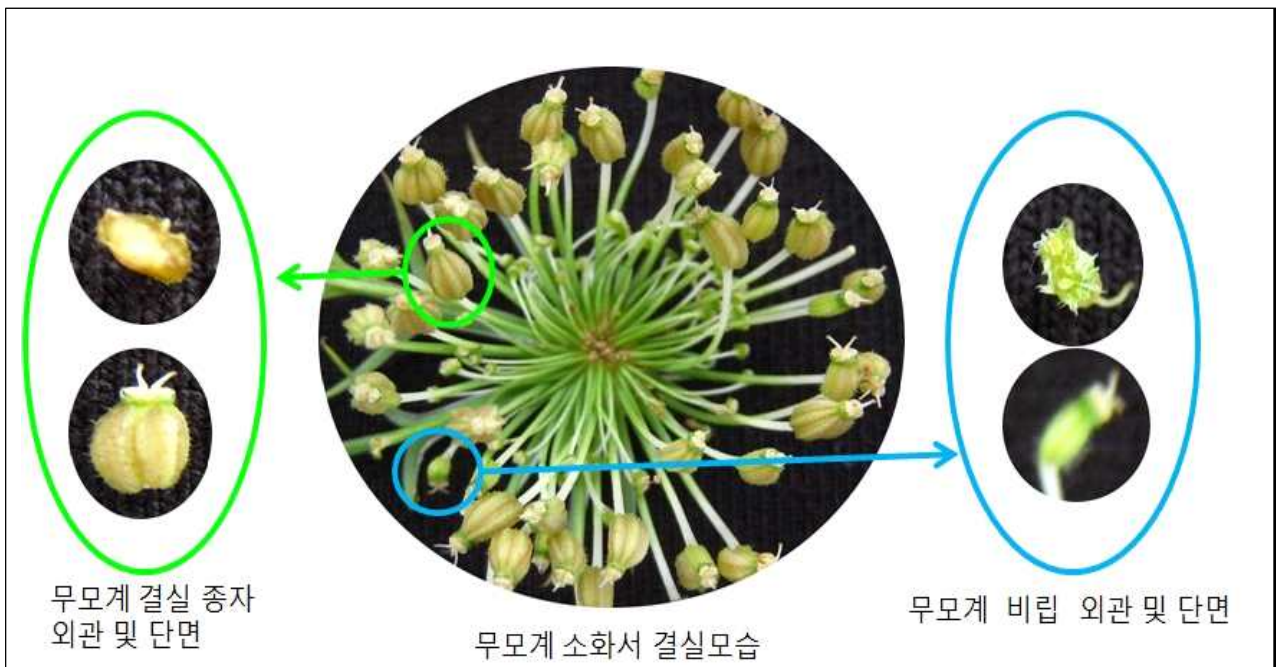


그림 100. 무모계 소화서의 결실종자와 비립 모용 및 단면비교

4. 4차년도 계통육성 및 교배

가. 목적

- (1) SMR 616OP-line selfing 종자 후대 표현형조사와 교배 육성을 통한 종자확보.
- (2) 유용 무모계는 분리 고정 작업을 진행하여 마커개발 및 품종개발에 활용함.
- (3) 저온기 비대형이며 근색의 착색이 잘되는 조생계 C-line 계통육성

나. 시험방법

구분	파종일	가식일	정식일	교배기간	모용조사	공시재료	비고
무모-line	11.08.10	11.10. 하순	12.03.01~05	6월	7월	2계통 460개체	안성, House
MS-line	11.08.25	11.10. 하순	12.03.01~05	6월	7월	2계통	안성, House
C-line	10.08.25	-	12.03.01~05	6월	7월	14계통	안성, House

(1) 무모 • MS-line 육성

무모line과 웅성불임계는 육묘상자에 상토를 10cm 두께로 준비하여 2011년 8월10일 파종하여 20일경 본엽 출현 시기에 16구 연결 Pot에 가식하고 10월 하순 준비된 시설에 정식하여 보온관리로 월동재배를 하였다.

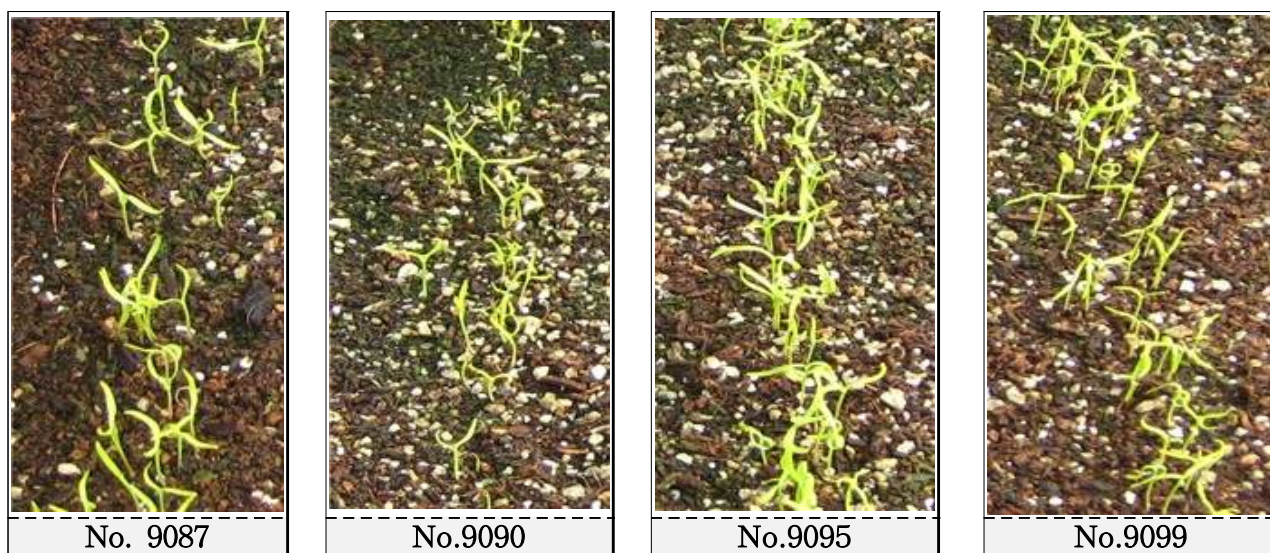


그림 101. 2013년도 무모 • MS-line 육묘모습



No. 9100



No. 9101



No. 9104



No. 9105



No. 9107



No. 9108



No. 9110



No. 9114



No. 9115



No. 9117



No. 9119



No. 9123

그림 101. 계속



No. 9127



No. 9129



No. 9140



No. 9142



No. 9145



No. 9146



No. 9153



No. 9156



No. 9163



No. 9182



No. 7208



C-line 직파재배

그림 101. 계속

(2) C- line 육성

2009년부터 2012년까지 유전자원에서 선발된 중국 유래계 8계통은 Nantes-type이며 저온기 비대가 잘되는 조생계를 선발하고 인도 유래계 6계통은 Deci Red-type으로 근색이 붉은색으로 착색이 잘되는 장형계를 선발하였다 (그림 102).



인도 Deci Red 수확모습



인도재배전경



Deci Red 세척 후 모습



Deci Red-type 근형모습

그림 102. 중국, 인도유래 Deci-Red 근형 모습 및 재배전경



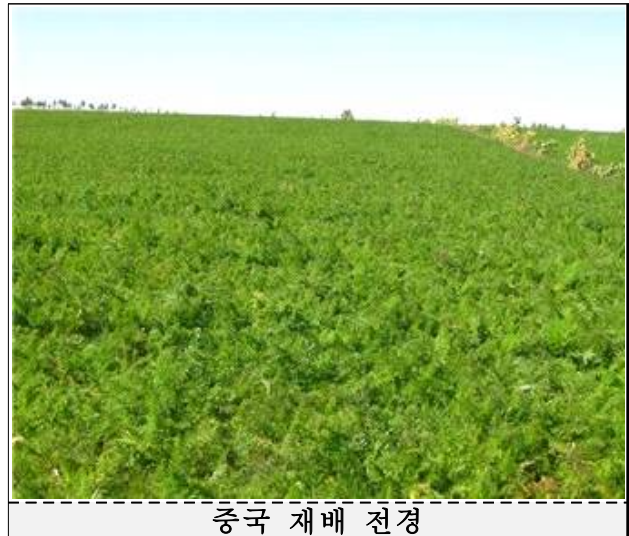
Deci Red 출하모습



Deci Red 진열모습



중국 유래종



중국 재배 전경

그림 102. 계속

(3) 정 식

정식구 포장준비는 계분발효퇴비(480kg/10a) + 원예용 복합 특호비료 N-P-K-고토-붕사(10-11-12-2-0.3) 60kg/10a + 석회(60kg/10a), + 토양살충제 모캡(6kg/10a)을 살포하고, 경운작업 후 폭 110cm 정식구를 준비하여 검정색비닐 0.03cm × 140cm × 200cm의 규격비닐로 멀칭 하여 정식구를 준비하고 선발된 모본은 줄기부분을 3cm 정도 남기고 자른 다음 아미스타 + 일품 1,000배액에 30분 침지 소독하여 주간거리 40cm × 35cm 간격으로 선발된 개체별로 배치와 정식을 하였다. 정식 후 7일경부터 모본이 활착되어 지주를 설치하였다 (그림 103).



정 식



활 착

그림 103. 모본 정식, 활착 모습

(4) 개화조사 및 임성조사

모본활착 후 활력을 촉진시키기 위해 복합 영양제 2호를 1,000배액을 7일 간격으로 3회 엽면 살포하였다. 진딧물, 응애, 흰가루병 방제로 4월 상순 코니도 + 살비왕 + 웨나리 1,000배액을 7일 간격으로 2회 살포하였다. 5월 하순부터 개화가 시작되었다. 개화조사는 5일 간격으로 주간화서의 개화일을 3회 조사 하였고 임성 조사는 불임, 가임으로 구분하여 조사를 하였다 (그림 104, 105).



불임계



가임계

그림 104. 응성불임계 · 가임계 화서모습



추 대



개 화

그림 105. 추대 · 개화 모습

(5) 교 배

당근은 응화가 노화된 후 암술이 돌출되는 응예선숙 작물로 주간화서, 1차 측지, 2차 측지의 동일한 개체에서 selfing 교배로 자식종자 확보가 어려움으로 교배시점 조절에 적절한 조치가 필요하였다. 교배는 시설내의 온도상승을 억제하기 위해 75% × 2.4m 차광망을 설치하고, 순수계통유지를 위한 교배방법으로 주간화서의 개화 시 소형 cage와 매개충을 이용하여 4~5일간 제웅을 실시하고, 암술이 돌출된 후 주두모양이 V자로 벌어지는 시점에 동일개체의 1차~2차 측지의 화지를 절단하여 물병에 꽂아 교배시기를 조절하여 매개충을 이용한 selfing 교배를 하였다. 응성불임계 교배는 주두의 적정시점에 유지친의 화지를 절단하고 물병을 이용하여 소형 cage로 격리하여 교배하였다. C-line은 F₂세대부터 구조물설치로 격리하여 매개충을 투입하여 sib cross로 교배하였다. 무모 line 교배 확인은 꽃잎이 떨어지고 주두에 분비물이 발생되지 않는 것으로, control line과 C-line은 자방의 과피에 모용이 자라는 조사로 교배됨을 확인하였다 (그림 106, 107, 108).



암술



수술

그림 106. 암술 · 수술 모습



Cage교배



구조물설치 교배

그림 107. 교배 모습

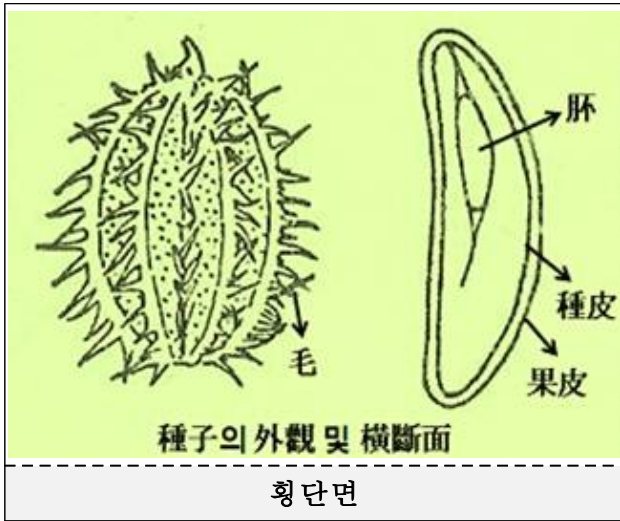


그림 108. 당근종자의 횡단, 종단면 구조명칭

(6) 모형조사 및 종자크기 조사

2012년 7월 상순부터 교배가 완료된 개체별로 모형의 길이가 -1(무모), 1(짧다), 3(중간), 5(길다)로 육안으로 구분 하였고, 종자의 크기는 예취시기에 1(작다), 3(중간), 5(크다) 로 육안조사 하였다 (그림 109).

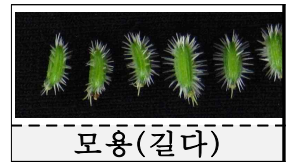
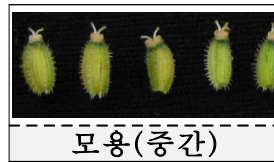
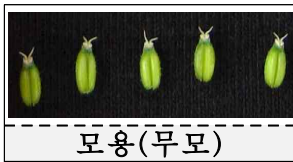


그림 109. 모형 구분

(7) 종자 확보

교배 완료 후 응애, 흰가루병 방제로 살비왕 + 섹큐어 + 흰가루병 + 웨나리 1,000배액을 7일 간격으로 3회 약제를 살포하였다. 2012년 7월 중순부터 종피색이 갈색으로 70% 이상 착색되는 화지를 개체별로 절단하여 양파망에 예취하여 등숙과 건조가 완료된 계통부터 탈중하여 정선 과정을 거쳐 종자를 확보 하였다 (그림 110).



교 배



결 실



건 조



탈 종

그림 110. 교배 · 결실 · 건조 · 탈종모습

다. 결 과

(1) 결과 - 1

- (가) CT-SMR 616OP-389-1-1line에서 No. 7021, 7029, 7042은 3차년도 단모로 표현된 계통이며 selfing 세대의 전체 48개체에서 단모로 표현되어 단모고정을 확인하였고, No. 7049, 7051은 3차년도 무모로 표현된 계통으로 selfing 세대의 전체 10개체에서 무모로 표현되어 무모로 고정된 계통임을 확인하였다.
- (나) CT-SMR 616OP-389-1-2 line에서 No. 7065, 7075은 3차년도 단모로 표현된 계통이며 selfing 세대의 전체 10개체에 단모형 으로 표현되어 단모로 고정된 계통임을 확인하였다.
- (다) CT-SMR 616OP-389-1-3 line에서 No. 7100은 전년도 단모로 표현된 계통이며 selfing 세대의 전체 9개체에서 단모로 표현되어 단모고정을 확인하였고 No. 7099, 7111, 7114, 7116, 7118, 7127, 7136은 3차년도 무모로 표현된 계통으로 selfing 세대의 전체 53개체에서 무모로 표현되어 무모로 고정된 계통임을 확인하였다. 차년도 시험에서는 selfing과 sibing으로 교배하여 세대진전으로 조합 활용과 원원종을 확보하였다.
- (라) CT-SMR 616OP389-⊗-1-3 line에서 No.7140, 7148은 3차년도 단모로 표현된 계통이며 selfing 세대의 전체 15개체에서 단모로 표현되어 단모고정이 확인되었고 No. 7147, 7150, 7155, 7159은 3차년도 무모로 표현된 계통으로 selfing 세대의 전체 19개체에서 무모로 표현되어 무모로 고정된 계통임을 확인하였다. 주요특성은 비대가 빠

르며 초세가 강하고 화서의 크기가 큰 line임을 확인하여 selfing세대로 종자를 확보하였다. 차년도 시험은 무모 표현형 및 종자 생산력을 검정하고 조합작성으로 성능평가를 실시하였다.

- (마) CT-ATR 615OP-394-6-35 line에서 No. 7194, 7197, 7200은 3차년도 단모로 표현된 계통이며 selfing 세대의 전체 116개체에서 단모로 표현되어 단모고정이 확인되었다. 세대진전에 따른 약세 현상이 뚜렷하게 나타나므로 품종개발의 재료로는 부적합한 것으로 판단된다.
- (바) CT-SMR 616OP-CK33-14-7에서 No. 7208은 전체개체에서 전년도의 시험결과와 동일한 유모형으로 표현되었다. 차년도 control line으로 활용하였다.
- (사) No.7001 CT-SMR 616-1MS line은 당사의 기 보유 웅성불임성인 유모형 MS-line을 불임친으로 CT-SMR 616OP-389-1-3 line 무모계를 유지친으로 이용하여 여교잡으로 핵치환 하여 세대를 진전하면서 모형조사를 실시하였다. BC 2세대진전까지는 전체개체에서 단모, 중모로 표현되었으나 BC₃세대의 식물체에서 무모형의 개체가 출현하였다. 분리양상은 무모5, 단모10로 분리되었다. 물병 + cage를 이용한 교배로 BC₄ 세대의 확보된 종자는 차년도 분리비 조사 및 여교잡으로 세대를 진전하였다.
- (아) 제주선발 No. 7001 SMR 616OP-1 MS-line과 No. 201 CT-CH09-491OP (F₄)계통은 성능이 우수한 계통임을 확인하였다. 선발된 양친은 원원종 증식 및 시험채종에 활용하였다 (그림 111, 112, 113, 114, 115, 116).



CT-SMR 616OP-389-1-1-8(1~25)



CT-SMR 616OP-389-1-1-19(1~13)



CT-SMR 616OP-389-1-1-32(1~13)



CT-SMR 616OP-389-1-1-41(1~15)

그림 111. CT-SMR 616OP-389 line 결실모습



No. 7051

CT-SMR 616OP-389-1-1-43(1~5)



No. 7065

CT-SMR 616OP-389-1-2-24(1~10)



No. 7075

CT-SMR 616OP-389-1-2-43(1~5)



No. 7099

CT-SMR 616OP-389-1-3-1(1~10)



No. 7100

CT-SMR 616OP-389-1-3-2(1~10)



No. 7111

CT-SMR 616OP-389-1-3-17(1~11)

그림 111. 계속



No. 7114

CT-SMR 616OP-389-1-3-21(1~10)



No. 7116

CT-SMR 616OP-389-1-3-23(1~10)



No. 7118

CT-SMR 616OP-389-1-3-26(1~10)



No. 7127

CT-SMR 616OP-389-1-3-40(1~5)



No. 7136

CT-SMR 616OP-389-1-3-54(1~5)



No. 7140

CT-SMR 616OP-389-⊗-1-3(1~10)

그림 111. 계속



No. 7147

CT-SMR 616OP389-⊗-14-1(1~10)



No. 7148

CT-SMR 616OP389-⊗-14-2(1~10)



No. 7150

CT-SMR 616OP389-⊗-14-4(1~10)



No. 7155

CT-SMR 616OP389-⊗-14-9(1~10)



No. 7159

CT-SMR 616OP389-⊗-14-13(1~54)



No. 7194

CT-ATR 615OP-394-5-35-2(1~15)

그림 112. SMR 616OP-389 line • ATR 615OP-394 line



No. 7197

CT-ATR 615OP-394-5-35-5(1~10)



No. 7200

CT-ATR 615OP-394-5-35-8(1~10)



No. 7208 (CK-line)

CT-SMR 616OP-CK33-14-7(1~13)



No. 7206 (CK-line)

CT-ATR 615OP-CK1-1-10(1~10)

그림 113. SMR 616OP-389 line • ATR 615OP-394 line, control line의 결실모습



No. 7001

CT-SMR 616-1MS line(BC₄)



No. 7001(무모형)

CT-SMR 616-1MS line(BC₄)

그림 114. SMR 616-1 MS-line BC₄세대 무모형 결실모습



No. 7001

CT-SMR 616-1MS line(BC₄)



No. 7001(단모형)

CT-SMR 616-1MS line(BC₄)

그림 115. SMR 616-1 MS-line BC₄세대 단모형 결실모습



CT-SMR 616OP -389-1-3 무모 line



CT-SMR 616OP -CK33-14-7 control line



CT-SMR 616-1 MS line 무모형 (BC₄)



CT-SMR 616-1 MS line 단모형 (BC₄)

그림 116. CT-SMR OP-616 무모·유모·MS 계통별 결실종자 비교모습

(2) 결과-2

(가) CT-SMR 616OP line

SMR 616OP line의 추대높이, 개화일, 모용을 번호별로 분석을 실시하였다 (표 26).

(나) No. 7021, No. 7029, No. 7042, No. 7049, No. 7051 (CT-SMR 616OP-389-1-1-8, -19, -32, -41, -43)

Selfing의 F₄세대 389-1-1의 개체에서 단모계로 선발 selfing으로 교배된 -8, -19, -32종자 3계통 51개체를 공시한 결과 3개체의 고사주를 제외하고 단모 48개체가 확인되었다. 전년도 무모계로 선발 selfing으로 교배된 -41, -43종자 2계통 30개체를 공시한 결과 1개체의 고사주를 제외하고 전체 29개체에서 무모계로 확인되었다. 종자모습은 그림 117로, 육성경과 도표는 그림 118으로 표현하였다.

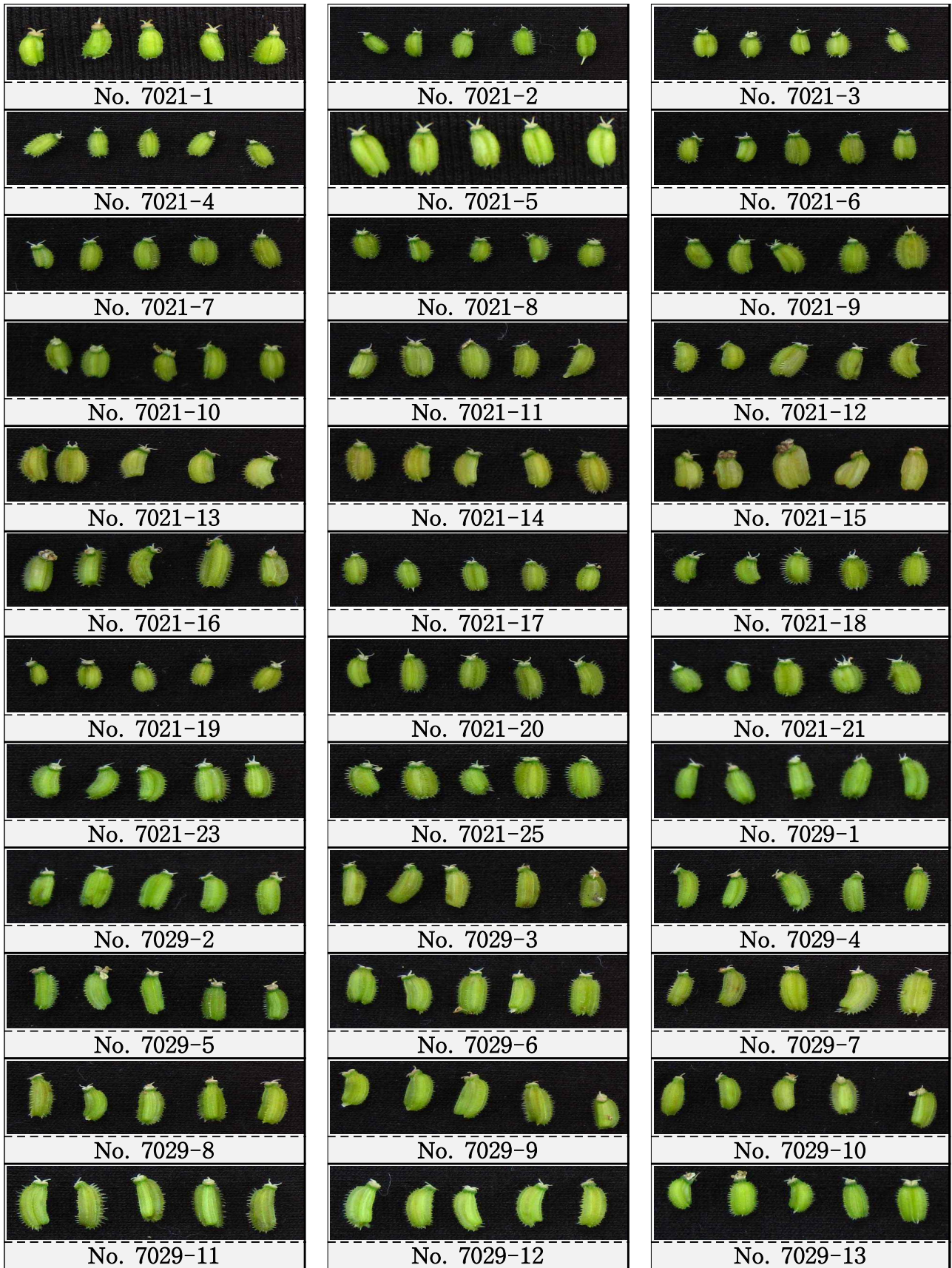


그림 117. CT-SMR 616 OP-389-1-1 종자모습

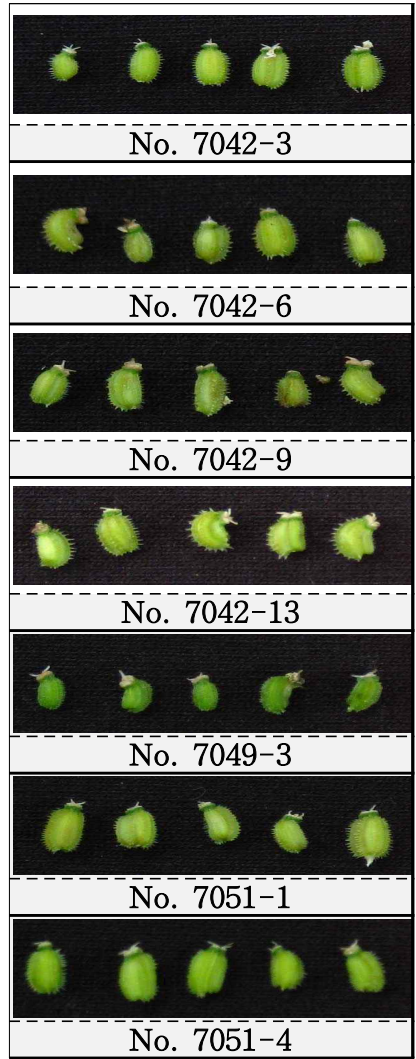
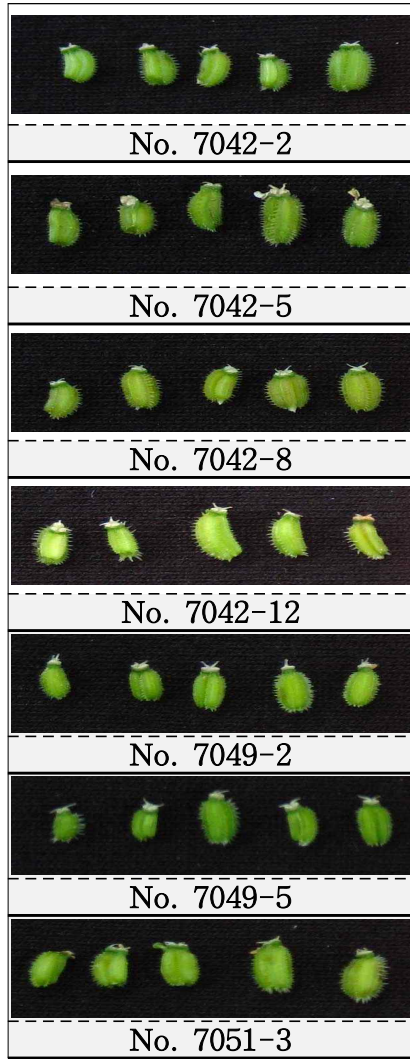
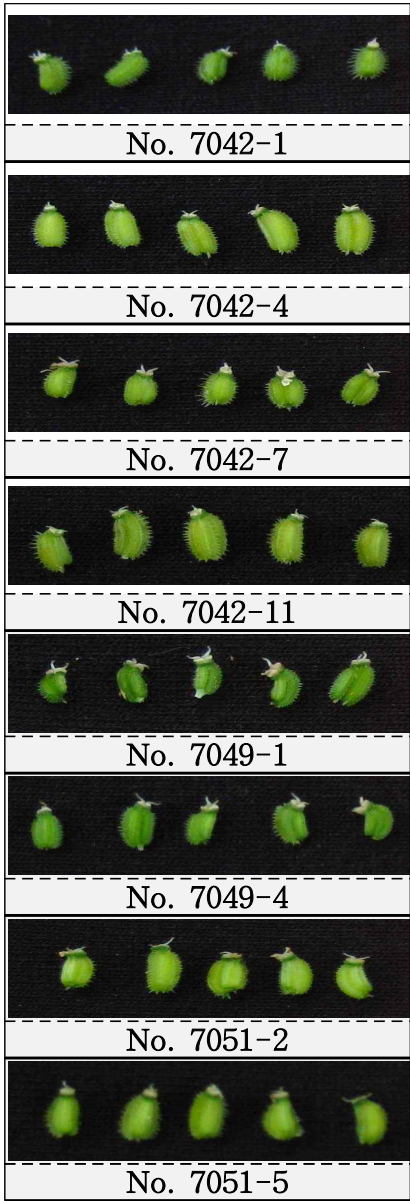


그림 117. 계속

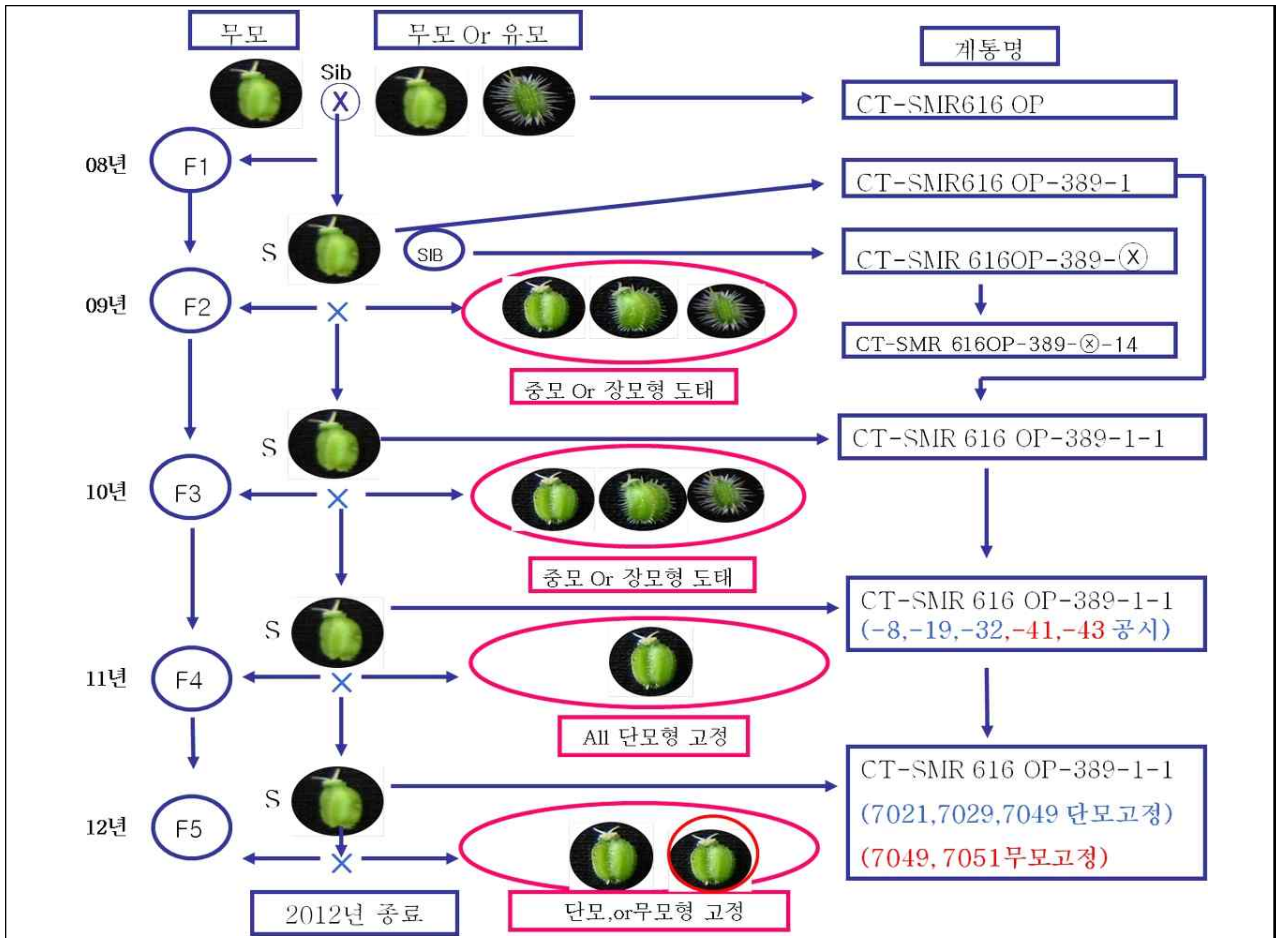


그림 118. CT-SMR 616 OP-389-1-1 line 육성 경과 도표

(3) 결과-3

(가) No. 7065, No. 7075, (CT-SMR 616 OP-389-1-2-14, -24)

F₄세대 개체에서 selfing의 F₄세대 389-1-2의 개체에서 단모계로 선발 selfing으로 교배된 종자 2계통 26개체를 공시한 결과 4개체의 고사주를 제외하고 단모형 22개체가 확인되었다. 종자모습은 그림 119, 육성경과 도표는 그림 120로 표현하였다.

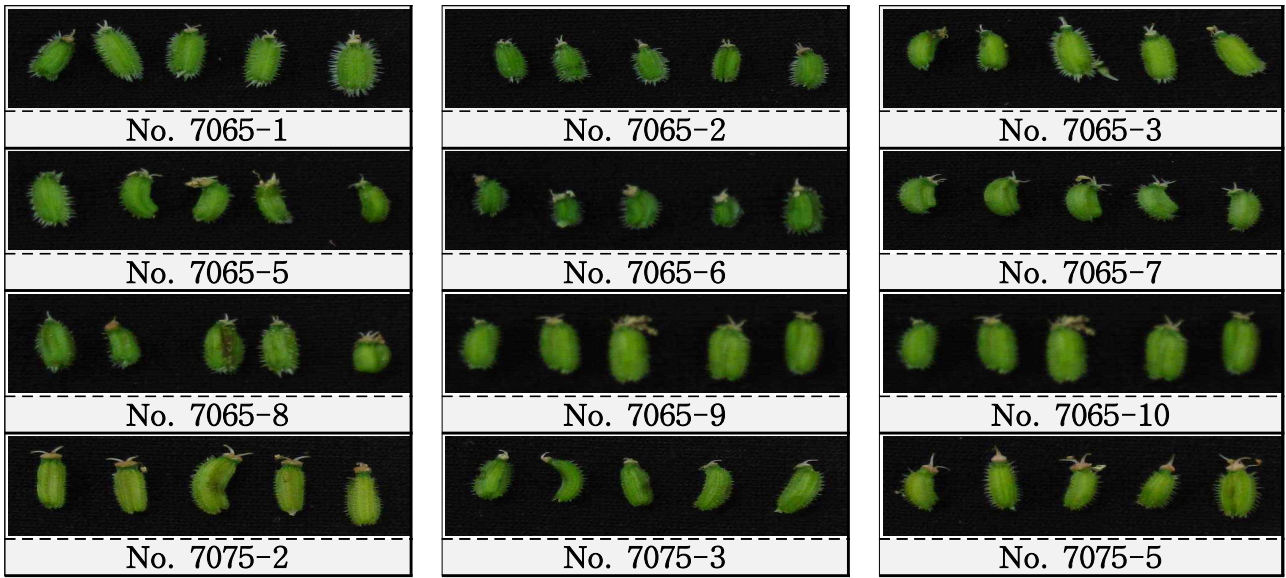


그림 119. CT-SMR 616 OP-389-1-2 종자모습

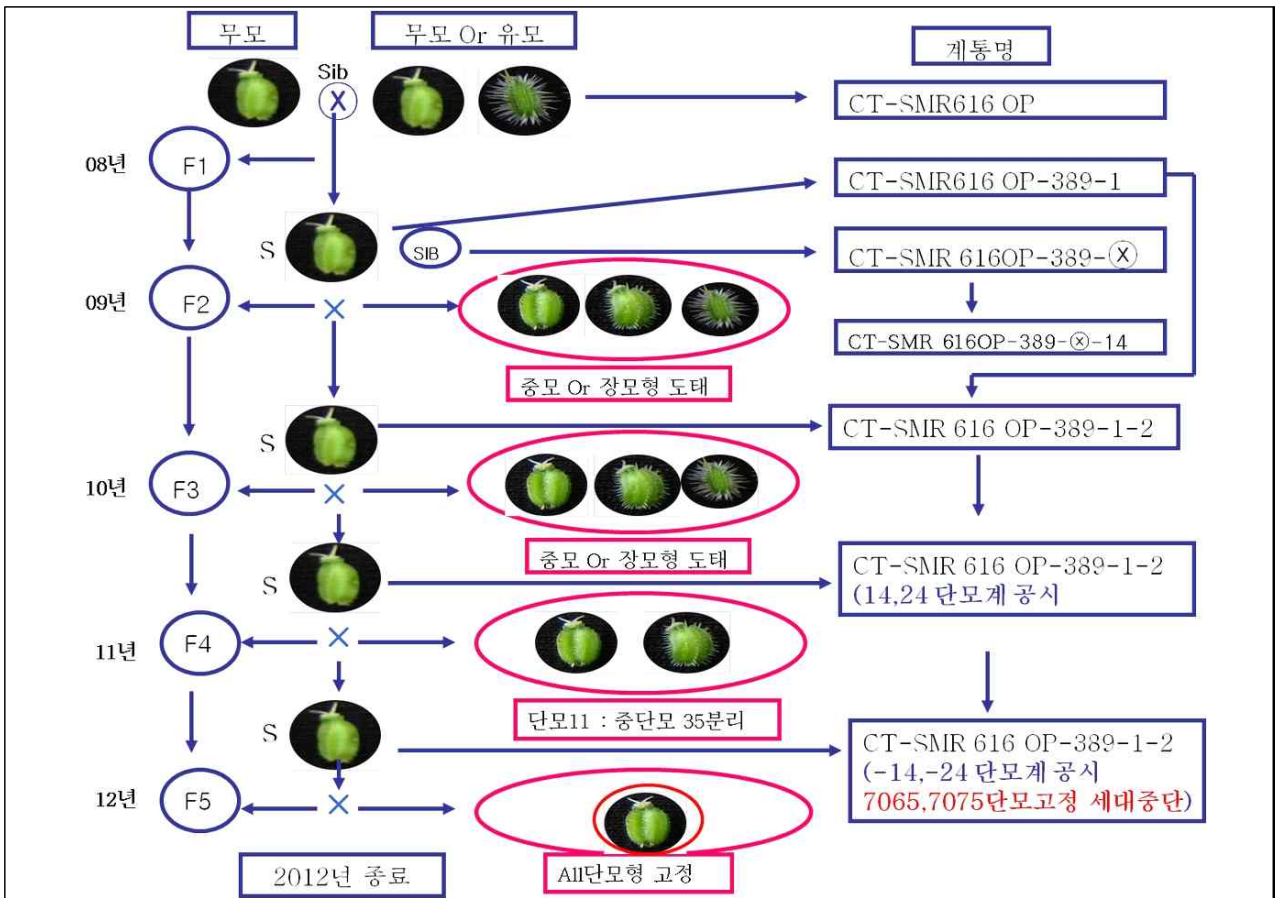


그림 120. CT-SMR 616 OP-389-1-2 line 육성 경과 도표

(4) 결과-4

(가) No. 7100 (CT-SMR 616 OP-389-1-3-2)

Selfing의 F₄세대 389-1-3의 개체에서 단모계로 선발 selfing으로 교배된 종자 10개체를 공시한 결과 1개체의 고사주를 제외하고 단모형 9개체가 확인되었다.

(나) No. 7111, 7114, 7116, 7118, 7127, 7136 (CT-SMR 616 OP-389-1-3-1, 17-21, -23, -26, -40, -54)

Selfing의 F₄세대 389-1-3의 개체에서 무모계로 선발 selfing으로 교배된 종자 6계통 81개체를 공시한 결과 17개체의 고사주를 제외하고 무모형 개체가 확인되었다. 종자 모습은 그림 121로, 육성경과 도표는 그림 122로 표현하였다.

