

(뒷면)

(앞면)

발간등록번호
11-1543000-000669-01

환경변화에 대응하는 온도적응형 베타글루칸 강화 큰느타리버섯 신제품 개발
농림축산식품부

5cm
↓

환경변화에 대응하는 온도적응형
베타글루칸 강화 큰느타리버섯
신제품 개발
(Breeding of King oyster mushroom
showing extreme temperature
resistance for a climate change and
high betaglucan content)

주 의
(편집순서 8)

(15 포인트 고딕계열)

↑
6cm
↓

경남농업기술원

↑
9cm
↓

농림축산식품부

↑
3cm
↓

↑
4cm
↓

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “**환경변화에 대응하는 온도적응형 베타글루칸 강화 큰느타리버섯 신품종 개발**” 과제의 보고서로 제출합니다.

2014년 11월 28일

주관연구기관명 : 경남농업기술원

주관연구책임자 : 류 재 산

세부연구책임자 : 류 재 산

연 구 원 : 임 착 한

연 구 원 : 이 상 대

연 구 원 : 김 민 근

연 구 원 : 이 종 진

연 구 원 : 이 원 욱

협동연구기관명 : 경남과학기술대학교

협동연구책임자 : 조수정

요 약 문

I. 제 목

환경변화에 대응하는 온도적응형 베타글루칸 강화 큰느타리버섯 신품종 개발

II. 연구성과 목표 대비 실적

1. 기후변화 대응 환경적응형 베타글루칸 강화 큰느타리버섯 품종육성

- 고온적응성 큰느타리 특허출원 1건, 저온적응성 및 베타글루칸 고함유 큰느타리버섯품종 품종보호출원 2건 하였다. 고온적응성은 당초 품종보호에서 특허출원으로 변경하였으므로 연구성과목표에 부합한다. 논문은 육종관련으로 4편 게재하였으며 학술발표는 3건으로 목표에 부합하거나 초과달성하였다. 유전자원 등록은 고온적응성, 베타글루칸 관련으로 16 계통을 등록함으로써 목표초과달성하였다.

2. 환경적응 및 베타글루칸 형질에 연결된 marker 탐색 및 MAS 시스템 개발

- 고온적응성, 저온적응성, 베타글루칸 고함유 형질에 대한 선발마커를 개발하여 3건을 특허출원하였고 그중 1건은 등록되었다. 이와 마커의 개발과정을 2건의 논문게재와 4건의 학술발표(포스터) 하여 성과목표에 부합하였거나 초과달성하였다.

III. 연구개발의 목적 및 필요성

1. 목적

- 기후변화 대응 환경적응형 베타글루칸 강화 큰느타리버섯 품종육성
- 환경적응 및 베타글루칸 형질에 연결된 marker 탐색 및 MAS 시스템 개발

2. 필요성

가. 기후변화 대응 환경적응성 베타글루칸강화 큰느타리버섯 품종육성

- 한반도의 기후변화 평가보고서에 따르면 한반도는 온난화의 영향을 세계의 평균보다 많이 받고 기후변화가 수자원, 농업, 보건에 상당한 영향을 끼칠 것으로 예상되므로(국립환경과학원, 2010), 이에 대한 농업적 대비의 일환으로 고온 및 저온적응성 작물 혹은 온도 변화에 저항성을 가진 품종의 개발이 필요함.
- 대체적으로 여름철 온도의 상승기와 겨울철 한랭기에 버섯생산이 고르지 않고 작황이 불량하여 안정적 생산이 필수적인 수출단지에 피해를 주고 있으므로 온도적응성 품종을 개발하여 보급하면 공조부하를 감소시켜 버섯의 안전적 생산과 경영비 절감을 동시에 꾀할 수 있음.

나. 환경적응성 및 베타글루칸 형질에 연결된 marker 탐색 및 MAS 시스템 개발

- 전통적인 교배육종은 시간과 노력이 많이 소요되는 단점이 있어, 자실체를 발생하지 않고 형질에 연결된 SCAR marker 등으로 군사단계에서 형질을 선발하는 MAS(marker assisted selection) system을 구축하여 육종효율증진 및 다변하는 소비자선호와 시장의 요구도에 맞는 품종의 신속한 개발이 필요함.

IV. 연구개발 내용 및 범위

가. 기후변화 대응 환경적응성 베타글루칸강화 큰느타리버섯 품종육성

○ 고온 적응성 버섯 신품종 개발

- 유전자원평가 → 고온적응성, 고품질(다수확)계통 선발 → 고온적응성×고품질(다수확) → 고온적응성, 품질, 수량 조사 → 선발 및 농가 적응시험

○ 저온 적응성 버섯 신품종 개발

- 유전자원평가 → 저온적응성, 고품질(다수확)계통 선발 → 저온적응성×고품질(다수확) → 저온적응성, 품질, 수량 조사 → 선발 및 농가 적응시험

○ 기능성(베타글루칸 등) 고품종 품종 육성

- 유전자원평가 → 고베타글루칸, 고품질(다수확)계통 선발 → 고베타글루칸×고품질(다수확) → 고베타글루칸, 품질, 수량 조사 → 선발 및 농가 적응시험