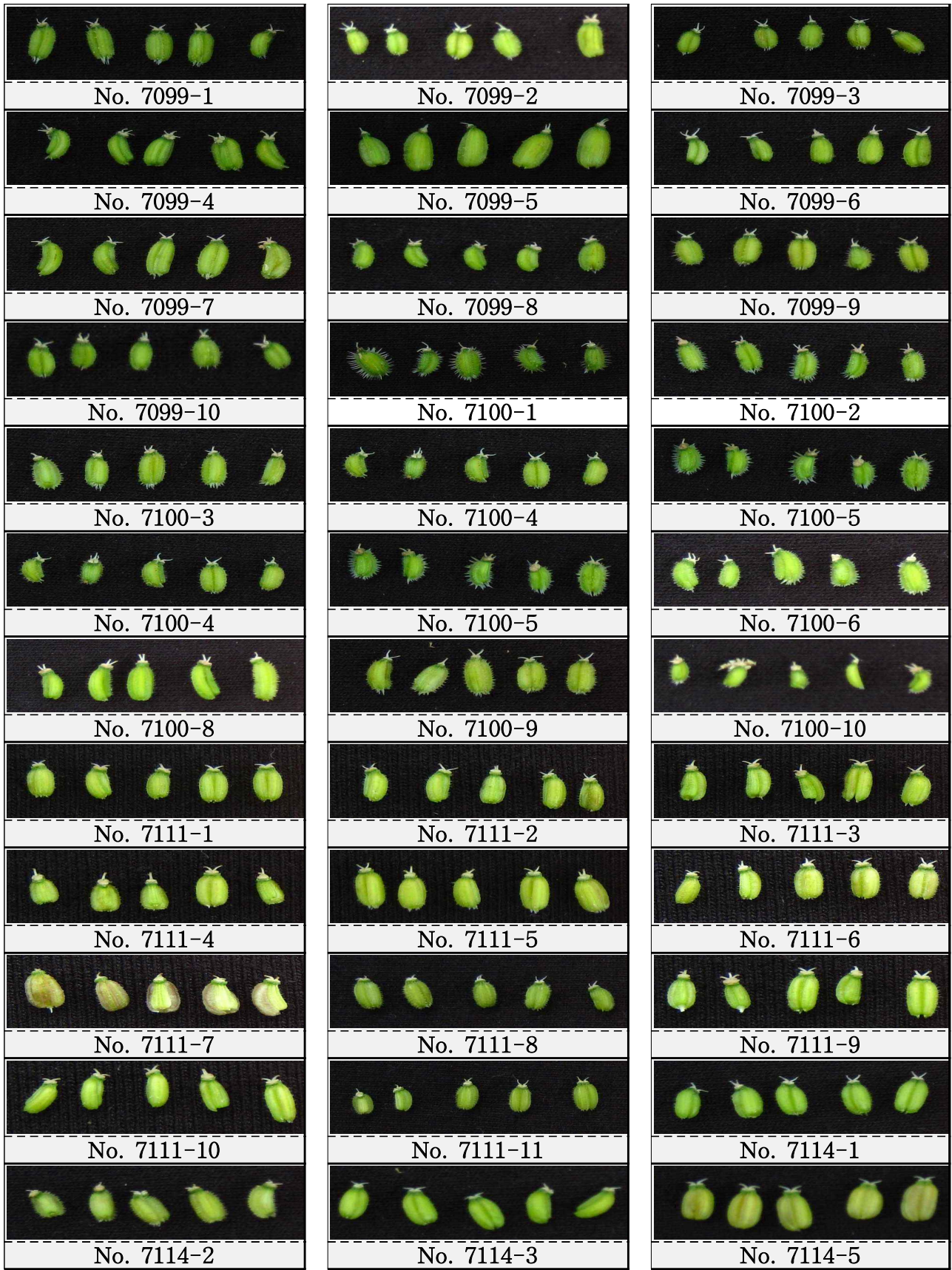


그림 121. CT-SMR 616OP-389-1-3 종자모습

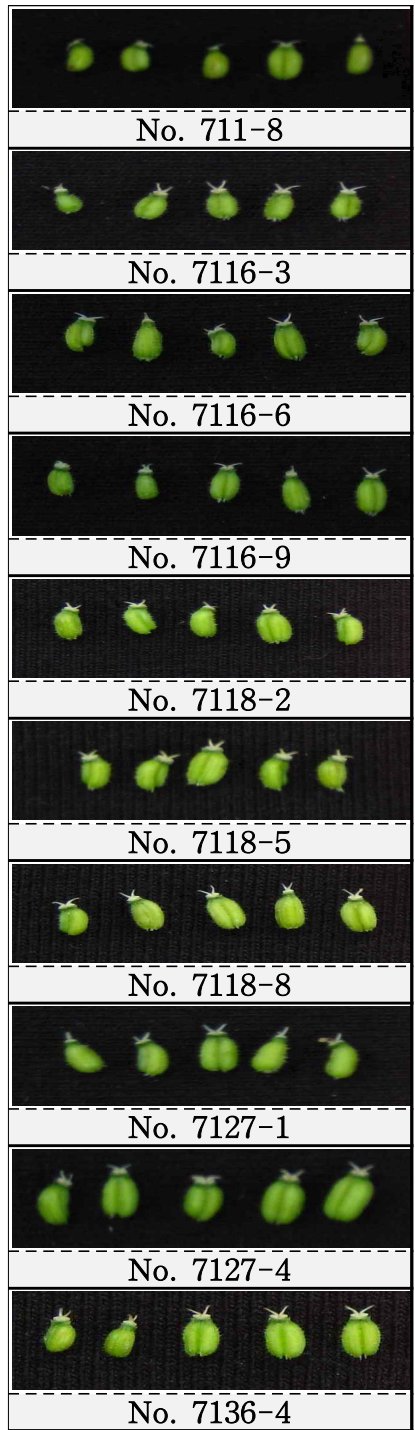


그림 121. 계속

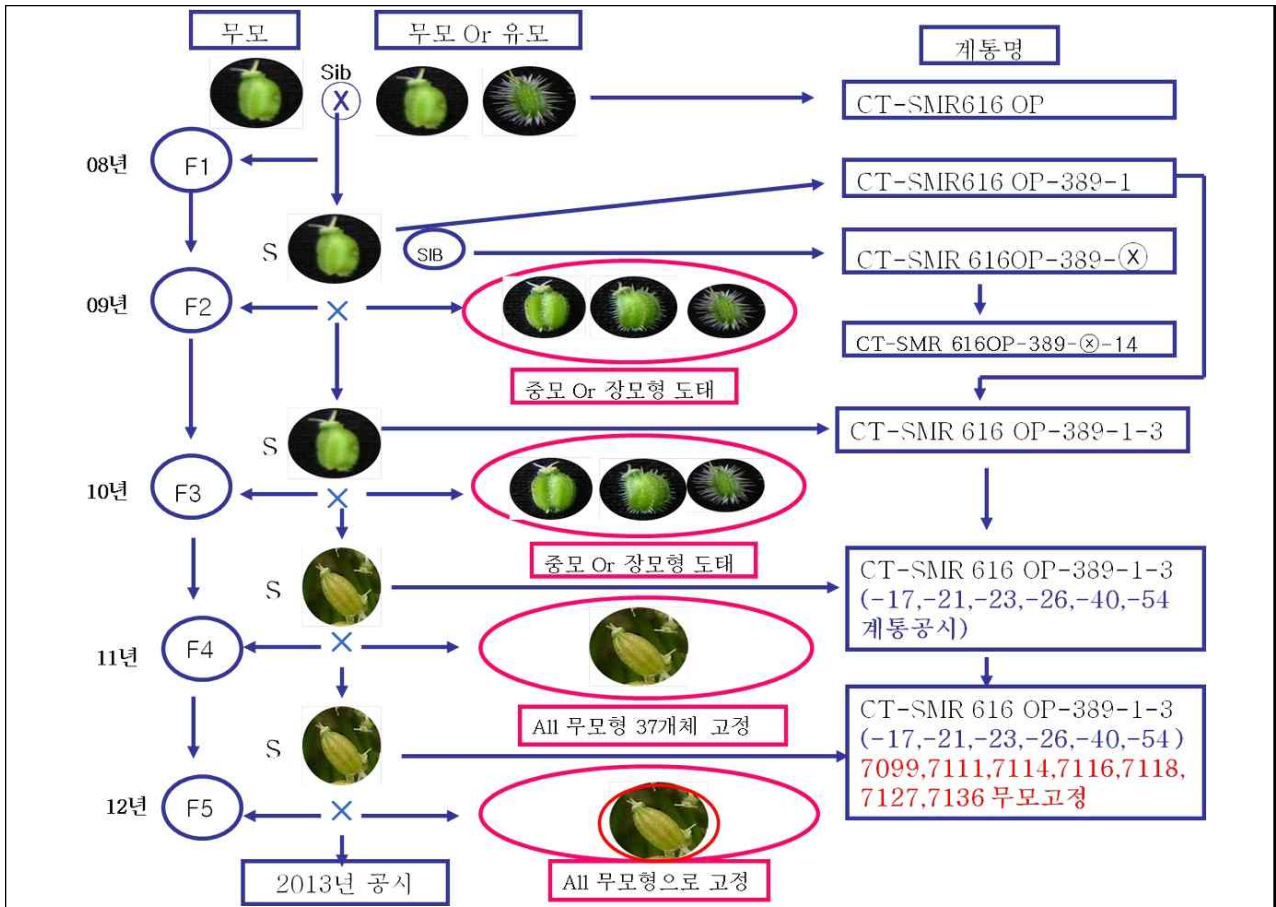


그림 122. CT-SMR616OP-389-1-3 line 육성 경과 도표

(5) 결과-5

(가) No.7140 No.7148 (CT-SMR 616OP-389-⊗-14-2, -3)

Selfing의 F4세대 389-⊗-14의 개체에서 단모계로 선발 selfing으로 교배된 종자 2계통 20개체를 공시한 결과 3개체의 고사주를 제외하고 단모형 17개체가 확인되었다.

(나) No.7147, No.7150, No.7155, No.7159 (CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1, -4, -9, -13)

Selfing의 F4세대 389-⊗-14의 개체에서 무모계로 선발 selfing으로 교배된 종자 4계통 40개체를 공시한 결과 17개체의 고사주를 제외하고 무모형 23개체가 확인되었다. 종자모습은 그림 123으로, 육성경과 도표는 그림 124로 표현하였다.

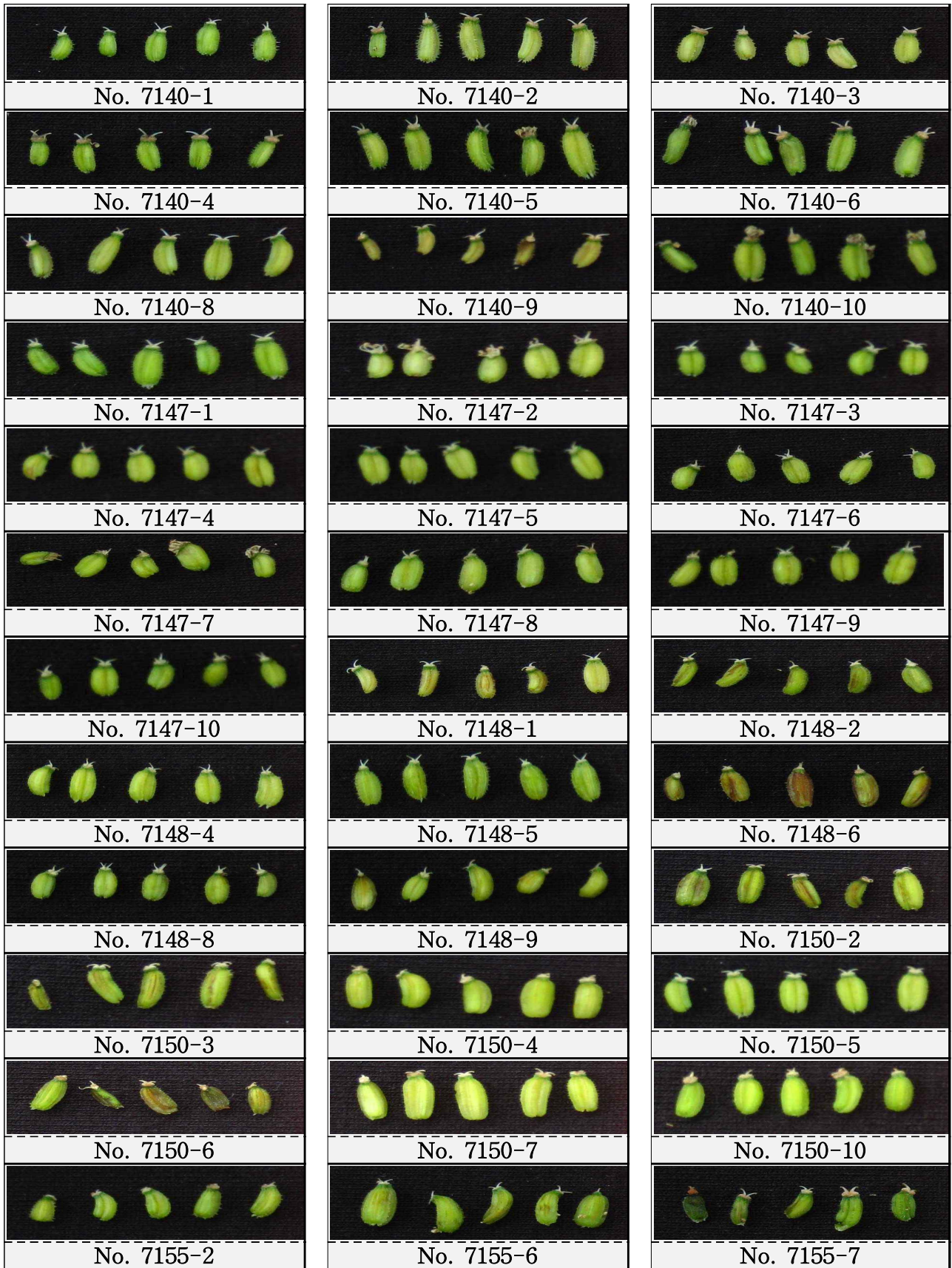


그림 123. CT-SMR 616OP-389-⊗-14 종자모습



그림 123. 계속

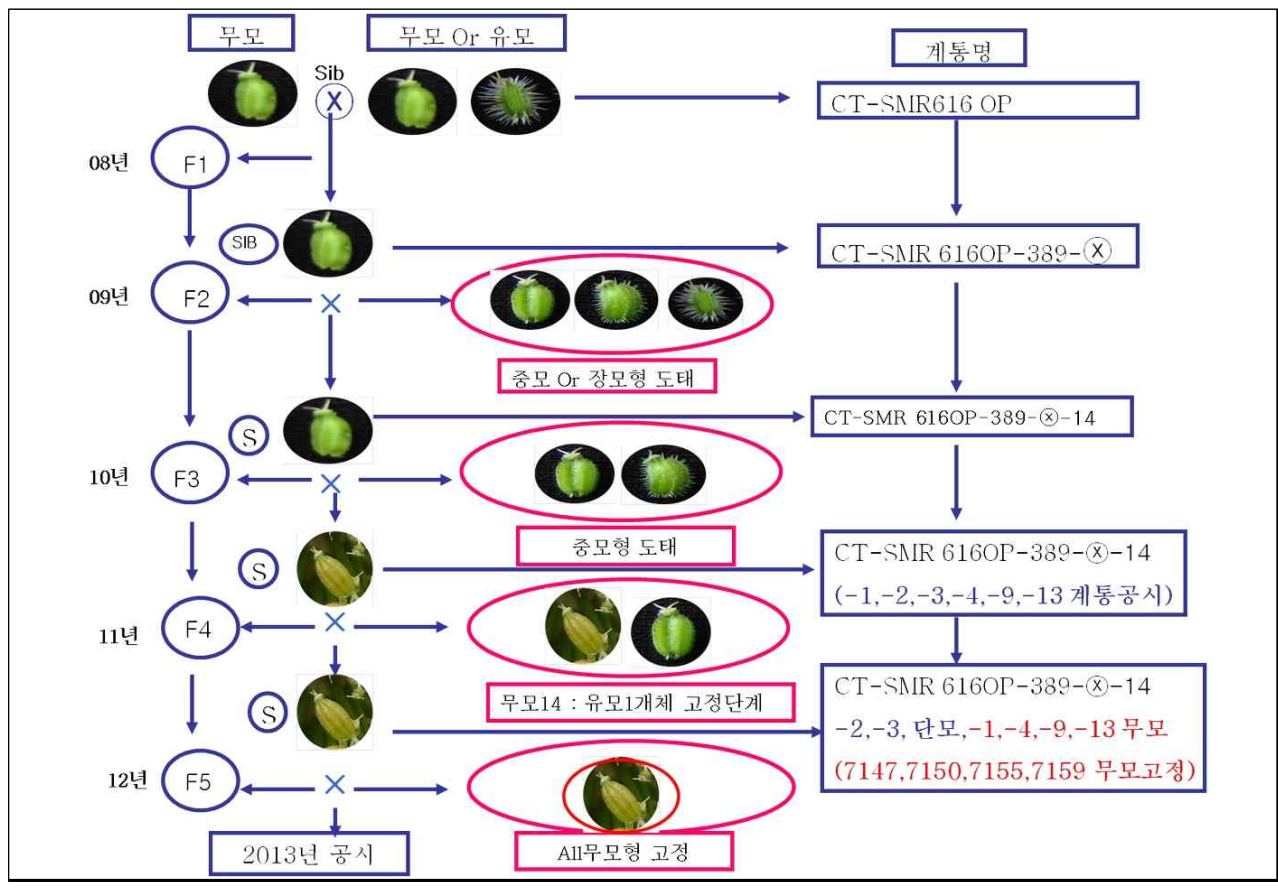


그림 124. CT-SMR 616OP-389-⊗-14 line 육성경과도표

(6) 결과-6

(가) No.7208(CT-SMR 616OP-CK33-14-7)

Control line으로 유모 10개체를 공시하여 전체개체에서 유모의 표현을 나타냈으며, 그 중 -5 개체를 control line 개체로 선발하였다. Control line의 종자모습은 그림 125로, 육성 경과 도표는 그림 126로 표현하였다.



그림 125. CT-SMR 616OP-CK33-14-7 종자모습

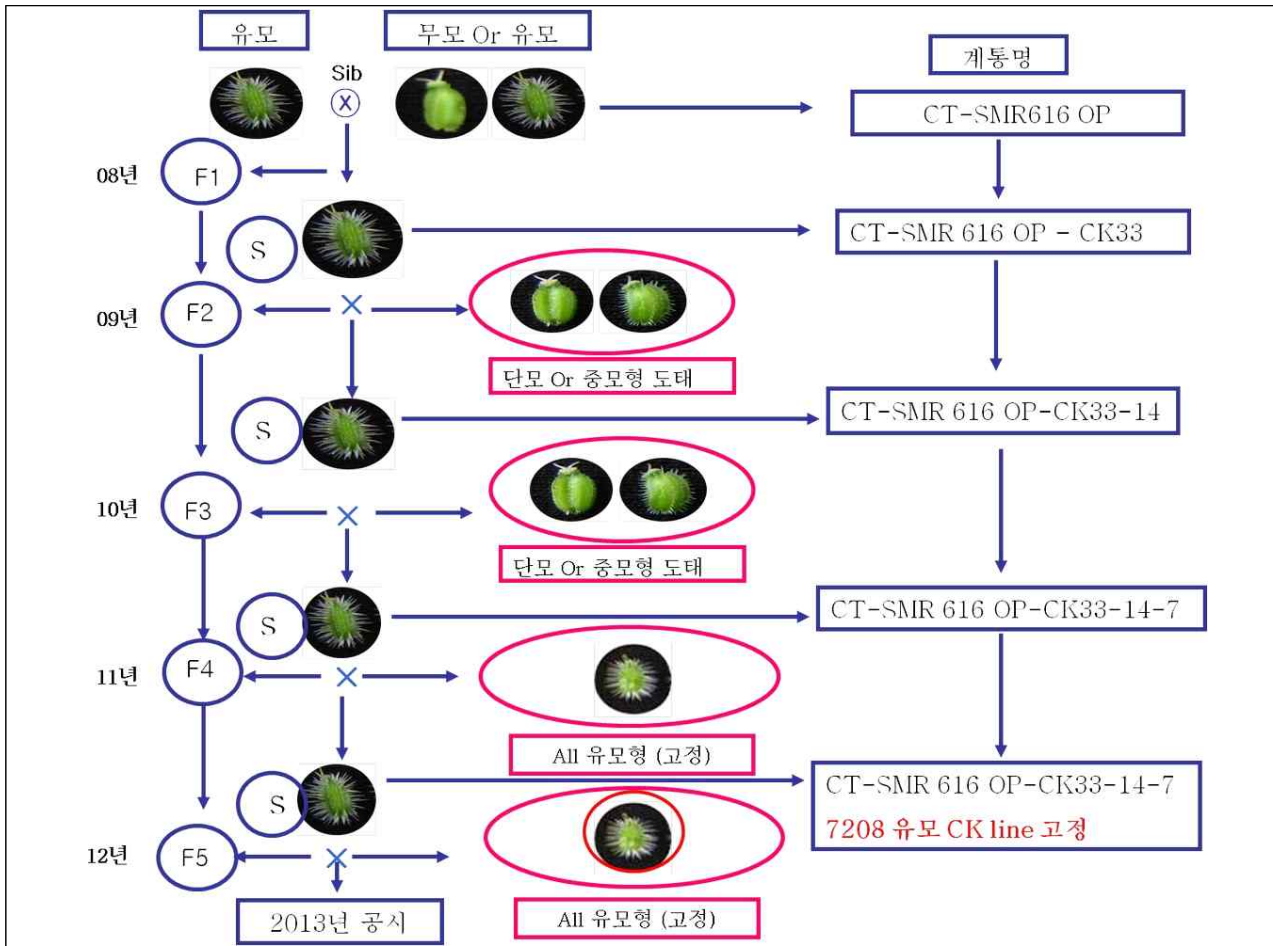


그림 126. CT-SMR 616OP-CK33-14-7 control line 육성 경과 도표

(7) 결과-7

(가) No.7001 SMR G616 MS line

MS line SMR 616-6 MS line(BC₄)은 15개체를 공시하여 BC₃세대의 분리개체에서 처음으로 무모형 5개체가 표현되었고 단모형 15개체로 분리하였다. 차년도 시험은 여교잡으로 세대를 진전하여 종자확보와 모용조사를 진행할 예정이다. 음성불임의 핵치환작출 및 F₁ 생산도는 그림 127로 표현)

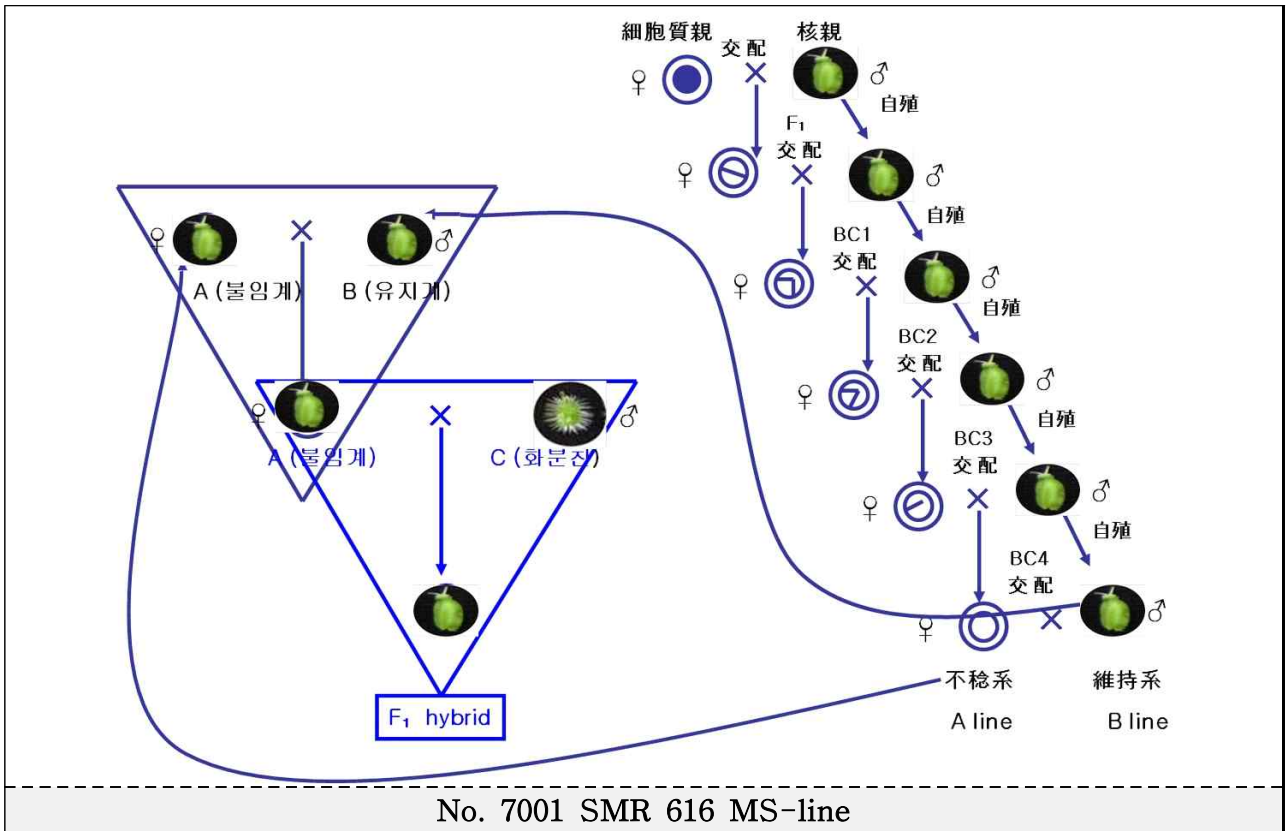


그림 127. 核置換 雌性不妊의 作出 및 F₁생산도(BC₄)

표 26. 2012 SMR 616OP line 주요 특성표

조사번호	계통명	추대장 (cm)	추대일	개화일	종자크기	모용	임성	비고
7001-1	SMR 616OP-1-1 (BC4)	112	04월 20일	05월 28일	3	1	MS	
7001-2	SMR G616-1-2 (BC4)	121	04월 20일	05월 28일	3	1	MS	
7001-3	SMR G616-1-3 (BC4)	122	04월 20일	05월 28일	3	1	MS	
7001-4	SMR G616-1-4 (BC4)	126	04월 20일	05월 28일	3	1	MS	
7001-5	SMR G616-1-5 (BC4)	125	04월 20일	05월 28일	3	1	MS	
7021-1	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-1	112	04월 20일	06월 03일	4	1	가임	
7021-2	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-2	106	04월 20일	06월 07일	3	1	가임	
7021-3	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-3	94	04월 23일	06월 06일	3	1	가임	
7021-4	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-4	95	04월 23일	06월 08일	3	1	가임	
7021-5	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-5	104	04월 20일	06월 03일	3	1	가임	
7021-6	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-6	102	04월 23일	06월 03일	3	1	가임	
7021-7	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-7	101	04월 23일	06월 03일	4	1	가임	
7021-8	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-8	105	04월 23일	06월 03일	2	1	가임	
7021-9	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-9	106	04월 23일	06월 03일	4	1	가임	
7021-10	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-10	106	04월 20일	06월 03일	4	1	가임	
7021-11	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-11	100	04월 20일	06월 03일	5	1	가임	
7021-12	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-12	96	04월 20일	06월 03일	3	1	가임	
7021-13	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-13	88	04월 20일	06월 03일	5	1	가임	
7021-14	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-14	85	04월 23일	06월 03일	5	1	가임	
7021-16	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-16	98	04월 23일	06월 03일	5	1	가임	
7021-17	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-17	73	04월 20일	06월 03일	3	1	가임	
7021-18	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-18	105	04월 23일	06월 03일	4	1	가임	

표 26. 계속

조사번호	계통명	추대장 (cm)	추대일	개화일	종자크기	모용	임성	비고
7021-19	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-19	83	04월 23일	06월 07일	3	1	가임	
7021-20	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-20	108	04월 23일	06월 03일	4	1	가임	
7021-21	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-21	104	04월 23일	06월 03일	4	1	가임	
7021-23	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-23	106	04월 23일	06월 03일	4	1	가임	
7021-25	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-25	112	04월 23일	06월 03일	5	1	가임	
7029-1	CT-SMR 616OP-389-1-1-19-1	117	04월 20일	06월 06일	4	1	가임	
7029-2	CT-SMR 616OP-389-1-1-19-2	110	04월 20일	06월 06일	5	1	가임	
7029-4	CT-SMR 616OP-389-1-1-19-4	106	04월 18일	06월 11일	4	1	가임	
7029-6	CT-SMR 616OP-389-1-1-19-6	98	04월 20일	06월 10일	5	1	가임	
7029-9	CT-SMR 616OP-389-1-1-19-9	106	04월 20일	06월 10일	5	1	가임	
7029-10	CT-SMR 616OP-389-1-1-19-10	105	04월 20일	06월 03일	3	1	가임	
7029-11	CT-SMR 616OP-389-1-1-19-11	112	04월 20일	06월 03일	5	1	가임	
7029-12	CT-SMR 616OP-389-1-1-19-12	108	04월 20일	06월 06일	5	1	가임	
7029-13	CT-SMR 616OP-389-1-1-19-13	103	04월 23일	06월 10일	4	1	가임	
7042-1	CT-SMR 616OP-389-1-1-32-1	112	04월 23일	06월 10일	2	1	가임	
7042-2	CT-SMR 616OP-389-1-1-32-2	106	04월 23일	06월 10일	3	1	가임	
7042-3	CT-SMR 616OP-389-1-1-32-3	102	04월 23일	06월 10일	3	1	가임	
7042-4	CT-SMR 616OP-389-1-1-32-4	96	04월 23일	06월 10일	3	1	가임	
7042-5	CT-SMR 616OP-389-1-1-32-5	99	04월 23일	06월 10일	4	1	가임	
7042-6	CT-SMR 616OP-389-1-1-32-6	93	04월 23일	06월 10일	3	1	가임	
7042-7	CT-SMR 616OP-389-1-1-32-7	91	04월 23일	06월 10일	2	1	가임	
7042-8	CT-SMR 616OP-389-1-1-32-8	92	04월 23일	06월 07일	3	1	가임	
7042-11	CT-SMR 616OP-389-1-1-32-11	101	04월 20일	06월 10일	3	1	가임	
7042-12	CT-SMR 616OP-389-1-1-32-12	104	04월 23일	06월 10일	3	1	가임	
7042-13	CT-SMR 616OP-389-1-1-32-13	95	04월 20일	06월 10일	4	1	가임	
7049-1	CT-SMR 616OP-389-1-1-41-1	117	04월 23일	06월 10일	3	1	가임	
7049-2	CT-SMR 616OP-389-1-1-41-2	110	04월 23일	06월 10일	3	1	가임	
7049-3	CT-SMR 616OP-389-1-1-41-3	98	04월 23일	06월 10일	2	1	가임	
7049-4	CT-SMR 616OP-389-1-1-41-4	100	04월 20일	06월 10일	3	1	가임	
7049-5	CT-SMR 616OP-389-1-1-41-5	98	04월 20일	06월 10일	3	1	가임	
7051-1	CT-SMR 616OP-389-1-1-43-1	97	04월 20일	06월 03일	3	1	가임	
7051-2	CT-SMR 616OP-389-1-1-43-2	103	04월 23일	06월 06일	3	1	가임	
7051-3	CT-SMR 616OP-389-1-1-43-3	104	04월 20일	06월 08일	4	1	가임	
7051-4	CT-SMR 616OP-389-1-1-43-4	103	04월 20일	06월 08일	4	1	가임	
7051-5	CT-SMR 616OP-389-1-1-43-5	93	04월 20일	06월 08일	3	1	가임	
7065-1	CT-SMR 616OP-389-1-2-14-1	121	04월 18일	06월 10일	4	1	가임	
7065-2	CT-SMR 616OP-389-1-2-14-2	123	04월 18일	06월 10일	2	1	가임	
7065-3	CT-SMR 616OP-389-1-2-14-3	118	04월 18일	06월 10일	3	1	가임	
7065-5	CT-SMR 616OP-389-1-2-14-5	124	04월 18일	06월 08일	3	1	가임	
7065-6	CT-SMR 616OP-389-1-2-14-6	133	04월 18일	06월 10일	2	1	가임	
7065-7	CT-SMR 616OP-389-1-2-14-7	116	04월 16일	06월 06일	3	1	가임	
7065-8	CT-SMR 616OP-389-1-2-14-8	124	04월 16일	06월 08일	4	1	가임	
7065-9	CT-SMR 616OP-389-1-2-14-9	110	04월 18일	06월 08일	5	1	가임	
7065-10	CT-SMR 616OP-389-1-2-14-10	107	04월 18일	06월 03일	5	1	가임	
7075-2	CT-SMR 616OP-389-1-2-24-2	116	04월 18일	06월 03일	5	1	가임	
7075-3	CT-SMR 616OP-389-1-2-24-3	98	04월 16일	06월 03일	5	1	가임	
7099-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-1	138	04월 18일	06월 03일	4	-1	가임	
7099-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-2	104	04월 18일	05월 28일	3	-1	가임	

표 26. 계속

조사번호	계통명	추대장 (cm)	추대일	개화일	종자크기	모용	임성	비고
7099-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-3	116	04월 20일	06월 03일	2	-1	가임	
7099-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-4	143	04월 20일	06월 10일	4	-1	가임	
7099-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-5	125	04월 20일	06월 03일	5	-1	가임	
7099-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-6	131	04월 23일	06월 10일	2	-1	가임	
7099-7	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-7	128	04월 23일	06월 03일	4	-1	가임	
7099-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-8	126	04월 23일	06월 05일	2	-1	가임	
7099-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-9	108	04월 23일	06월 05일	3	-1	가임	
7099-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-10	123	04월 23일	06월 10일	3	-1	가임	
7100-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-1	138	04월 18일	06월 10일	3	1	가임	
7100-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-2	146	04월 18일	06월 10일	3	1	가임	
7100-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-3	135	04월 18일	06월 07일	4	1	가임	
7100-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-4	139	04월 18일	06월 10일	3	1	가임	
7100-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-5	129	04월 18일	06월 10일	3	1	가임	
7100-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-6	126	04월 20일	06월 08일	3	1	가임	
7100-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-8	144	04월 28일	06월 10일	4	1	가임	
7100-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-9	141	04월 20일	06월 10일	5	1	가임	
7100-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-10	157	04월 20일	06월 08일	2	1	가임	
7111-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-1	93	04월 20일	06월 10일	3	-1	가임	
7111-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-2	103	04월 20일	06월 10일	3	-1	가임	
7111-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-3	80	04월 20일	06월 10일	4	-1	가임	
7111-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-4	96	04월 20일	06월 10일	3	-1	가임	
7111-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-5	103	04월 23일	06월 10일	4	-1	가임	
7111-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-6	91	04월 20일	06월 05일	3	-1	가임	
7111-7	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-7	102	04월 20일	06월 08일	4	-1	가임	
7111-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-8	97	04월 23일	06월 10일	3	-1	가임	
7111-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-9	84	04월 20일	06월 08일	3	-1	가임	
7111-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-10	106	04월 23일	06월 10일	3	-1	가임	
7111-11	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-11	107	04월 20일	06월 10일	5	-1	가임	
7114-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-1	111	04월 20일	06월 05일	3	-1	가임	
7114-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-2	104	04월 20일	06월 08일	3	-1	가임	
7114-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-3	109	04월 20일	06월 08일	3	-1	가임	
7114-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-4	108	04월 20일	06월 08일	3	-1	가임	
7114-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-5	103	04월 20일	06월 05일	5	-1	가임	
7114-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6	106	04월 20일	06월 07일	4	-1	가임	
7114-7	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-7	111	04월 20일	06월 08일	4	-1	가임	
7114-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-8	59	04월 20일	06월 08일	3	-1	가임	
7114-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-9	105	04월 20일	06월 07일	3	-1	가임	
7116-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1	113	04월 20일	06월 08일	5	-1	가임	
7116-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-2	101	04월 20일	06월 10일	5	-1	가임	
7116-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-3	98	04월 20일	06월 12일	3	-1	가임	
7116-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4	103	04월 20일	06월 10일	3	-1	가임	
7116-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-5	103	04월 20일	06월 10일	5	-1	가임	
7116-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-6	101	04월 20일	06월 10일	3	-1	가임	
7116-7	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-7	105	04월 20일	06월 10일	3	-1	가임	
7116-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-8	105	04월 20일	06월 10일	2	-1	가임	
7116-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-9	94	04월 20일	06월 10일	3	-1	가임	
7116-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-10	104	04월 20일	06월 10일	3	-1	가임	
7118-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-1	102	04월 23일	06월 10일	4	-1	가임	

표 26. 계속

조사번호	계통명	추대장 (cm)	추대일	개화일	종자크기	모용	임성	비고
7118-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-2	103	04월 23일	06월 10일	4	-1	가임	
7118-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-3	108	04월 23일	06월 10일	3	-1	가임	
7118-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-4	104	04월 20일	06월 10일	4	-1	가임	
7118-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-5	98	04월 23일	06월 10일	3	-1	가임	
7118-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-6	101	04월 23일	06월 10일	3	-1	가임	
7118-7	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-7	98	04월 23일	06월 10일	4	-1	가임	
7118-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-8	93	04월 23일	06월 10일	3	-1	가임	
7118-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-9	86	04월 23일	06월 10일	3	-1	가임	
7118-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-10	93	04월 23일	06월 10일	4	-1	가임	
7127-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-40-2	89	04월 23일	06월 10일	3	-1	가임	
7127-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-40-3	102	04월 20일	06월 08일	3	-1	가임	
7127-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-40-4	108	04월 20일	06월 10일	4	-1	가임	
7136-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-1	98	04월 23일	06월 10일	4	-1	가임	
7136-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-4	76	04월 23일	06월 10일	3	-1	가임	
7136-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-5	78	04월 23일	06월 10일	4	-1	가임	
7140-1	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-1-3-1	125	04월 18일	06월 08일	3	-1	가임	
7140-2	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-1-3-2	129	04월 18일	06월 08일	5	-1	가임	
7140-3	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-1-3-3	119	04월 20일	06월 08일	3	-1	가임	
7140-4	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-1-3-4	132	04월 20일	06월 10일	3	-1	가임	
7140-5	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-1-3-5	121	04월 20일	06월 08일	5	-1	가임	
7140-8	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-1-3-8	107	04월 20일	06월 08일	5	-1	가임	
7140-10	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-1-3-10	95	04월 20일	06월 08일	5	-1	가임	
7147-2	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-2	121	04월 20일	06월 08일	3	-1	가임	
7147-4	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-4	102	04월 18일	06월 05일	3	-1	가임	
7147-5	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-5	124	04월 18일	06월 03일	3	-1	가임	
7147-6	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-6	117	04월 20일	06월 05일	3	-1	가임	
7147-8	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-8	108	04월 20일	06월 05일	4	-1	가임	
7147-9	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-9	121	04월 20일	06월 05일	3	-1	가임	
7147-10	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-10	98	04월 20일	06월 05일	3	-1	가임	
7148-2	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-2-2	112	04월 18일	06월 08일	4	1	가임	
7148-4	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-2-4	110	04월 18일	06월 08일	3	1	가임	
7148-5	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-2-5	122	04월 18일	06월 05일	4	1	가임	
7148-6	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-2-6	98	04월 18일	06월 05일	3	1	가임	
7148-8	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-2-8	116	04월 18일	06월 03일	3	1	가임	
7148-9	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-2-9	108	04월 18일	06월 03일	3	1	가임	
7150-2	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-4-2	117	04월 18일	06월 10일	4	1	가임	
7150-3	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-4-3	115	04월 18일	06월 10일	4	1	가임	
7150-4	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-4-4	114	04월 18일	06월 08일	5	1	가임	
7150-5	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-4-5	114	04월 18일	06월 08일	5	1	가임	
7150-6	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-4-6	112	04월 18일	06월 08일	3	1	가임	
7150-7	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-4-7	103	04월 18일	06월 05일	5	1	가임	
7150-10	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-4-10	128	04월 18일	06월 08일	5	1	가임	
7155-6	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-9-6	115	04월 18일	06월 06일	5	-1	가임	
7155-9	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-9-9	121	04월 18일	06월 06일	3	-1	가임	
7155-10	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-9-10	119	04월 18일	06월 08일	3	-1	가임	
7159-5	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-5	109	04월 23일	06월 10일	3	-1	가임	
7159-9	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-9	79	04월 20일	06월 08일	2	-1	가임	
7155-7	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-9-7	98	04월 18일	06월 10일	4	-1	가임	

표 26. 계속

조사번호	계통명	추대장 (cm)	추대일	개화일	종자크기	모용	임성	비고
7155-8	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-9-8	94	04월 18일	06월 08일	3	-1	가임	
7159-1	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-1	109	04월 20일	06월 08일	3	-1	가임	
7159-2	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-2	99	04월 20일	06월 10일	3	-1	가임	
7159-3	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-3	110	04월 20일	06월 10일	3	-1	가임	
7159-4	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-4	80	04월 23일	06월 10일	3	-1	가임	
7159-6	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-6	81	04월 23일	06월 10일	2	-1	가임	
7159-7	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-7	97	04월 23일	06월 10일	3	-1	가임	
7159-8	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-8	111	04월 20일	06월 08일	3	-1	가임	
7159-10	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-10	114	04월 20일	06월 10일	3	-1	가임	
7159-11	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-11	115	04월 23일	06월 10일	3	-1	가임	
7159-12	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-12	114	04월 23일	06월 10일	4	-1	가임	
7159-13	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-13	113	04월 20일	06월 06일	3	-1	가임	
7159-14	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-14	110	04월 20일	06월 06일	4	-1	가임	
7159-15	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-15	112	04월 23일	06월 10일	3	-1	가임	
7159-16	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-16	93	04월 23일	06월 10일	3	-1	가임	
7159-17	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-17	105	04월 23일	06월 10일	2	-1	가임	
7159-18	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-18	113	04월 23일	06월 10일	3	-1	가임	
7159-19	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-19	119	04월 23일	06월 10일	3	-1	가임	
7159-20	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-20	111	04월 23일	06월 10일	4	-1	가임	
7159-21	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-21	116	04월 20일	06월 10일	3	-1	가임	
7159-22	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-22	117	04월 20일	06월 06일	3	-1	가임	
7159-23	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-23	109	04월 23일	06월 10일	3	-1	가임	
7159-24	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-24	98	04월 23일	06월 10일	3	-1	가임	
7159-25	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-25	115	04월 18일	06월 06일	3	-1	가임	
7159-26	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-26	99	04월 23일	06월 10일	3	-1	가임	
7159-27	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-27	100	04월 23일	06월 08일	2	-1	가임	
7159-28	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-28	111	04월 20일	06월 06일	3	-1	가임	
7159-29	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-29	104	04월 23일	06월 08일	3	-1	가임	
7159-30	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-30	103	04월 23일	06월 08일	3	-1	가임	
7159-31	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-31	109	04월 23일	06월 10일	3	-1	가임	
7159-32	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-32	113	04월 23일	06월 10일	3	-1	가임	
7159-33	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-33	108	04월 23일	06월 10일	3	-1	가임	
7159-34	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-34	119	04월 20일	06월 08일	4	-1	가임	
7159-35	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-35	115	04월 23일	06월 10일	2	-1	가임	
7159-36	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-36	114	04월 23일	06월 10일	3	-1	가임	
7159-37	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-37	113	04월 23일	06월 10일	4	-1	가임	
7159-38	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-38	114	04월 23일	06월 10일	2	-1	가임	
7159-39	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-39	101	04월 23일	06월 10일	3	-1	가임	
7159-40	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-40	116	04월 23일	06월 10일	4	-1	가임	
7159-41	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-41	103	04월 20일	06월 10일	2	-1	가임	
7159-42	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-42	110	04월 20일	06월 10일	3	-1	가임	
7159-43	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-43	121	04월 23일	06월 10일	4	-1	가임	
7159-44	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-44	123	04월 23일	06월 10일	3	-1	가임	
7159-45	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-45	119	04월 23일	06월 10일	3	-1	가임	
7159-46	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-46	108	04월 20일	06월 10일	3	-1	가임	
7159-47	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-47	107	04월 20일	06월 10일	4	-1	가임	
7159-48	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-48	115	04월 23일	06월 10일	3	-1	가임	
7159-49	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-49	114	04월 23일	06월 10일	3	-1	가임	

표 26. 계속

조사번호	계통명	추대장 (cm)	추대일	개화일	종자크기	모용	임성	비고
7159-50	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-50	111	04월 20일	06월 08일	3	-1	가임	
7159-51	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-51	112	04월 23일	06월 10일	3	-1	가임	
7159-52	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-52	118	04월 20일	06월 08일	4	-1	가임	
7159-53	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-53	119	04월 20일	06월 08일	4	-1	가임	
7159-54	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-op-54	117	04월 23일	06월 08일	5	-1	가임	

- 종자크기 : 1(작다), 3(보통), 5(크다)
- 모 용 : 1-(무모), 1(단모), 3(중모), 5(장모)

(나) ATR 615OP line

ATR 615OP line의 추대높이, 개화일, 모용을 번호별로 분석을 실시하였다 (표 27).

(다) No.7194, No.7197, No.7200 CT-ATR 615OP-394-6-35-2, -5, -8

Selfing의 단모형 후대 394-6의 단모계로 선발 selfing으로 교배된 종자 3계통 35개체를 공시한 결과 22개체의 고사주를 제외하고 단모형 13개체가 확인되었다. 종자모습은 그림 128로, 육성 경과 도표는 그림 129으로 표현하였다.



그림 128. CT-ATR 615OP-394-6 종자모습

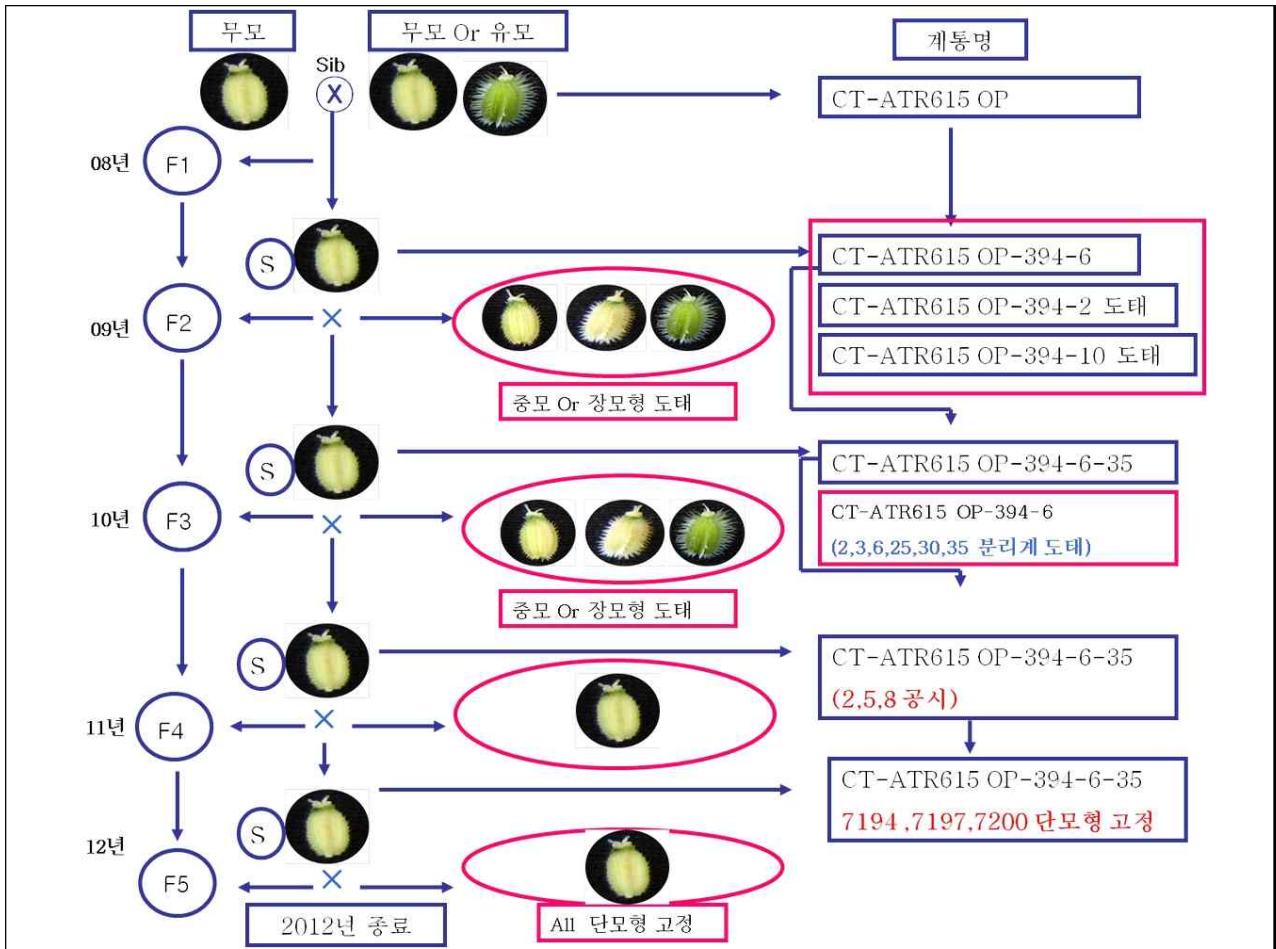


그림 129. CT-ATR 615OP line 육성 경과 도표

(라) No.7206 CT-ATR 615OP-CK1-1-3

Control line으로 유모 10개체를 공시하여 전체개체에서 유모의 표현을 나타냈으며, 그 중 -3을 control line 개체로 선발하였다. Control line의 종자모습은 그림 130으로 육성 경과 도표는 그림은 131로 표현하였다.

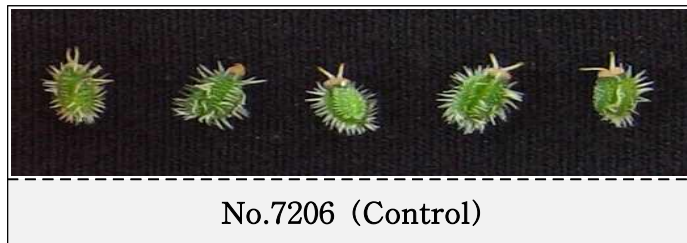


그림 130. CT-ATR 615OP-CK1-1-10종자모습

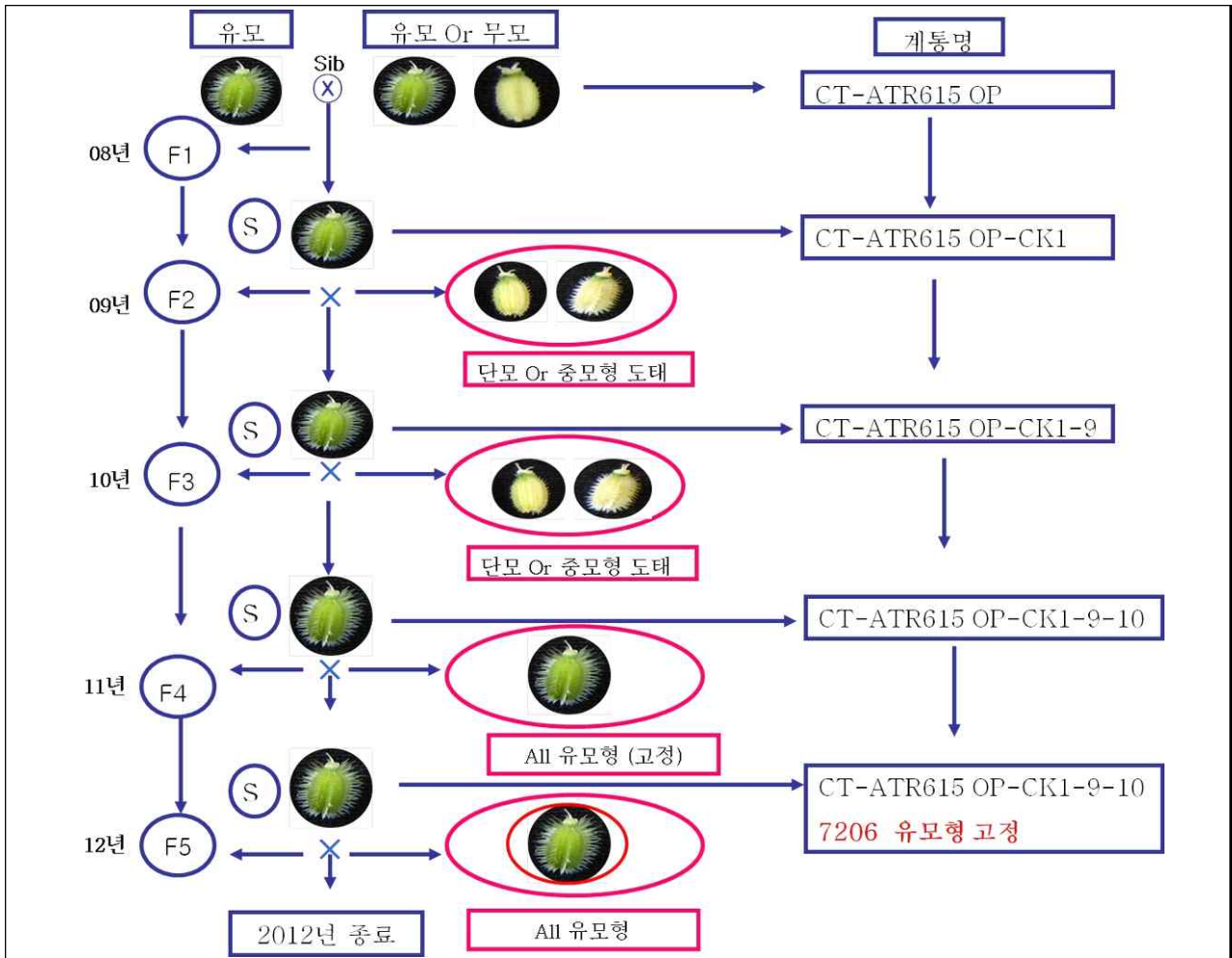


그림 131. CT-ATR 615OP control line 육성 경과 도표

(마) No.7205 CT-ATR 615 MS line (BC₄)

MS line No. 7205 ATR 615-1 MS line (BC₄)은 10개체를 공시하여 BC₃세대의 분리개체에서 무모형 3개체와 단모 7개체로 분리되는 것을 확인하였다. 무모로 표현된 3개체를 여교잡으로 종자를 확보하였다. 차년도 시험에서 유지친의 자식약세가 심하여 품종화에 부적합한 계통으로 판단되므로 2012년도 시험으로 사업을 종료를 하였다. 핵치환 작출은 그림 132로 표현하였다.

표 27. 2012 ATR 615OP line 주요 특성표

조사번호	계통명	추대장 (cm)	추대일	개화일	종자크기	모용	입성	비고
7205-1	CT-ATR 615-2-1 MS-line	91	04월 16일	05월 28일	3	1	MS	
7205-2	CT-ATR 615-2-2 MS-line	120	04월 16일	05월 28일	4	1	MS	
7205-3	CT-ATR 615-2-3 MS-line	115	04월 16일	05월 28일	3	1	MS	
7208-5	CT-SMR 616OP-CK33-14-7-13	112	04월 20일	06월 03일	3	5	가임	
7194-2	CT-ATR 615OP-394-5-35-2-2	98	04월 14일	06월 10일	3	1	가임	
7194-4	CT-ATR 615OP-394-5-35-2-4	118	04월 16일	06월 13일	3	1	가임	
7194-5	CT-ATR 615OP-394-5-35-2-5	109	04월 16일	06월 13일	3	1	가임	
7194-6	CT-ATR 615OP-394-5-35-2-6	120	04월 14일	06월 10일	4	1	가임	
7194-7	CT-ATR 615OP-394-5-35-2-7	116	04월 16일	06월 13일	3	1	가임	
7194-9	CT-ATR 615OP-394-5-35-2-9	108	04월 14일	06월 10일	5	1	가임	
7194-10	CT-ATR 615OP-394-5-35-2-10	112	04월 16일	06월 13일	3	1	가임	
7197-1	CT-ATR 615OP-394-5-35-5-1	119	04월 14일	06월 10일	3	1	가임	
7197-3	CT-ATR 615OP-394-5-35-5-3	145	04월 16일	06월 13일	4	1	가임	
7197-5	CT-ATR 615OP-394-5-35-5-5	110	04월 14일	06월 10일	3	1	가임	
7197-6	CT-ATR 615OP-394-5-35-5-6	108	04월 14일	06월 10일	3	1	가임	
7200-1	CT-ATR 615OP-394-5-35-8-1	130	04월 16일	06월 13일	3	1	가임	
7200-2	CT-ATR 615OP-394-5-35-8-2	122	04월 16일	06월 13일	3	1	가임	
7200-5	CT-ATR 615OP-394-5-35-8-5	142	04월 16일	06월 13일	3	1	가임	
7200-6	CT-ATR 615OP-394-5-35-8-6	99	04월 16일	06월 13일	4	1	가임	
7206-3	CT-ATR 615OP-394-5-35-10-3	120	04월 20일	06월 03일	3	1	가임	

- 종자크기 : 1(작다), 3(보통), 5(크다)
- 모 용 : 1-(무모), 1(단모), 3(중모), 5(장모)

(바) 2012년도 종자 생산내역은 표 28과 같다.

표 28. 2012년도 종자생산 list

조제번호	생산번호	계통명	종자량(ml)	교배방법	비고
9161	7001-1 × 7114	CT-SMR 616-1-1 × CT-SMR 616OP-389-1-3-21(BC4)	37	back cross	L5
9162	7001-2 × 7116	CT-SMR 616-1-2 × CT-SMR 616OP-389-1-3-23(BC4)	62	back cross	L5
9163	7001-3 × 7118	CT-SMR 616-1-3 × CT-SMR 616OP-389-1-3-26(BC4)	5	back cross	L5
9164	7001-4 × 7127	CT-SMR 616-1-4 × CT-SMR 616OP-389-1-3-40(BC4)	22	back cross	L5
9164	7001-5 × 7136	CT-SMR 616-1-5 × CT-SMR 616OP-389-1-3-54(BC4)	31	back cross	L5
9001	7021-1	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-1	10	Selfing	L5
9002	7021-2	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-2	14	Selfing	L5
9003	7021-3	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-3	12	Selfing	L5
9004	7021-4	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-4	13	Selfing	L5
9005	7021-5	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-5	10	Selfing	L5
9006	7021-6	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-6	16	Selfing	L5
9007	7021-7	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-7	17	Selfing	L5
9008	7021-8	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-8	10	Selfing	L5
9009	7021-9	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-9	9	Selfing	L5
9010	7021-10	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-10	18	Selfing	L5
9011	7021-11	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-11	16	Selfing	L5
9012	7021-12	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-12	13	Selfing	L5
9013	7021-13	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-13	11	Selfing	L5
9014	7021-14	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-14	10	Selfing	L5
9015	7021-16	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-16	13	Selfing	L5
9016	7021-17	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-17	15	Selfing	L5
9017	7021-18	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-18	17	Selfing	L5
9018	7021-19	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-19	11	Selfing	L5
9019	7021-20	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-20	12	Selfing	L5
9020	7021-21	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-21	13	Selfing	L5
9021	7021-23	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-23	11	Selfing	L5
9023	7021-25	CT-SMR 616OP-389-1-1-8-25	15	Selfing	L5
9024	7029-1	CT-SMR 616OP-389-1-1-19-1	13	Selfing	L5
9025	7029-2	CT-SMR 616OP-389-1-1-19-2	12	Selfing	L5
9026	7029-4	CT-SMR 616OP-389-1-1-19-4	11	Selfing	L5
9027	7029-6	CT-SMR 616OP-389-1-1-19-6	17	Selfing	L5
9028	7029-9	CT-SMR 616OP-389-1-1-19-9	13	Selfing	L5
9029	7029-10	CT-SMR 616OP-389-1-1-19-10	19	Selfing	L5
9030	7029-11	CT-SMR 616OP-389-1-1-19-11	14	Selfing	L5
9031	7029-12	CT-SMR 616OP-389-1-1-19-12	12	Selfing	L5
9032	7029-13	CT-SMR 616OP-389-1-1-19-13	12	Selfing	L5
9033	7042-1	CT-SMR 616OP-389-1-1-32-1	10	Selfing	L5
9034	7042-2	CT-SMR 616OP-389-1-1-32-2	13	Selfing	L5
9035	7042-3	CT-SMR 616OP-389-1-1-32-3	10	Selfing	L5
9036	7042-4	CT-SMR 616OP-389-1-1-32-4	14	Selfing	L5
9037	7042-5	CT-SMR 616OP-389-1-1-32-5	15	Selfing	L5
9038	7042-6	CT-SMR 616OP-389-1-1-32-6	14	Selfing	L5
9039	7042-7	CT-SMR 616OP-389-1-1-32-7	12	Selfing	L5
9040	7042-8	CT-SMR 616OP-389-1-1-32-8	11	Selfing	L5
9041	7042-11	CT-SMR 616OP-389-1-1-32-11	10	Selfing	L5
9042	7042-12	CT-SMR 616OP-389-1-1-32-12	14	Selfing	L5

표 28. 계속

조제번호	생산번호	계통명	종자량(ml)	교배방법	비고
9043	7042-13	CT-SMR 616OP-389-1-1-32-13	14	Selfing	L5
9044	7049-OP	CT-SMR 616OP-389-1-1-41-OP	18	Selfing	L5
9045	7049-1	CT-SMR 616OP-389-1-1-41-1	10	Selfing	L5
9046	7049-2	CT-SMR 616OP-389-1-1-41-2	12	Selfing	L5
9047	7049-4	CT-SMR 616OP-389-1-1-41-4	13	Selfing	L5
9048	7049-5	CT-SMR 616OP-389-1-1-41-5	10	Selfing	L5
9049	7051-OP	CT-SMR 616OP-389-1-1-43-OP	11	Selfing	L5
9050	7051-1	CT-SMR 616OP-389-1-1-43-1	15	Selfing	L5
9051	7051-2	CT-SMR 616OP-389-1-1-43-2	12	Selfing	L5
9052	7051-3	CT-SMR 616OP-389-1-1-43-3	12	Selfing	L5
9053	7051-4	CT-SMR 616OP-389-1-1-43-4	15	Selfing	L5
9054	7051-5	CT-SMR 616OP-389-1-1-43-5	16	Selfing	L5
9055	7065-1	CT-SMR 616OP-389-1-2-14-1	18	Selfing	L5
9056	7065-2	CT-SMR 616OP-389-1-2-14-2	14	Selfing	L5
9057	7065-3	CT-SMR 616OP-389-1-2-14-3	13	Selfing	L5
9058	7065-5	CT-SMR 616OP-389-1-2-14-5	14	Selfing	L5
9059	7065-6	CT-SMR 616OP-389-1-2-14-6	10	Selfing	L5
9060	7065-7	CT-SMR 616OP-389-1-2-14-7	14	Selfing	L5
9061	7065-8	CT-SMR 616OP-389-1-2-14-8	19	Selfing	L5
9062	7065-9	CT-SMR 616OP-389-1-2-14-9	15	Selfing	L5
9063	7065-10	CT-SMR 616OP-389-1-2-14-10	13	Selfing	L5
9064	7075-2	CT-SMR 616OP-389-1-2-24-2	11	Selfing	L5
9065	7075-3	CT-SMR 616OP-389-1-2-24-3	14	Selfing	L5
9066	7099-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-1	18	Selfing	L5
9067	7099-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-2	38	Selfing	L5
9068	7099-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-3	11	Selfing	L5
9069	7099-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-4	19	Selfing	L5
9070	7099-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-5	13	Selfing	L5
9071	7099-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-6	18	Selfing	L5
9072	7099-7	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-7	17	Selfing	L5
9073	7099-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-8	17	Selfing	L5
9074	7099-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-9	15	Selfing	L5
9075	7099-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-10	13	Selfing	L5
9076	7100-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-1	18	Selfing	L5
9077	7100-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-2	15	Selfing	L5
9078	7100-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-3	17	Selfing	L5
9079	7100-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-4	15	Selfing	L5
9080	7100-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-5	18	Selfing	L5
9081	7100-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-6	11	Selfing	L5
9082	7100-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-8	18	Selfing	L5
9083	7100-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-9	11	Selfing	L5
9084	7100-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-1-10	10	Selfing	L5
9085	7111-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-1	15	Selfing	L5
9086	7111-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-3	15	Selfing	L5
9087	7111-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-4	14	Selfing	L5

표 28. 계속

조제번호	생산번호	계 통 명	종자량(ml)	교배방법	비고
9088	7111-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-5	18	Selfing	L5
9089	7111-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-6	14	Selfing	L5
9090	7111-7	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-7	21	Selfing	L5
9091	7111-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-9	18	Selfing	L5
9092	7111-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-10	15	Selfing	L5
9093	7111-11	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-11	12	Selfing	L5
9094	7114-OP	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-OP	63	Selfing	L5
9095	7114-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-1	22	Selfing	L5
9096	7114-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-2	23	Selfing	L5
9097	7114-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-3	14	Selfing	L5
9098	7114-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-5	10	Selfing	L5
9099	7114-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6	13	Selfing	L5
9100	7114-7	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-7	15	Selfing	L5
9101	7114-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-8	22	Selfing	L5
9102	7114-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-9	14	Selfing	L5
9103	7116-OP	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-OP	73	Selfing	L5
9104	7116-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1	14	Selfing	L5
9105	7116-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-2	18	Selfing	L5
9106	7116-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-3	15	Selfing	L5
9107	7116-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4	14	Selfing	L5
9108	7116-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-5	21	Selfing	L5
9109	7116-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-6	20	Selfing	L5
9110	7116-7	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-7	18	Selfing	L5
9111	7116-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-8	18	Selfing	L5
9112	7116-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-9	12	Selfing	L5
9113	7116-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-10	13	Selfing	L5
9114	7118-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-1	20	Selfing	L5
9115	7118-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-2	13	Selfing	L5
9116	7118-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-3	17	Selfing	L5
9117	7118-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-4	15	Selfing	L5
9118	7118-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-5	13	Selfing	L5
9119	7118-7	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-7	13	Selfing	L5
9120	7118-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-8	10	Selfing	L5
9121	7118-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-9	10	Selfing	L5
9122	7118-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-10	12	Selfing	L5
9123	7127-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-40-2	15	Selfing	L5
9124	7127-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-40-3	19	Selfing	L5
9125	7127-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-40-4	20	Selfing	L5
9126	7136-OP	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-OP	10	Selfing	L5
9127	7136-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-1	22	Selfing	L5
9128	7136-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-4	20	Selfing	L5
9129	7136-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-5	22	Selfing	L5
9130	7140-1	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-1-3-1	15	Selfing	L5
9131	7140-2	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-1-3-2	18	Selfing	L5
9132	7140-3	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-1-3-3	13	Selfing	L5

표 28. 계속

조제번호	생산번호	계통명	종자량(ml)	교배방법	비고
9133	7140-4	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-1-3-4	18	Selfing	L5
9134	7140-5	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-1-3-5	24	Selfing	L5
9135	7140-8	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-1-3-8	22	Selfing	L5
9136	7140-10	CT-SMR 616OP-389-⊗-1-1-3-10	18	Selfing	L5
9137	7147-2	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-2	20	Selfing	L5
9138	7147-4	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-4	14	Selfing	L5
9139	7147-5	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-5	19	Selfing	L5
9140	7147-6	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-6	16	Selfing	L5
9141	7147-8	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-8	12	Selfing	L5
9142	7147-9	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-9	15	Selfing	L5
9143	7147-10	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-10	13	Selfing	L5
9144	7148-2	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-2-2	22	Selfing	L5
9145	7148-4	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-2-4	24	Selfing	L5
9146	7148-5	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-2-5	14	Selfing	L5
9147	7148-6	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-2-6	10	Selfing	L5
9148	7148-8	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-2-8	13	Selfing	L5
9149	7148-9	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-2-9	14	Selfing	L5
9150	7150-2	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-4-2	12	Selfing	L5
9151	7150-3	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-4-3	19	Selfing	L5
9152	7150-4	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-4-4	18	Selfing	L5
9153	7150-5	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-4-5	12	Selfing	L5
9154	7150-6	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-4-6	12	Selfing	L5
9155	7150-7	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-4-7	11	Selfing	L5
9156	7150-10	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-4-10	20	Selfing	L5
9157	7155-6	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-9-6	19	Selfing	L5
9158	7155-9	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-9-9	11	Selfing	L5
9159	7155-10	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-9-10	13	Selfing	L5
9160	7159-OP	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-OP	38	Selfing	L5
9160-1	7159-5	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-5	13	Selfing	L5
9160-2	7159-9	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-3-9	10	Selfing	L5
9182	7208-5	CT-SMR 616OP-CK33-14-7-5	22	Selfing	L5
9183	7205-1 × 7194-2	CT-ATR 615-2-1 × CT-ATR 615OP-394-5-35-2-2	8	Back cross	L5
9184	7205-2 × 7194-4	CT-ATR 615-2-2 × CT-ATR 615OP-394-5-35-2-4	5	Back cross	L5
9185	7205-3 × 7194-5	CT-ATR 615-2-3 × CT-ATR 615OP-394-5-35-2-5	6	Back cross	L5
9186	7194-2	CT-ATR 615OP-394-5-35-2-2	5	Selfing	L5
9187	7194-4	CT-ATR 615OP-394-5-35-2-4	8	Selfing	L5
9188	7194-5	CT-ATR 615OP-394-5-35-2-5	9	Selfing	L5
9189	7194-6	CT-ATR 615OP-394-5-35-2-6	4	Selfing	L5
9190	7194-7	CT-ATR 615OP-394-5-35-2-7	3	Selfing	L5
9191	7194-9	CT-ATR 615OP-394-5-35-2-9	7	Selfing	L5
9192	7194-10	CT-ATR 615OP-394-5-35-2-10	7	Selfing	L5
9193	7197-1	CT-ATR 615OP-394-5-35-5-1	4	Selfing	L5
9194	7197-3	CT-ATR 615OP-394-5-35-5-3	8	Selfing	L5
9195	7197-5	CT-ATR 615OP-394-5-35-5-5	9	Selfing	L5
9196	7197-6	CT-ATR 615OP-394-5-35-5-6	8	Selfing	L5
9197	7200-1	CT-ATR 615OP-394-5-35-8-1	6	Selfing	L5

표 28. 계속

조제번호	생산번호	계통명	종자량(ml)	교배방법	비고
9198	7200-2	CT-ATR 615OP-394-5-35-8-2	6	Selfing	L5
9199	7200-5	CT-ATR 615OP-394-5-35-8-5	6	Selfing	L5
9200	7200-6	CT-ATR 615OP-394-5-35-8-6	7	Selfing	L5
9201	7206-3	CT-ATR 615OP-394-5-35-10-3	8	Selfing	L5
201	09-491	CT-CH09-491OP (F4)	87	Sibing	L5
202	09-492	CT-CH09-492OP (F4)	90	Sibing	L5
203	10-751	CT-CH10-751OP (F3)	120	Sibing	L5
204	10-755	CT-CH10-755OP (F3)	115	Sibing	L5
205	11-906	CT-CH11-906OP (F2)	95	Sibing	L5
206	11-907	CT-CH11-976OP (F2)	140	Sibing	L5
207	12-830	CT-CH12-830OP (F2)	118	Sibing	L5
208	12-831	CT-CH121-831OP (F2)	70	Sibing	L5
209	12-900	CT-INDeci-900OP (F4)	88	Sibing	L5
210	12-901	CT-INDeci-901OP (F4)	118	Sibing	L5
211	12-902	CT-INDeci-902OP (F4)	125	Sibing	L5
212	12-903	CT-INDeci-903OP (F4)	136	Sibing	L5
213	12-904	CT-INDeci-904OP(F4)	105	Sibing	L5
214	12-905	CT-INDeci-905OP (F4)	76	Sibing	L5

라. 무모, 유모 종자구분의 표현방법

(1) 무모종자·유모종자의 단위결과, 결실종자, 비립종자의 과피 모용 및 외형·단면구조를 비교분석 하였다.

(2) 유모종자

화퇴 형성부터 자방의 표면에 육안으로 확인이 가능할 정도의 모용이 붙어있다. 개화 후 수정이 되면 꽃잎이 떨어지고 3~4일경부터 과피에 붙어있는 모용의 신장으로 수정 확인을 알 수 있다. 그 후 모용, 과피, 종피, 배유의 정상적인 발육으로 결실된 종자모습을 유모로 표현하였다.

(3) 무모종자

유모종자와 육안으로 비교해보면 화퇴 형성부터 자방의 표면에 붙어있는 모용이 없거나 짧으며 정상적인 수정이 완료된 후에도 과피에 붙어있는 모용이 퇴화하거나 자방의 표면에 붙어있는 모용이 신장되지 않고 과피, 종피, 배유만 정상적인 발육으로 결실된 종자모습을 무모로 표현하였다 (그림 133).

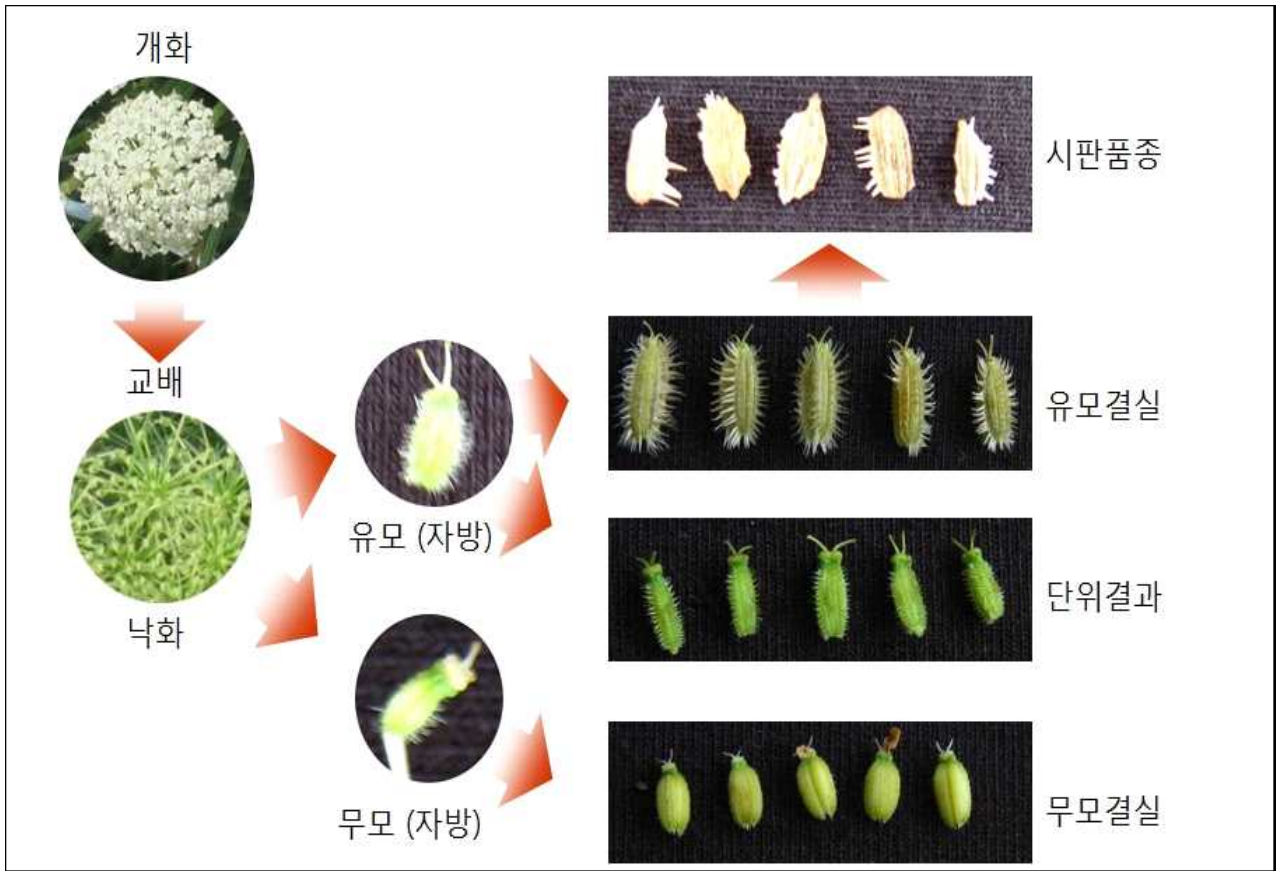


그림 133. 개화 · 수정 · 단위결과 · 유모 · 무모 결실 비교도표

(4) 비립종

수정 후 모용, 종피·배유가 발육 되지 않은 껍질모습을 비립종으로 표현하였다 (그림 134).

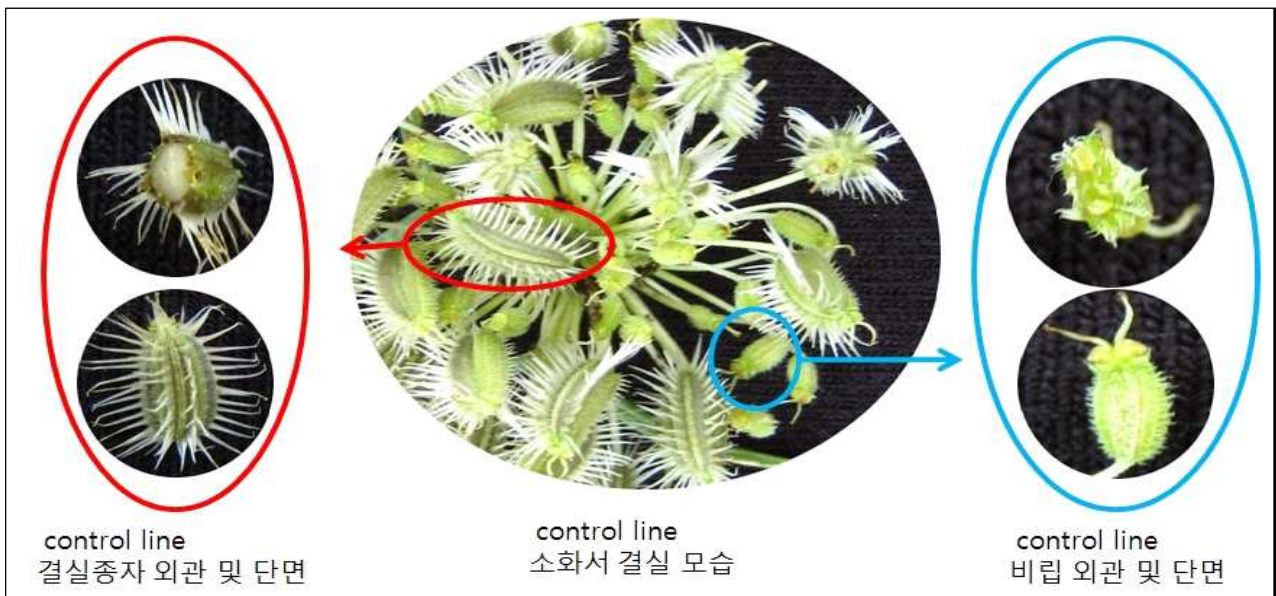


그림 134. control line 소화서의 결실종자와 비립 종자의 모용 및 단면비교

(5) 단위결과

수정 후 모용, 과피, 종피는 어느 정도 신장되지만 배유형성이 되지 않은 종자모습을 단위결과로 표현하였다 (그림 135).

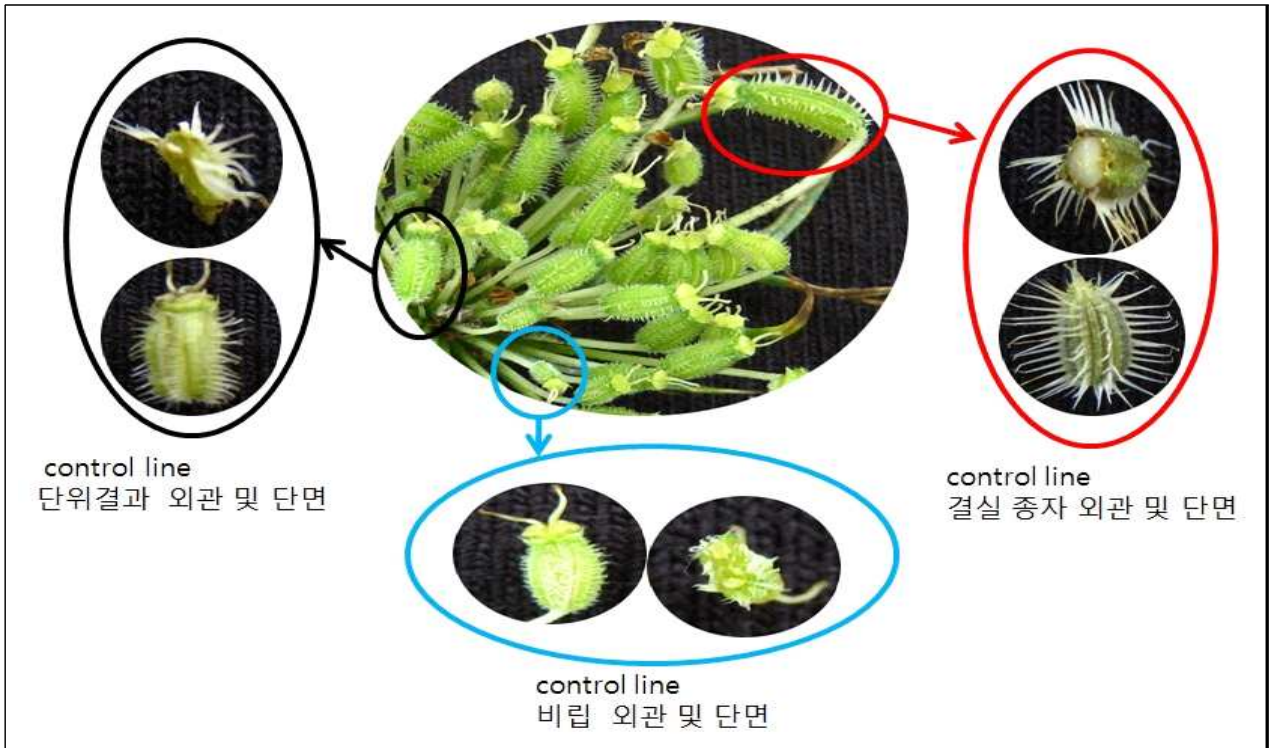


그림 135. Control line 소화서 의 결실종자, 단위결과와 비립 모용 및 단면비교

(6) 무모종자

수정 후 자방의 모용이 퇴화하거나 신장 정지 후 과피, 종피, 배유만 정상적인 발육으로 결실된 종자모습을 무모로 표현하였다 (그림 136).