나. 환경적응성 및 베타글루칸 형질에 연결된 marker 탐색 및 MAS 시스템 개발

○ 고온적응성 형질과 link된 마크의 개발

- 유전자원평가 → 고온적응성, 대조계통 선발 → 고온적응성×대조계통 → 고온적응성을 기준으로 집단구축(BSA: Bulk segregant analysis) → 랜덤프라이머이용 PCR → 특이밴드 서열분석 → SCAR marker 개발

○ 저온 적응성을 스크리닝 할 수 있는 신뢰성 있는 SCAR marker 개발

- 유전자원평가 → 저온적응성, 대조계통 선발 → 저온적응성×대조계통 → 저온적응성을 기준으로 집단구축(BSA: Bulk segregant analysis) → 랜덤프라이머이용 PCR → 특이밴드 서열분석 → SCAR marker 개발

○ 베타글루칸 고품종 계통을 스크리닝 할 수 있는 SCAR marker 개발

- 유전자원평가 → 고베타글루칸, 대조계통 선발 → 고베타글루칸×대조계통 → 고베타글루칸을 기준으로 집단구축(BSA: Bulk segregant analysis) → 랜덤프라이머이용 PCR → 특이밴드 서열분석 → SCAR marker 개발

V. 연구개발결과

1. 기후변화 대응 환경적응성 베타글루칸 강화 큰느타리버섯 품종육성

- 전세계적인 지구온난화로 인한 여름철 이상고온과 겨울철 한파에 적응할 수 있는 큰느타리버섯 품종을 육성하고자 하였다. 고온적응성이 우수한 큰느타리버섯 신품종 “태양송이”는 고온인 20℃에서 대조품종인 큰느타리버섯2호보다 품질(7.0> 3.8), 수확량(120.6 > 79.5), 생육소요일(14.9>21.5) 이 월등히 우수하였다. 당초 품종보호출원을 계획하고 있었으나 산업적인 가치를 고려하여 특허출원하여 현재 심사중에 있다. 저온적응성 우수 신품종 “눈송이”는 품종보호신청을 하였다. 베타글루칸 고품종인 “애린이칸”은 대조품종보다 베타글루칸함량(44.9>34.5), 수확량(75.4>70.7), 품질(7.5>6.8)에서 우수하였다. 논문은 “고온적응성 큰느타리(새송이)버섯 품종육성” 등 4편을 게재하였고, 학술발표(포스터)는 3편을 발표하였다.
- 고온적응성, 저온적응성, 베타글루칸 고품종 큰느타리버섯품종을 특허나 품종보호출원하였다. 논문은 육종관련으로 4편 게재하였으며 학술발표는 3건을 발표하였다. 유전자원 등록

은 고온적응성, 베타글루칸 관련으로 16계통을 등록하였다.

- 유전자원 중 고온적응성이 우수한 계통은 적었으며, 20℃에서 발이는 정상적이었으나, 이후 대와 갓의 신장단계에서는 고온에 의해 발달이 저해되었다. 대조품종에 비해 태양송이는 발이, 대, 갓의 신장이 대조품종이 적은(15℃)에서 보였던과 비슷한 양상을 보였다.
- 저온에서의 유전자원은 생육소요일이 길어지는것 외에 거의 모든 계통이 버섯을 생산하였다.
- 베타글루칸 함량은 유전자원별로 다양하였으나 품질이나 수확량에서 현저한 개선필요가 있었다. 교배를 통하여 이러한 점을 개선할 수 있는 여지를 발견하였다.
- 돌연변이원을 처리한 계통들은 선발당시에는 포자수나 자실체 생육특성이 대조품종에 비해 우수하였으나, 추가적인 농가실증시험에서 모본과 같거나 통계학상 유의성이 없는 차별성을 보여 특허출원이나 품종보호출원은 추가적인 실험을 요구하였다.
- 큰느타리버섯의 유전체는 12개의 linkage group으로 구성되어 있고 균사생장에 영향을 미치는 양적형질좌(QTL)는 한곳에 모여 있는 특징이 있었다.

2. 환경적응 및 베타글루칸 형질에 연결된 marker 탐색 및 MAS 시스템 개발

- 고온적응성, 저온적응성, 베타글루칸 고함유 형질에 대한 선발마커를 개발하여 3건을 특허출원하였다. 이와 마커의 개발과정을 2건의 논문게재와 4건의 학술발표(포스터) 하였다.
- 고온적응성, 저온적응성, 베타글루칸 고함유 형질과 대조형질을 가진 계통을 이용하여 분리집단을 구축하였고 이를 통해 선발마커를 개발하였다.
- 고온적응성, 저온적응성, 베타글루칸 고함유 형질과 대조형질을 가진 계통을 이용하여 분리집단을 구축하였고 이를 통해 선발마커를 개발하여 3건을 특허출원하였다. 이와 마커의 개발과정을 논문은 “새송이버섯의 저온 적응성 형질에 관련된 SCAR marker 개발” 등 2건과 포스터 4건을 통하여 학계에 보고하였다.