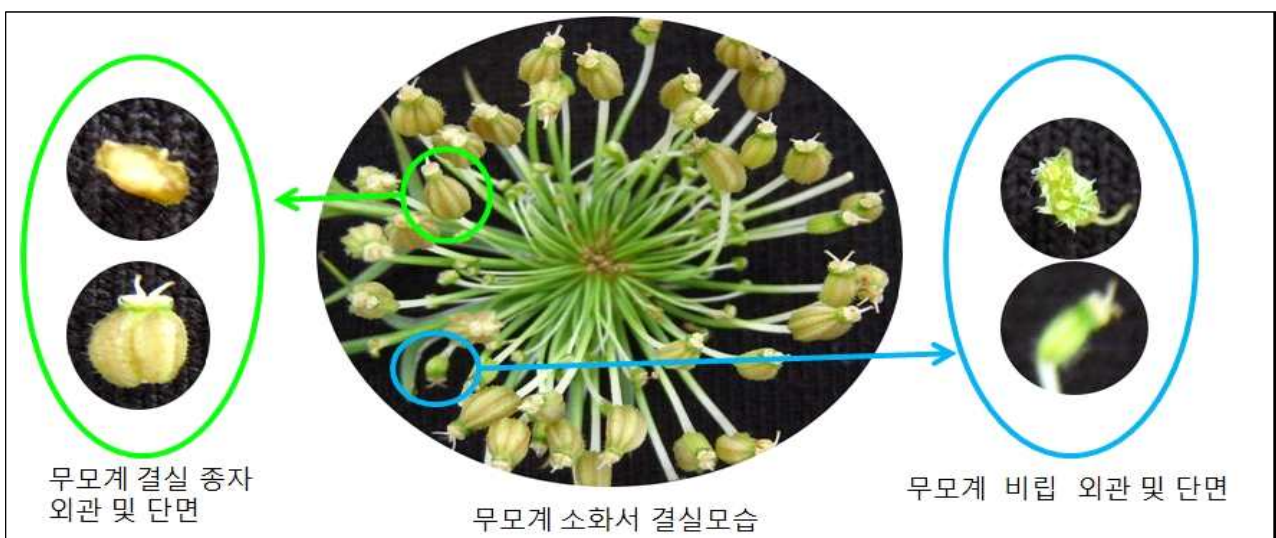


그림 136. 무모계 소화서의 결실종자와 비립 모용 및 단면비교

5. 5차년도 계통육성 및 교배

가. 목적

- (1) SMR 616OP-line selfing 종자 후대 표현형조사와 교배 육성을 통한 무모계통육성.
- (2) 고정된 무모고정 작업을 진행하여 마커개발 및 품종개발에 활용함.
- (3) 저온기 비대형이며 근색의 착색이 잘되는 조생계 화분 친 계통육성

나. 시험방법

구분	파종일	가식일	정식일	교배기간	모용조사	공시재료	비고
MS-line	12.08.25	11.13. 하순	13.03.01~05	6월	7월	118계통	안성, House
무모-line	12.08.10	11.13. 하순	13.03.01~05	6월	7월	468개체	안성, House
화분친-line	12.08.25	수확:2월. 하	13.03.01~05	6월	7월	22계통	안성, House
선발조합 화분 친	12.08.10	수확:2월. 상	13.03.01~05	6월	7월	2계통	안성, House

(1) 유전기작

당근의 품종육성에 필요한 계통구성은 웅성불임성의 불임계와 불임계유지에 필요한 유지계, 유전적으로 교잡에 의해 잡종강세가 잘 발현되는 화분친계로 구분된다. 당근은 채소 작물 중 고추, 파, 양파, 와 함께 웅성불임성을 이용하는 작물이며 식물의 웅성불임성은 세포질에 의해 불임성이 발현되는 細胞質的 雄性不妊性 (CMS, 그림 137)과 핵 유전자에 의해 웅성불임성이 발현되는 遺傳子的 雄性不妊性 (GMS, 그림 138), 세포질과 핵 유전자가 상호 관여하는 細胞質-遺傳子的 雄性不妊性 (CGMS, 그림 139)으로 구분되는데 당근은 細胞質-遺傳子的 雄性不妊性을 이용하고 있다 (김, 1974; 조, 1989). 당근의 웅성불임성의 유전기작에 대해 Petaloid type(Pt-type)은 1953년 Wild Carrot에서 Munger에 의해서, Brown anther type(BA type)은 Welch와 Grimball에 의해 Tendersweet에서 발견되었다 (Thompson 1961). 'Tendersweet'의 세포질에서는 두 쌍의 중복유전자에 의해 웅성불임이 발현되며 (2因子設), 이 중 하나는 우성유전자(MS4)이고 하나는 열성유전자(ms5)라고 밝혀졌다 (Hansche & Gabelman, 1963). Banga et al.(1964)은 4 종류의 불임재료로 8가지 가설을 설정하여 유전양식을 조사한 결과 웅성 불임성은 세포질과 두 쌍의 중복 핵 내 유전자(한 쌍은 우성, 한 쌍은 열성)외에 보족우성의 임성회복유전자가 관여한다고 하였으며 勝又廣太(1965)과 金(1974)은 세포질과 두 쌍의 중복우성유전자 외에 한 쌍의 열성억제유전자(i-MS, i-MS)에 의하여 웅성불임이 발현된다고 하였다 (3因子設). 반면에 朴·表(1988)는 재료에 따라 유전양식이 다른데 '新黑田 I(BA-Type)'과 'Sparatan bonus(Pt-type)'에서는 세포질, 두 쌍의 중복 우성 핵 내 유전자(A-, B-) 및 보족우성의 임성회복유전자(D-, E-)의 상호작용에 의하여 발현된다고 하였으며 (4因子設), Morelock & Peterson(1973)은 세포질과 두 쌍의 열성유전자에 의하여 발현된다고 하였다.

응성불임성의 화기 형태는 꽃밥이 터지기 전에 花絲가 퇴화되어 約의 흔적이 꽃잎의 기부에 남는 BA-type (Welch & Grimball, 1947; Hanch & Gabelman, 1963)과 雄蕊가 꽃잎으로 변형되어 꽃잎이 두 겹으로 되어있는 Pt-type (Thompson, 1961)의 2종류가 있다. BA-Type은 채종능력은 우수하나 응성불임의 안정성은 떨어지며, Pt-type은 응성불임의 안정성은 매우 우수하나 채종능력은 BA-type에 비해 떨어진다 (Erickson et al., 1982 Kvasnikov & Zhidkova, 1981). 그 원인의 화기구조의 퇴화 (Erickson & Peterson, 1979)와 정상화와 응성불임화의 꽃색 차이 (Erickson & Peterson, 1979; 朴, 1988) 때문으로 알려지고 있다. 불임의 형태는 세포질에 의하여 결정되며 Petaloid 세포질에서 높은 비율의 불임주가 나타나므로 Petaloid 세포질이 Brown anther 세포질보다 불임성에서 우성이라고 하였다 (Morelock, 1974). 따라서 본연구의 응성불임 계통은 유지친(무모line)으로 확보된 468개체 중 우수개체를 Petaloid-type의 응성불임계를 이용하여 여교잡 (표 29; 그림140))으로 核置換하면서 4~5 세대부터 조합에 활용하였다 (그림 141). 화분친 계통은 자식으로 세대진전이 반복되면 식물체의 약세현상이 나타나며 F₁조합의 잡종강세에도 영향을 미치는 것으로 알려져 있어, 자식약세현상을 방지하기 위해 집단선발과 형매 교배로 세대를 진전하여 계통을 육성하였다.

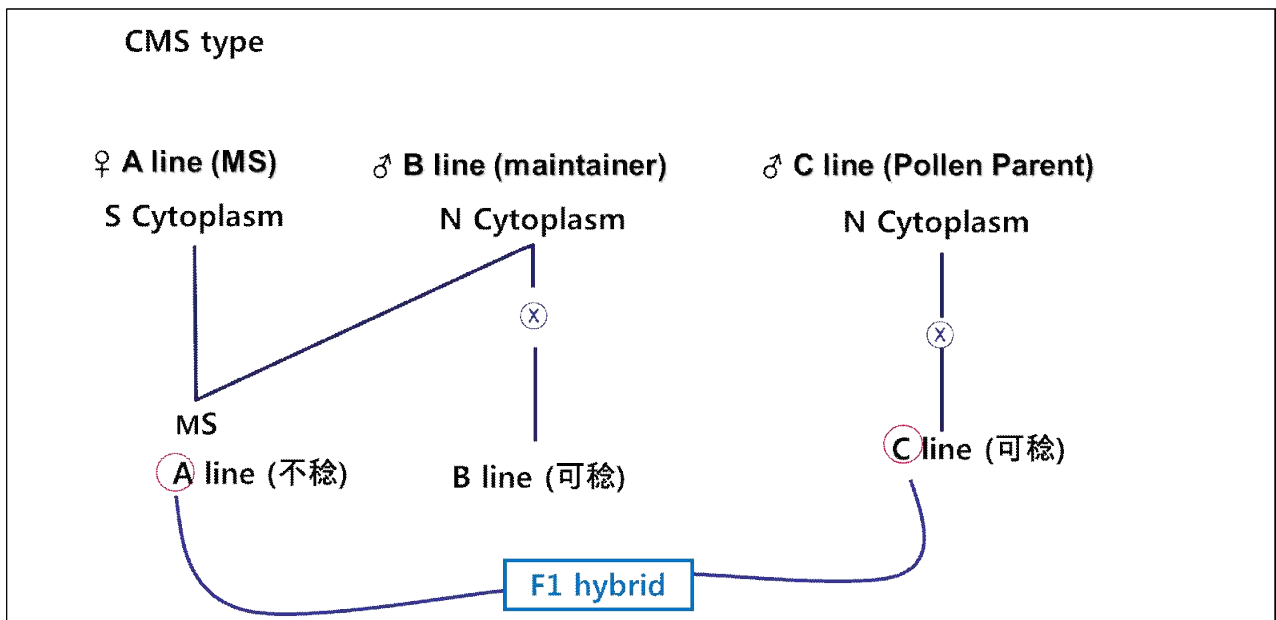


그림 137. 雄性不妊과 그 活用法에 關한 프랭클의 分類法

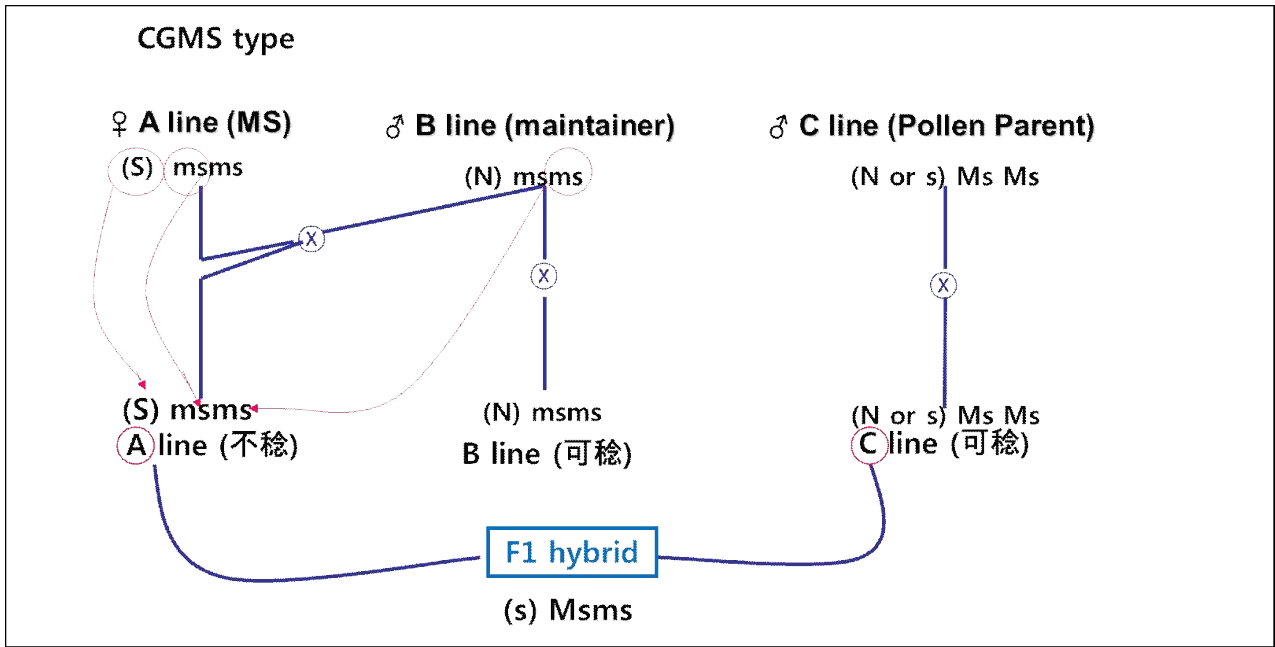


그림 138. 雄性不妊과 그 活用法에 關한 프랭클의 分類法 (웅성불임과 그 活用法에 關한 프랭클의 分類法)

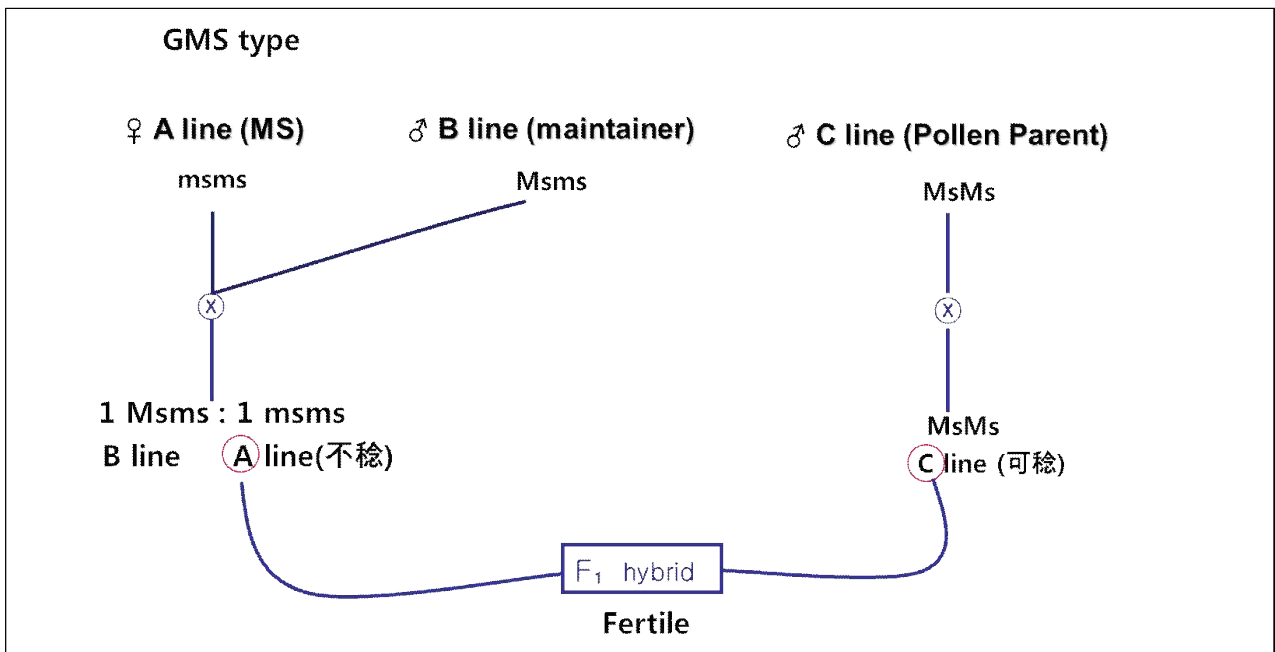


그림 139. 雄性不妊과 그 活用法에 關한 프랭클의 分類法 (웅성불임과 그 活用法에 關한 프랭클의 分類法)

育成過程



그림 141. 系統 育成 課程 (계통육성과정)

(2) 계통육성

(가) 무모 • MS-line 육성

특성검정을 통한 모본 무모line과 응성불임계는 육묘상자에 상토를 10cm두께로 준비하여 8월상순 파종하여 20일경 본엽 출현 시기에 16구 연결 pot에 가식하고 10월 하순 준비된 시설에 정식하여 보온관리로 월동재배를 하였다.

(나) 화분친 계통 육성

2009년부터 2013년까지 유전자원에서 선발된 중국 유래계 16계통은 Nantes-type이며 저온기 비대가 잘되는 조생계를 선발하고 인도 유래계 6계통은 Deci Red-typed으로 근색이 붉은색으로 착색이 잘되는 장형계를 선발하였다. 선발조합 화분친 2계통은 순도고정을 위한 다수의 모본을 선발하였다.

(다) 정식

선발된 모본은 잎을 3cm정도 남기고 자른 후 아미스타+일품 1,000배액에 30분 소독 후 그늘에서 건조 하여 정식배치를 위한 계통별로 모본을 정리하였다. 포장준비는 계분발효퇴비(480kg/10a) + 원예용 복합 특호비료 N-P-K-고토-붕사(10-11-12-2-0.3) 60kg/10a + 석회(60kg/10a) + 토양살충제 모캡(6kg/10a) + 유박 (240kg/10a)을 살포하고 경운작업 후 폭 110cm 정식구를 준비하여 검정색비닐 0.03cm×140cm×200cm의 규격비닐로 멀칭 하고 주간거리 40cm×35cm 간격으로 선발된 계통별로 용도에 따라 배치와 정식을 하였다. 정식 후 7일경부터 모본이 활착되어 지주를 설치하였다(그림 142). 활착 후 본엽3~5매 시기에 입모상태를 확인하였다 (그림 143).

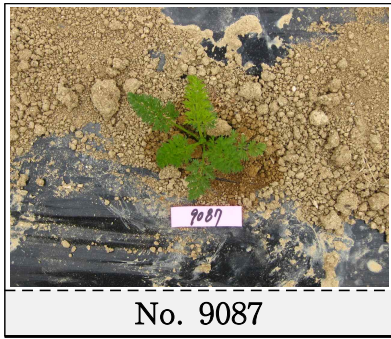


정 식

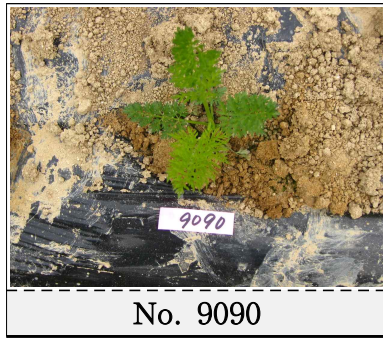


활 착

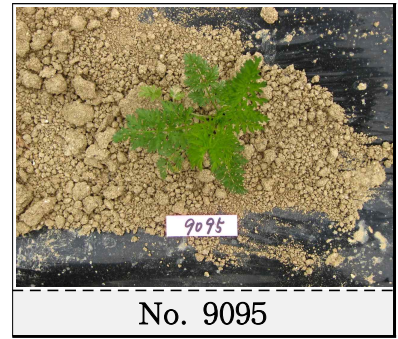
그림 142. 모본 정식, 활착 모습



No. 9087



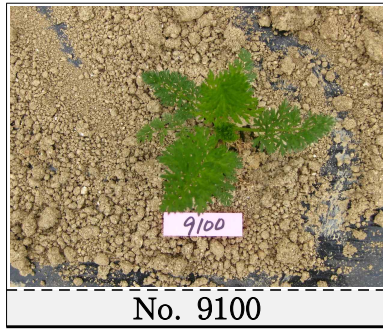
No. 9090



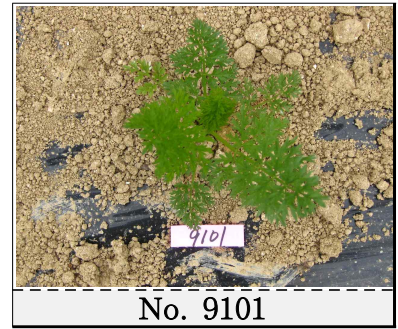
No. 9095



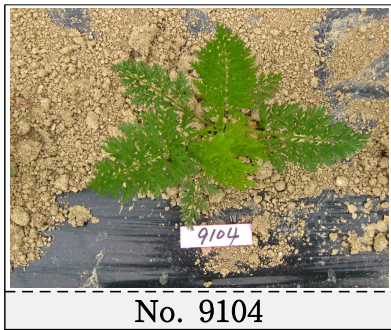
No. 9099



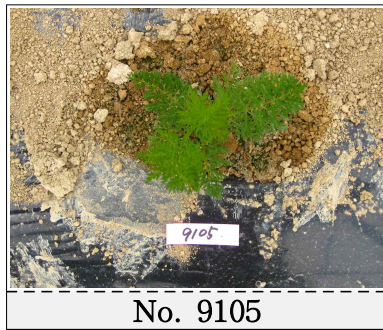
No. 9100



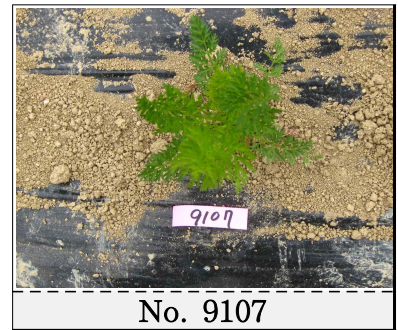
No. 9101



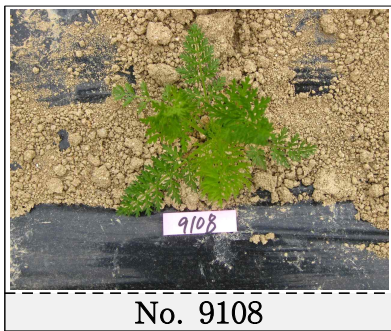
No. 9104



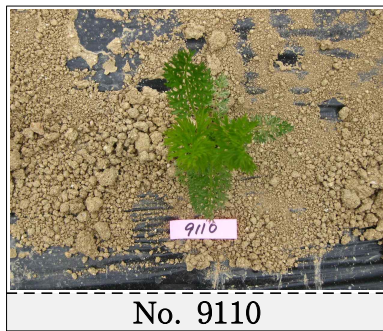
No. 9105



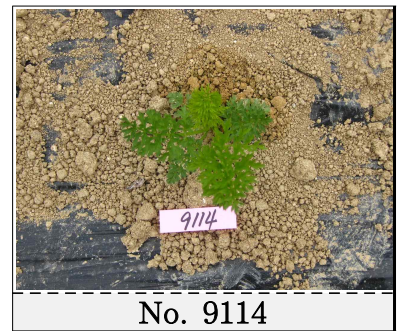
No. 9107



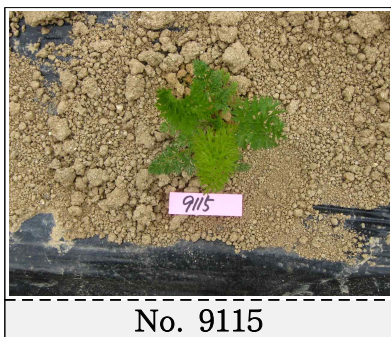
No. 9108



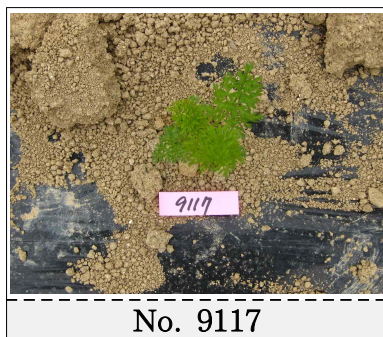
No. 9110



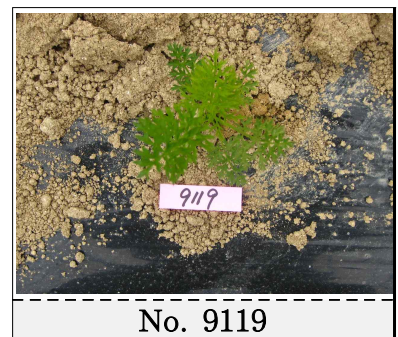
No. 9114



No. 9115



No. 9117



No. 9119

그림 143. CT-SMR 616OP-389-line 입모 모습

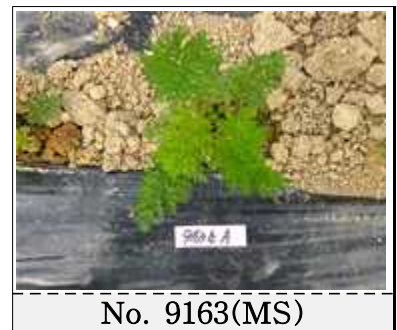
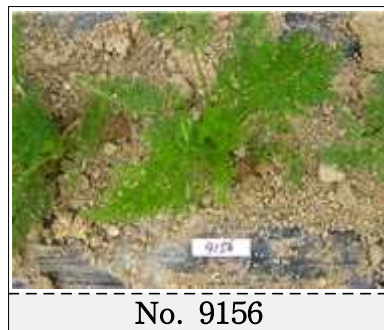
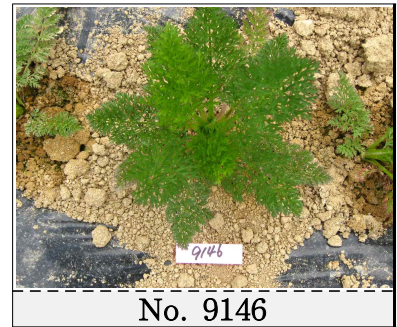
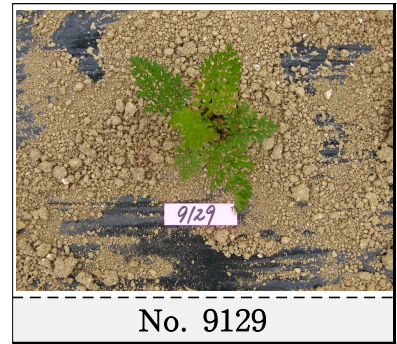
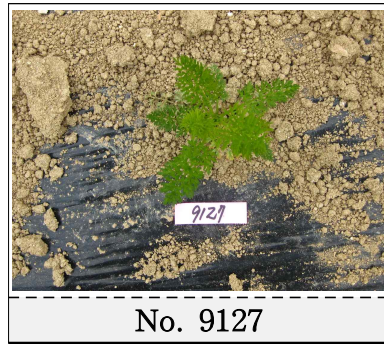
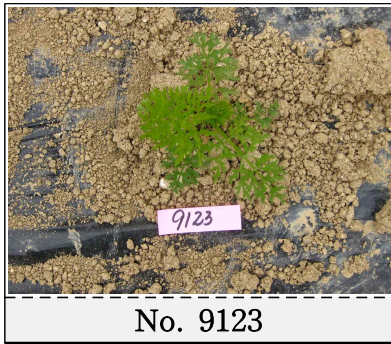


그림 143. CT-SMR 616OP-389-line, MS-line과 CK-line 입모 모습

(3) 개화조사 및 임성조사

모본활착 후 활력을 촉진시키기 위해 복합 영양제 2호를 1,000배액을 7일 간격으로 3회 엽면 살포 하였다. 진딧물, 응애, 흰 가루병 방제로 4월 상순 코니도 + 살비왕 + 웨나리 1,000 배액을 7일 간격으로 2회 살포하였다. 5월 하순부터 개화가 시작되었다. 개화조사는 5일 간격으로 주간화서의 개화일을 3회 조사 하였고 임성 조사는 불임, 가임으로 구분하여 조사를 하였다 (그림 144, 145).



그림 144. 응성불임계 • 가임계 화서모습



그림 145. 추대 • 개화모습

(4) 교 배

개화가 시작되어 5월 하순부터 6월 하순까지 교배를 하였다. 당근은 응화가 노화된 후 암술이 돌출되는 응애선숙 작물로 주간화서, 1차 측지, 2차 측지의 동일한 개체에서 selfing 교배로 자식종자 확보가 어려움으로 교배시점 조절에 적절한 조치가 필요하였다. 교배는 시설내의 온도상승을 억제하기 위해 75% × 2.4m 차광망을 설치하고, 순수계통유지를 위한 교배방법으

로 주간화서의 개화 시 소형 cage와 매개충을 이용하여 4~5일간 제충을 실시하고, 암술이 돌출된 후 주두모양이 V자로 벌어지는 시점에 동일개체의 1차~2차 측지의 화지를 절단하여 물병에 꽂아 교배시기를 조절하여 매개충을 이용한 selfing 교배를 하였다. 웅성불임계 교배는 주두의 적정시점에 유지친의 화지를 절단하고 물병을 이용하여 소형 cage로 격리하여 교배를 하였다. C-line은 F₂세대부터 구조물설치로 격리하여 매개충을 투입하여 sibing으로 교배하였다. 무모 line 교배 확인은 꽃잎이 떨어지고 주두에 분비물이 발생되지 않는 것으로, control line과 C-line은 자방의 과피에 모용이 자라는 조사로 교배됨을 확인하였다 (그림 146, 147).



암술



수술

그림 146. 암술·수술 모습



Cage교배

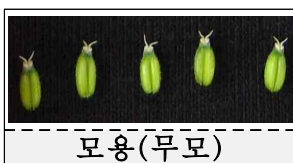


구조물설치 교배

그림 147. 교배 모습

(5) 모형조사 및 종자크기 조사

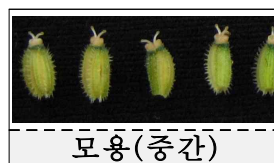
7월 상순부터 교배가 완료된 개체별로 모형의 길이가 -1(무모), 1(짧다), 3(중간), 5(길다)로 육안으로 구분 하였고, 종자의 크기는 예취시기에 1(작다), 3(중간), 5(크다) 로 육안조사 하였다 (그림 148, 149).



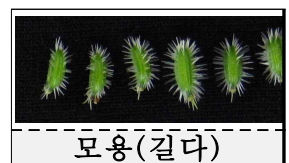
모용(무모)



모용(짧다)



모용(중간)



모용(길다)

그림 148. 모형 구분

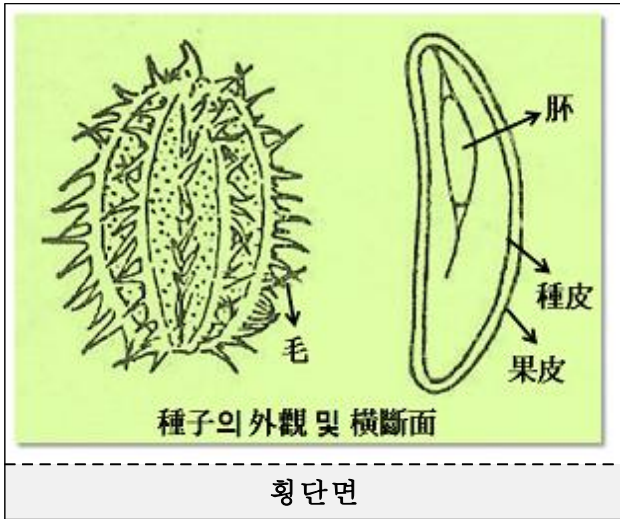


그림 149. 당근종자의 횡단, 종단면 구조명칭

(6) 종자 확보

교배 완료 후 응애, 흰 가루병 방제로 살비왕 + 섹큐어 + 흰가루병 + 웨나리를 각각 1,000배액으로 7일 간격으로 3회 약제를 살포하였다. 7월 중순부터 종피색이 70%이상 갈색으로 착색되는 화지를 5~6회 절단하여 계통별로 양과망에 예취하고, 등숙과 건조가 완료된 계통부터 탈중하여 정선 과정을 거쳐 종자를 확보 하였다 (그림 150).



그림 150. 교배 · 결실 · 건조 · 탈중모습

CT-SMR616OP-389-1-3 line에서 파생된 계통 중 무모~단모형으로 표현된 No. 9087 15개체, 9090 7개체, 9095 15개체, 9099 32개체, 9101 14개체, 9104 29개체, 9105 15개체, 9107 35개체, 9108 14개체, 9110 14개체, 9114 15개체, 9115 15개체, 9117 15개체, 9119 15개체, 9123 14개체, 9127 15개체, 9129 15개체, 616OP-389-⊗-14-line에서 단모로 표현되는 No. 9140 29개체, 9142 31개체, 9145 30개체, 9146 30개체, 9153 30개체, 9156 24개체, control line인 No. 9182 23개체는 selfing으로 웅성불임 line 9163 118개체는 back cross로 화분 친 22계통 및 선 발조합 화분친 2계통은 sibing으로 전체 609개체를 목적에 따라 교잡하여 종자를 확보하였다.

다. 결 과

(1) 무모 유지친

CT-SMR616OP-389-1-3 line은 4년차 시험에서 단모형으로 표현된 No. 9087 15개체, 9090 7개체, 9095 15개체, 9099 32개체, 9101 14개체, 9104 29개체, 9105 15개체, 9107 35개체, 9108 14개체, 9110 14개체, 9114 15개체, 9115 15개체, 9117 15개체, 9119 15개체, 9123 14개체, 9127 15개체, 9129 15개체 등 총 295개체를 (그림 151) 616OP-389-⊗-14-line에서 무모~단모로 표현되는 No.9140 29개체, 9142 31개체, 9145 30개체, 9146 30개체, 9153 30개체 등 174개체를 무모-line으로 육성 하였다(그림 152). 9156 24개체는 control line인 유모형으로 고정됨을 확인하였다 (그림 152).

(2) 웅성불임계

무모-line의 MS 유전기작이 알려진 사례가 없어서 명확한 우열 관계나 기작을 밝힐 수는 없으나 유지친의 무모 line 실험에서 얻어진 결과를 바탕으로 시험을 진행하였다. BC₂ 세대의 전체개체에서 단모~중모로 모용이 있는 것으로 표현되었다. BC₃세대의 개체에서 무모형의 개체가 확인되었다. 분리비는 무모 5개체와 단모 10개체로 분리됨을 확인하였고 5년차 시험에서 웅성불임계 No. 9163 118개체를 공시한 결과 Petaloid-type으로 임성은 안정이 안정된 것으로 확인되었고 모용 조사결과 무모형 62개체(52.5%) 중모형 56개체(47.5%)로 표현되었고 유모형의 개체는 출현하지 않았다. 연차별 여교잡을 통한 분리비를 살펴보면 BC₂세대 까지는 전 개체에서 유모로 표현되었고 BC₃세대에서 1(무모):2(단,중모), BC₄세대에서 1(무모):1(단,중모)비율로 조사되었다. 현재까지 조사결과로 비추어보며 앞으로 2~3세대진전이 더 이루어지면 MS 무모 line의 고정은 가능할 것으로 판단되었다 (그림 153).

(3) 화분친계

중국 유래계 16계통, 인도 유래계 6계통을 sib cross으로 교잡하여 화분친 line으로 육성하였다 (그림 154)



No. 9087

CT-SMR 616OP-389-1-3-17-4(1~15)



No. 9090

CT-SMR 616OP-389-1-3-17-7(1~7)



No. 9095

CT-SMR 616OP-389-1-3-21-1(1~15)



No. 9099

CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6(1~33)



No. 9100

CT-SMR 616OP-389-1-3-21-7(1~15)



No. 9101

CT-SMR 616OP-389-1-3-21-8(1~15)

그림 151. CT-SMR 616Op-389 line 결실모습



No. 9104

CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1(1~29)



No. 9105

CT-SMR 616OP-389-1-3-23-2(1~15)



No. 9107

CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4(1~35)



No. 9108

CT-SMR 616OP-389-1-3-23-5(1~15)



No. 9110

CT-SMR 616OP-389-1-3-23-7(1~15)



No. 9114

CT-SMR 616OP-389-1-3-26-1(1~15)

그림 151. 계속



No. 9115

CT-SMR 616OP-389-1-3-26-2(1~15)



No. 9117

CT-SMR 616OP-389-1-3-26-4(1~15)



No. 9119

CT-SMR 616OP-389-1-3-26-7(1~15)



No. 9123

CT-SMR 616OP-389-1-3-40-2(1~15)



No. 9127

CT-SMR 616OP389-1-3-54-1(1~15)



No. 9129

CT-SMR 616OP389-1-3-54-5(1~10)

그림 151. 계속



No. 9140

CT-SMR 616OP389-⊗-14-1-6(1~29)



No. 9142

CT-SMR 616OP389-⊗-14-1-9(1~31)



No. 9145

CT-SMR 616OP389-⊗-14-2-4(1~31)



No. 9146

CT-SMR 616OP389-⊗-14-2-5(1~35)



No. 9153

CT-SMR 616OP389-⊗-14-4-5(1~30)



No. 9156

CT-SMR 616OP389-⊗-14-4-10(1~24)

그림 152. SMR 616Op-389 - ⊗line



No. 9163

CT-SMR 616-1MS line(BC5)

그림 153. SMR 616-1 MS-line BC5세대 무모형 결실모습



No. 9163(무모형)

CT-SMR 616-1MS line(BC5)



No. 9163

CT-SMR 616-1MS line(BC5)

그림 153. SMR 616-1 MS-line BC5세대 단모형 결실모습



No. 9163(단모형)

CT-SMR 616-1MS line(BC5)



No. 9163

CT-SMR 616-1MS line(BC5)

그림 153. SMR 616-1 MS-line BC5세대 중모형 결실모습



No. 9163(중모형)

CT-SMR 616-1MS line(BC5)

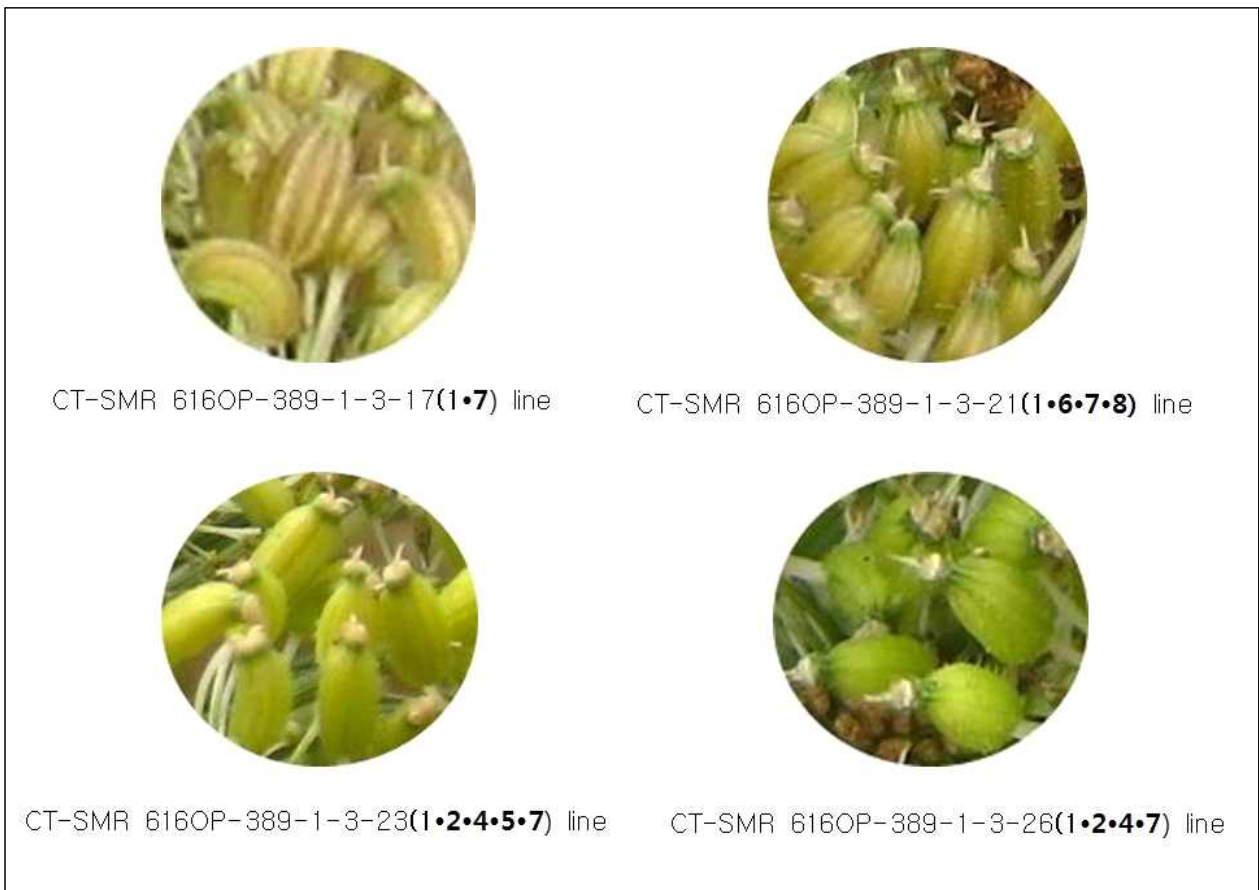


No. 9182



No. 9182

그림 154. SMR 616Op-CK33-14-7(1~23) control line의 결실모습



CT-SMR 616OP-389-1-3-17(1•7) line

CT-SMR 616OP-389-1-3-21(1•6•7•8) line

CT-SMR 616OP-389-1-3-23(1•2•4•5•7) line

CT-SMR 616OP-389-1-3-26(1•2•4•7) line

그림 154. CT-SMROP-616OP-389 line별 결실종자 비교모습



그림 154. CT-SMROP-616OP-389 line별 결실종자 비교모습



그림 154. CT-SMR-616OP-389 • control • MS line별 결실종자 비교모습

(4) CT-SMR 616OP line

CT-SMR 616OP-389-1-3 line의 추대높이, 개화일, 모용을 번호별로 분석을 실시하였다.

(5) No. 9087, 9090, 9095, 9099, 9101, 9104, 9105, 9107, 9108, 9110, 9114, 9115, 9117, 9119, 9123, 9127, 9129, (CT-SMR 616OP-389-1-3-17·21·23·26·40·54)

Selfing의 F₅세대 389-1-3의 개체에서 selfing으로 교배된 294개체가 전체 무모형으로 확인 되었다. 종자모습은 그림 155으로, 육성경과 도표는 그림 156으로 표현하였다.