VI. 연구성과 및 성과 활용계획

- 고온, 저온 적응성 및 베타글루칸 고함유품종은 특허 및 품종보호등록 완료 후 선도농가 중심으로 기술이전을 추진하여 새로운 내수 및 수출시장 개척에 활용예정이다.
- 신품종의 생육조건은 기존품종에 비해서 많은 차이를 보이므로 본 과제를 통하여 도출된 생육기술을 바탕으로 농가에 교육지도를 통하여 기술을 전파하여 원활하게 재배할 수 있도록 할 계획이다.
- 개발된 유용형질 마커기술을 육종연구를 진행하는 농가에 기술이전을 하여 고온, 저온 적응성 및 베타글루칸 신품종의 육종효율성을 증진하는데 활용 할 계획이다.
- 특허와 품종보호 등록은 특허청과 국립종자원의 규정에 의해 심사가 진행되고 있어 추후 추적평가지 실적을 등록할 예정이고, 이후 매체를 통하여 홍보할 예정이다.

SUMMARY

I. TITLE

Breeding of King oyster mushroom showing extreme temperature resistance for a climate change and high beta-glucan content

II. OBJECTIVE AND NECESSITY OF THE STUDY

1. This study was conducted to breed new varieties of *Pleurotus eryngii* which have ability to adapt high (20°C) and low (12°C) temperatures and contains high beta-glucan contents.
2. Development of SCAR markers that can detect traits of the high and low temperature adaptability and high beta-glucan content in *P. eryngii*.
3. The climate surroundings of Korean peninsula have been more influenced by global warming than an average of the world. It is expected to have serious effects on water resources, agriculture and public health. Hence breeding of new varieties adapting, high and low temperatures and bearing high beta-glucan content are needed for future.
4. Minimizing the producing cost of mushroom. As the product of mushroom is unstable and low quality during the early summer and mid winter seasons. Such conditions result in a bad influence on exportable mushroom farms where stable mushroom production and good quality are essential. Therefore, breeding for temperature adaptable cultivars of *P. eryngii* is need of hour and transferring those cultivars can relieve cost of controlling temperature and let farmers stably produce high quality mushroom and save a production cost.
5. Classical mating based breeding is time consuming works and expensive, thus development of the SCAR markers linked to agriculturally important traits and construction of MAS(marker assisted selection) system that enable the selection of traits at mycelial state. This also allows breeders to efficiently breed new varieties which fulfill the demand of the market.

III. CONTENTS

1. This study contains the breeding of new cultivars which has adaptability to high and low temperatures and high beta-glucan content by classical crossing.
2. The classical crossing includes a collection of genetic resources of *P. eryngii*, evaluation, gathering monospores, crossing between monokaryons, characterizing of hybrid fruiting bodied cultivated at 12°C for low temperature or 20°C for high temperature and quantification of beta-glucan content.
3. The studies for development of SCAR marker related to traits for high and low temperature adaptability and high beta-glucan content.

4. Collected genetic resources were characterized by fruiting at 20°C (high) and 12°C (low) and by analyzing beta-glucan contents. The crossing between monokaryons from the certain traits and control species. The hybrids were evaluated in the same way as parents were done. High and low end populations were collected and used as samples for Bulked segregant analysis and RAPD using random primers.

IV. RESULTS

1. New cultivar of *P. eryngii* with high temperature adaptability was bred and named as "Taeyangsoni". New cultivar is superior to control (Kennuetari NO.2) in quality (7.0 > 3.8), weight (120.6 > 79.5) and days required to harvest (14.9 > 21.5).
2. Low temperature adaptable cultivar of *P. eryngii* was bred and named "Nunsoni".
3. New cultivar of *P. eryngii* with high beta-glucan content was bred and named as "Aerynikan". New cultivar is superior to control (Kennuetari NO.2) in beta-glucan content (44.9 > 34.5%), weight (75.4 > 70.7) and quality (7.5 > 6.8).
4. Three populations for both high and low temperatures and high beta-glucan content were constructed by crossing. SCAR markers linked to high and low temperature adaptability and high beta-glucan content were developed by designing primer sets based on the sequences of specific bands to the target traits.

V. FUTURE PLANS

New *P. eryngii* cultivars through R&D achievements in this study will be applied for the patent and plant variety protection, and then will be distributed to mushroom farmers. The developed SCAR markers in this study will be registered in patent office and commercialized as well. Temperature adaptable cultivar will be commercialized especially at large-scale exportable mushroom cultivating farmers and high beta-glucan cultivar can be used as a functional food resource.

CONTENTS

Chapter 1 Overview of the project	9
Chapter 2 Domestic and worldwide trends in technology development	11
Chapter 3 Major Results	13
Chapter 4 Level of achievement and contribution to industry	133
Chapter 5 Major products and schedule of application	135
Chapter 6 Collected technological information	139
Chapter 7 Facilities and equipments used in this project	140
Chapter 8 References	141

목 차

제 1 장	연구개발과제의 개요 및 성과목표	9
제 2 장	국내외 기술개발 현황	11
제 3 장	연구개발수행 내용 및 결과	13
제 4 장	목표달성도 및 관련분야에의 기여도	133
제 5 장	연구개발 성과 및 성과활용 계획	135
제 6 장	연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	139
제 7 장	연구시설·장비 현황	140
제 8 장	참고문헌	141

제 1 장 연구개발과제의 개요 및 성과목표

제1절 연구개발과제의 개요

1. 연구개발의 목적

가. 기후변화 대응 환경적응성 베타글루칸강화 큰느타리버섯 품종육성

- 고온 적응성 버섯 신품종 개발
- 저온 적응성 버섯 신품종 개발
- 기능성(베타글루칸 등) 고함유 품종 육성

나. 환경적응성 및 베타글루칸 형질에 연결된 marker 탐색 및 MAS 시스템 개발

- 기후변화 적응성(고온, 저온)과 link된 마크의 스크리닝
- 고온저온 적응성을 스크리닝 할 수 있는 신뢰성 있는 SCAR marker 개발
- 베타글루칸 고함유 계통을 스크리닝 할 수 있는 SCAR marker 개발

2. 연구개발의 필요성

가. 기후변화 대응 환경적응성 베타글루칸강화 큰느타리버섯 품종육성

- 한반도의 기후변화 평가보고서에 따르면 한반도는 온난화의 영향을 세계의 평균보다 많이 받고 기후변화가 수자원, 농업, 보건에 상당한 영향을 끼칠 것으로 예상되므로(국립환경과학원, 2010), 이에 대한 농업적 대비의 일환으로 고온 및 저온적응성 작물 혹은 온도 변화에 저항성을 가진 품종의 개발이 필요함.
- 우리나라의 1990년대 온도상승은 1921-1990년도의 평균에 비해 1.5℃ 상승했는데 이는 전 세계평균인 0.6℃보다 2.5배 높은 수치임.
- 대체적으로 여름철 온도의 상승기와 겨울철 한랭기에 버섯생산이 고르지 않고 작황이 불량하여 안정적 생산이 필수적인 수출단지에 피해를 주고 있으므로 온도적응성 품종을 개발하여 보급하면 생산안정과 공조부하를 감소시켜 버섯의 안전적 생산과 경영비 절감을 동시에 꾀할 수 있음.
- 세계 각국이 종자전쟁에 대비한 유전자원 주권 강화추세에 있으며, 2002년 정부의 종자보호에 관한 국제협약(UPOV) 가입 및 2012년 전 농산물의 품종보호 대상 지정 등으로 수출 및 국내 유통 종자의 고유성 로열티문제가 심각하게 대두되고 있으며, 특히 큰느타리 품종의 고유성과 다양성 결여에 의한 품종분쟁의 소지가 있어 한국고유 품종육성이 절실한 상태임.

나. 환경적응성 및 베타글루칸 형질에 연결된 marker 탐색 및 MAS 시스템 개발

- 전통적인 교배육종은 시간과 노력이 많이 소요되는 단점이 있어, 자실체를 발생하지 않고 형질에 연결된 SCAR marker 등으로 군사단계에서 형질을 선발하는 MAS(marker assisted selection) system을 구축하여 육종효율증진 및 다변하는 소비자선호와 시장의 요구도에 맞는 품종의 신속한 개발이 필요함.

3. 연구내용

가. 기후변화 대응 환경적응성 베타글루칸강화 큰느타리버섯 품종육성

- 환경적응성 품종육성을 위한 유전자원 수집, 평가 및 온도적응, 고기능성 단포자 풀구축
- 자식(selfing)과 선발을 통하여 육종재료로서 고급형질을 가진 육종모본 육성
- 교배를 통하여 다수의 우수형질을 가진 복합우수 품종의 개발 등록
- 특성별 모본 정립 및 교배를 통한 환경 적응형(고온, 저온) 품종의 개발
- 돌연변이원의 처리에 의한 환경적응성 및 고품질수량 품종 개발등록

나. 환경적응성 및 베타글루칸 형질에 연결된 marker 탐색 및 MAS 시스템 개발

- 우수형질에 연결된 marker 탐색 및 재현성 있는 SCAR marker로 전환
- 후대검정을 통하여 마커의 linkage analysis

제2절 연구개발과제의 성과목표

1. 기후변화 대응 환경적응성 베타글루칸강화 큰느타리버섯 품종육성

- 고온 적응성 버섯 신품종 개발
- 저온 적응성 버섯 신품종 개발
- 기능성(베타글루칸 등) 고품유 품종 육성

2. 환경적응성 및 베타글루칸 형질에 연결된 marker 탐색 및 MAS 시스템 개발

- 기후변화 적응성(고온, 저온)과 link된 마커의 스크리닝
- 고온저온 적응성을 스크리닝 할 수 있는 신뢰성 있는 SCAR marker 개발
- 베타글루칸 고품유 계통을 스크리닝 할 수 있는 SCAR marker 개발

제 2 장 국내외 기술개발 현황

지중해 연안에서부터 북부유럽(독일)의 초원지대에 자생하는 큰느타리(새송이)버섯(*P. eryngii*)은 산형과 식물인 *Ferulae*, *Eryngium* 등에 기생 혹은 부생하면서 자라는 특징을 가지고 있다(Venturella et al, 2000). 큰느타리버섯은 느타리버섯보다 단단하고 향이 강하며 요리학적 가치가 우수하다고 알려져 있다(Lewinsohn et al, 2000). 또한 식용적인 가치뿐만 아니라 에르고스테롤(Jang et al., 2011), 항산화활성, Angiotensin converting enzyme 저해 활성(Kang et al., 2003), 그리고 글루칸함량 및 이의 프로바이오틱 활성(Synnytsya et al., 2009) 등의 기능성 물질이 함유되어 건강식품으로서도 주목받고 있다.