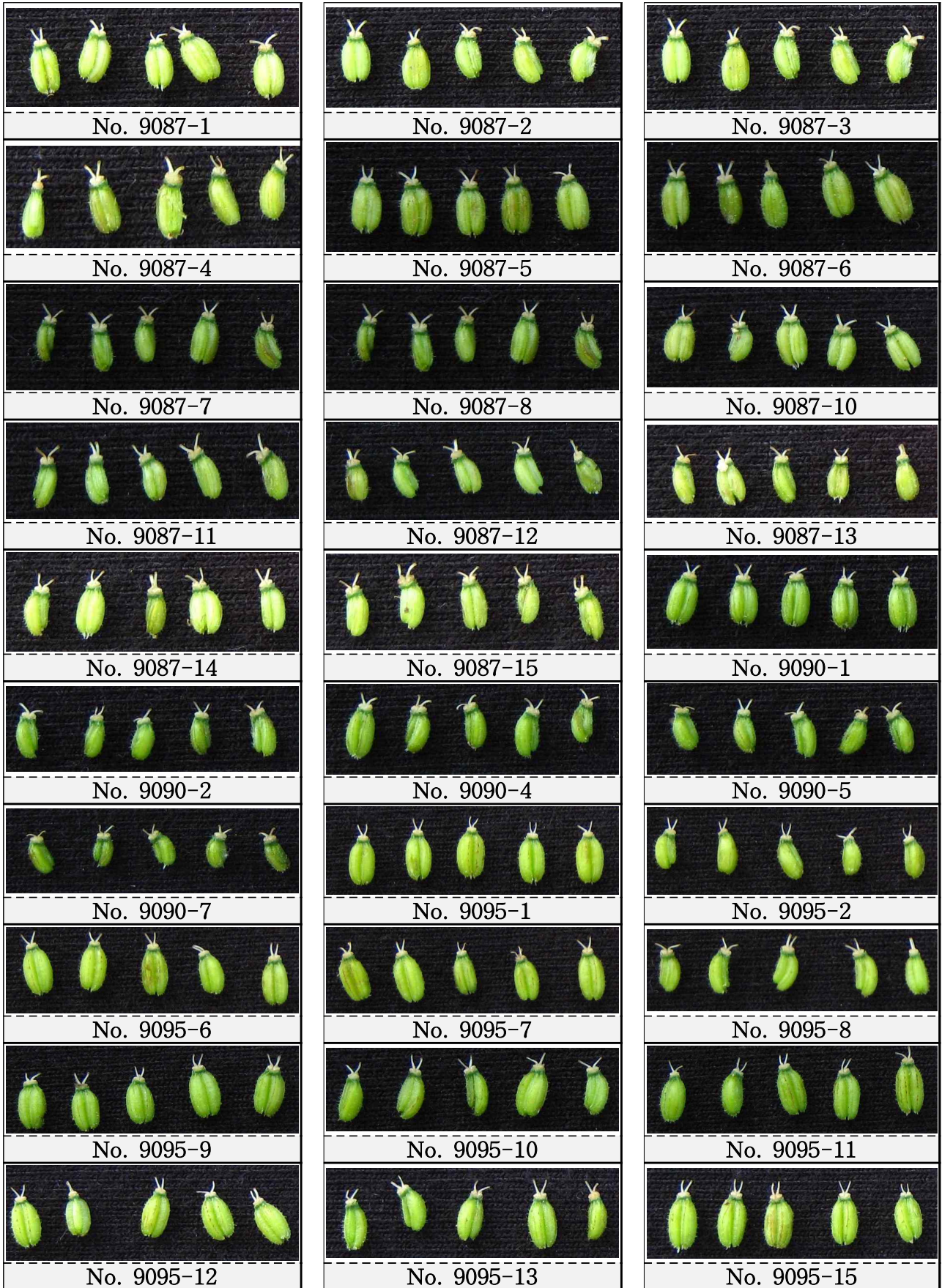


그림 155. CT SMR 616OP-389-1-3line



No. 9099-2



No. 9099-6



No. 9099-10



No. 9099-14



No. 9099-17



No. 9099-20



No. 9099-23



No. 9099-26



No. 9099-29



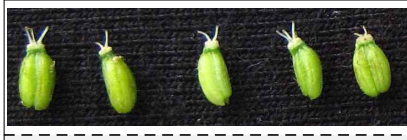
No. 9099-32



No. 9099-3



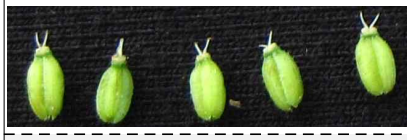
No. 9099-7



No. 9099-12



No. 9099-15



No. 9099-18



No. 9099-21



No. 9099-24



No. 9099-27



No. 9099-30



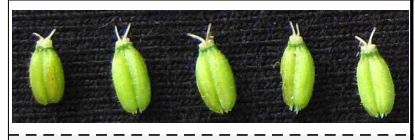
No. 9099-33



No. 9099-4



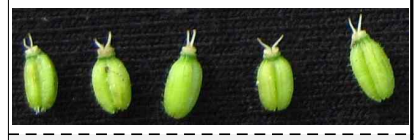
No. 9099-9



No. 9099-13



No. 9099-16



No. 9099-19



No. 9099-22



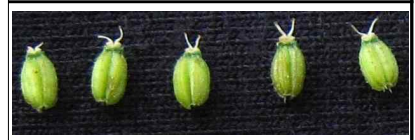
No. 9099-25



No. 9099-28



No. 9099-31



No. 9100-1

그림 155. 계속



No. 9100-2



No. 9100-5



No. 9100-9



No. 9100-14



No. 9101-3



No. 9101-6



No. 9101-9



No. 9104-4



No. 9104-8



No. 9104-11



No. 9100-3



No. 9100-6



No. 9100-10



No. 9101-1



No. 9101-4



No. 9101-7



No. 9101-10



No. 9104-5



No. 9104-9



No. 9104-12



No. 9100-4



No. 9100-8



No. 9100-12



No. 9101-2



No. 9101-5



No. 9101-8



No. 9101-11



No. 9104-6



No. 9104-10



No. 9104-13

그림 155. 계속



No. 9104-14



No. 9104-17



No. 9104-20



No. 9104-23



No. 9104-26



No. 9104-29



No. 9104-5



No. 9104-9



No. 9104-12



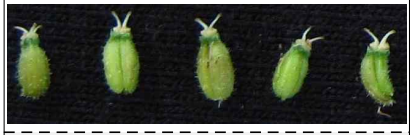
No. 9104-15



No. 9104-15



No. 9104-18



No. 9104-21



No. 9104-24



No. 9104-27



No. 9104-1



No. 9104-6



No. 9104-10



No. 9104-13



No. 9104-16



No. 9104-16



No. 9104-19



No. 9104-22



No. 9104-25



No. 9104-28



No. 9104-4



No. 9104-8



No. 9104-11



No. 9104-14



No. 9104-17

그림 155. 계속



No. 9104-18



No. 9104-21



No. 9104-24



No. 9104-27



No. 9105-1



No. 9105-6



No. 9105-10



No. 9105-14



No. 9107-2



No. 9107-6



No. 9104-19



No. 9104-22



No. 9104-25



No. 9104-28



No. 9105-4



No. 9105-7



No. 9105-11



No. 9105-15



No. 9107-4



No. 9107-8



No. 9104-20



No. 9104-23



No. 9104-26



No. 9104-29



No. 9105-5



No. 9105-9



No. 9105-12



No. 9107-1



No. 9107-5



No. 9107-12

그림 155. 계속



No. 9107-13



No. 9107-16



No. 9107-19



No. 9107-22



No. 9107-25



No. 9107-28



No. 9107-31



No. 9107-34



No. 9108-2



No. 9108-5



No. 9108-9



No. 9107-14



No. 9107-17



No. 9107-20



No. 9107-23



No. 9107-26



No. 9107-29



No. 9107-32



No. 9107-35



No. 9108-3



No. 9108-6



No. 9108-10



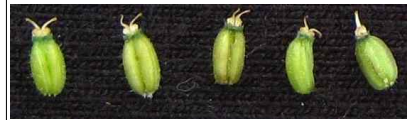
No. 9107-15



No. 9107-18



No. 9107-21



No. 9107-24



No. 9107-27



No. 9107-30



No. 9107-33



No. 9108-1



No. 9108-4



No. 9108-8

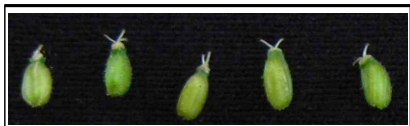


No. 9108-14

그림 155. 계속



그림 155. 계속



No. 9115-11



No. 9115-14



No. 9117-2



No. 9117-5



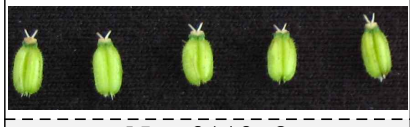
No. 9117-8



No. 9117-11



No. 9117-14



No. 9119-2



No. 9119-7



No. 9119-10



No. 9119-13



No. 9115-12



No. 9115-15



No. 9117-3



No. 9117-6



No. 9117-9



No. 9117-12



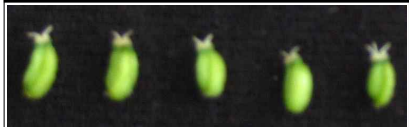
No. 9117-15



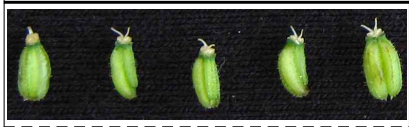
No. 9119-3



No. 9119-8



No. 9119-11



No. 9119-14



No. 9115-13



No. 9117-1



No. 9117-4



No. 9117-7



No. 9117-10



No. 9117-13



No. 9119-1



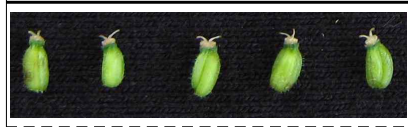
No. 9119-5



No. 9119-9



No. 9119-12



No. 9119-15

그림 155. 계속

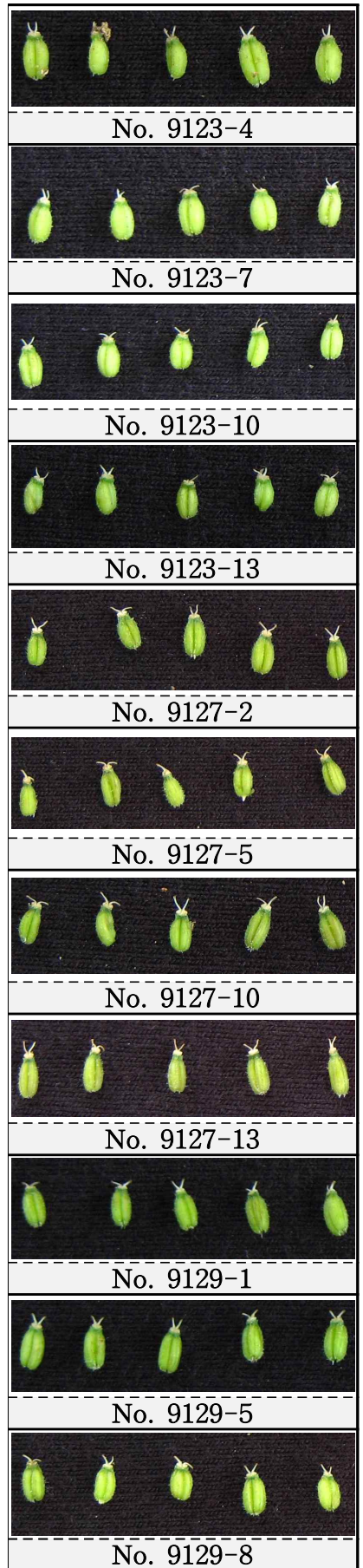
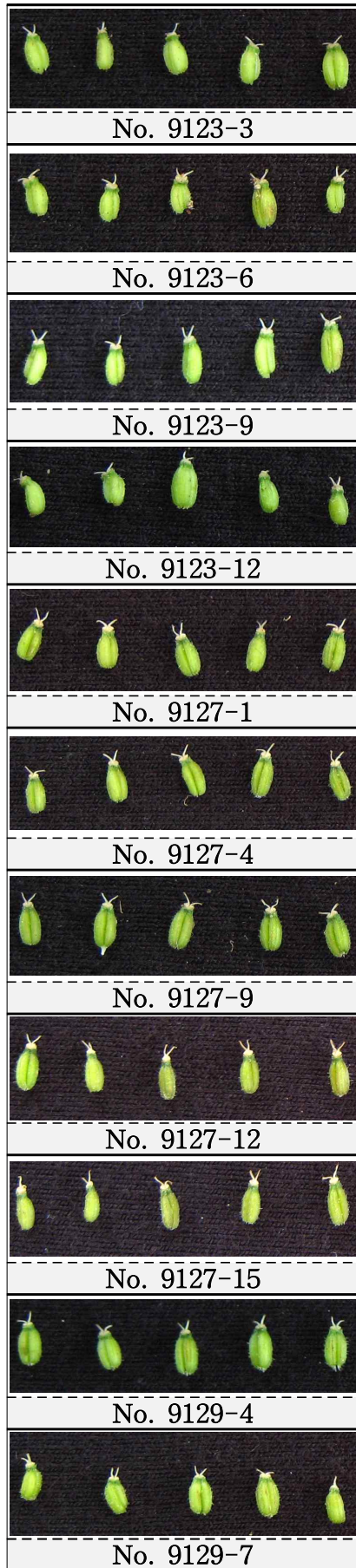
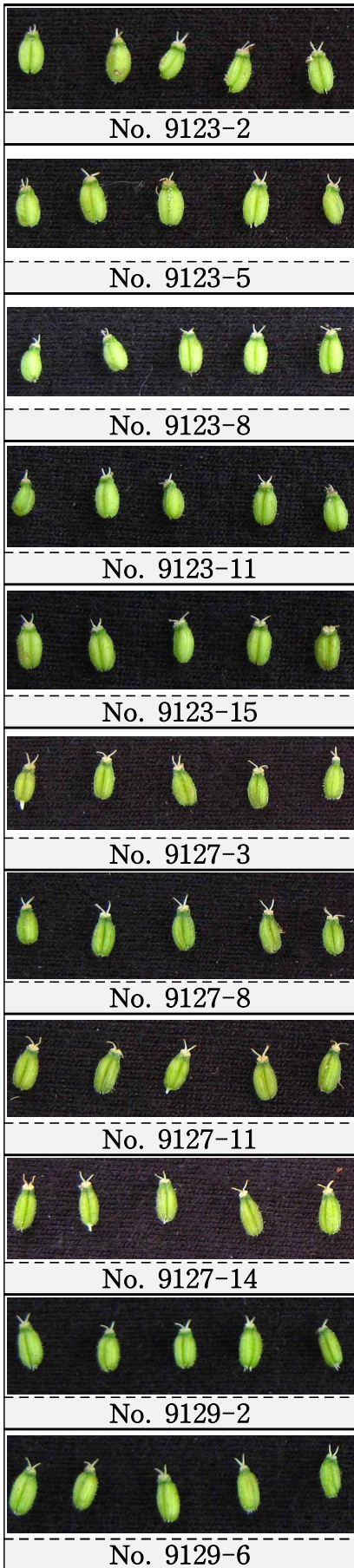


그림 155. 계속

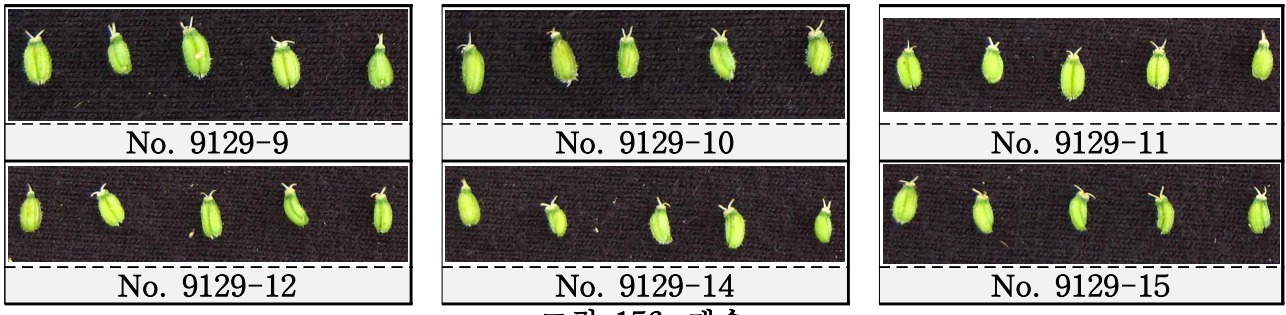


그림 156. 계속

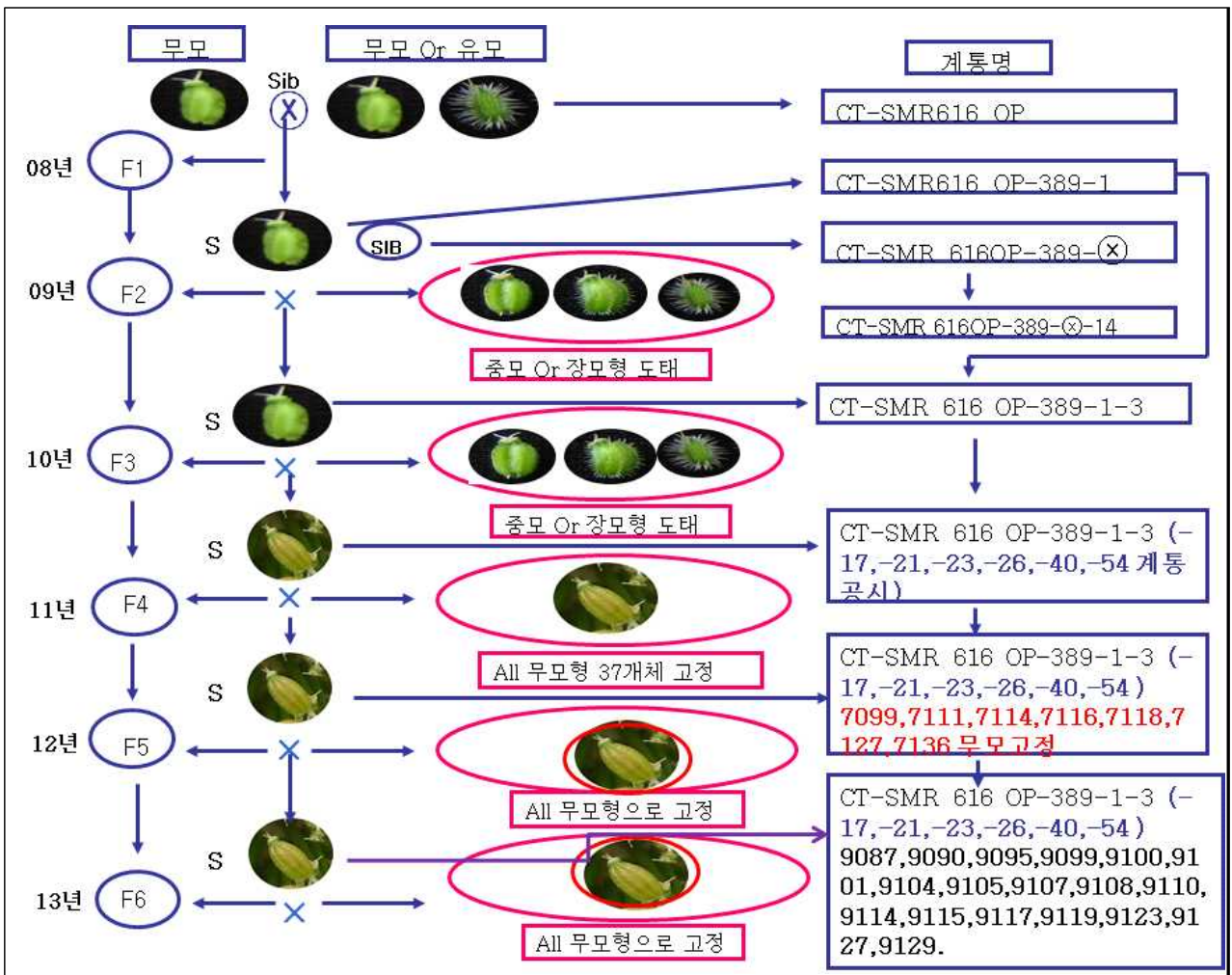


그림 157. CT-SMR 616OP-389-1-3 line 육성 경과 도표

(6) CT-SMR 616OP line

CT-SMR 616OP-389-⊗-14 line의 추대높이, 개화일, 모용을 번호별로 분석을 실시하였다.

(7) No.9140, 9142, 9145, 9146, 9153, 9156 (CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1 • 2 • 4)

Selfing의 F₅세대 389-⊗-14의 개체에서 무모계로 선발 selfing으로 교배된 종자 174

개체 중 전체 개체가 무모형으로 고정된 것으로 확인되었다. 종자모습은 그림 159으로, 육성경과 도표는 그림 160로 표현하였다.



그림 158. CT-SMR 616OP-389-⊗-14 line



그림 159. CT-SMR 616OP-389-⊗-14 line



No. 9142-8



No. 9142-11



No. 9142-14



No. 9142-17



No. 9142-20



No. 9142-23



No. 9142-26



No. 9142-29



No. 9145-1



No. 9145-4



No. 9142-9



No. 9142-12



No. 9142-15



No. 9142-18



No. 9142-21



No. 9142-24



No. 9142-27



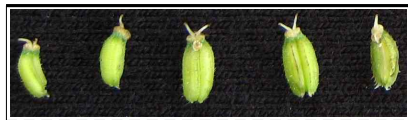
No. 9142-30



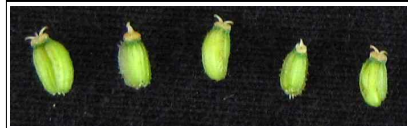
No. 9145-2



No. 9145-5



No. 9142-10



No. 9142-13



No. 9142-16



No. 9142-19



No. 9142-22



No. 9142-25



No. 9142-28



No. 9142-31



No. 9145-3



No. 9145-6

그림 159. 계속



No. 9145-7



No. 9145-10



No. 9145-13



No. 9145-16



No. 9145-19



No. 9145-22



No. 9145-25



No. 9145-28



No. 9146-1



No. 9146-4



No. 9146-7



No. 9145-8



No. 9145-11



No. 9145-14



No. 9145-17



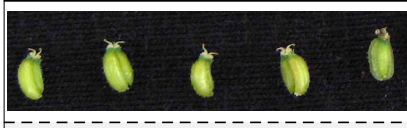
No. 9145-20



No. 9145-23



No. 9145-26



No. 9145-29



No. 9146-2



No. 9146-5



No. 9146-8



No. 9145-9



No. 9145-12



No. 9145-15



No. 9145-18



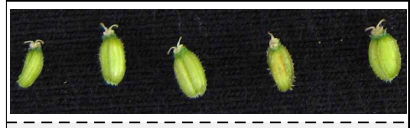
No. 9145-21



No. 9145-24



No. 9145-27



No. 9145-30



No. 9146-3



No. 9146-6



No. 9146-9

그림 159. 계속



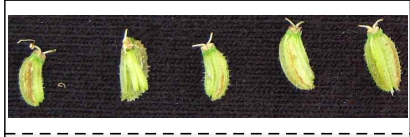
No. 9146-10



No. 9146-13



No. 9146-16



No. 9146-19



No. 9146-22



No. 9146-25



No. 9146-28



No. 9153-1



No. 9153-4



No. 9153-7



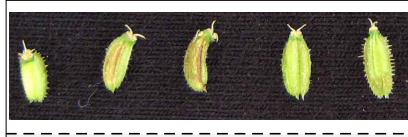
No. 9146-11



No. 9146-14



No. 9146-17



No. 9146-20



No. 9146-23



No. 9146-26



No. 9146-29



No. 9153-2



No. 9153-5



No. 9153-8



No. 9146-12



No. 9146-15



No. 9146-18



No. 9146-21



No. 9146-24



No. 9146-27



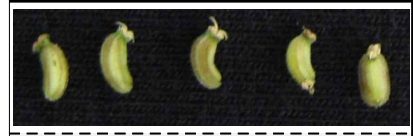
No. 9146-30



No. 9153-3

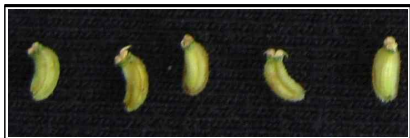


No. 9153-6



No. 9153-9

그림 159. 계속



No. 9153-10



No. 9153-13



No. 9153-16



No. 9153-19



No. 9153-22



No. 9153-25



No. 9153-28



No. 9156-1



No. 9156-4



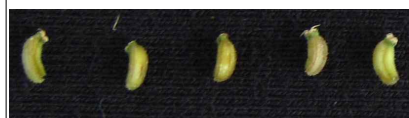
No. 9156-7



No. 9153-11



No. 9153-14



No. 9153-17



No. 9153-20



No. 9153-23



No. 9153-26



No. 9153-29



No. 9156-2



No. 9156-5

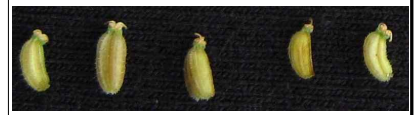


No. 9156-8

그림 159. 계속



No. 9153-12



No. 9153-15



No. 9153-18



No. 9153-21



No. 9153-24



No. 9153-27



No. 9153-30



No. 9156-3



No. 9156-6



No. 9156-9

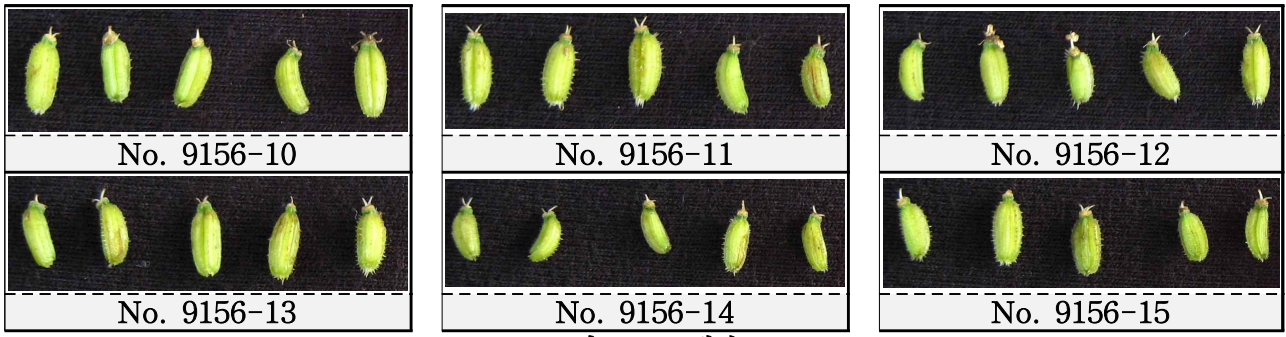


그림 159. 계속

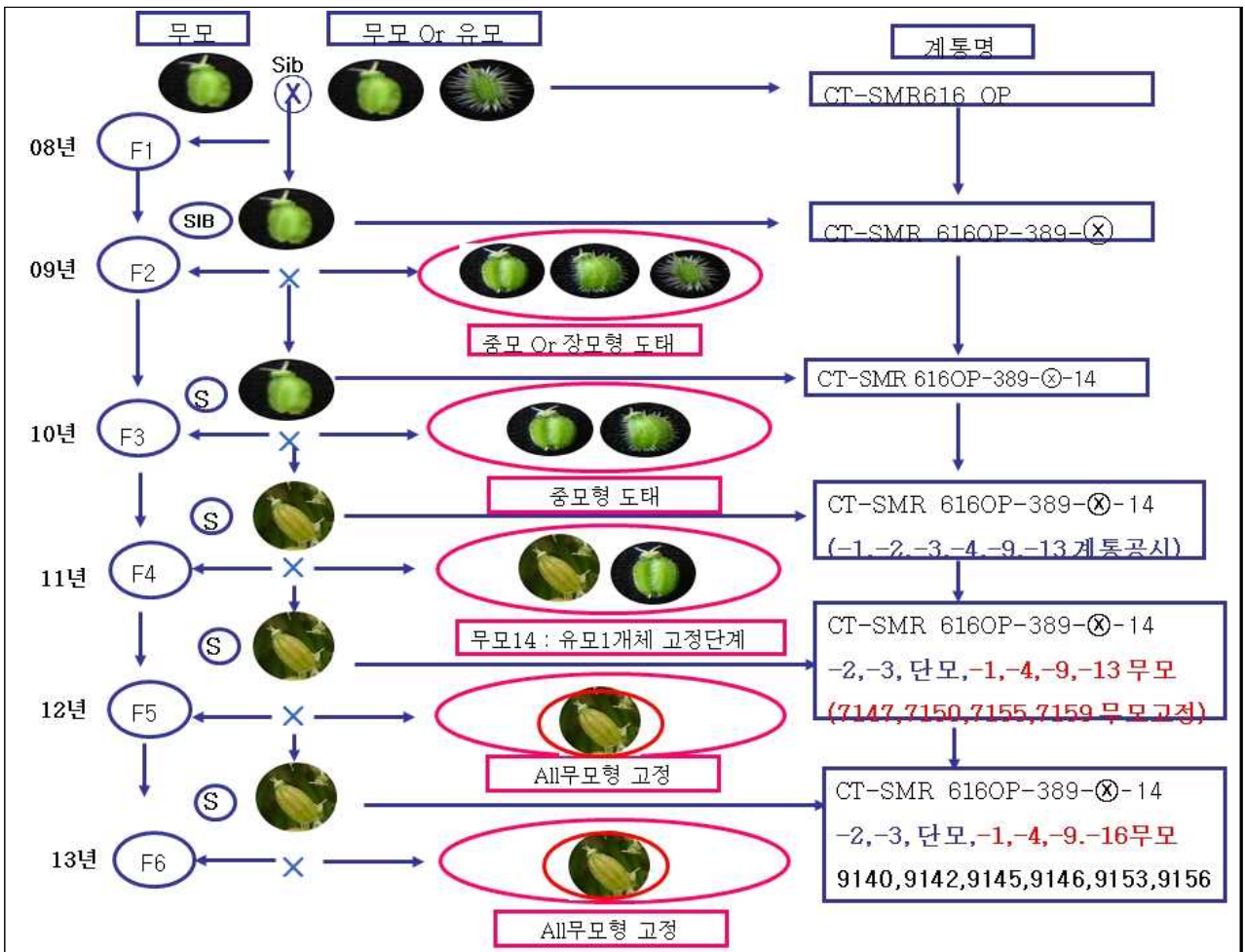


그림 160. CT-SMR616OP-389-⊗-14 line 육성 경과 도표

(8) CT-SMR 616OP-CK33 line

CT-SMR 616OP-CK33 line의 추대높이, 개화일, 모용을 번호별로 분석을 실시하였다.

(9) No.9182(CT-SMR 616OP-CK33-14-7-5)

Control line으로 23 개체를 selfing으로 교잡하여 종자를 확보하였다. 종자모습은 그림 161으로, 육성 경과 도표는 그림 162로 표현하였다.



그림 161. CT-SMR 616OP-CK33-14-7-5종자모습

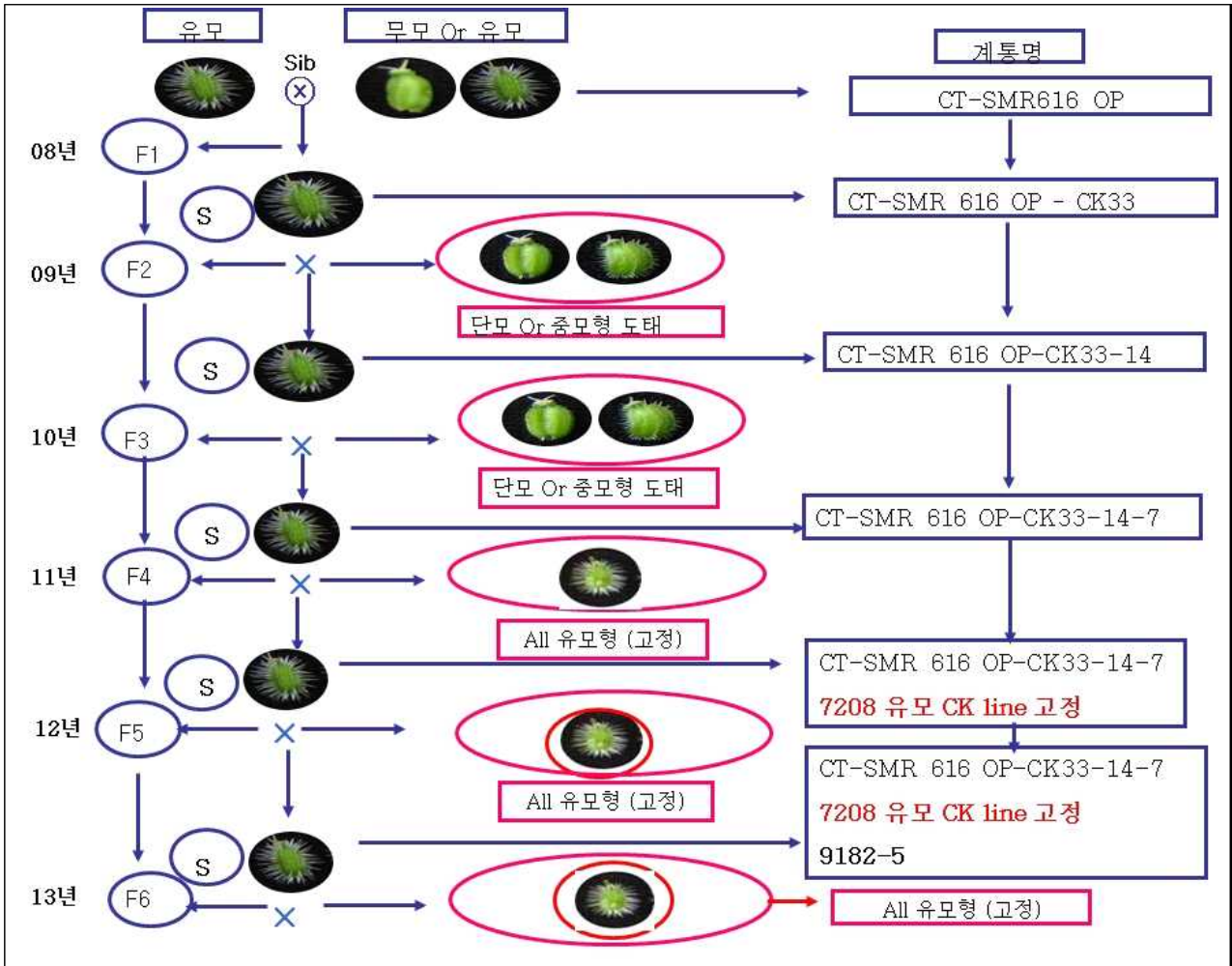


그림 162. CT-SMR 616OP-CK33-14-7 control line 육성 경과 도표

(10) CT-SMR 616OP-MS line

CT-SMR 616OP-MS line의 추대높이, 개화일, 모용을 번호별로 분석을 실시하였다.

(11) No.9163 SMR G616 MS line

MS line 9163 SMR 616OP MS line BC₅세대 118개체를 공시하여 back cross로 교잡하여 무모형 62개체(52.5%) 중모형 56개체(47.5%)로 확인되었고, 무모 62개체의 종자를 확보하였다. 웅성불임의 핵치환작출 및 F₁ 생산도는 그림 163으로 표현하였다.

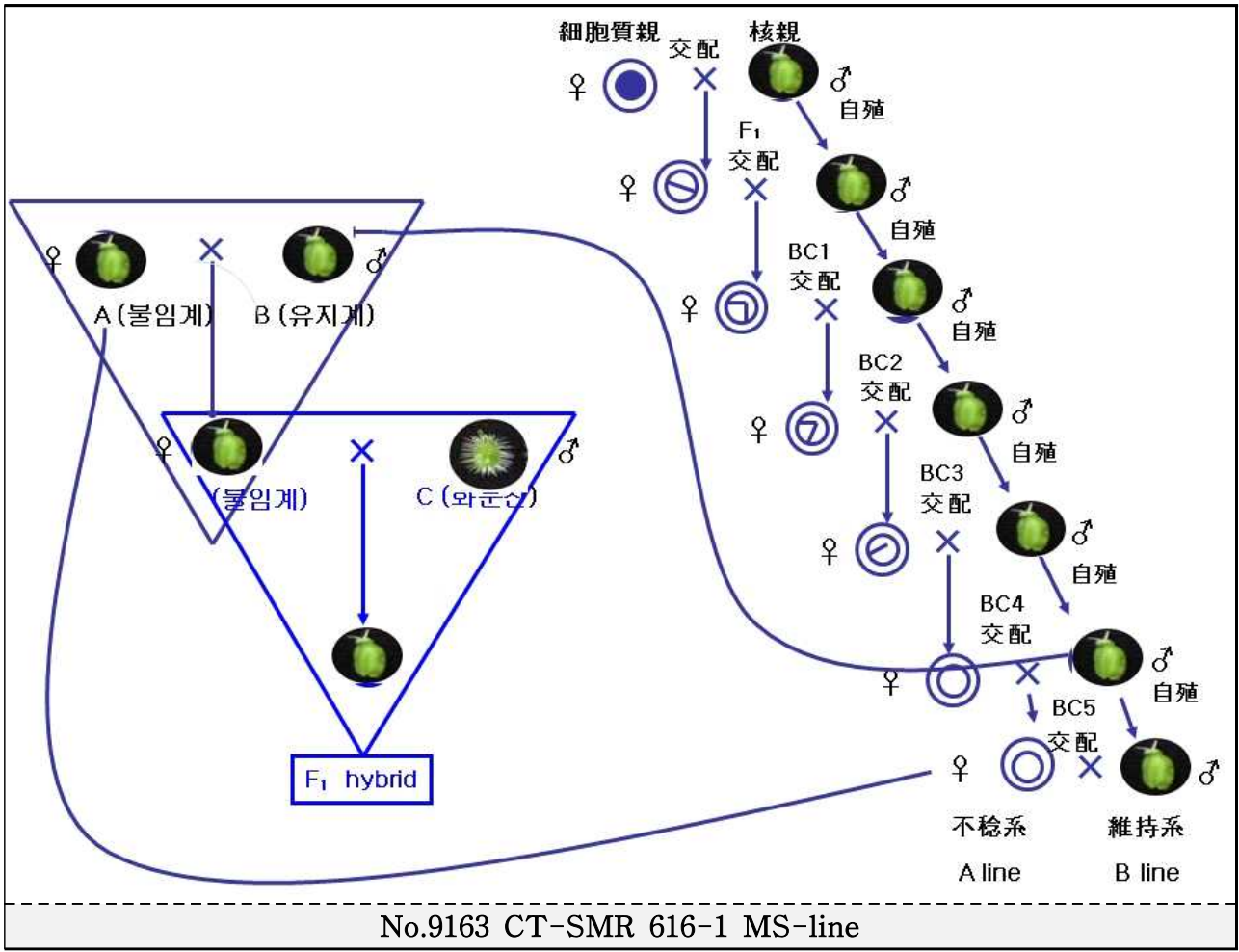


그림 163. 核置換 雌性不妊의 作出 및 F₁생산도(BC₅)

(12) 화분친-line

중국 유래계 16계통, 인도 유래계 6계통을 Sib cross으로 선발 교잡하여 화분친 line으로 육성하였다 (표 31).

(13) 2013년도 종자 생산내역은 표 30과 같다.