유럽지역에서 1950년대에 재배에 관한 연구로 인공재배에 성공하였고(Rajarathnam and Bano, 1987), 국내에서는 1997년 재배법이 개발되어 보급되었다. 초기에는 생산증가율이 높았으나 2005년부터 50,000톤내외의 안정세를 보이고 있고 2013년에는 44,098톤으로 전년에 비해 소폭 줄었으나(농림수산식품부 2013특용작물생산실적, 2014), 전체 농산버섯 생산량 161,603톤의 28%를 차지하며, 수출량도 3,858톤 14,155불에 달하는 우리나라의 대표 버섯품목중의 하나이다(농수산식품수출지원정보, <http://www.kati.net/>). 한편, 일본에서는 2010년 37,450톤이 생산되어 전체 버섯 중 4위(Forestry agency Japan)를 기록 하였고, 중국의 경우 2008년에 202,302톤이 생산되어(농수산식품수출지원정보, <http://www.kati.net/>), 세계 최대의 생산국으로 알려져 있다.

큰느타리버섯의 소비가 늘어감에 따라 소비자나 생산자에 맞는 다양한 품종개발이 요구되고 있다. 그동안 몇몇 품종이 육종되어 보고되었는데, 속성형질이 강화된 새송이1호(Im et al., 2012a), 갓모양이 우수한 애린이(Im et al., 2012b), 저발이 특성을 가져서 숙음 작업을 경감시켜주는 단비(Kim et al., 2012), 송아(Shin et al., 2011), 끈지3호(Ha et al., 2011) 등이 품종보호등록 되었다. 하지만, 아직도 국내에 재배되는 큰느타리버섯의 대부분은 큰느타리2호인것으로 조사되고 있다(Shin et al., 2011). 큰느타리2호는 기형갓, 공모양의 자실체 발생의 문제가 발생되었고, 갓끝이 얇아 유통 중 갓이 손상되는 경우가 잦아 소비자와 농업인의 불만이 제기되어 왔다(Im et al., 2012b). 현재 국내에 등록되어 있는 큰느타리버섯의 품종은 5종에 이르지만(국립종자원, <http://www.seed.go.kr/>), 아직 품종의 고유성과 다양성은 미흡한 수준이어서 농가의 품종선택의 폭이 좁다.

더욱이 최근의 기후변화는 고온과 저온 적응성 형질이 도입된 품종의 육종을 요구한다. 1991년부터 2000년까지 한반도의 연평균기온은 13.5℃로 1912년부터 1990년에 비해 1.5℃ 상승했는데, 이는 같은 기간 세계평균기온상승 폭의 2.5배 높은 수치로 한반도의 기후변화가 더 심각하고 급속하게 진행되고 있다고 보고되었다(환경부국립환경과학원, 2010한반도기후변화평가보고서, 2010). 2011년은 10년 만의 무더위가 찾아와서 평균 24.1도를 기록했다. 올 여름에도 기상 데이터 기록 사상 7번째로 높은 기온을 보여서 예년 기온에 비해 전국적으로 평균기온보다 1도 정도가 높은 해이다. 지구온난화는 역설적으로 추운 겨울에도 영향을 미친다. 북극의 차가운 기단을 붙잡지 못해서 온대기후지대인 우리나라에 추운 겨울날씨를 보이게 하고 있다. 버섯환경에 맞는 공기를 만들려면 전기를 사용해야 하는데, 전기료로 인한 경영비의 상승이 예상된다. 올해 인상이 되었다 하더라도 여전히 선진국에 비해선 낮은 수준이어서 언제 다시 인상될지 모르는 상황이고, 최근의 국가적인 전기부족현상까지 겹쳐서

전기가격 상승움직임을 보임에 따라 에너지를 절약할 수 있는 고온 및 저온적응성 품종개발이 절실히 요구된다.

큰느타리버섯의 품종육성은 일본, 중국, 한국정도이고, 특히 환경변화에 대응하는 버섯품종 개발은 아직 한국이 처음 시도하고 있는 것으로 보인다. 본 연구과제에서 도출한 고온적응성 품종(태양송이, 특허출원)은 대조품종이 잘 자라지 못하는 19-20℃에서도 정상적인 대의 신장과 갓의 분화를 보였다. 대조품종의 경우 온도가 높아지더라도 발이는 정상적이지만 후속적인 생육단계에서 저해현상을 보인다. 특히 갓의 신장이 억제되 기형적인 자실체의 모습을 보인다. 저온적응성 품종인 “눈송이(품종보호출원)”는 대조품종에 비해서 갓의 모양이 반반구형으로 우수하고 미색으로 유럽인의 취향에 맞는 것으로 사료된다. 수명이 연장되고 건강에 대한 관심이 높아지는 추세에 맞게 기능성 물질을 함유한 품종 애린이칸(가칭, 품종보호출원)은 면역력을 향상시키는 것으로 알려진 베타글루칸이 대조품종(큰느타리2호)에 비해 30% 많이 함유하여 새로운 시장개척에 유용할 것으로 사료된다. 세계적으로 온도적응성이나 베타글루칸 함량을 목표로한 큰느타리버섯 품종개발은 이제까지 없었으며, 이 품종의 보급으로 한여름과 겨울에 안정적인 버섯생산과 경영비 절감으로 농가의 소득이 향상될 것으로 사료된다.

일본은 큰느타리버섯을 1993년 아이치현임업센터에서 처음으로 재배하였으며 품종개발을 가장 활발하게 진행하고 있는 나라중의 하나이다. 2010년 37,223톤이 생산되어 짧은 기간내에 일본내 버섯중 5위를 차지할 정도로 소비자들에게 인기가 있다. 일본에서 등록된 품종은 13종 이상이며, 최근 2013년 포자가 발생하지 않는 무포자 품종을 개발하였다. 대부분의 품종이 15℃에서 최적의 생육을 보이며 고온이나 저온 등의 온도 적응성이나 기능성 강화 품종을 없는 것으로 조사되었다.

이제까지 개발된바 있는 큰느타리버섯은 보모친의 범위가 매우 좋아서 근친교배(Inbreeding)의 성격을 띠는데 이로 인해 품종간의 판별에 다소 어려움이 있다. 농가에서 흔히 사용하는 대치배양방법이 일부 품종에서는 차별력이 없어서 SSR 프라이머에서 유래한 두 개의 프라이머셀 만을 사용하여 12개 계통을 동시에 판별하는 서열을 개발하였다. 품종 등록시 대조품종과 1:1비교의 결과는 있지만 동시에 여러품종을 판별하는 프라이머개발은 이번이 처음으로 사료된다. 종균사고의 발생을 막기위하여 대농가나 연구실이 설치된 농가에서 손쉽게 품종판별을 할 수 있을 것으로 사료된다. 환경적응성 및 베타글루칸 고함유 신 품종은 새로운 국내수요와 수출시장의 창출에 많은 도움을 줄것으로 기대한다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제1절 연구개발 수행내용

1. 기후변화 대응 환경적응성 베타글루칸강화 큰느타리버섯 품종육성

연구범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
유전자원 수집 및 평가 고온적응성 계통육종	원산지 유전자원 수집 및 평가 수집한 유전자원을 고온(12℃)에서 선발 후 단핵군사간 교배를 통한 고온적응성 품종개발	기온별 원산지의 야생자원확보와 이를 재배학적인 접근법으로 농업적가치 평가 고온적응성과 고품질의 계통에서 유래한 단핵군사간 교배를 통하여 고온적응성이면서 고품질의 품종을 개발
교잡육종을 이용한 저온적응성 품종개발	수집한 유전자원을 저온(12℃)에서 생육하여 선발 후 고품질 계통과 교배하여 저온 및 품질이 우수한 계통 선발	- 저온우수 6계통과 고품질 2계통에서 유래한 단핵군사 각 20계통을 무작위로 교배하여 저온(12℃에서의 생육특성을 검정하여 우수한 계통 선발 - 당해연도에 선발된 저온적응성계통과 전년에 선발된 고온적응성계통을 규모화 하여 생육특성 파악하고 최종적으로 저온적응성 1계통, 고온적응성 1계통 선발하여 품종보호권, 특허 출원완료
교잡육종을 이용한 베타글루칸 고탍유 품종개발	수집한 유전자원과 선행연구로 밝혀진 베타글루칸 모본의 베타글루칸을 측정하여 단교배와 복교배를 통하여 고품질 고훈베타글루칸 계통 육성	- 자실체의 토탈글루칸과 알파글루칸을 정량하고 간접적으로 베타글루칸을 측정하여 유전자원 평가함. - 선행연구에서 밝혀진 고베타계통과 고품질 계통간의 교배를 통하여 품질이 우수한 고훈베타글루칸신품종 육
돌연변이원(감마선)을 적용하여 우수 품종 육종	주관기관에서 육성한 품종을 감마선 0, 100, 250, 500 Gray 을 이용하여 품종개발	- 배양이 완료된 병을 감마선 0, 100, 250, 500 Gray로 처리하여 생육을 시켜서 자실체의 형태별 기능별 차이점을 살펴서 유익한 형태의 돌연변이를 선발
돌연변이원의 처리에 의한 환경적응성 및 고품질우량 품종 개발등록	돌연변이원(UV)의 1-5분간 처리하여 LD50 추정 및 생존 개체의 생육특성 조사	- UV를 0-5분 조사하여 생육조사 실시하여 최적 돌연변이 조건을 구명하고 적온(15℃) 재배시 품질이 부모친 보다 우수한 계통 분리
고품질 형질의 유전자 지도작성	고품질 계통에서 유래한 단핵군사집단을 SSR 마커로 linkage map 작성	- 고품질 계통인 KNR2312로부터 단핵군사 집단 100개를 수집하여 gDNA를 뽑고 SSR 마커 500여개로 PCR하여 유전자 지도를 구축
분리집단을 이용한 유전자 지도작성	고품질 계통에서 유래한 분리집단(100개)와 마커를 이용하여 유전자지도 완성 및 형질의 QTL 맵핑	- 표준군주에서 나온 단핵군사집단을 이용하여 고분해능의 유전자도를 완성하여 온도별 단핵군사와 이핵군사의군사생장과 병저항성 형질의 QTL 지도 완성