표 30. 2013년도 종자생산 list

조제번호	생산번호	계통명	종자량(ml)	교배방법	비고
9087-1	9087-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-4-1	25	Selfing	L5
9087-2	9087-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-4-2	8	Selfing	L5
9087-3	9087-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-4-3	10	Selfing	L5
9087-4	9087-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-4-4	14	Selfing	L5
9087-5	9087-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-4-5	15	Selfing	L5
9087-6	9087-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-4-6	16	Selfing	L5
9087-8	9087-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-4-8	10	Selfing	L5
9087-9	9087-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-4-9	9	Selfing	L5
9087-10	9087-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-4-10	8	Selfing	L5
9087-11	9087-11	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-4-11	16	Selfing	L5
9087-12	9087-12	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-4-12	19	Selfing	L5
9087-13	9087-13	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-4-13	15	Selfing	L5
9087-14	9087-14	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-4-14	10	Selfing	L5
9087-15	9087-15	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-4-15	12	Selfing	L5
9090-1	9090-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-7-1	8	Selfing	L5
9090-2	9090-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-7-2	9	Selfing	L5
9090-4	9090-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-7-4	17	Selfing	L5
9090-5	9090-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-7-5	14	Selfing	L5
9090-7	9090-7	CT-SMR 616OP-389-1-3-17-7-7	12	Selfing	L5
9095-1	9095-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-1-1	11	Selfing	L5
9095-2	9095-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-1-2	10	Selfing	L5
9095-6	9095-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-1-6	10	Selfing	L5
9095-7	9095-7	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-1-7	9	Selfing	L5
9095-8	9095-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-1-8	15	Selfing	L5
9095-9	9095-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-1-9	13	Selfing	L5
9095-10	9095-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-1-10	13	Selfing	L5
9095-11	9095-11	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-1-11	12	Selfing	L5
9095-12	9095-12	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-1-12	8	Selfing	L5
9095-13	9095-13	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-1-13	9	Selfing	L5
9095-15	9095-15	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-1-15	14	Selfing	L5
9099-2	9099-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-2	11	Selfing	L5
9099-3	9099-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-3	10	Selfing	L5
9099-4	9099-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-4	5	Selfing	L5
9099-6	9099-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-6	7	Selfing	L5
9099-7	9099-7	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-7	16	Selfing	L5
9099-9	9099-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-9	12	Selfing	L5
9099-10	9099-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-10	10	Selfing	L5
9099-12	9099-12	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-12	8	Selfing	L5
9099-13	9099-13	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-13	8	Selfing	L5
9099-14	9099-14	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-14	14	Selfing	L5
9099-15	9099-15	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-15	12	Selfing	L5
9099-16	9099-16	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-16	16	Selfing	L5
9099-17	9099-17	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-17	12	Selfing	L5

표 30. 계속

조제번호	생산번호	계통명	종자량(ml)	교배방법	비고
9099-18	9099-18	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-18	15	Selfing	L5
9099-19	9099-19	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-19	10	Selfing	L5
9099-20	9099-20	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-20	14	Selfing	L5
9099-21	9099-21	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-21	8	Selfing	L5
9099-22	9099-22	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-22	10	Selfing	L5
9099-23	9099-23	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-23	10	Selfing	L5
9099-24	9099-24	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-24	14	Selfing	L5
9099-25	9099-25	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-25	15	Selfing	L5
9099-26	9099-26	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-26	12	Selfing	L5
9099-27	9099-27	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-27	10	Selfing	L5
9099-28	9099-28	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-28	11	Selfing	L5
9099-29	9099-29	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-29	13	Selfing	L5
9099-30	9099-30	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-30	13	Selfing	L5
9099-31	9099-31	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-31	12	Selfing	L5
9099-32	9099-32	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-32	18	Selfing	L5
9099-33	9099-33	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-6-33	8	Selfing	L5
9100-1	9100-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-7-1	8	Selfing	L5
9100-2	9100-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-7-2	19	Selfing	L5
9100-3	9100-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-7-3	16	Selfing	L5
9100-4	9100-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-7-4	17	Selfing	L5
9100-5	9100-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-7-5	14	Selfing	L5
9100-6	9100-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-7-6	15	Selfing	L5
9100-8	9100-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-7-8	8	Selfing	L5
9100-9	9100-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-7-9	5	Selfing	L5
9100-10	9100-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-7-10	6	Selfing	L5
9100-12	9100-12	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-7-12	6	Selfing	L5
9100-14	9100-14	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-7-14	8	Selfing	L5
9101-1	9101-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-8-1	14	Selfing	L5
9101-2	9101-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-8-2	10	Selfing	L5
9101-3	9101-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-8-3	12	Selfing	L5
9101-4	9101-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-8-4	11	Selfing	L5
9101-5	9101-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-8-5	8	Selfing	L5
9101-6	9101-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-8-6	9	Selfing	L5
9101-7	9101-7	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-8-7	18	Selfing	L5
9101-8	9101-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-8-8	15	Selfing	L5
9101-9	9101-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-8-9	14	Selfing	L5
9101-10	9101-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-8-10	10	Selfing	L5
9101-11	9101-11	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-8-11	13	Selfing	L5
9101-12	9101-12	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-8-12	12	Selfing	L5
9101-13	9101-13	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-8-13	15	Selfing	L5
9101-14	9101-14	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-8-14	16	Selfing	L5
9101-15	9101-15	CT-SMR 616OP-389-1-3-21-8-15	10	Selfing	L5
9104-1	9104-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-1	12	Selfing	L5
9104-5	9104-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-5	5	Selfing	L5
9104-6	9104-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-6	8	Selfing	L5

표 30. 계속

조제번호	생산번호	계통명	종자량(ml)	교배방법	비고
9104-8	9104-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-8	14	Selfing	L5
9104-9	9104-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-9	6	Selfing	L5
9104-10	9104-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-10	9	Selfing	L5
9104-11	9104-11	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-11	15	Selfing	L5
9104-12	9104-12	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-12	14	Selfing	L5
9104-13	9104-13	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-13	10	Selfing	L5
9104-14	9104-14	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-14	12	Selfing	L5
9104-15	9104-15	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-15	11	Selfing	L5
9104-16	9104-16	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-16	10	Selfing	L5
9104-17	9104-17	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-17	10	Selfing	L5
9104-18	9104-18	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-18	14	Selfing	L5
9104-19	9104-19	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-19	17	Selfing	L5
9104-20	9104-20	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-20	15	Selfing	L5
9104-21	9104-21	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-21	16	Selfing	L5
9104-22	9104-22	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-22	3	Selfing	L5
9104-23	9104-23	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-23	8	Selfing	L5
9104-24	9104-24	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-24	5	Selfing	L5
9104-25	9104-25	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-25	9	Selfing	L5
9104-26	9104-26	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-26	14	Selfing	L5
9104-27	9104-27	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-27	12	Selfing	L5
9104-28	9104-28	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-28	11	Selfing	L5
9104-29	9104-29	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-1-29	10	Selfing	L5
9105-1	9105-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-2-1	15	Selfing	L5
9105-4	9105-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-2-4	14	Selfing	L5
9105-5	9105-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-2-5	17	Selfing	L5
9105-6	9105-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-2-6	12	Selfing	L5
9105-7	9105-7	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-2-7	10	Selfing	L5
9105-9	9105-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-2-9	10	Selfing	L5
9105-10	9105-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-2-10	11	Selfing	L5
9105-11	9105-11	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-2-11	16	Selfing	L5
9105-12	9105-12	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-2-12	19	Selfing	L5
9105-14	9105-14	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-2-14	9	Selfing	L5
9105-15	9105-15	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-2-15	18	Selfing	L5
9107-1	9107-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-1	8	Selfing	L5
9107-2	9107-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-2	7	Selfing	L5
9107-4	9107-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-4	15	Selfing	L5
9107-5	9107-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-5	12	Selfing	L5
9107-6	9107-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-6	18	Selfing	L5
9107-8	9107-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-8	14	Selfing	L5
9107-12	9107-12	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-12	15	Selfing	L5
9107-13	9107-13	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-13	8	Selfing	L5
9107-14	9107-14	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-14	9	Selfing	L5
9107-15	9107-15	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-15	14	Selfing	L5
9107-16	9107-16	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-16	10	Selfing	L5
9107-17	9107-17	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-17	5	Selfing	L5

표 30. 계속

조제번호	생산번호	계통명	종자량(ml)	교배방법	비고
9107-18	9107-18	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-18	8	Selfing	L5
9107-19	9107-19	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-19	6	Selfing	L5
9107-20	9107-20	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-20	14	Selfing	L5
9107-21	9107-21	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-21	10	Selfing	L5
9107-22	9107-22	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-22	13	Selfing	L5
9107-23	9107-23	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-23	12	Selfing	L5
9107-24	9107-24	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-24	10	Selfing	L5
9107-25	9107-25	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-25	15	Selfing	L5
9107-26	9107-26	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-26	19	Selfing	L5
9107-27	9107-27	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-27	6	Selfing	L5
9107-28	9107-28	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-28	8	Selfing	L5
9107-29	9107-29	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-29	9	Selfing	L5
9107-30	9107-30	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-30	5	Selfing	L5
9107-31	9107-31	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-31	7	Selfing	L5
9107-32	9107-32	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-32	18	Selfing	L5
9107-33	9107-33	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-33	14	Selfing	L5
9107-34	9107-34	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-34	10	Selfing	L5
9107-35	9107-35	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-4-35	12	Selfing	L5
9108-1	9108-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-5-1	15	Selfing	L5
9108-2	9108-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-5-2	15	Selfing	L5
9108-3	9108-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-5-3	18	Selfing	L5
9108-4	9108-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-5-4	16	Selfing	L5
9108-5	9108-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-5-5	10	Selfing	L5
9108-6	9108-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-5-6	11	Selfing	L5
9108-8	9108-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-5-8	14	Selfing	L5
9108-9	9108-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-5-9	8	Selfing	L5
9108-10	9108-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-5-10	6	Selfing	L5
9108-14	9108-14	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-5-14	7	Selfing	L5
9110-2	9110-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-7-2	18	Selfing	L5
9110-3	9110-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-7-3	13	Selfing	L5
9110-4	9110-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-7-4	12	Selfing	L5
9110-5	9110-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-7-5	11	Selfing	L5
9110-6	9110-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-7-6	10	Selfing	L5
9110-9	9110-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-7-9	15	Selfing	L5
9110-10	9110-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-7-10	18	Selfing	L5
9110-11	9110-11	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-7-11	14	Selfing	L5
9110-12	9110-12	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-7-12	17	Selfing	L5
9110-13	9110-13	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-7-13	15	Selfing	L5
9110-14	9110-14	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-7-14	14	Selfing	L5
9110-15	9110-15	CT-SMR 616OP-389-1-3-23-7-15	8	Selfing	L5
9114-1	9114-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-1-1	7	Selfing	L5
9114-2	9114-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-1-2	8	Selfing	L5
9114-3	9114-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-1-3	6	Selfing	L5
9114-4	9114-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-1-4	9	Selfing	L5
9114-5	9114-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-1-5	15	Selfing	L5
9114-6	9114-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-1-6	19	Selfing	L5

표 30. 계속

조제번호	생산번호	계통명	종자량(ml)	교배방법	비고
9114-7	9114-7	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-1-7	14	Selfing	L5
9114-8	9114-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-1-8	12	Selfing	L5
9114-9	9114-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-1-9	10	Selfing	L5
9114-10	9114-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-1-10	5	Selfing	L5
9114-11	9114-11	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-1-11	6	Selfing	L5
9114-12	9114-12	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-1-12	8	Selfing	L5
9114-15	9114-15	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-1-15	15	Selfing	L5
9115-1	9115-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-2-1	14	Selfing	L5
9115-2	9115-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-2-2	10	Selfing	L5
9115-3	9115-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-2-3	11	Selfing	L5
9115-4	9115-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-2-4	12	Selfing	L5
9115-5	9115-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-2-5	17	Selfing	L5
9115-6	9115-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-2-6	19	Selfing	L5
9115-7	9115-7	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-2-7	18	Selfing	L5
9115-8	9115-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-2-8	10	Selfing	L5
9115-9	9115-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-2-9	9	Selfing	L5
9115-10	9115-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-2-10	5	Selfing	L5
9115-11	9115-11	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-2-11	14	Selfing	L5
9115-12	9115-12	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-2-12	6	Selfing	L5
9115-13	9115-13	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-2-13	18	Selfing	L5
9115-14	9115-14	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-2-14	15	Selfing	L5
9115-15	9115-15	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-2-15	12	Selfing	L5
9117-1	9117-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-4-1	10	Selfing	L5
9117-2	9117-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-4-2	11	Selfing	L5
9117-3	9117-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-4-3	19	Selfing	L5
9117-4	9117-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-4-4	14	Selfing	L5
9117-5	9117-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-4-5	15	Selfing	L5
9117-6	9117-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-4-6	12	Selfing	L5
9117-7	9117-7	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-4-7	16	Selfing	L5
9117-8	9117-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-4-8	13	Selfing	L5
9117-9	9117-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-4-9	13	Selfing	L5
9117-10	9117-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-4-10	12	Selfing	L5
9117-11	9117-11	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-4-11	10	Selfing	L5
9117-12	9117-12	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-4-12	11	Selfing	L5
9117-13	9117-13	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-4-13	8	Selfing	L5
9117-14	9117-14	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-4-14	8	Selfing	L5
9117-15	9117-15	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-4-15	9	Selfing	L5
9119-1	9119-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-7-1	18	Selfing	L5
9119-2	9119-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-7-2	14	Selfing	L5
9119-3	9119-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-7-3	15	Selfing	L5
9119-5	9119-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-7-5	17	Selfing	L5
9119-7	9119-7	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-7-7	16	Selfing	L5
9119-8	9119-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-7-8	12	Selfing	L5
9119-9	9119-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-7-9	10	Selfing	L5

표 30. 계속

조제번호	생산번호	계통명	종자량(ml)	교배방법	비고
9119-10	9119-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-7-10	10	Selfing	L5
9119-11	9119-11	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-7-11	11	Selfing	L5
9119-12	9119-12	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-7-12	5	Selfing	L5
9119-13	9119-13	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-7-13	9	Selfing	L5
9119-14	9119-14	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-7-14	8	Selfing	L5
9119-15	9119-15	CT-SMR 616OP-389-1-3-26-7-15	6	Selfing	L5
9123-2	9123-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-40-2-2	14	Selfing	L5
9123-3	9123-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-40-2-3	15	Selfing	L5
9123-4	9123-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-40-2-4	8	Selfing	L5
9123-5	9123-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-40-2-5	17	Selfing	L5
9123-6	9123-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-40-2-6	15	Selfing	L5
9123-7	9123-7	CT-SMR 616OP-389-1-3-40-2-7	10	Selfing	L5
9123-8	9123-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-40-2-8	12	Selfing	L5
9123-9	9123-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-40-2-9	13	Selfing	L5
9123-10	9123-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-40-2-10	15	Selfing	L5
9123-11	9123-11	CT-SMR 616OP-389-1-3-40-2-11	14	Selfing	L5
9123-12	9123-12	CT-SMR 616OP-389-1-3-40-2-12	17	Selfing	L5
9123-13	9123-13	CT-SMR 616OP-389-1-3-40-2-13	14	Selfing	L5
9123-15	9123-15	CT-SMR 616OP-389-1-3-40-2-15	12	Selfing	L5
9127-1	9127-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-1-1	15	Selfing	L5
9127-2	9127-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-1-2	20	Selfing	L5
9127-3	9127-3	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-1-3	3	Selfing	L5
9127-4	9127-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-1-4	5	Selfing	L5
9127-5	9127-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-1-5	18	Selfing	L5
9127-8	9127-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-1-8	16	Selfing	L5
9127-9	9127-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-1-9	10	Selfing	L5
9127-10	9127-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-1-10	9	Selfing	L5
9127-11	9127-11	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-1-11	9	Selfing	L5
9127-12	9127-12	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-1-12	8	Selfing	L5
9127-13	9127-13	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-1-13	5	Selfing	L5
9127-14	9127-14	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-1-14	14	Selfing	L5
9127-15	9127-15	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-1-15	12	Selfing	L5
9129-1	9129-1	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-5-1	10	Selfing	L5
9129-2	9129-2	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-5-2	14	Selfing	L5
9129-4	9129-4	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-5-4	10	Selfing	L5
9129-5	9129-5	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-5-5	10	Selfing	L5
9129-6	9129-6	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-5-6	12	Selfing	L5
9129-7	9129-7	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-5-7	11	Selfing	L5
9129-8	9129-8	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-5-8	10	Selfing	L5
9129-9	9129-9	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-5-9	15	Selfing	L5
9129-10	9129-10	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-5-10	18	Selfing	L5
9129-11	9129-11	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-5-11	9	Selfing	L5
9129-12	9129-12	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-5-12	8	Selfing	L5

표 30. 계속

조제번호	생산번호	계통명	종자량(ml)	교배방법	비고
9129-14	9129-14	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-5-14	17	Selfing	L5
9129-15	9129-15	CT-SMR 616OP-389-1-3-54-5-15	16	Selfing	L5
9140-1	9140-1	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-1	12	Selfing	L5
9140-2	9140-2	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-2	10	Selfing	L5
9140-3	9140-3	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-3	10	Selfing	L5
9140-4	9140-4	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-4	14	Selfing	L5
9140-5	9140-5	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-5	15	Selfing	L5
9140-6	9140-6	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-6	13	Selfing	L5
9140-7	9140-7	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-7	13	Selfing	L5
9140-8	9140-8	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-8	12	Selfing	L5
9140-9	9140-9	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-9	11	Selfing	L5
9140-10	9140-10	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-10	10	Selfing	L5
9140-11	9140-11	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-11	10	Selfing	L5
9140-12	9140-12	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-12	12	Selfing	L5
9140-13	9140-13	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-13	14	Selfing	L5
9140-14	9140-14	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-14	15	Selfing	L5
9140-15	9140-15	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-15	17	Selfing	L5
9140-16	9140-16	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-16	12	Selfing	L5
9140-17	9140-17	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-17	10	Selfing	L5
9140-18	9140-18	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-18	11	Selfing	L5
9140-19	9140-19	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-19	13	Selfing	L5
9140-20	9140-20	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-20	16	Selfing	L5
9140-21	9140-21	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-21	15	Selfing	L5
9140-22	9140-22	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-22	14	Selfing	L5
9140-23	9140-23	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-23	7	Selfing	L5
9140-24	9140-24	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-24	9	Selfing	L5
9140-25	9140-25	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-25	9	Selfing	L5
9140-26	9140-26	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-26	18	Selfing	L5
9140-27	9140-27	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-27	15	Selfing	L5
9140-28	9140-28	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-28	10	Selfing	L5
9140-29	9140-29	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-6-29	12	Selfing	L5
9142-1	9142-1	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-9-1	16	Selfing	L5
9142-2	9142-2	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-9-2	14	Selfing	L5
9142-3	9142-3	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-9-3	10	Selfing	L5
9142-4	9142-4	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-9-4	14	Selfing	L5
9142-5	9142-5	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-9-5	15	Selfing	L5
9142-6	9142-6	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-9-6	12	Selfing	L5
9142-7	9142-7	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-9-7	11	Selfing	L5
9142-8	9142-8	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-9-8	10	Selfing	L5
9142-9	9142-9	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-1-9-9	13	Selfing	L5
9142-10	9142-10	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-10	15	Selfing	L5
9142-11	9142-11	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-11	17	Selfing	L5
9142-12	9142-12	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-12	9	Selfing	L5

표 30. 계속

조제번호	생산번호	계통명	종자량(ml)	교배방법	비고
9142-13	9142-13	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-13	9	Selfing	L5
9142-14	9142-14	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-14	10	Selfing	L5
9142-15	9142-15	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-15	14	Selfing	L5
9142-16	9142-16	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-16	15	Selfing	L5
9142-17	9142-17	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-17	16	Selfing	L5
9142-18	9142-18	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-18	15	Selfing	L5
9142-19	9142-19	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-19	14	Selfing	L5
9142-20	9142-20	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-20	8	Selfing	L5
9142-21	9142-21	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-21	15	Selfing	L5
9142-22	9142-22	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-22	10	Selfing	L5
9142-23	9142-23	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-23	12	Selfing	L5
9142-24	9142-24	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-24	16	Selfing	L5
9142-25	9142-25	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-25	13	Selfing	L5
9142-26	9142-26	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-26	14	Selfing	L5
9142-27	9142-27	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-27	17	Selfing	L5
9142-28	9142-28	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-28	15	Selfing	L5
9142-29	9142-29	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-29	17	Selfing	L5
9142-30	9142-30	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-30	6	Selfing	L5
9142-31	9142-31	CT-SMR616OP-389-⊗-14-1-9-31	15	Selfing	L5
9145-1	9145-1	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-2-4-1	15	Selfing	L5
9145-2	9145-2	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-2-4-2	14	Selfing	L5
9145-3	9145-3	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-2-4-3	12	Selfing	L5
9145-4	9145-4	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-2-4-4	10	Selfing	L5
9145-5	9145-5	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-2-4-5	13	Selfing	L5
9145-6	9145-6	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-2-4-6	15	Selfing	L5
9145-7	9145-7	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-7	10	Selfing	L5
9145-8	9145-8	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-8	15	Selfing	L5
9145-9	9145-9	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-9	12	Selfing	L5
9145-10	9145-10	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-10	11	Selfing	L5
9145-11	9145-11	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-11	10	Selfing	L5
9145-12	9145-12	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-12	16	Selfing	L5
9145-13	9145-13	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-13	11	Selfing	L5
9145-14	9145-14	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-14	15	Selfing	L5
9145-15	9145-15	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-15	14	Selfing	L5
9145-16	9145-16	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-16	17	Selfing	L5
9145-17	9145-17	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-17	15	Selfing	L5
9145-18	9145-18	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-18	10	Selfing	L5
9145-19	9145-19	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-19	12	Selfing	L5
9145-20	9145-20	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-20	11	Selfing	L5
9145-21	9145-21	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-21	16	Selfing	L5
9145-22	9145-22	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-22	13	Selfing	L5
9145-23	9145-23	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-23	12	Selfing	L5
9145-24	9145-24	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-24	15	Selfing	L5
9145-25	9145-25	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-25	18	Selfing	L5
9145-26	9145-26	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-26	19	Selfing	L5

표 30. 계속

조제번호	생산번호	계통명	종자량(ml)	교배방법	비고
9145-27	9145-27	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-27	14	Selfing	L5
9145-28	9145-28	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-28	15	Selfing	L5
9145-29	9145-29	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-29	16	Selfing	L5
9145-30	9145-30	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-4-30	12	Selfing	L5
9146-1	9146-1	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-2-5-1	10	Selfing	L5
9146-2	9146-2	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-2	11	Selfing	L5
9146-3	9146-3	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-3	10	Selfing	L5
9146-4	9146-4	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-4	12	Selfing	L5
9146-5	9146-5	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-5	17	Selfing	L5
9146-6	9146-6	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-6	5	Selfing	L5
9146-7	9146-7	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-7	8	Selfing	L5
9146-8	9146-8	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-8	9	Selfing	L5
9146-9	9146-9	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-9	8	Selfing	L5
9146-10	9146-10	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-10	14	Selfing	L5
9146-11	9146-11	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-11	17	Selfing	L5
9146-12	9146-12	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-12	10	Selfing	L5
9146-13	9146-13	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-13	12	Selfing	L5
9146-14	9146-14	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-14	15	Selfing	L5
9146-15	9146-15	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-15	16	Selfing	L5
9146-16	9146-16	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-16	14	Selfing	L5
9146-17	9146-17	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-17	17	Selfing	L5
9146-18	9146-18	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-18	18	Selfing	L5
9146-19	9146-19	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-19	20	Selfing	L5
9146-20	9146-20	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-20	10	Selfing	L5
9146-21	9146-21	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-21	14	Selfing	L5
9146-22	9146-22	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-22	15	Selfing	L5
9146-23	9146-23	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-23	18	Selfing	L5
9146-24	9146-24	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-24	14	Selfing	L5
9146-25	9146-25	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-25	11	Selfing	L5
9146-26	9146-26	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-26	13	Selfing	L5
9146-27	9146-27	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-27	16	Selfing	L5
9146-28	9146-28	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-28	20	Selfing	L5
9146-29	9146-29	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-29	14	Selfing	L5
9146-30	9146-30	CT-SMR616OP-389-⊗-14-2-5-30	15	Selfing	L5
9153-1	9153-1	CT-SMR 616OP-389-⊗-14-4-5-1	15	Selfing	L5
9153-2	9153-2	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-2	10	Selfing	L5
9153-3	9153-3	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-3	12	Selfing	L5
9153-4	9153-4	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-4	16	Selfing	L5
9153-5	9153-5	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-5	9	Selfing	L5
9153-6	9153-6	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-6	8	Selfing	L5
9153-7	9153-7	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-7	15	Selfing	L5
9153-8	9153-8	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-8	17	Selfing	L5

표 30. 계속

조제번호	생산번호	계통명	종자량(ml)	교배방법	비고
9153-9	9153-9	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-9	14	Selfing	L5
9153-10	9153-10	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-10	10	Selfing	L5
9153-11	9153-11	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-11	13	Selfing	L5
9153-12	9153-12	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-12	12	Selfing	L5
9153-13	9153-13	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-13	16	Selfing	L5
9153-14	9153-14	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-14	15	Selfing	L5
9153-15	9153-15	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-15	12	Selfing	L5
9153-16	9153-16	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-16	10	Selfing	L5
9153-17	9153-17	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-17	15	Selfing	L5
9153-18	9153-18	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-18	411	Selfing	L5
9153-19	9153-19	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-19	14	Selfing	L5
9153-20	9153-20	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-20	18	Selfing	L5
9153-21	9153-21	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-21	19	Selfing	L5
9153-22	9153-22	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-22	15	Selfing	L5
9153-23	9153-23	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-23	12	Selfing	L5
9153-24	9153-24	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-24	10	Selfing	L5
9153-25	9153-25	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-25	20	Selfing	L5
9153-26	9153-26	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-26	15	Selfing	L5
9153-27	9153-27	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-27	21	Selfing	L5
9153-28	9153-28	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-28	14	Selfing	L5
9153-29	9153-29	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-29	7	Selfing	L5
9153-30	9153-30	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-5-30	8	Selfing	L5
9156-1	9156-1	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-1	19	Selfing	L5
9156-2	9156-2	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-2	5	Selfing	L5
9156-3	9156-3	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-3	15	Selfing	L5
9156-4	9156-4	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-4	14	Selfing	L5
9156-5	9156-5	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-5	16	Selfing	L5
9156-6	9156-6	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-6	7	Selfing	L5
9156-7	9156-7	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-7	12	Selfing	L5
9156-8	9156-8	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-8	6	Selfing	L5
9156-9	9156-9	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-9	14	Selfing	L5
9156-10	9156-10	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-10	10	Selfing	L5
9156-11	9156-11	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-11	8	Selfing	L5
9156-12	9156-12	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-12	15	Selfing	L5
9156-13	9156-13	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-13	12	Selfing	L5
9156-14	9156-14	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-14	14	Selfing	L5
9156-15	9156-15	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-15	10	Selfing	L5
9156-16	9156-16	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-16	14	Selfing	L5
9156-17	9156-17	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-17	15	Selfing	L5
9156-18	9156-18	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-18	10	Selfing	L5
9156-19	9156-19	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-19	11	Selfing	L5
9156-20	9156-20	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-20	13	Selfing	L5

표 30. 계속

조제번호	생산번호	계통명	종자량(ml)	교배방법	비고
9156-21	9156-21	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-21	16	Selfing	L5
9156-22	9156-22	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-22	19	Selfing	L5
9156-23	9156-23	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-23	12	Selfing	L5
9156-24	9156-24	CT-SMR616OP-389-⊗-14-4-10-24	15	Selfing	L5
9163-1	9163-1	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP1 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-2	9163-2	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP2 (BC5)	19	Selfing	L5
9163-3	9163-3	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP3 (BC5)	15	Selfing	L5
9163-4	9163-4	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP4 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-5	9163-5	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP5 (BC5)	6	Selfing	L5
9163-6	9163-6	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP6 (BC5)	18	Selfing	L5
9163-7	9163-7	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP7 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-8	9163-8	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP8 (BC5)	14	Selfing	L5
9163-9	9163-9	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP9 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-10	9163-10	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP10 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-11	9163-11	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP11 (BC5)	13	Selfing	L5
9163-12	9163-12	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP12 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-13	9163-13	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP13 (BC5)	15	Selfing	L5
9163-14	9163-14	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP14 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-15	9163-15	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP15 (BC5)	13	Selfing	L5
9163-16	9163-16	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP16 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-17	9163-17	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP17 (BC5)	12	Selfing	L5
9163-18	9163-18	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP18 (BC5)	10	Selfing	L5
9163-19	9163-19	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP19 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-20	9163-20	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP20 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-21	9163-21	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP21 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-22	9163-22	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP22 (BC5)	14	Selfing	L5
9163-23	9163-23	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP23 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-24	9163-24	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP24 (BC5)	16	Selfing	L5
9163-25	9163-25	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP25 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-26	9163-26	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP26 (BC5)	17	Selfing	L5
9163-27	9163-27	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP27 (BC5)	12	Selfing	L5
9163-28	9163-28	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP28 (BC5)	13	Selfing	L5
9163-29	9163-29	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP28 (BC5)	20	Selfing	L5
9163-30	9163-30	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP30 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-31	9163-31	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP31 (BC5)	15	Selfing	L5
9163-32	9163-32	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP32 (BC5)	10	Selfing	L5
9163-33	9163-33	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP33 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-34	9163-34	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP34 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-35	9163-35	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP35 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-36	9163-36	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP36 (BC5)	14	Selfing	L5
9163-37	9163-37	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP37 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-38	9163-38	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP38 (BC5)	12	Selfing	L5

표 30. 계속

조제번호	생산번호	계통명	종자량(ml)	교배방법	비고
9163-39	9163-39	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP39 (BC5)	13	Selfing	L5
9163-40	9163-40	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP40 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-41	9163-41	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP41 (BC5)	17	Selfing	L5
9163-42	9163-42	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP42 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-43	9163-43	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP43 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-44	9163-44	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP44 (BC5)	13	Selfing	L5
9163-45	9163-45	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP45 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-46	9163-46	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP46 (BC5)	14	Selfing	L5
9163-47	9163-47	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP47 (BC5)	15	Selfing	L5
9163-48	9163-48	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP48 (BC5)	14	Selfing	L5
9163-49	9163-49	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP49 (BC5)	17	Selfing	L5
9163-50	9163-50	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP50 (BC5)	10	Selfing	L5
9163-51	9163-51	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP51 (BC5)	11	Selfing	L5
9163-52	9163-52	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP52 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-53	9163-53	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP53 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-54	9163-54	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP54 (BC5)	13	Selfing	L5
9163-55	9163-55	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP55 (BC5)	16	Selfing	L5
9163-56	9163-56	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP56 (BC5)	10	Selfing	L5
9163-57	9163-57	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP57 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-58	9163-58	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP58 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-59	9163-59	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP59 (BC5)	14	Selfing	L5
9163-60	9163-60	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP60 (BC5)	10	Selfing	L5
9163-61	9163-61	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP61 (BC5)	13	Selfing	L5
9163-62	9163-62	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP62 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-63	9163-63	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP63 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-64	9163-64	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP64 (BC5)	10	Selfing	L5
9163-65	9163-65	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP65 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-66	9163-66	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP66 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-67	9163-67	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP67 (BC5)	16	Selfing	L5
9163-68	9163-68	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP68 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-69	9163-69	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP69 (BC5)	17	Selfing	L5
9163-70	9163-70	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP70 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-71	9163-71	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP71 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-72	9163-72	CT-SMR616OP-1-3-26-7-O72 (BC5)	14	Selfing	L5
9163-73	9163-73	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP73 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-74	9163-74	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP74 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-75	9163-75	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP75 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-76	9163-76	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP76 (BC5)	18	Selfing	L5
9163-77	9163-77	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP77 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-78	9163-78	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP78 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-79	9163-79	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP79 (BC5)	15	Selfing	L5
9163-80	9163-80	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP80 (BC5)	13	Selfing	L5

표 30. 계속

조제번호	생산번호	계통명	종자량(ml)	교배방법	비고
9163-81	9163-81	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP81 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-82	9163-82	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP82 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-83	9163-83	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP83 (BC5)	15	Selfing	L5
9163-84	9163-84	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP84 (BC5)	8	Selfing	L5
9163-85	9163-85	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP85 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-86	9163-86	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP86 (BC5)	20	Selfing	L5
9163-87	9163-87	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP87 (BC5)	15	Selfing	L5
9163-88	9163-88	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP88 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-89	9163-89	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP89 (BC5)	12	Selfing	L5
9163-90	9163-90	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP90 (BC5)	18	Selfing	L5
9163-91	9163-91	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP91 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-92	9163-92	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP92 (BC5)	7	Selfing	L5
9163-93	9163-93	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP93 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-94	9163-94	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP94 (BC5)	11	Selfing	L5
9163-95	9163-95	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP95 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-96	9163-96	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP96 (BC5)	15	Selfing	L5
9163-97	9163-97	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP97 (BC5)	18	Selfing	L5
9163-98	9163-98	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP98 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-99	9163-99	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP99 (BC5)	13	Selfing	L5
9163-100	9163-100	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP100 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-101	9163-101	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP101 (BC5)	10	Selfing	L5
9163-102	9163-102	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP102 (BC5)	10	Selfing	L5
9163-103	9163-103	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP103 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-104	9163-104	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP104 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-105	9163-105	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP105 (BC5)	18	Selfing	L5
9163-106	9163-106	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP106 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-107	9163-107	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP107 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-108	9163-108	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP108 (BC5)	10	Selfing	L5
9163-109	9163-109	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP109 (BC5)	15	Selfing	L5
9163-110	9163-110	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP110 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-111	9163-111	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP111 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-112	9163-112	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP112 (BC5)	12	Selfing	L5
9163-113	9163-113	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP113 (BC5)	14	Selfing	L5
9163-114	9163-114	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP114 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-115	9163-115	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP115 (BC5)	15	Selfing	L5
9163-116	9163-116	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP116 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-117	9163-117	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP117 (BC5)	0	Selfing	L5
9163-118	9163-118	CT-SMR616OP-1-3-26-7-OP118 (BC5)	10	Selfing	L5
9182-1	9182-1	CT-SMR 616OP-CK33-14-7-5-1	13	Selfing	L5
9182-2	9182-2	CT-SMR616OP-CK33-14-7-5-2	15	Selfing	L5
9182-3	9182-3	CT-SMR616OP-CK33-14-7-5-3	14	Selfing	L5
9182-4	9182-4	CT-SMR616OP-CK33-14-7-5-4	12	Selfing	L5

표 30. 계속

조제번호	생산번호	계통명	종자량(ml)	교배방법	비고
9182-5	9182-5	CT-SMR616OP-CK33-14-7-5-5	15	Selfing	L5
9182-6	9182-6	CT-SMR616OP-CK33-14-7-5-6	10	Selfing	L5
9182-8	9182-8	CT-SMR616OP-CK33-14-7-5-8	16	Selfing	L5
9182-9	9182-9	CT-SMR616OP-CK33-14-7-5-9	15	Selfing	L5
9182-10	9182-10	CT-SMR616OP-CK33-14-7-5-10	19	Selfing	L5
9182-11	9182-11	CT-SMR616OP-CK33-14-7-5-11	18	Selfing	L5
9182-12	9182-12	CT-SMR616OP-CK33-14-7-5-12	15	Selfing	L5
9182-13	9182-13	CT-SMR616OP-CK33-14-7-5-13	10	Selfing	L5
9182-15	9182-15	CT-SMR616OP-CK33-14-7-5-15	12	Selfing	L5
9182-17	9182-17	CT-SMR616OP-CK33-14-7-5-17	10	Selfing	L5
9182-18	9182-18	CT-SMR616OP-CK33-14-7-5-18	13	Selfing	L5
9182-19	9182-19	CT-SMR616OP-CK33-14-7-5-19	17	Selfing	L5
9182-20	9182-20	CT-SMR616OP-CK33-14-7-5-20	14	Selfing	L5
9182-21	9182-21	CT-SMR616OP-CK33-14-7-5-21	15	Selfing	L5
9182-22	9182-22	CT-SMR616OP-CK33-14-7-5-22	10	Selfing	L5
9182-23	9182-23	CT-SMR616OP-CK33-14-7-5-23	12	Selfing	L5

표 31. 화분친 종자 list

조제번호	생산번호	계통명	종자량(ml)	교배방법	비고
201	09-491-1	CT-CH09-491OP-1 (F5)	120	Sibing	L5
201-0	09-491-1OP	CT-CH09-491OP-1 (F5)	550	Sibing	L5
202	09-491-2	CT-CH09-491OP-2 (F5)	220	Sibing	L5
203	09-492-1	CT-CH09-492OP-1 (F5)	115	Sibing	L5
204	09-492-2	CT-CH09-492OP-2 (F5)	230	Sibing	L5
205	10-751-1	CT-CH10-751OP-1 (F4)	220	Sibing	L5
206	10-751-2	CT-CH10-751OP-2 (F4)	170	Sibing	L5
207	10-755-1	CT-CH10-755OP-1 (F4)	160	Sibing	L5
208	10-755-2	CT-CH10-755OP-2 (F4)	130	Sibing	L5
209	11-906-1	CT-CH11-906OP-1 (F3)	165	Sibing	L5
210	11-906-2	CT-CH11-906OP-2 (F3)	170	Sibing	L5
211	11-907-1	CT-CH11-976OP-1 (F3)	185	Sibing	L5
212	11-907-2	CT-CH11-976OP-2 (F3)	135	Sibing	L5
213	12-830-1	CT-CH12-830OP-1 (F2)	140	Sibing	L5
214	12-830-2	CT-CH12-830OP-2 (F2)	120	Sibing	L5
215	12-831-1	CT-CH121-831OP-1 (F2)	135	Sibing	L5
216	12-831-2	CT-CH121-831OP-2 (F2)	200	Sibing	L5
217	12-900	CT-INDeci-900OP (F4)	210	Sibing	L5
217-0	12-900-OP	CT-INDeci-900OP (F4)	550	Sibing	L5
218	12-901	CT-INDeci-901OP (F4)	240	Sibing	L5
219	12-902	CT-INDeci-902OP (F4)	220	Sibing	L5
220	12-903	CT-INDeci-903OP (F4)	260	Sibing	L5
221	12-904	CT-INDeci-904OP(F4)	125	Sibing	L5
222	12-905	CT-INDeci-905OP (F4)	150	Sibing	L5

제4절 F₁ 조합작성 및 성능검정

본시험은 4차 년도부터 5차 년도까지 80조합을 작성하고 각각 당해 연도 가을재배에서 1차 성능을 평가하고 특성별 조합을 선발하였다. 선발 조합은 제주 및 중국월동재배의 공시 재료로 활용하였다. 당해 연도 선발조합은 과제종료 후 추가품종개발에 활용하고자한다.

1. 4차년도 F₁ 조합작성 및 성능검정

가. 목적

- (1) 육성목표에 맞는 조합작성으로 F₁종자를 확보한다.
- (2) 국내 및 중국 저온기 재배에 적합한 조합을 선발한다.

나. 시험방법

(1) F1조합작성

구분	파종일	정식일	교배기간	조합수	비고
F1조합작성	11.08.25	12.03.01~05	6월	58	안성, House

(2) 특성검정을 통한 우량계통 선발. 분리, 세대진전으로 고정된 소재를 이용하여 특성별로 매개충을 이용한 교배를 실시하여 58조합의 F₁종자를 확보 하였다.

(3) 재배·선발·정식

재배·선발·정식은 계통육성과 동일한 방법으로 실시하였다.

(4) 교 배

교배는 응성불임계의 교배시기가 적절한시기에 화분친의 화지를 절단하여 물병에 꽂아 소형 Cage로 격리하고 매개충을 투입하여 교배를 하였다.

(5) 종자 확보

교배 완료 후 응애, 흰 가루병 방제로 살비왕 + 섹큐어 + 흰가루병 + 웨나리 1,000배 액 약제를 7일 간격으로 3회 살포하였다. 2012년 7월 중순부터 종피색이 갈색으로 70% 이상 착색되는 화지를 개체별로 절단하여 양파망에 예취하여 등숙과 건조가 완료된 계통부터 탈종하여 정선 과정을 거쳐 종자를 확보하였다.

다. 결과

모계친의 응성불임성은 Petaloid type을 이용하였다. 모계친의 근형은 Emperor-type의 장형으로 숙성은 중만생 계를 부계친의 근형은 Nantes-type으로 저온기 비대가 잘되며 근색의 착색이 잘되는 조숙계를 이용하였다. 양친의 특성발현이 잘 나타낼 수 있는 조합작성과 육성목표에 부합되는 교잡으로 58조합의 종자를 확보하였다 (표 32).

표 32. F1 조합

조제번호	생산번호	계 통 명	종자량(ml)	교배방법	비고
6347	7001-1 X 201	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-CH09-491OP (F4)	22	Cross	L5
6348	7001-1 X 202	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-CH09-492OP (F4)	25	Cross	L5
6349	7001-1 X 203	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-CH10-751OP (F3)	28	Cross	L5
6350	7001-1 X 204	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-CH10-755OP (F3)	20	Cross	L5
6351	7001-1 X 205	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-CH11-906OP (F2)	29	Cross	L5
6352	7001-1 X 206	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-CH11-976OP (F2)	23	Cross	L5
6353	7001-1 X 207	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-CH12-830OP (F2)	22	Cross	L5
6354	7001-1 X 208	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-CH121-831OP (F2)	21	Cross	L5
6355	7001-1 X 209	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-INDeci-900OP (F4)	25	Cross	L5
6356	7001-1 X 210	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-INDeci-901OP (F4)	26	Cross	L5
6357	7001-1 X 211	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-INDeci-902OP (F4)	27	Cross	L5
6358	7001-1 X 212	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-INDeci-903OP (F4)	30	Cross	L5
6359	7001-1 X 213	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-INDeci-904OP(F4)	31	Cross	L5
6360	7001-1 X 214	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-INDeci-905OP (F4)	23	Cross	L5
6361	7001-2 X 201	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-CH09-491OP (F4)	25	Cross	L5
6362	7001-2 X 202	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-CH09-492OP (F4)	24	Cross	L5
6363	7001-2 X 203	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-CH10-751OP (F3)	27	Cross	L5
6364	7001-2 X 204	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-CH10-755OP (F3)	29	Cross	L5
6365	7001-2 X 205	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-CH11-906OP (F2)	28	Cross	L5
6366	7001-2 X 206	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-CH11-976OP (F2)	28	Cross	L5
6367	7001-2 X 207	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-CH12-830OP (F2)	26	Cross	L5
6368	7001-2 X 208	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-CH121-831OP (F2)	25	Cross	L5
6369	7001-2 X 209	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-INDeci-900OP (F4)	23	Cross	L5
6370	7001-2 X 210	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-INDeci-901OP (F4)	22	Cross	L5
6371	7001-2 X 211	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-INDeci-902OP (F4)	21	Cross	L5
6372	7001-2 X 212	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-INDeci-903OP (F4)	24	Cross	L5
6373	7001-2 X 213	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-INDeci-904OP(F4)	26	Cross	L5
6374	7001-2 X 214	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-INDeci-905OP (F4)	27	Cross	L5
6375	7001-3 X 201	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-CH09-491OP (F4)	29	Cross	L5
6376	7001-3 X 202	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-CH09-492OP (F4)	26	Cross	L5
6377	7001-3 X 203	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-CH10-751OP (F3)	24	Cross	L5
6378	7001-3 X 204	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-CH10-755OP (F3)	23	Cross	L5
6379	7001-3 X 205	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-CH11-906OP (F2)	30	Cross	L5
6380	7001-3 X 206	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-CH11-976OP (F2)	20	Cross	L5
6381	7001-3 X 207	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-CH12-830OP (F2)	21	Cross	L5
6382	7001-3 X 208	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-CH121-831OP (F2)	21	Cross	L5
6383	7001-3 X 209	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-INDeci-900OP (F4)	22	Cross	L5
6384	7001-3 X 210	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-INDeci-901OP (F4)	26	Cross	L5
6385	7001-4 X 201	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-CH09-491OP (F4)	28	Cross	L5
6386	7001-4 X 202	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-CH09-492OP (F4)	25	Cross	L5
6387	7001-4 X 203	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-CH10-751OP (F3)	24	Cross	L5
6388	7001-4 X 204	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-CH10-755OP (F3)	28	Cross	L5
6389	7001-4 X 205	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-CH11-906OP (F2)	22	Cross	L5
6390	7001-4 X 206	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-CH11-976OP (F2)	22	Cross	L5
6391	7001-4 X 207	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-CH12-830OP (F2)	21	Cross	L5

표 32. 계속

조제번호	생산번호	계통명	종자량(ml)	교배방법	비고
6392	7001-4 X 208	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-CH121-831OP (F2)	20	Cross	L5
6393	7001-4 X 209	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-INDeci-900OP (F4)	20	Cross	L5
6394	7001-4 X 210	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-INDeci-901OP (F4)	27	Cross	L5
6395	7001-5 X 201	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-CH09-491OP (F4)	29	Cross	L5
6396	7001-5 X 202	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-CH09-492OP (F4)	30	Cross	L5
6397	7001-5 X 203	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-CH10-751OP (F3)	32	Cross	L5
6398	7001-5 X 204	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-CH10-755OP (F3)	33	Cross	L5
6399	7001-5 X 205	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-CH11-906OP (F2)	22	Cross	L5
6400	7001-5 X 206	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-CH11-976OP (F2)	28	Cross	L5
6401	7001-5 X 207	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-CH12-830OP (F2)	22	Cross	L5
6402	7001-5 X 208	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-CH121-831OP (F2)	25	Cross	L5
6403	7001-5 X 209	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-INDeci-900OP (F4)	24	Cross	L5
6404	7001-5 X 210	CT-SMR 616-1 MS Line X CT-INDeci-901OP (F4)	20	Cross	L5

나-1. 시험방법

(1) F₁성능검정

구분	파종일	조사일	공시점수	재식거리(Cm)	면적(평)	비고
F ₁ 성능검정	11.08.05	11.12.23	58	18 × 8	70	안성, House

(2) 재배

시험은 경기 안성에서 시설에서 수행 하였다. 포장 준비는 발효퇴비(480Kg/10a)+원예용 특호비료N-P-K-고토-붕사 (10-11-12-2-0.3) 60Kg/10a+석회(60Kg/10a) +토양살충제 모캡(6Kg/10a) +유박 (180Kg/10a)을 살포하고 경운작업 후 이랑 너비 110Cm 규격의 파종구를 준비하여 F1 조합으로 확보된 58조합을 2011년 8월 5일 조간거리 18Cm × 8Cm 간격으로 점파로 파종하였다. 빨간색의 F1품종이 출시되지 않아서 대비품종은 공시 하지 않은 상태로 시험을 진행하였다. 파종 후 잡초발생 억제를 위해 스톱프 유제 (60ML/20L)비율로 적정 살포량(300ML/10a)을 살포한 후 시설내의 스프링클러를 작동하여 적정 수분을 공급하며 관리하였다. 파종 후 7일경 발아가 시작되어 입고병 방제를 위해 가지란 1,000배액으로 7일 간격으로 2회 엽면 살포 하여 입고병을 예방하고 파종25일 본엽 2~3매가 되는 시기에 주간 거리 1~2Cm간격으로 1차 솎음을 하였다. 파종 후 45일경 본엽3~4매가 되는 시기에 조간거리18Cm×주간거리 8Cm간격으로 최종 솎음 완료하였다. 근 비대를 촉진시키기 위하여 원예용 N-P-K-고토-붕사(10-11-12-2-0.3) 25Kg/10a를 추비로 살포하였다. 생육기간 동안 스텐드+ 코니도+훼나리 1,000배액을 3회 살포하여 파밤나방 + 진딧물 +흰가루병을 방제하였다.