2. 환경적응성 및 베타글루칸 형질에 연결된 marker 탐색 및 MAS 시스템 개발

연구범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
고온적응성 형질에 관여하는 주동 유전자(QTL) 탐색	유전자원을 고온에서 평가하고, 고온적응성과 증온성 계통간의 교배를 실시하여 분리집단을 만들고 이를 BSA와 RAPD의 방법으로 마커를 선발	- 고온적응성 3계통과 고온에서 생육하지 않는 증온성 대조품종 2계통간의 교배를 6가지 다른 조합으로 실시하여 고온적응성과 대조계통을 선발하고 BSA, RAPD 방법으로 고온적응성과 관련된 마커를 선발
저온적응성 계통과 대조계통간의 교배를 통한 분리 집단 작성	저온에서 잘 자라는 계통과 못자라는 계통을 선발하고 교배를 통하여 분리집단 작성 후 양쪽 말단의 집단을 이용하여 형질마커 개발	- 저온적응성 4계통, 대립형 2계통에서 단포자 채취하여 단핵군사 풀을 구축하고 저온적응성*대립 4조합을 실시하여 저온 조건(12℃)에서 생육조사여 고온적응성과 대립형질 각 20 계통씩 선발.
고베타글루칸 형질 선발용 분자표지 개발	고베타글루칸과 대조구계통을 교배하여 집단 형성 후 BSA와 RAPD를 수행하여 마커개발	- 베타글루칸과 대조구계통을 교배하여 집단 형성 후 고베타글루칸과 저베타글루칸 계통을 선발하고 모아서 랜덤프라이머로 PCR반응시켜 RAPD 수행. 특이밴드 서열을 분석하여 이를 바탕으로 신뢰성 있는 SACR 마커 개발

제2절 연구결과

1. 기후변화 대응 환경적응성 베타글루칸강화 큰느타리버섯 품종육성

가. 원산지에서 온도적응성이 다양한 유전자원 수집

자생지역의 기후대별로 특색있는 유전자원을 수집하기 위하여 큰느타리버섯의 원산지에서 야생유전자원을 채집하고자 하였다. 큰느타리버섯의 원산지의 기후조건은 지중해성 기후로 고온건조가 일반적이며 12월에서 2월까지 우기이다. 산야에 *Ferulae* 라고 하는 식물이 자생하고 있는데, 이는 큰느타리버섯의 잘 알려진 기주 식물이다. 버섯의 영양균사는 여름의 고온 건조기때 지하의 기주식물의 근경에 침입하여 균사량을 늘려가다 12월부터 시작되는 우기때 낮아지는 온도와 높아지는 습도조건에 자극받아 이 시기부터 발생한다.



그림 1. 하이파주변지역 야산의 식생 및 큰느타리버섯 기주식물(Ferulae).

- 원산지 지역의 큰느타리유전자원 수집



그림 2. 기주식물에서 자란 큰느타리버섯 야생종



<시실리 산야전경>



<Thapsia garganica>



<Ferula tingitana>



<Eryngium campestre>

그림 3. 이탈리아 시실리섬 식생 및 큰느타리기주식물.

(1) 큰느타리버섯의 이탈리아시실리내에서의 생리생태

이탈리아 시칠리아는 지중해성 기후로 겨울엔 따뜻하고 습기가 많으며 여름에 덥고 건조하다. 이탈리아 내에는 다양한 큰느타리버섯의 아종이 자생한다. 페룰라속의 communis 와 tingitana종과 더불어 *Elaeoselinium asclepium*, *Thapsia garganica*, *Eryngium* spp.가 자생하면서 큰느타리버섯의 아종의 다양성을 부여하고 있다. 따라서 발견되는 큰느타리버섯 균주도 *P. eryngii* var. *eryngii* (DC.) Quél, *P. eryngii* var. *ferulae* (Lanzi) Sacc., *P. eryngii* var. *tingitanus* Lewinsohn, *P. eryngii* var. *elaeoselini*, *P. eryngii* var. *thapsiae*, *Pleurotus nebrodensis*가 존재한다. 다양한 기주식물과의 상호작용으로 영양생장기를 보내고 12월의 온도하강기때 버섯이 발생한다.