(3) 수확 조사

2012년 12월 23일 근비대가 완료되어 실측 및 육안의 판별하여 주요 특성을 조사하였다. 조사항목으로 엽장, 근장, 수정, 근경, 엽수, 육경, 심경, 근중은 실측조사를 하였고 근색, 심

색, 초세, 숙성, 추근성, 근미 비대, 순도는 육안조사를 하였다. 조사 방법은 엽장은 식물체의 지체부로부터 잎의 길이, 근장은 뿌리의 어깨에서 근미 까지의 길이, 수경은 캘리퍼를 이용 하여 지체부의 폭을 근경은 뿌리 상단, 중단, 하단부위를 각각 측정하여 조사 하였다. 엽수는 신초가 4~5Cm이상 자란 잎의 개수를 조사 하였고, 육경은 뿌리를 횡단으로 절단하여 심의 목질부에서 피층까지의 폭, 심경은 core의 폭을 근중은 잎을 제거 하여 뿌리의 무게만을 측정하였다. 근색 및 심색은 근피와 심부의 착색이 잘되는 정도를 5(우수), 3(중간), 1(불량) 기준으로 조사하였고, 초세는 5(강하다), 3(중간), 1(약하다)로 숙성은 5(早), 3(中), 1(晩)로 근미 비대는 5(早), 3(中), 1(晩), 순도는 5(우수 상품율 80%이상), 3(양호 상품율 70%이상), 1(불량 상품율 50%미만)기준으로 각각 조사하였다. 평점은 제반성능을 고려하여 성능에 따라 5(우수), 3(양호), 1(불량)로 구분하여 평가하였다 (표 33).

다-1. 결과

표 9는 2011년도에 생산된 F₁ 조합을 공시한 성능 검정에서 1차 선발된 주요조합의 성적과 특성을 조사한 내용이며 58조합을 공시하여 성능에 따라 12조합을 선발 하였다. 선발 조합중 No. 6346, 6375, 6375는 근장이 길고, 순도가 균일한 우수조합으로 평가되었다.(그림 164)

표 33. F₁ 조합 성능 검정 성적

조사 No	엽장 (Cm)	엽수 (매)	수경 (Cm)	근장 (Cm)	근경 上 (Cm)	근경 中 (Cm)	근경 下 (Cm)	근중 (gr)	육경 (Cm)	심경 (Cm)	근색 (5-1)	심색 (5-1)	초세 (5-1)	숙성 (5-1)	근미 비대 (5-1)	순도	평점 (5-1)
6344	62.3	5.2	1.1	18.9	3.8	2.8	2.3	166.6	1.4	1.6	R5.0	4.0	4.0	5.0	4.5	4.0	4.0
6346	62.2	6.1	1.4	20.1	3.5	3.2	2.5	153.4	1.4	1.6	R5.0	4.0	4.0	4.5	4.0	4.0	4.5
6374	63.4	8.3	1.2	19.2	4.1	2.9	2.2	156.2	1.5	1.4	R5.0	4.0	4.0	4.5	4.0	4.0	4.0
6375	64.1	7.4	1.4	21.3	4.1	3.2	2.1	168.3	1.5	1.6	R5.0	4.5	4.0	4.0	3.5	4.5	4.5
6376	52.1	6.2	1.1	20.7	4.2	3.3	2.5	169.3	1.6	1.7	R5.0	4.5	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
6378	54.3	7.2	1.1	21.1	3.7	3.2	2.6	169.2	1.3	1.7	R5.0	4.5	4.0	4.0	4.0	4.5	4.5
6383	67.4	5.2	1.1	17.5	3.5	3.2	2.4	142.7	1.3	1.4	R5.0	4.5	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
6390	54.2	6.1	0.9	20.2	3.8	3.4	2.6	165.5	1.5	1.6	R5.0	4.5	4.0	4.5	4.5	4.0	4.0
6391	52.4	8.1	1.2	18.3	3.9	3.3	2.4	157.3	1.3	1.5	R4.5	4.0	4.0	4.5	4.5	4.5	4.0
6395	52.3	6.5	0.9	17.5	3.9	3.2	2.7	154.2	1.4	1.5	R5.0	4.5	4.0	4.5	4.5	4.0	4.0
6410	51.5	7.6	0.9	19.7	3.6	2.8	2.5	153.6	1.3	1.4	R5.0	4.5	4.0	3.5	3.5	4.0	4.0
6412	62.3	7.4	1.1	21.2	4.1	2.8	2.3	162.2	1.7	1.8	R5.0	4.0	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5

★ 근색, 심색 : 우수(5)-중(3)-불량(1)

★ 초 세 : 강하다(5)-중(3)-약하다(1)

★ 숙 성 : 조(5)-중(3)-만(1)

★ 근미 비대 : 조(5)-중(3)-만(1)

★ 순 도 : 우수(5)-양호(3)-불량(1)

★ 평 점 : 우수(5)-양호(3)-불량(1)



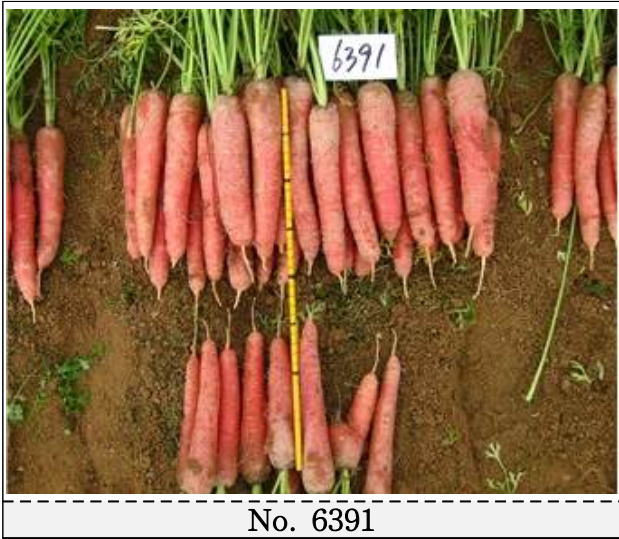
그림 164. 성능검정 선발조합모습



No. 6383



No. 6390



No. 6391



No. 6395



No. 6410



No. 6412

그림 164. 계속

2. 5차년도 F₁ 조합작성 및 성능검정

가. 목적

- (1) 육성목표에 맞는 조합작성으로 F₁ 종자를 확보한다.
- (2) 국내 및 중국 저온기 재배에 적합한 조합을 선발한다.

나. 시험방법

(1) F₁ 조합작성

구분	파종일	정식일	교배기간	조합수	비고
F ₁ 조합작성	08.하순	3.상순	6월	22	안성, House

(2) 조합작성은 특성검정을 통한 우량계통 선발. 분리, 세대 진진으로 고정된 소재를 이용하여 특성별로 매개충을 이용한 교배를 실시하여 2012 80조합의 F₁종자를 확보하였다.

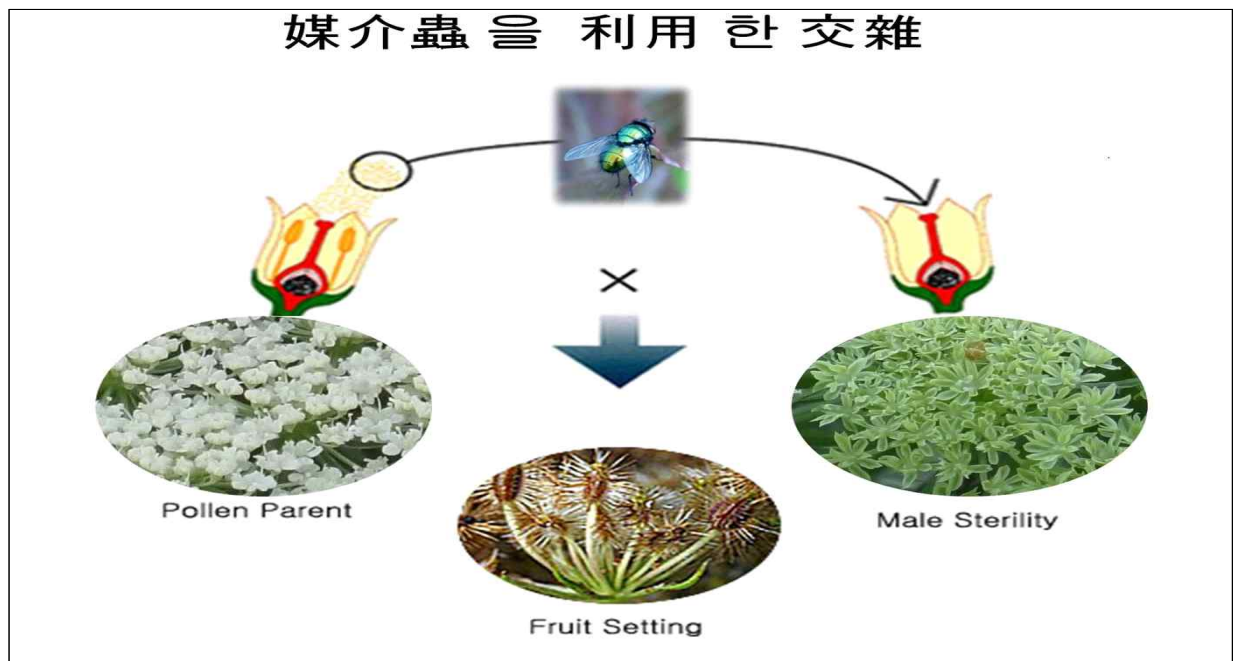


그림 165. 雄性 不妊性을 利用한 F₁ 組合 交配 및 結實모습

(3) 재배·선발·정식

재배·선발·정식은 계통육성과 동일한 방법으로 실시하였다.

(4) 교 배

교배는 응성불임계의 교배시기가 적절한시기에 화분친의 화지를 절단하여 물병에 꽂아 소형 cage로 격리하고 매개충을 투입하여 교배를 하였다.

(5) 종자 확보

교배 완료 후 응애, 흰 가루병 방제로 살비왕 + 섹큐어 + 흰가루병 + 훼나리 1,000배액을 7일 간격으로 3회 약제를 살포하였다. 7월 중순부터 종피색이 갈색으로 70% 이상 착색되는 화지를 개체별로 절단하여 양과망에 예취하여 등숙과 건조가 완료된 계통부터 탈중하여 정선 과정을 거쳐 종자를 확보하였다.

다. 결과

모계친의 응성불임성은 Petaloid type을 이용하였다. 모계친의 근형은 Imperator-type의 장형으로 숙성은 중만생 계를 부계친의 근형은 Nantes-type으로 저온기 비대가 잘되며 근색의 착색이 잘되는 조숙계를 이용하였다. 양친의 특성발현이 잘 나타낼 수 있는 조합작성과 육성목표에 부합되는 교잡으로 30조합의 종자를 확보하였다 (표 34).

표 34. F₁ 조합 종자 list

조계번호	생산번호	계 통 명	종자량(ml)	교배방법	비고
1690	9163-1 × 201	SMR616OP-389-1-3MS-line × CT-CH09-491OP-1 (F5)	30	Cross	L5
1691	9163-1 × 202	SMR616OP-389-1-3MS-line × CT-CH09-491OP-2 (F5)	25	Cross	L5
1692	9163-1 × 203	SMR616OP-389-1-3MS-line × CT-CH09-492OP-1 (F5)	15	Cross	L5
1693	9163-1 × 204	SMR616OP-389-1-3MS-line × CT-CH09-492OP-2 (F5)	23	Cross	L5
1694	9163-1 × 205	SMR616OP-389-1-3MS-line × CT-CH10-751OP-1 (F4)	25	Cross	L5
1695	9163-1 × 206	SMR616OP-389-1-3MS-line × CT-CH10-751OP-2 (F4)	16	Cross	L5
1696	9163-1 × 207	SMR616OP-389-1-3MS-line × CT-CH10-755OP-1 (F4)	14	Cross	L5
1697	9163-1 × 208	SMR616OP-389-1-3MS-line × CT-CH10-755OP-2 (F4)	15	Cross	L5
1698	9163-1 × 209	SMR616OP-389-1-3MS-line × CT-CH11-906OP-1 (F3)	10	Cross	L5
1799	9163-1 × 210	SMR616OP-389-1-3MS-line × CT-CH11-906OP-2 (F3)	20	Cross	L5
1700	9163-1 × 211	SMR616OP-389-1-3MS-line × CT-CH11-976OP-1 (F3)	16	Cross	L5
1701	9163-1 × 212	SMR616OP-389-1-3MS-line × CT-CH11-976OP-2 (F3)	10	Cross	L5
1702	9163-1 × 213	SMR616OP-389-1-3MS-line × CT-CH12-830OP-1 (F2)	12	Cross	L5
1703	9163-1 × 214	SMR616OP-389-1-3MS-line × CT-CH12-830OP-2 (F2)	15	Cross	L5
1704	9163-1 × 215	SMR616OP-389-1-3MS-line × CT-CH121-831OP-1 (F2)	20	Cross	L5
1705	9163-1 × 216	SMR616OP-389-1-3MS-line × CT-CH121-831OP-2 (F2)	17	Cross	L5
1706	9163-1 × 217	SMR616OP-389-1-3MS-line × CT-INDeci-900OP (F4)	15	Cross	L5
1707	9163-1 × 218	SMR616OP-389-1-3MS-line × CT-INDeci-901OP (F4)	16	Cross	L5
1708	9163-1 × 219	SMR616OP-389-1-3MS-line × CT-INDeci-902OP (F4)	22	Cross	L5
1709	9163-1 × 220	SMR616OP-389-1-3MS-line × CT-INDeci-903OP (F4)	15	Cross	L5
1710	9163-1 × 221	SMR616OP-389-1-3MS-line × CT-INDeci-904OP(F4)	18	Cross	L5
1711	9163-1 × 222	SMR616OP-389-1-3MS-line × CT-INDeci-905OP (F4)	20	Cross	L5

나-1. 시험방법

(1) F₁ 성능검정

구분	과종일	조사일	공시점수	재식거리(cm)	면적(평)	비고
F ₁ 성능검정	08.상순	12.하순	108	18 × 8	70	안성, House

(2) 재배

시험은 경기 안성의 시설에서 수행 하였다. 포장 준비는 발효퇴비(480kg/10a)+원예용 특호비료N-P-K-고토-붕사 (10-11-12-2-0.3) 60kg/10a+석회(60kg/10a) + 토양살충제 모캡(6kg/10a) +유박 (180kg/10a)을 살포하고 경운작업 후 이랑 너비 110cm 규격의 과종구를 준비 하여 F₁ 조합으로 확보된 108조합을(4~5차년도) 8월 상순 조간거리 18cm × 8cm 간격으로 점파로 과종하였다. 빨간색의 F₁품종이 출시되지 않아서 대비품종은 공시 하지 않은 상태로 시험을 진행하였다. 과종 후 잡초발생 억제를 위해 스톱프 유제 (60ml/20L)비율로 적정 살포량(300ml/10a)을 살포한 후 시설내의 스프링클러를 작동하여 적정 수분을 공급하며 관리하였다. 과종 후 7일경 발아가 시작되어 입고병 방제를 위해 가지란 1,000배액을 7일 간격으로 2회 엽면 살포 하여 입고병을 예방하고 과종 25일 본엽 2~3매가 되는 시기에 주간거리 1~2cm간격으로 1차 솎음을 하였다. 과종 후 45일경 본엽 3~4매가 되는 시기에 조간거리 18cm×주간거리 8cm간격으로 최종 솎음 완료하였다. 근비대를 촉진시키기 위하여 원예용 N-P-K-고토-붕사(10-11-12-2-0.3) 25kg/10a를 추비로 살포하였다. 생육기간 동안 스텐드 + 코니도 + 휘나리 1,000배액을 3회 살포하여 과밤나방 + 진딧물 + 흰가루병을 방제하였다.

(3) 수확 조사

12월 하순 근비대가 완료되어 실측 및 육안의 판별하여 주요 특성을 조사하였다. 조사 항목으로 엽장, 근장, 수경, 근경, 엽수, 육경, 심경, 근중은 실측조사를 하였고 근색, 심색, 초세, 숙성, 추근성, 근미 비대, 순도는 육안조사를 하였다. 조사 방법은 엽장은 식물체의 지체부로부터 잎의 길이, 근장은 뿌리의 어깨에서 근미까지의 길이, 수경은 캘리퍼를 이용 하여 지체부의 폭을 근경은 뿌리 상단, 중단, 하단부위를 각각 측정하여 조사 하였다. 엽수는 신초가 4~5cm이상 자란 잎의 개수를 조사 하였고, 육경은 뿌리를 횡단으로 절단하여 심의 목질부에서 피층까지의 폭, 심경은 core의 폭을 근중은 잎을 제거 하여 뿌리의 무게만을 측정하였다. 근색 및 심색은 근피와 심부의 착색이 잘되는 정도를 5(우수), 3(중간), 1(불량) 기준으로 조사하였고, 초세는 5(강하다), 3(중간), 1(약하다)로 숙성은 5(부), 3(中), 1(晩)로 근미 비대는 5(부), 3(中), 1(晩), 순도는5(우수 상품을 80%이상), 3(양호 상품을 70%이상), 1(불량 상품을 50%미만) 기준으로 각각 조사 하였다. 평점은 제반성능을 고려하여 성능에 따라 5(우수), 3(양호), 1(불량)로 구분하여 평가 하였다 (그림 166).



수확



특성조사

그림 166. 성능검정 수확·조사 모습

다-1. 결과

표 35는 2013년도에 생산된 F₁ 조합을 공시한 성능 검정에서 1차 선발된 주요조합의 성적과 특성을 조사한 내용이며 30조합을 공시하여 성능에 따라 16조합을 선발하였다. 선발 조합 중 No. 1694, No. 1697, No. 1700, No. 1705이 제반성능이 우수한 조합으로 평가되었다(그림 167; 표 35)

표 35. F₁ 조합 성능 검정 성적

조사 No	엽장 (Cm)	엽수 (매)	수경 (Cm)	근장 (Cm)	근경 上 (Cm)	근경 中 (Cm)	근경 下 (Cm)	근중 (gr)	육경 (Cm)	심경 (Cm)	근색 (5-1)	심색 (5-1)	초세 (5-1)	숙성 (5-1)	근미 비대 (5-1)	순도 (5-1)	평점 (5-1)
1690	62.3	5.2	1.1	18.9	3.8	2.8	2.3	166.6	1.4	2.4	R5.0	4.0	4.0	4.0	4.5	4.5	4.0
1691	62.2	6.1	1.4	20.1	3.5	3.2	2.5	153.4	1.4	2.1	R5.0	4.5	4.0	4.0	4.5	4.5	4.0
1692	63.4	8.3	1.2	19.2	3.0	2.9	2.2	156.2	1.5	1.5	R5.0	4.0	4.0	4.0	4.5	4.5	4.0
1693	64.1	7.4	1.4	21.3	3.8	3.2	2.1	168.3	1.9	1.9	R5.0	4.5	4.0	4.0	4.5	4.5	4.0
1694	52.1	6.2	1.1	20.7	4.2	3.5	2.5	170.3	2.0	2.2	R5.0	4.0	4.0	4.0	4.5	5.0	4.5
1695	54.3	7.2	1.1	21.1	3.7	3.2	2.6	169.2	1.8	1.9	R5.0	4.5	4.0	4.0	4.5	5.0	4.0
1696	67.4	5.2	1.1	18.7	3.2	3.2	2.4	157.7	1.4	1.8	R5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.5	4.0
1697	54.2	6.1	0.9	18.2	3.8	3.7	2.6	169.5	1.7	2.1	R5.0	4.0	4.0	4.5	5.0	5.0	4.5
1698	52.4	8.1	1.2	20.3	4.3	3.4	2.4	157.3	2.0	2.3	R5.0	4.5	4.0	4.0	3.5	4.5	4.0
1799	52.3	6.5	0.9	20.5	4.2	3.4	2.7	158.2	1.9	2.3	R5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	4.5	4.0
1700	51.5	7.6	0.9	21.7	3.2	2.8	2.2	153.6	1.5	1.7	R5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	4.5	4.5
1701	62.3	7.4	1.1	18.3	4.1	3.2	2.3	162.2	1.8	2.3	R5.0	4.0	4.5	4.0	4.5	5.0	4.0
1702	53.3	8.9	1.0	19.4	3.5	3.0	2.4	158.7	1.8	1.7	R5.0	4.0	4.0	4.5	4.5	4.5	4.0
1703	65.0	8.0	1.2	18.3	3.0	2.6	2.2	145.0	1.5	1.5	R5.0	4.0	4.0	4.0	4.5	4.5	4.0
1704	58.7	8.3	1.0	18.4	3.1	2.4	2.0	148.4	1.4	1.7	R5.0	4.0	4.0	4.0	4.5	5.0	4.0
1705	67.4	9.0	1.3	21.3	4.2	3.4	2.5	178.2	2.0	2.2	R5.0	4.5	4.5	4.5	4.5	4.0	4.5

* 근색,심색 : 우수(5)-양호(3)-불량(1)

* 초 세 : 우수(5)-양호(3)-불량(1)

* 숙 성 : 조(5)-중(3)-만(1)

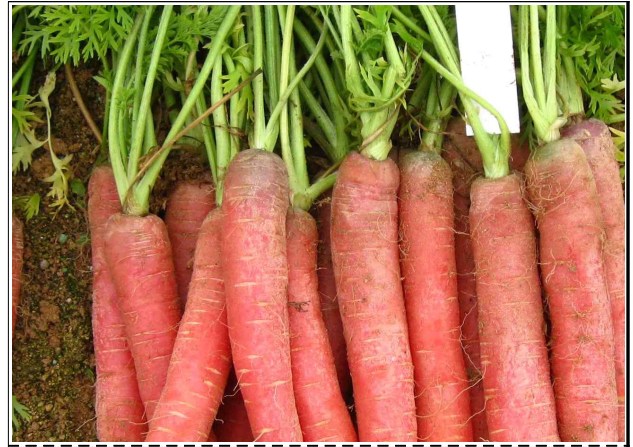
* 근미 비대 : 조(5)-중(3)-만(1)

* 순 도 : 우수(5)-양호(3)-불량(1)

* 평 점 : 우수(5)-양호(3)-불량(1)



No. 1690



No. 1694



No. 1695



No. 1696



No. 1700



No. 1704

그림 167. 성능검정 선발조합모습



No. 1705



No. 1708



No. 1710



No. 1711



No. 1712



No. 1714

그림 167. 계속

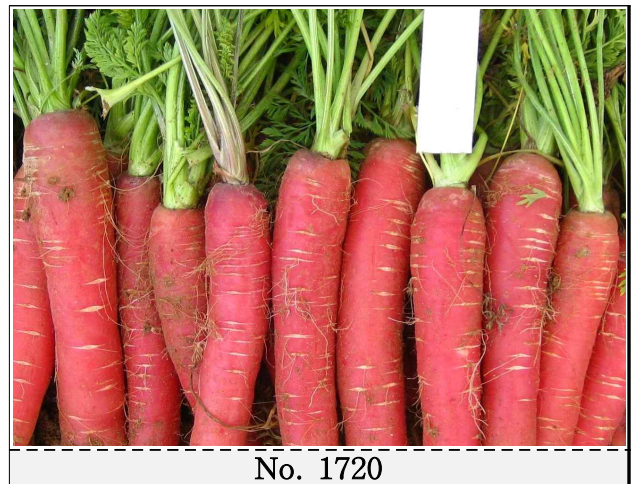
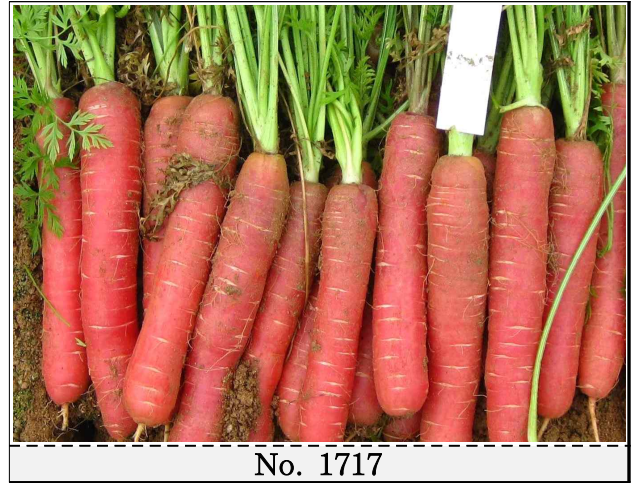


그림 167. 계속

제5절 F₁ 지역적응성 시험

1. 4차년도 지역적응성 시험

가. 목적

본 시험은 F₁ 조합의 지역적응성시험 통하여 근색이 빨간색이며 저온기재배에 적합한 품종개발을 목표로 현지(제주, 중국) 기후 및 환경에 적응성을 갖춘 우수조합선발을 목표로 하였다.

나. 시험방법

구분	파종일	조사일	공시점수	재식거리(Cm)	비고
제주연락시험	11. 08. 10	12. 02. 13	25	120Cm × 6조식	안성(House)

(1) 제주 연락시험

제주도 월동당근 주산지인 구좌에서 시험을 수행 하였다. 포장준비는 계분발효퇴비 (480Kg/10a) + 원예용 복합특호비료 N-P-K-고토-붕사 (10-11-12-2-0.3) 60Kg/10a + 석회 (60Kg/10a) + 토양살충제 모캡(6Kg/10a)을 살포하고 경운작업 후 파종구를 준비하여 11년 8월 10일에 F1 25조합을 재식거리 120Cm× 6조식으로 파종하였다. 빨간색의 F1 품종이 출시되지 않아서 대비품종은 공시 하지 않은 상태로 시험을 진행 하였다. 잡초발생 억제를 위해 스톱프 유제 60ML/20L 살포하였다. 파종 후 30일경 주간거리 2~3Cm 간격으로 1차 솟음과 파종45일 경 분엽 3~4매 시기에 7~8Cm 간격으로 최종솟음을 하였다. 솟음 완료 후 근비대 축진을 위해 원예용 특호복비 N-P-K-고토-붕사(10-11-12-2-0.3) 30Kg/10a를 추비로 살포하였다. 월동은 노지방임 상태로 재배하였다. 월동 후 2012년 2월 13일 근비대가 완료되어 수확 특성조사는 육안조사로 선발하였다. 주요 특성조사 항목은 근형은 Imperator, Nantes, Kuroda-type으로, 뿌리길이는 장형(5), 중형(3), 단형(1)으로 근색 및 심색은 홍색의 진한 정도에 따라 우수(5), 양호(3), 불량(1)으로, 근피는 뿌리표면의 매끈한 정도를 우수(5), 양호(3), 불량(1)으로, 초세는 강하다(5), 중간(3), 약하다(1)로, 숙성은 조생, 중생, 만생으로, 추근성은 뿌리어깨의 돌출 정도를 없다(5), 적다(3), 많다(1)로, 근미 비대는 우수(5), 양호(3), 불량(1)으로, 순도는 균일(5), 보통(3), 불량으로 구분하여 조사하였다. 평점은 성능에 따라 5(우수), 3(양호), 1(불량)로 구분하여 평가 하였다.

다. 결과

표 36은 제주 구좌에서 실시한 지역적응성 시험에서 선발된 주요조합의 특성을 조사한 내용이며 25조합을 공시한 시험에서 4조합을 선발 하였다. 선발 조합 중 No. 6375는 근장이 길고, 순도가 균일한 우수조합으로 평가되었다 (그림 168, 169).

표 36. F1 조합 지역적응성 검정 성적

파종 No	근형	뿌리형 (5-1)	근색 (5-1)	심색 (5-1)	근피 (5-1)	초세 (5-1)	숙성 (5-1)	추근성 (5-1)	근미비대 (5-1)	순도 (5-1)	평점 (5-1)
6346	Nantes	5	5.0	4.0	4.0	4.0	4.5	4.0	4.0	4.5	4.5
6375	Nantes	5	5.0	4.0	4.5	4.0	5.0	4.0	5.0	5.0	5.0
6383	Nantes	5	5.0	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0	5.0	5.0	4.5
6390	Nantes	5	5.0	4.0	3.5	4.0	4.5	4.0	5.0	4.0	4.5

* 근 형 : Imperator, Nantes, Kuroda
 * 근색·심색 : 우수(5), 양호(3), 불량(1)
 * 근 피 : 우수(5), 양호(3), 불량
 * 초 세 : 강하다(5), 중간(3), 약하다(1)
 * 숙 성 : 조생, 중생, 만생
 * 추 근 성 : 우수(5), 양호(3), 불량(1)
 * 근미비대 : 우수(5), 양호(3), 불량(1)
 * 순 도 : 균일(5), 보통(3), 불량(1)
 * 평 점 : 우수(5), 양호(3), 불량(1)



No. 6346



No. 6375



No. 6383



No. 6390

그림 168. 연락시험 선발조합 근형모습(제주)



No. 재배전경



제주수확모습

그림 169. 제주 재배전경 및 수확모습

나-1. 시험방법

구분	파종일	조사일	공시점수	재식거리(Cm)	비고
중국연락시험	11. 09. 15	12. 02. 22	12	100×13×7(4조식)	중국(福建省)

(1) 중국 연락시험

시험은 중국의 福建省 월동당근 산지의 농가를 선정하여 노지재배로 시험을 수행 하였다. 시험지의 토양은 사질 양토로 토심이 깊으며 관수시설도 완비되어 당근재배의 기반조건 이 양호하였다. 포장준비 및 재배관리는 현지재배 관행대로 관리하였다. 포장준비는 이랑 너비 100Cm×조간거리13Cm×주간거리7~8Cm×4조식으로 준비하여 F₁ 12조합을 11년 9월 15일 2립 씩 점파로 파종하였다. 빨간색의 F₁ 품종이 출시되지 않아서 대비품종은 공시 하지 않은 상태 로 시험을 진행하였다. 2012년 2월 22일 근비대가 완료되어 수확과 특성별 조사는 육안조사로 선발 하였다. 주요특성 조사항목은 근형은 Emperor, Nantes, Kuroda-type으로, 뿌리길이는 장형(5), 중형(3), 단형(1)으로 근색 및 심색은 홍색의 진한 정도에 따라 우수(5), 양호(3), 불량 (1)으로, 근피는 뿌리표면의 매끈한 정도를 우수(5), 양호(3), 불량(1)으로, 초세는 강하다(5), 중 간(3), 약하다(1)로, 숙성은 조생, 중생, 만생으로, 추근성은 뿌리어깨의 돌출 정도를 없다(5), 적 다(3), 많다(1)로 근미 비대는 우수(5), 양호(3), 불량(1)으로, 순도는 균일(5), 보통(3), 불량(1)으 로 구분하여 각각 조사 하였다. 평점은 성능에 따라 5(우수), 3(양호), 1(불량)로 구분하여 평가 하였다.

다-1. 결과

표 37은 중국 福建省에서 실시한 지역적응성 시험으로 선발된 주요조합의 특성을 조사 한 내용이며 12 조합을 공시하여 4조합으로 선발 하였다. 선발 조합중 No. 6375는 근형이 안정 되며 근장이 길고, 순도가 균일한 우수조합으로 평가하였다.(그림 170, 171, 172)

표 37. F₁ 조합 성능 검정 성적

파종 No	근형 (Cm)	뿌리형 (5-1)	근색 (5-1)	심색 (5-1)	근피 (5-1)	초세 (5-1)	숙성 (5-1)	추근성 (5-1)	근미비 대 (5-1)	순도 (5-1)	평점 (5-1)
6346	Kuroda	4.0	4.5	4.0	3.5	4.0	4.5	4.0	4.0	3.5	4.5
6375	Kuroda	4.0	4.5	4.0	4.0	4.0	4.5	4.0	4.5	3.5	5.0
6383	Kuroda	3.0	4.5	3.5	3.5	4.0	4.5	4.0	4.0	4.0	4.0
6390	Kuroda	4.0	4.5	4.0	3.5	4.0	4.0	4.0	4.0	3.5	4.0

* 근 형 : Emperor, Nantes, Kuroda

* 뿌리길이 : 장형(5), 중형(3), 단형(1)

* 근색·심색 : 우수(5), 양호(3), 불량(1)

* 근 피 : 우수(5), 양호(3), 불량

* 초 세 : 강하다(5), 중간(3), 약하다(1)

* 숙 성 : 조생, 중생, 만생

* 추 근 성 : 우수(5), 양호(3), 불량(1)

* 근미비대 : 우수(5), 양호(3), 불량(1)

* 순 도 : 균일(5), 보통(3), 불량(1)

* 평 점 : 우수(5), 양호(3), 불량(1)



그림 170. 연락시험 선발조합 근형모습(중국)



그림 171. 월동당근재배전경 및 수확 모습



그림 172. 일반당근 · 선발조합 No. 6375 근색 · 근형 비교모습

2. 5차년도 F₁ 지역적응성시험

본 시험은 적응성시험에서 선발된 조합의 반복시험을 통하여 우수조합 선발을 목표로 하였다. 시험은 월동시험에 적합한 제주 및 중국남부에서 수행하였다.

가. 목적

본 시험은 F₁조합의 지역적응성시험 통하여 근색이 빨간색이며 저온기재배에 적합한 품종개발을 목표로 현지(제주, 중국) 기후 및 환경에 적응성을 갖춘 우수조합선발을 목표로 하였다.

나. 시험방법

구분	파종일	조사일	공시점수	재식거리(cm)	비고
제주연락시험	08. 상순	02. 중순	4	120Cm × 6조식	월동

(1) 제주 연락시험

제주도 월동당근 주산지인 구좌에서 시험을 수행 하였다. 포장준비는 계분발효퇴비 (480kg/10a) + 원예용 복합특호비료 N-P-K-고토-붕사 (10-11-12-2-0.3) 60kg/10a + 석회 (60kg/10a) + 토양살충제 모캡(6kg/10a)을 살포하고 경운작업 후 파종구를 준비하여 12년 8월 5일에 F₁ 25조합을 재식거리 120cm× 6조식으로 파종하였다. 빨간색의 F₁품종이 출시되지 않아서 대비품종은 공시 하지 않은 상태로 시험을 진행하였다. 잡초발생 억제를 위해 스톱프 유제 60ml/20L 살포하였다. 파종 후 30일경 주간거리 2~3cm 간격으로 1차 솟음과 파종 45일경 본엽 3~4매 시기에 7~8cm 간격으로 최종솟음을 하였다. 솟음 완료 후 근비대 축진을 위해 원예용 특호복비 N-P-K-고토-붕사(10-11-12-2-0.3) 30kg/10a를 추비로 살포하였다. 월동은 노지방임 상태로 재배하였다. 월동 후 2013년 2월 중순 근비대가 완료되어 수확 특성조사는

육안조사로 선발하였다. 주요 특성조사 항목 중 뿌리길이는 장형(5), 중형(3), 단형(1)으로 근색 및 심색은 홍색의 진한 정도에 따라 우수(5), 양호(3), 불량(1)으로, 근피는 뿌리표면의 매끈한 정도를 우수(5), 양호(3), 불량(1)으로, 초세는 강하다(5), 중간(3), 약하다(1)로, 숙성은 조생, 중생, 만생으로, 추근성은 뿌리어깨의 돌출 정도를 없다(5), 적다(3), 많다(1)로, 근미 비대는 우수(5), 양호(3), 불량(1)으로, 순도는 균일(5), 보통(3), 불량으로 구분하여 조사하였다. 평점은 성능에 따라 5(우수), 3(양호), 1(불량)로 구분하여 평가 하였다.



재배 전경



시험구 수확모습

그림 173. 제주 재배전경 및 수확모습

다. 결과

표 38은 제주 구좌에서 실시한 지역적응성 시험에서 선발된 주요조합의 특성을 조사한 내용이며 4조합을 공시한 시험에서 2 조합을 선발 하였다. 선발 조합 중 No. 6375는 근피색의 착색이 우수하며 근장이 길고, 순도가 균일한 우수조합으로 확인되었다 (그림 174).

표 38. F₁ 조합 지역적응성 검정 성적

파종 No.	종자 No.	뿌리형 (5-1)	근색 (5-1)	심색 (5-1)	근피 (5-1)	초세 (5-1)	숙성 (5-1)	추근성 (5-1)	근미비대 (5-1)	순도 (5-1)	평점 (5-1)
122	6346	3.0	4.5	4.0	4.5	4.0	5.0	4.0	5.0	5.0	5.0
126	6375	5.0	4.5	4.0	4.5	4.0	4.5	4.0	4.5	5.0	5.0
128	6383	3.0	4.5	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0	5.0	4.5	4.5
142	6390	3.0	4.5	4.0	4.0	4.0	4.5	4.0	5.0	4.0	4.5

- * 뿌리길이 : 장형(5), 중형(3), 단형(1)
- * 근색·심색 : 우수(5), 양호(3), 불량(1)
- * 근 피 : 우수(5), 양호(3), 불량
- * 초 세 : 강하다(5), 중간(3), 약하다(1)

- * 숙 성 : 조생, 중생, 만생
- * 추 근 성 : 우수(5), 양호(3), 불량(1)
- * 근미비대 : 우수(5), 양호(3), 불량(1)
- * 순 도 : 균일(5), 보통(3), 불량(1)
- * 평 점 : 우수(5), 양호(3), 불량(1)



No. 122(6346)



No. 126(6375)



No. 6346



No. 6375

그림 174. 제주연락시험 선발조합 근형모습

나-1. 시험방법

구분	파종일	조사일	공시점수	재식거리(cm)	비고
중국연락시험	09. 중순	02. 하순	4	100×13×7(4조식)	중국(福建省)

(1) 중국 연락시험

시험은 중국의 福建省 월동당근 산지의 농가를 선정하여 노지재배로 시험을 수행 하였다. 시험지의 토양은 사질 양토로 토심이 깊으며 관수시설도 완비되어 당근재배의 기반조건 이 양호하였다. 포장준비 및 재배관리는 현지재배 관행대로 관리하였다. 포장준비는 이랑너비 100cm × 조간거리 13cm × 주간거리 7~80cm × 4조식으로 준비하여 4 조합을 12년 9월 102 립씩 점파로 파종하였다. 빨간색의 F₁품종이 출시되지 않아서 대비품종은 공시 하지 않은 상태 로 시험을 진행하였다. 2013년 2월 하순 근비대가 완료되어 수확과 특성별 조사는 육안조사로 선발 하였다. 주요특성 조사항목 중 뿌리길이는 장형(5), 중형(3), 단형(1)으로 근색 및 심색은 홍색의 진한 정도에 따라 우수(5), 양호(3), 불량(1)으로, 근피는 뿌리표면의 매끈한 정도를 우 수(5), 양호(3), 불량(1)으로, 초세는 강하다(5), 중간(3), 약하다(1)로, 숙성은 조생, 중생, 만생으

로, 추근성은 뿌리어깨의 돌출 정도를 없다(5), 적다(3), 많다(1)로 근미 비대는 우수(5), 양호(3), 불량(1)으로, 순도는 균일(5), 보통(3), 불량(1)으로 구분하여 각각조사 하였다. 평점은 성능에 따라 5(우수), 3(양호), 1(불량)로 구분하여 평가하였다.



재배전경



수확 모습

그림 175. 월동당근재배전경 및 수확 모습

다-1. 결과

표 39는 중국 福建省에서 실시한 지역적응성 시험으로 선발된 주요조합의 특성을 조사한 내용이며 4 조합을 공시하여 2 조합으로 선발하였다. 선발 조합 No. 6346은 Nantes-type의 조생계 조합이며 No. 6375 근피색의 착색이 우수하며 근장이 길고, 순도가 균일한 우수조합으로 확인되었다 (그림 176).

표 39. F₁ 조합 성능 검정 성적

파종 No.	근형 (cm)	뿌리형 (5-1)	근색 (5-1)	심색 (5-1)	근피 (5-1)	초세 (5-1)	숙성 (5-1)	추근성 (5-1)	근미비대 (5-1)	순도 (5-1)	평점 (5-1)
11R-60	6346	3.0	4.5	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0	5.0	4.5	5.0
11R-61	6375	5.0	4.5	4.0	4.0	4.0	4.5	4.0	4.5	4.5	5.0
11R-63	6383	3.0	4.5	4.0	3.5	4.0	4.5	4.0	4.5	4.0	4.0
11R-77	6390	3.0	4.5	4.0	3.5	4.0	4.0	4.0	4.5	4.0	4.0

- * 뿌리형 : 장형(5), 중형(3), 단형(1)
- * 근색·심색 : 우수(5), 양호(3), 불량(1)
- * 근 피 : 우수(5), 양호(3), 불량
- * 초 세 : 강하다(5), 중간(3), 약하다(1)

- * 숙 성 : 조생, 중생, 만생
- * 추 근 성 : 우수(5), 양호(3), 불량(1)
- * 근미비대 : 우수(5), 양호(3), 불량(1)
- * 순 도 : 균일(5), 보통(3), 불량(1)
- * 평 점 : 우수(5), 양호(3), 불량(1)



No. 11R-60(6346)



No. 11R-61(6375)



No. 6346



No. 6375

그림 176. 중국 연락시험 선발조합 근형 모습

제6절 품종보호출원

1. 제주도, 중국의 2개 지역에서 적응성시험을 실시하였다. 시험결과 No. 6346가 최종선발조합으로 확인되어 1품종을 품종보호출원을 신청하였다.

2. No. 6346 2년간의 반복시험에서 Nantes-type으로 근비대 빠르며 근피가 매끈하여 상품성이 높은 우수조합으로 확인되어 2013년 5월7일 “레드스타(Red Star)”당근으로 명명하여 품종보호 출원을 신청하였다 (그림 177, 178).

레드스타 당근(6346)



- 조생 다수계
- Nantes-type
- 조생 6촌계
- 근미 비대 조생
- 추근성 안정
- 근색 빨강
- 상품성우수
- 저온기 비대형

그림 177. 레드스타(Red Star) 사진 모습

<p>민원인을 가족같이, 민원을 내일같이</p> <p>통지된 내용에 의문이 있으시면 담당자에게 문의하시기 바랍니다.</p> <p>담당자: 박수진 전화: (031) 467-0111 FAX: (031) 467-0116</p> <p>인터넷 홈페이지: www.seed.go.kr</p> <p>430-016 경기도 안양시 만안구 안양로 184</p>					
<p>품종보호출원번호 통지서</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">출원일자: 2013. 5. 7</td> <td style="width: 50%;">품종보호 출원번호: 출원 2013 - 309</td> </tr> <tr> <td></td> <td>품종명칭 출원번호: 명칭 2013 - 773</td> </tr> </table> <p>작 품 명: 당근</p> <p>품 종 명 칭: 레드스타</p> <p>출 원 인: 케로플러스드영농조합법인</p> <p>주 소: 경기 안성시 삼죽면 덕산리 786-7</p> <p style="text-align: right; margin-top: 20px;">2013년05월07일</p>			출원일자: 2013. 5. 7	품종보호 출원번호: 출원 2013 - 309	
출원일자: 2013. 5. 7	품종보호 출원번호: 출원 2013 - 309				
	품종명칭 출원번호: 명칭 2013 - 773				
<p>국립종자원</p>					

그림 178. 레드스타 품종보호 출원서 및 사진

제7절 채종시험 및 원원종 증식

1. 채종시험 및 원원종 생산

품종보호 출원된 1품종의 양친을 3월 상순 모본을 선발하여 주간 40cm × 35cm간격으로 배치와 정식을 하였다. 5월 상순부터 추대가 시작되어 1차 측지 5~6개를 남기고 2차 측지는 제거하였다. 6월 상순부터 개화가 시작되는 시기에 매개충을 투입하고 교배를 진행하여 시험 종자 및 원원종을 확보하였다 (그림 179). 웅성불임계는 세대진전이 필요하므로 과제종료 후 시험을 진행하여 무모계 MS-line을 고정시킬 계획이다.



그림 179. 시험용 종자생산 및 원종증식전경

제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제1절 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

본 과제와 제1세부과제 연구목표는 국내 소비량이 큰 당근을 대상으로 분자 육종 시스템을 이용한 당근의 종자모 형질 관련 분자마커를 개발하여 무모계 품종개발에 도입함으로써 생육 초기단계에서 선발효율을 높여, 무모계 형질을 가진 우수 품종을 육성하는데 있다. 이에 따라 2009년부터 2013년에 걸쳐 육성된 단모 및 무모 종자 표현형 개체 및 유모 종자 표현형 개체를 이용한 당근 종자모 형질 관련 분자마커 개발을 수행하였다. 그 결과 개체별 다형성을 확인하는 결과 및 당근 종자모 형질 특이적 분자마커를 개발하였다. 다양한 실험 방법을 이용하여 SCAR 마커를 비롯해 SNP, SSR 마커등을 이용한 분석을 수행하였으며, 세대가 진전됨에 따라 고정되어 가는 단모 및 무모종자 형질을 확인할 수 있었다. 또한 무모 및 유모 각각의 개체들을 이용한 cDNA library 작성을 통해 EST 염기서열을 확보할 수 있었으며, 이러한 결과를 바탕으로 EST 분석 및 유전자 분석을 실시하였다. 더불어 다량의 SNP, SSR site가 확인되어 차후 당근을 대상으로 한 분자마커 연구에 이용할 수 있을 것으로 생각된다.

제1협동과제 연구목표는 무모계 중국 수출용 당근 품종개발 및 중국 및 인도용 계통을 육성하며 또한 육성된 무모 line을 이용한 종자모 형질 분자마커개발의 재료를 제공하는데 있다. 이를 수행하기 위하여 무모-line육성을 위해 2005년 캐로톱씨드의 육성포장에서 발견된 단모계통 소재와 중국·인도용 미국등지에서 색상별 유래자원을 5년간 수집하였다. 수집된 유전자원의 특성평가와 교잡·선발 및 세대진전으로 화분친 22계통, 무모계 유지친 468개체, 옹성불임계 1계통 62개체를 육성하였다. 육성된 재료를 활용하여 빨간색의 F₁교배종 2품종을 개발하여 품종보호출원을 하였다. 현재 무모-line과 빨간색의 F₁ 품종개발의 사례가 확인되고 있지 않으므로 중국 해외 품종보호출원도 검토하고자 하며, 수집된 유전자원은 앞으로 다양한 색상을 충족할 수 있는 품종개발에 이용될 것이다. 또한 개발된 품종은 국내 최대 생산지인 제주지역에 적합한 것을 확인된바 있으므로 농가생산비 경감과 농가 수익향상에 기여하며 국내당근 산업에 기반을 지키는데 어느 정도 도움이 될 것으로 판단된다. 개발된 빨간색 당근품종들은 중국, 인도 시장에 진입을 위한 반복시험과 기존의 수출거래처를 통하여 시장진입 가능성을 타진할 계획이며 본 과제를 통해 개발된 품종가세로 다양한 품종이 확보되어 대외적인 경쟁력도 확보하게 되었다.

세부과제명	세부연구내용	주요결과	목표달성도 (%)	기여도 (%)
무모계 종자 관련 분자마커 개발	무모계 및 유모계 selfing progeny 확보	09~13년도 무모 및 유모 종자 표현형 계통 확보	100	100
	종자 표현형 확인	무모 및 유모 종자 표현형 개체 표현형 확인 및 비교분석	100	100
	당근 종자모 형질 관련 RAPD 및 SCAR 마커 개발	당근 종자모 형질 관련 특이적 18 RAPD 마커 확인 및 3 SCAR 마커 전환	100	100
	무모 및 유모 개체를 이용한 cDNA library 작성	무모 및 유모개체 2set를 이용한 당근 종자모 형질관련 연구를 위한 cDNA library 작성	100	100
	cDNA library 작성을 통한 EST 분석	총 4,992개의 EST 염기서열 확보 및 FunCat 및 GO data 비교 분석	100	100
	당근 종자모 형질 관련 후보 유전자 선발	무모 및 유모 개체간 EST 비교 분석을 통해 선발된 14개의 후보군 중 extensin 단백질의 유의한 발현양상 차이를 확인	100	100
	당근 종자모 형질 관련 SSR 및 SNP 마커 개발	EST sequence 분석결과를 바탕으로 작성된 231개의 SSR 프라이머, 36 SNP 프라이머 작성, 이를 통한 실험결과 당근 종자모 형질 관련 특이적 1 SNP 분자마커, 1 SSR 분자마커 개발	100	100
	Linkage map	총 194.6cM의 linkage map이 작성되었으며, 당근 염색체 수와 동일한 9개의 연관그룹으로 분석되었음을 확인함.	100	100
무모계 당근 품종 및 계통 육성	유전자원 수집 및 평가	유전자원 매년 10점씩 총50점 수집 평가	100	100
	계통 성능검정 및 선발	유지친 : 468개체 공시 화분친 : 22계통 공시 웅성불임계 : 118개체 공시	100	100
	계통육성	유지친 : 468개체 육성 화분친 : 22계통 육성 웅성불임계 : 1계통 56개체 육성 (웅성불임계 향후2~3세대진전 필요)	100	100
	F1조합작성 및 성능검정	4~5년차 80조합작성 및 성능파악	100	100
	지역 적응성 시험	제주 2년 시험 2조합 선발 (No. 6346, 6375) 중국 2년 시험 2조합 선발 (No. 6346, 6375)	100	100
	품종등록 (1품종보호출원)	보호출원 : 레드스타 (1품종)	100	100
	채종시험·원원종생산	확대시험용 종자확보 원원종 종자확보(5계통)	100	100

제5장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

제1절 연구개발 성과

당근에 존재하는 종자모로 인해 발아율이 떨어지며 제거 과정상의 시간적, 경제적 손실을 줄이기 위한 당근 종자모 형질 관련 분자마커 개발과 무모 종자 당근 품종 육성 및 수출용 당근 품종개발에 있어 달성한 성과는 다음과 같다.

1. 당근을 이용한 실험 및 연구를 위한 최적의 DNA 추출 방법인 2x CTAB을 이용한 방법 확립
2. 당근 종자모 형질 관련 연구를 위한 무모계 당근 계통 육성과 형매교배 및 자가수분을 통한 세대진전 수행
3. CT-SMR 616 OP 계통을 이용한 실험 및 연구를 통해 17개의 종자모 형질 특이적 RAPD 분자마커 개발
4. 종자모 형질 특이적 RAPD 분자마커를 이용하여 3개의 종자모 형질 특이적 SCAR 분자마커 개발
5. 무모 및 유모 개체 CT-SMR 616 OP 659-1, CT-SMR 616 OP 677-14 또한 CT-ATR 615 OP 666-13, CT-ATR 615 OP 671-9 2 set를 이용한 당근 종자모 형질 관련 연구를 위한 cDNA library 작성
6. 작성된 4개체의 cDNA library 중 각각 1,248 EST 염기서열 비교 분석 수행
7. 무모 및 유모 개체 EST 염기서열을 바탕으로 수행한 FunCat 및 GO data 비교분석을 통해 당근 종자모 형질 관련 EST의 Functional Category 분석을 수행하였으며, 이에 따른 종자모 형질에 관여할 것으로 예상되는 14개의 EST를 선발
8. 선발된 EST를 바탕으로 real-time 검정을 수행하여 extensin 유전자의 무모 및 유모 개체 간 유의적인 발현차이를 확인
9. EST 염기서열 분석을 통해 231개의 SSR 프라이머 및 36개의 SNP 프라이머를 작성하였으며 이를 통한 차후 활용을 기대
10. CT-SMR 616 OP 계통을 이용한 실험 및 연구를 통해 1개의 종자모 형질 특이적 SSR 마커 및 1개의 종자모 형질 관련 특이적 SNP 분자마커 개발

11. Linkage map을 작성한 결과 총 194.6cM의 linkage map이 작성되었으며, 당근 염색체 수와 동일한 9개의 연관그룹으로 분석되었음을 확인함.
12. 중국, 유럽, 미국, 인도에서 유전자원을 수집하여 특성평가를 수행 후 모본으로 사용할 계통 선발
13. 중국 수출용 당근 품종 개발을 위한 근형이 Nantes type으로 근색, 육색, 심색이 빨간색이며 착색이 잘되는 계통을 육성
14. 인도 수출용 당근 품종 개발을 위한 근색이 Deci red type이며 착색이 빠르고 근형이 우수한 계통을 육성
15. 육성된 계통의 성능평가를 위해 특성평가를 수행하여 성능을 평가하였으며, 제주도 구좌, 중국 복건성 지역에서의 지역적응성시험을 통해 우수 조합 확인 후 품종보호 출원

구분	특허		신품종			유전자원 등록	논문		기타
	출원	등록	품종 명칭 등록	품종보호			SCI	비SCI	
				출원	등록				
1차 년도	목표								
	달성								
2차 년도	목표								
	달성								
3차 년도	목표							1	
	달성						2		
4차 년도	목표	1						1	
	달성	1							
5차 년도	목표		1	1	1		1	1	
	달성			1	1		2		
계	목표	1	1	1	1		1	3	
	달성	1		1	1		4		

1. 기술이전

핵심기술명	품종 육성 및 품종보호출원 [Nantes-type으로 근색은 빨간색, 조생계, 상품성이 높은 1품종 (레드스타)]		
이전형태	<input checked="" type="checkbox"/> 무상 <input type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	0 천원
이전방식	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input checked="" type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타()		
이전소요기간	2014년 12월 - 2019년 12월	실용화예상시기	계약일로부터 2년 이내

2. 논문 게재 성과

논문명	저자	게재지명	학술지 게재 년월	SCI 구분
당근 종모 형질 관련 EST profiling과 이를 이용한 EST-SSR 및 SNP 마커 개발	오규동, 황은미, 심은조, 전상진, 박영두	원예과학기술지	2010.12	SCI
EST profiling을 통한 당근 (<i>Daucus carota</i> var. <i>sativa</i>)의 종모 형성에 관련된 유전자 분석	황은미, 오규동, 심은조, 전상진, 박영두	원예과학기술지	2010.12	SCI
당근 EST 연기서열을 이용한 종자모 형질 관련 SNP 분자표지 개발	오규동, 심은조, 전상진, 박영두	원예과학기술지	2013.02	SCI
당근 (<i>Daucus carota</i> var. <i>sativa</i>) 종자모 형질 관련 RAPD - SCAR 분자표지 개발	심은조, 박성관, 오규동, 전상진, 박영두	원예과학기술지	2013.12	SCI

3. 학술대회 발표 성과

발표제목	발표자	학술대회	발표 년월
Development of Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) Markers Related Hairless Seed Characteristic in <i>Daucus carota</i> var. <i>sativa</i>	Gyu-Dong Oh Eun-Mi Hwang Eun-Jo Shim Sang-Jin Jun Young-Doo Park	한국원예학회	2009.05
Development of RAPD, AFLP Molecular Makers Related Hairless Seed Characteristic in <i>Daucus carota</i> var. <i>sativa</i>	Eun-Mi Hwang Gyu-Dong Oh Eun-Jo Shim Sang-Jin Jun Young-Doo Park	한국원예학회	2009.10

발표제목	발표자	학술대회	발표 년월
Development of Random Amplified Polymorphic DNA(RAPD) Marker Related to Seed-hair Characteristic of <i>Daucus carota</i> var. <i>sativa</i>	Sung-Kwan Park Gyu-Dong Oh Eun-jo Shim Sang-Jin Jeon Young-Doo Park	한국원예학회	2011.10
EST Profiling for Seed-hair Characteristic and Development of SNP Markers in Carrot	Gyu-Dong Oh Eun-Jo Shim Sung-Kwan Park Sang-jin Jeon Young-Doo Park	한국원예학회	2011.10
Development of EST-SSR Markers Related to Seed-hair Characteristic in Carrot (<i>Daucus carota</i> var. <i>sativa</i>)	Eun-Jo Shim Gyu-Dong Oh Sung-Kwan Park Sang-jin Jeon Young-Doo Park	한국원예학회	2011.10
Development of Sequence Characterized Amplification Region (SCAR) Marker Related to Seed-hair Characteristic of <i>Daucus carota</i> var. <i>sativa</i>	Sung-Kwan Park Gyu-Dong Oh Eun-Jo Shim Sang-Jin Lee Sang-Jin Jeon Young-Doo Park	한국원예학회	2012.05
Development of SNP Markers Related to Seed-hair Characteristic Based on EST Sequences in Carrot	Gyu-Dong Oh Eun-Jo Shim Sang-Jin Lee Sang-Jin Jeon Young-Doo Park	한국원예학회	2012.10

4. 특허 출원 성과

발명의 명칭	출원번호	발명가	출원일자
당근 부모종자 형질 관련 SNP 분자마커	10-2012-0109940	박영두, 오규동	2012. 10. 04

5. 품종보호 출원 성과

작물명	품종 명칭	품종보호 출원번호	출원인	출원일자
당근	레드스타	출원 2013-309	캐로톱씨드 영농조합법인	2013. 5. 7

6. 연구인력활용/양성 성과

인력양성명	인력양성연도	인력양성대상수
오규동	2011	1
황은미	2011	1
박성관	2012	1

제2절 성과활용 계획

본 연구를 통해 수출용 무모계 당근 품종 육성 및 분자마커 개발을 수행하였으며 중국 수출용 당근 품종을 육성하였다.

당근 종자모 형질 관련 특이적 분자마커로서 17 RAPD, 3 SCAR, 1 SSR, 1 SNP 분자마커를 개발하였으며 이를 이용한 무모종자 당근 품종 육성에의 지속적인 활용을 계획하고 있다. 또한 당근의 무모종자관련 연구사례가 없는 무모종자 당근 계통을 본 과제를 통하여 성공적으로 육성하였으며 육성된 재료를 이용하여 빨간색의 “레드스타” 컬러당근 1품종을 개발하였다. 개발된 품종은 수출용으로 개발하기 위해 중국, 인도 등 해외로 시험 종자를 공급하고 만족할 만한 결과가 나오면 시장진입을 위한 증식, 생산, 판매를 시도할 계획이다. 또한 국내 당근 최대생산지인 제주지역에 시험 종자를 공급하여 농가반응에 따라 공급가능성을 타진 할 계획이다.

제6장 참고문헌

- Adams, M.D., J.M. Kelley, J.D. Gocayne, M. Dubnick, M.H. Polymeropoulos, H. Xiao, C.R. Merrill, A. Wu, B. Olbe, R.F. Moreno, A.R. Kerlavage, W.R. McCombie, and J.C. Venter. 1991. Complementary DNA sequencing: expressed sequence tags and human genome project. *Science* 252:1651-1656.
- Agarwal, M., N. Shrivastava, and H. Padh. 2008. Advances in molecular marker techniques and their applications in plant sciences. *Plant Cell Rep.* 27:617-631.
- Amor, Y., C.H. Haigler, S. Johnson, M. Wainscott, and D.P. Delmer. 1995. A membrane-associated form of sucrose synthase and its potential role in synthesis of cellulose and callose in plants. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 92:9353-9357.
- Applequist, W.L., R. Cronn, and J.F. Wendel. 2001. Comparative development of fiber in wild and cultivated cotton. *Evol. Dev.* 3:3-17.
- Ardiel, G.S., T.S. Grewal, P. Deberdt, B.G. Rossnagel, and G.J. Scoles. 2002. Inheritance of resistance to covered smut in barley and development of a tightly linked SCAR marker. *Theor. Appl. Genet.* 104:457-464.
- Arioli, T., L. Peng, A.S. Betzner, J. Burn, W. Wittke, W. Herth, C. Camilleri, H. Hofte, J. Plazinski, R. Birch, A. Cork, J. Glover, J. Redmond, and R.E. Williamson. 1998. Molecular analysis of cellulose biosynthesis in Arabidopsis. *Science.* 279:717-720.
- Arpat, A.B., M. Waugh, J.P. Sullivan, M. Gonzales, D. Frisch, D. Main, T. Wood, A. Leslie, R.A. Wing, and T.A. Wilkins. 2004. Functional genomics of cell elongation in developing cotton fibers. *Plant Mol. Biol.* 54:911-929.
- Ashburner, M., C.A. Ball, J.A. Blake, D. Botstein, H. Butler, J.M. Cherry, A.P. Davis, K. Dolinski, S.S. Dwight, J.T. Eppig, M.A. Harris, D.P. Hill, L. Issel-Tarver, A. Kasarskis, S. Lewis, J.C. Matese, J.E. Richardson, M. Ringwald, G.M. Rubin, and G. Sherlock. 2000. Gene Ontology: tool for the unification of biology. *Nature Genet.* 25:25-29.
- Ayeh, K.O. 2008. Expressed sequence tags (ESTs) and Single nucleotide polymorphisms (SNPs): Emerging molecular marker tools for improving agronomic traits in plant biotechnology. *African J. Biotechnol.* 7:331-341.

- Bajaj, K.L., G. Gurdeep, and B.S. Shkhiuja. 1980. Chemical composition and some plant characteristics in relation to quality of some promising cultivars of carrot (*Daucus carota* L.). Qual. Plant Plant Foods Hum. Nutr. 30:97-107.
- Baker, L.R. 1978. Breeding of Spartan hybrid carrot varieties. Biuletyn Warzywniczy 22:127-136.
- Banga, O., J. Petiet, and J.L. van Bennekom. 1964. Genetical analysis of male-sterility in carrot, *Daucus carota* L. Euphytica 13:75-93.
- Basra, A.S. and C.P. Malik. 1984. Development of the cotton fiber. Int. Rev. Cytol. 89:65-113.
- Betancur, L., B. Singh, R.A. Rapp, J.F. Wendel, M.D. Marks, A.W. Roberts, and C.H. Haigler. 2010. Phylogenetically distinct cellulose synthase genes support secondary wall thickening in arabidopsis shoot trichomes and cotton fiber. J. Inter. Plant Biol. 52:205-220.
- Boguski, M.S. and G.D. Schuler. 1995. EST ablising a human transcript map. Nat. Genet. 10:369-371.
- Bonnet, A. 1978. Breeding of carrot F₁ hybrids in France. Biuletyn Warzywniczy 22:147-150.
- Brett, C.T. and K.W. Waldron. 1996. Physiology and Biochemistry of Plant Cell Walls, 2nd ed. Chapman and Hall. London.
- Brown, D.M., L.A. Zeef, J. Ellis, R. Goodacre, and S.R. Turner. 2005. Identification of novel genes in Arabidopsis involved in secondary cell wall formation using expression profiling and reverse genetics. Plant Cell 17:2281-2295.
- Buttery, R.G., R.M. Seifert, D.G. Guadagni, D.R. Black, and L.C. Ling. 1968. Characterization of some volatile constituents of carrots. J. Agric. Food Chem. 16:1009-1015.
- Chourey, P.S. and O.E. Nelson. 1976. The enzymatic deficiency conditioned by the shrunken 1 mutation in maize. Biochem. Genet. 14:1041-1055.
- Dave, Y.S., N.D. Patel, and K.S. Rao. 1989. Origin, development and structure of spiny projections on the pericarp of *Datura innoxia* Mill. Feddes. Report. 91:89-93.

- Demeke, T., D.R. Lynch, L.M. Kawchuk, G.C. Kozub, and J.D. Armstrong. 1996. Genetic diversity of potato determined by random amplified polymorphic DNA analysis. *Plant Cell Rep.* 15:662–667.
- Deng, Z., S. Xiao, S. Huang, G. Frederick, and J. Gmitter. 1997. Development and characterization of SCAR markers linked to the *Citrus tristeza* virus resistance gene from *Poncirus trifoliata*. *Genome* 40:697–704.
- Erickson, E.H., M.B. Garment, and C.E. Peterson. 1982. Structure of cytoplasmic male-sterile and fertile carrot flowers. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107(4):698–706.
- Ewing, R.M., A.B. Kahla, O. Poirot, F. Lopez, S. Audic, and J.M. Claverie. 1999. Large-scale statistics analyses of rice ESTs reveal correlated patterns of gene expression. *Genome Res.* 9:950–959.
- Gabelman, W.H. 1956. Male sterility in vegetable breeding. *Brookhaven Symp. Biol.* 9:113–122 (Cited from Edwardson 1970).
- Gou, J.Y., L.J. Wang, S.P. Chen, W.L. Hu, and X.Y. Chen. 2007. Gene expression and metabolite profiles of cotton fiber during cell elongation and secondary cell wall synthesis. *Cell Res.* 17:422–434.
- Gupta, P.K., S. Rustgi, S. Sharma, R. Singh, N. Kumar, and H.S. Balyan. 2003. Transferable EST-SSR markers for the study of polymorphism and genetic diversity in bread wheat. *Mol. Gen. Genomics* 270:315–323.
- Holt, R., Marra, M., Seguin, A., Retzel, E., Bousquet, J., and J. MacKay. 2005. Generation, annotation, analysis and database integration of 16,500 white spruce EST clusters. *BMC Genomics* 6:144.
- Hwang, E.M., G.D. Oh, E.J. Shim, S.J. Jeon, and Y.D. Park, 2010. Analysis of seed hair formation related genes by EST profiling in carrot (*Daucus carota* var. *sativa*). *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 28(6):1039–1050.
- Ji, S.J., Y.C. Lu, J.X. Feng, G. Wei, J. Li, Y.H. Shi, Q. Fu, D. Liu, J.C. Luo, and Y.X. Zhu. 2003. Isolation and analyses of genes preferentially expressed during early cotton fiber development by subtractive PCR and cDNA array. *Nucleic Acids Res.* 31:2534–2543.

- Kantety, R.V., M. La Rota, D.E. Matthews, and M.E. Sorrells. 2002. Data mining for simple sequence repeats in expressed sequence tags from barley, maize, rice, sorghum and wheat. *Plant Mol. Biol.* 48:501–510.
- Kai, L.H., S. Matsubara, and K. Murakami. 1993. Haploid plant production by anther culture in carrot (*Daucus carota* L.). *J. Jap. Soc. Hort. Sci.* 62(3):561–565
- Lee, P.S. and K.H. Lee. 2000. Genomic analysis. *Curr. Opin. Biotechnol.* 11:171–175. Menon, A.R.S. and Y. Dave. 1989. Micromorphology of hairs and spines on ovary and fruit of *Daucus carota* L. var. *sativa* (The cultivated carrot). *Bot. Mat. Tokyo* 102:503–509.
- Lee, S.W. and J.H. Kim. 2003. Genetic relationship analysis of melons (*Cucumis melo*) germplasm by RAPD method. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 44:307–313.
- Li, X.R., C.Y. Tu, and I.S. Kim. 1999. Effect of presowing seed treatments on germination and seedling emergence of carrot. *Int. Agr. Sci. Kangwon Univ.* 10:10–17.
- Lim, J.M., J.L. Cho, S.M. Kang, and J.S. Kang. 2001. Effect of prepriming on improving germinability of pelleted carrot seeds. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 19:511–514.
- Menon, A.R.S. and Y. Dave. 1989. Micromorphology of hairs and spines on ovary and fruit of *Daucus carota* L. var. *sativa*. *Bot. Mag. Tokyo.* 102:503–509.
- Mewes, H.W., C. Amid, R. Arnold, D. Frishman, U. Güldener, G. Mannhaupt, M. Münsterkötter, P. Pagel, N. Strack, V. Stümpflen, J. Warfsmann, and A. Ruepp. 2004. MIPS: Analysis and annotation of proteins from whole genomes. *Nucleic Acids Res.* 32:D41–D44.
- Min, T.G. 1992. Effect of density separation after pretreatment embryo growth and radicle emergence of carrot (*Daucus carota* L.) seeds. *Kor. J. Crop. Sci.* 37:134–140.
- Mok, M.C., W.H. Gabelman, and F. Skoog. 1976. Carotenoids synthesis in tissue cultures of *Daucus carota* L. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 101(4):442–449.
- Morelock, T.E. 1974. Influence of cytoplasmic source on expression of male-sterility in carrot. *Daucus carota* L. Ph. D. Thesis. Wisconsin. Univ. Michigan.

- Moreno-Palanques, R.F., L.A. McDonald, D.T. Nguyen, S.M. Pellegrino, C.A. Phillips, S.E. Ryder, J.L. Scott, D.M. Saudek, R. Shirley, K.V. Small, T.A. Spriggs, T.R. Utterback, J.F. Weidman, Y. Li, R. Barthlow, D.P. Bednarik, L. Cao, M.A. Cepeda, T.A. Coleman, E.J. Collins, D. Dimke, P. Feng, A. Ferrie, C. Fischer, G.A. Hastings, W.W. He, J.S. Hu, K.A. Huddleston, J.M. Greene, J. Gruber, P. Hudson, A. Kim, D.L. Kozak, C. Kunsch, H.J. Ji, H.D. Li, P.S. Meissner, H. Olsen, L. Raymond, Y.F. Wei, J. Wing, C. Xu, G.L. Yu, S.M. Ruben, P.J. Dillon, M.R. Fannon, C.A. Rosen, W.A. Haseltine, C. Fields, C.M. Fraser, and J.C. Venter. 1995. Initial assessment of human gene diversity and expression patterns based upon 83 million nucleotides of cDNA sequence. *Nature* 377:173-174.
- Myakishev, M.V., Y. Khripin, S. Hu, and D.H. Hamer. 2001. High-throughput SNP genotyping by allele-specific PCR with universal energy-transfer-labeled primers. *Genome Res.* 11:163-169.
- Negi, M.S., M. Devic, M. Delsenny, and M. Lakshmikumar. 2000. Identification of AFLP fragments linked to seed coat colour in *Brassica juncea* and conversion to a SCAR marker for rapid selection. *Theor. Appl. Genet.* 101:146-152.
- Nieuwhof, M. and F. Garristsen. 1984. Inheritance of spine formation on seeds of carrot (*Daucus carota* L.). *Euphytica* 33:75-80.
- Nolte, K.D., D.L. Hendrix, J.W. Radin, and K.E. Koch. 1995. Sucrose synthase localization during initiation of seed development and trichome differentiation in cotton ovules. *Plant Physiol.* 109:1285-1293.
- Ogihara, Y., K. Mochida, Y. Nemoto, K. Murai, Y. Yamazaki, I.T. Shin, and Y. Kohara. 2003. Correlated clustering and virtual display of gene expression patterns in the wheat life cycle by large-scale statistical analyses of expressed sequence tags. *Plant J.* 33:1001-1011.
- Oh, G.D., E.J. Shim, S.J. Jun, and Y.D. Park. 2013. Development of SNP molecular markers related to seed-hair characteristic based on EST sequences in carrot. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 31(1):80-88.
- Oh, G.D., E.M. Hwang, E.J. Shim, S.J. Jeon, and Y.D. Park. 2010. EST profiling for seed-hair characteristic and development of EST-SSR and SNP markers in carrot. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 28(6):1025-1038.
- Paran, I. and R.W. Michelmore. 1993. Development of reliable PCR-based markers linked to downy mildew resistance genes in lettuce. *Theor. Appl. Genet.* 85:985-993.

- Park, J.S., I.S. Kim, M.S. Cho, S. Park, and S.G. Park. 2006. Identification of differentially expressed genes involved in spine formation on seeds of *Daucus carota* L. (carrot), using annealing control primer (ACP) system. *J. Plant Biol.* 49: 133–140.
- Park, Y., M.S. Cho, Y.S. Kim, and S.G. Park. 2002. A promising carrot mutant, spineless seeds. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 43:707–709.
- Pear, J.R., Y. Kawagoe, W.E. Schreckengost, D.P. Delmer, and D.M. Stalker. 1996. Higher plants contain homologs of the bacterial *celA* genes encoding the catalytic subunit of cellulose synthase. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 93:12637–12642.
- Peterson, C.E. and P.W. Simon. 1986. Carrot Breeding. In *Breeding Vegetable Crops*. Bassett, M. J.(ed.) AVI Publishing Company, INC. Westport, USA. pp. 321–353.
- Peto, R., R. Doll, J.D. Buckley, and M.B. Sporn. 1981. Can dietary β -carotene materially reduce human cancer rates? *Nature* 290:201–208.
- Powell, W., G.C. Machray, and J. Provan. 1996. Polymorphism revealed by simple sequence repeats. *Trends in Plant Sci.* 1(7):215–222.
- Pung, H. and Cox P. Carrot Diseases and & other factors affecting carrot packout. Serve–Ag Research.
- Rao, T.V.R., Y.S. Dave, and J.A. Inamdar. 1985. Structure, ontogeny and morphology of glochid emergences on the fruit wall of *Urena lobata* L. (Malvaceae). *Indian Bot. Contact* 2:89–96.
- Ronning, C.M., S.S. Stegalkina, R.A. Ascenzi, O. Bougri, A.L. Hart, T.R. Utterbach, S.E. Vanaken, S.B. Riedmuller, J.A. White, J. Cho, G.M. Perrea, Y. Lee, S. Karamycheva, R. Sultana, J. Tsai, J. Quackenbush, H.M. Griffiths, S. Restrepo, C.D. Smart, W.E. Fry, R. Van Der Hoeven, S. Tanksley, P. Zhang, H. Jin, M.L. Yamamoto, B.J. Baker, and C.R. Buell. 2003. Comparative analyses of potato expressed sequence tag libraries. *Plant Physiol.* 131:419–429.
- Ruan, Y.L. and P.S. Chourey. 1998. A fiberless seed mutation in cotton is associated with lack of fiber cell initiation in ovule epidermis and alterations in sucrose synthase expression and carbon partitioning in developing seeds. *Plant Physiol.* 118:399–406.

- Ruan, Y.L., P.S. Chourey, D.P. Delmer, and L. Perez-Grau. 1997. The differential expression of sucrose synthase in relation to diverse patterns of carbon partitioning in developing cotton seed. *Plant Physiol.* 115:375-385.
- Ruepp, A., A. Zollner, D. Maier, K. Albermann, J. Hani, M. Molrejs, I. Tetko, U. Güldener, G. Mannhaupt, M. Münsterkötter, and H.W. Mewes. 2004. The FunCat, a functional annotation scheme for systematic classification of proteins from whole genomes. *Nucleic Acids Res.* 32:5539-5545.
- Russell, J.R., J.D. Fuller, M. Macaulay, B.G. Hatz, A. Jahoor, W. Powell, and R. Waugh. 1997. Direct comparison of levels of genetic variation among barley accessions detected by RFLPs, AFLPs, SSRs and RAPDs. *Theor. Appl. Genet.* 95:714-722.
- Salzman, R.A., T. Fujita, K. Zhu-salzman, and P.M. Hasegawa. 1999. An improved RNA isolation method for plant tissues containing high levels of phenolic compounds or carbohydrates. *Plant Mol. Biol. Rep.* 17:11-17.
- Senti, F.R. and R.L. Rezek. 1975. Nutrient levels in horticultural crops. *Hortscience* 10:243.
- Simon, P.W. 1990. Carrot and other horticultural crops as a source provitamin A carotenes. *Hort. Sci.* 25(12):1495-1499.
- Simon, P.W. C.E. Peterson, and R.C. Lindsay. 1980. Genetic and environmental influences on carrot flavor. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 105(3):416-420.
- Somers, D.J., R. Kirkpatrick, M. Moniwa, and A. Walsh. 2003. Mining single-nucleotide polymorphisms from hexaploid wheat ESTs. *Genome* 46(3):431-437.
- Somerville, C. 2006. Cellulose synthesis in higher plants. *Ann. Rev. Cell Dev. Biol.* 22:53-78.
- Tatineni, V., R.G. Cantrell, and D.D. Davis. 1996. Genetic diversity in elite cotton germplasm determined by morphological characteristics and RAPDs. *Crop Sci.* 36:186-192.
- 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. U.S.A.
- Thompson, D.J. 1962. Studies on the inheritance solids and super type in carrot. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 24(4):795-699.

- Uchimiya, H., S. Kiou, T. Shimazaki, S. Aotsuka, S. Takamatsu, R. Nishi, H. Hashimoto, Y. Matsubayashi, N. Kidou, M. Umeda, and A. Kato. 1992. Random sequencing of cDNA libraries reveals a variety of expressed genes in cultured cells of rice. *Plant J.* 2:1005-1009.
- Ujino-ihara, T., Y. Taguchi, Y. Moriguchi, and Y. Tsumura. 2010. An efficient method for developing SNP markers based on EST data combined with high resolution melting (HRM) analysis. *BMC Res. Notes* 3:51-55.
- Varshney, R.K., R. Sigmund, A. Börner, V. Korzun, N. Stein, M.E. Scorrells, P. Langridge, and A. Graner. 2005. Interspecific transferability and comparative mapping of barley EST-SSR markers in wheat, rye and rice. *Plant Sci.* 168(1):195-202.
- Vivek, B.S. and Simon, P.W. 1998. Genetic relationships diversity in carrot and other *Daucus* Taxa based on nuclear restriction fragment length polymorphisms. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 123(6):1053-1057.
- Wang, S., J.W. Wang, N. Yu, C.H. Li, B. Luo, J.Y. Gou, L.J. Wang, and X.Y. Chen. 2004. Control of plant trichome development by a cotton fiber MYB gene. *The Plant Cell* 16:2323-2334.
- Wang, Y.C., C.P. Yang, G.F. Liu, J. Jiang, and J.H. Wu. 2006. Generation and analysis of expressed sequence tags from a cDNA library of *Tamarix androssowii*. *Plant Sci.* 170(1):28-36.
- Wang, Z., J.L. Weber, G. Zhong, and S.D. Tanksley. 1994. Survey of plant short tandem DNA repeats. *Theor. Appl. Genet.* 88:1-6.
- Wanjie, S.W., R. Welti, R.A. Moreau, and K.D. Chapman. 2005. Identification and quantification of glycerolipids in cotton fibers: reconciliation with metabolic pathway predictions from DNA databases. *Lipids* 40:773-785.
- Wu, S.B., M.G. Wirthensohn, P. Hunt, J.P. Gibson, and M. Sedgley. 2008. High resolution melting analysis of almond SNPs derived from ESTs. *Theor. Appl. Genet.* 118:1-14.
- Xu, H., D.J. Wilson, S. Arulsekhar, and A.T. Bakalinsky. 1995. Sequence-specific polymerase chain-reaction markers derived from randomly amplified polymorphic DNA markers for fingerprinting grape (*Vitis*) rootstocks. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120:714-720.

- Yamamoto, T., A. Nishikawa, and K. Oeda. 1994. DNA polymorphisms in *Oryza sativa* L. and *Lactuca sativa* L. amplified by arbitrary primed PCR. *Euphytica* 78:143-148.
- Ye, S., S. Dhillon, X. Ke, A.R. Collins, and I.N.M. Day. 2001. An efficient procedure for genotyping single nucleotide polymorphisms. *Nucleic Acids Res.* 29(17):e88.
- Yu, J.K., M. La Rota, R.V. Kantety, and M.E. Sorrells. 2004. EST derived SSR markers for comparative mapping in wheat and rice. *Mol. Gen. Genomics* 271:742-751.
- Yves, A.G., S. Bourot, T. Arioli, E.S. Dennis, and J.L. Danny. 2009. Transcript profiling during fiber development identifies pathways in secondary metabolism and cell wall structure that may contribute to cotton fiber quality. *Plant Cell Physiol.* 50:1364-1381.
- Zhang, L., X.L. Ma, Q. Zhang, C.L. Ma, P.P. Wang, Y.F. Sun, Y.X. Zhao, and H. Zhang. 2001. Expressed sequence tags from a NaCl-treated *Suaeda salsa* cDNA library. *Gene* 267:193-200.
- Zrenner, R., M. Salanoubat, L. Willimitzer, and U. Sonnewald. 1995. Evidence of the crucial role of sucrose synthase for sink strength using transgenic potato plants (*Solanum tuberosum* L.). *Plant J.* 7:97-107.
- 강대성. 2003. 당근의 화기특성을 이용한 응성불임 계통육성 및 종자 생산 효율 증진. 단국대학교대학원 박사학위논문. pp. 6-10.
- 강호윤, 박승종, 신언표, 여인호, 유근배, 정연규. 1984. 채소원예학. 학문사.
- 고재호. 1995. 종자생산의 기초. 서울종묘 남부생산관리소. pp. 163-173.
- 김병환. 1974. 파·당근의 응성불임성과 F₁이용에 관한 연구. 동국대학교대학원 박사학위논문.
- 김용수. 2009. 다수 및 만추대성 고품질 당근 1대 잡종 품종육성. 대구대학교대학원 박사학위논문. pp. 4-8.
- 박용, 조문수, 박상규. 1996. 당근 1대 잡종 품종육성. 과학기술처 특정과제 연구보고서.
- 박용, 표현규. 1988. 당근의 응성불임성에 관한 유전학적 연구 (II. 응성불임유지계의 육성). *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 29(4) : 266-271.
- 박용. 1988. 당근 Brown anther type과 Petaloid type의 응성불임계통간의 종자 생산량 비교. 대구대 농과연집. 2:47-52

- 박용. 1990. Brown anther type의 유망 융성불임계통의 육성. 한국과학재단. 연구보고서.
- 박용. 1991. 당근 Brown anther type의 유망 불임성계통의 육성. pp. 7-8.
- 박용. 1993. 당근 우수 융성불임계통의 육성 및 증식(II. Petaloid type 융성불임 계통의 육성). J. Agr. Sci., Taegu Univ. 7:31-38.
- 박용. 1995. 당근 백색 Petaloid type 융성불임계통의 육성. J. Kor. Hort. Sci. 36(1):10-20.
- 박용. 1997. 당근 재배의 국제적 동향과 국내외 품종 개발동향. 제주도 농촌 진흥원.
- 박용. 2001. 고품질 및 내병충성 당근 1대 잡종 품종개발. 농림수산기술개발 사업 보고서
- 박효근, 이정명, 조영환, 백기엽. 1999. 품종과 종자 왜 중요한가. 농민신문사. pp. 325-328.
- 박용봉, 김용덕, 문정수. 2002. 제주지방에서 당근 재배 품종의 특성평가. pp. 144-147.
- 서영기. 1997. 국내 당근 품종의 보급실태와 당근품종의 국산화 대책. 제주도농촌진흥원.
- 서영기. 1998. 융성불임성을 이용한 당근 (*Daucus carota* L.) 교배육종과 자식약세 현상. 충북 대학교 대학원 박사학위논문.
- 윤진영, 박수형. 1997. 당근산업이 한국채소산업에서의 비중해석과 발전방향. 제주도 농촌진흥원.
- 전상진. 2011. 수입대체용 만추대성 당근 및 조생·다수성 수출용 품종개발. 농림수산식품기술 개발 사업보고서.
- 정인기. 1973. 고추 융성불임성의 二型에 관한 연구. 제1보. 유전학적조사. 한국원예학회지 14:61-68
- 조영환. 1989. 채소작물의 융성불임성에 관한 연구. 영남대학교 대학원 박사학위논문.
- 통계청. 2009. 2009년 통계청 농어업 통계과 당근 통계자료
- 한국농촌경제연구원. 2008. 2008. 11. 중국 농업 동향 1권 4호. pp. 135-139.
- 한국 채소종자 산업발달사. 2008. 제4장 채소품종 발달사:당근. 서울대학교 출판부. pp. 379-385.

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 수출전략기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 수출전략기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.