(2) 시실리섬의 주도인 팔레르모에 위치한 팔레르모대학은 풍부한 시실리섬의 유전자원을 바탕으로 전통적으로 농학을 발달시켜 왔다. 버섯미생물연구는 식물학과의 Giuseppe Venturella 교수가 주도하고 있으며, 주로 유전자원의 다양성과 큰느타리버섯 그룹내의 다양한 아종에 대한 동정연구를 수행하여 왔다. 그리스의 Zervakis 그룹과 공동으로 *P. eryngii* complex에 대한 개념을 정립하여 학계로부터 인정을 받았다. 방문했을 당시에는 날씨가 너무 건조하여 야생버섯이 발생하지 않았다. 로마대학의 버섯연구는 환경생물학과의 생태학자 Sandra Urbanelli 교수와 함께 유전자원의 수집과

활용에 대해 적극협력하기로 하였고, 수집한 유전자원을 공유하는데 합의하였다.

(3) 그 외에도 일본, 중국, 한국, 네덜란드, 캐나다, 네팔 등 다양한 국가에서 유통되는 균주와 인천대학의 야생버섯균주은행에서 총 41계통을 채취하거나 분양받아 실험에 사용하였다(표 1).

표 1. 수집된 큰느타리버섯 유전자원 목록

번호	이름	균주번호	타기관번호	출 처	생장길이 (cm) [*]
1	큰느타리	KNR 2729	193		3.6
2	큰느타리	KNR 2730	201		3.1
3	큰느타리	KNR 2731	202		5.5
4	큰느타리	KNR 2732	203		3.5
5	큰느타리	KNR 2733	318		3.2
6	큰느타리	KNR 2734	320		4.9
7	큰느타리	KNR 2735	356		3.0
8	큰느타리	KNR 2736	361		5.2
9	큰느타리	KNR 2737	363		4.6
10	큰느타리	KNR 2738	429		5.5
11	큰느타리	KNR 2739	551		4.1
12	큰느타리	KNR 2740	555		2.5
13	큰느타리	KNR 2741	557		4.1
14	큰느타리	KNR 2742	559		3.1
15	큰느타리	KNR 2743	595		5.5
16	큰느타리	KNR 2744	665		3.3
17	큰느타리	KNR 2745	677		3.6
18	큰느타리	KNR 2746	694		2.3
19	큰느타리	KNR 2747	695		4.3
20	큰느타리	KNR 2748	697		3.2
21	큰느타리	KNR 2749	702		3.6
22	큰느타리	KNR 2750	709		3.6
23	큰느타리	KNR 2751	710		2.8
24	큰느타리	KNR 2752	711		2.2
25	큰느타리	KNR 2753	726		2.9
26	큰느타리	KNR 2754	729		4.0
27	큰느타리	KNR 2755	730		5.3
28	큰느타리	KNR 2756	731		2.9
29	큰느타리	KNR 2757	750		4.9
30	큰느타리	KNR 2758	752		5.2
31	큰느타리	KNR 2501	ASI 2302	큰느타리1호	6.9
32	큰느타리	KNR 2502	ASI 2125		4.6
33	큰느타리	KNR 2503	ASI 2155		4.6
34	큰느타리	KNR 2504	ASI 2317	일본	5.6
35	큰느타리	KNR 2505	ASI 2320	일본	6.3
36	큰느타리	KNR 2506	ASI 2326	일본	6.9

37	큰노타리	KNR 2322			6.0
38	큰노타리	KNR 2510	ATCC 90887	프랑스	6.5
39	큰노타리	KNR 2512	MUCL 31181		5.6
40	큰노타리	KNR 2514	MUCL 31685	이탈리아	5.1
41	큰노타리	KNR 2519	MUCL 34679	그리스	6.9
42	큰노타리	KNR 2521	MUCL 34678	그리스	5.8
43	큰노타리	KNR 2522	DSM8264		5.9
44	큰노타리	KNR 2523	DSM9619		4.8
45	큰노타리	KNR 2524	CBS100.82	체코	3.5
46	큰노타리	KNR 2525	CBS613.91	스페인	6.5
47	큰노타리	KNR 2526			5.0
48	큰노타리	KNR 2528	MW 1		
49	큰노타리	KNR 2529	MW 2		
50	큰노타리	KNR 2530	MW 4		
51	큰노타리	KNR 2531	MW 5		
52	큰노타리	KNR 2532	MW 6		
53	큰노타리	KNR 2533			
54	큰노타리	KNR 2534		수원	
55	큰노타리	KNR 2539		일본	4.8
56	큰노타리	KNR 2540		일본	7.6
57	큰노타리	KNR2542		흰색	
58	큰노타리	KNR 2543			
59	큰노타리	KNR2544	ASI 2341	일본	
60	큰노타리	KNR 2545	ASI 2346		
61	큰노타리	KNR 2546	ASI 2391	일본	
62	큰노타리	KNR 2547	ASI 2513	화란	
63	큰노타리	KNR 2548	ASI 2514	화란	
64	큰노타리	KNR 2549	ASI 2515	화란	
65	큰노타리	KNR 2554	ASI 2540	네팔	
66	큰노타리	KNR 2555	ASI 2542	캐나다	
67	큰노타리	KNR 2556	ASI 2547	일본	
68	큰노타리	KNR 2557	ASI 2592	일본	
69	큰노타리	KNR 2566	IUM 1383	야생버섯균주은행	
70	큰노타리	KNR 2587	IUM 1636	야생버섯균주은행	
71	큰노타리	KNR 2594	IUM 1708	야생버섯균주은행	

*: MCM 25℃, 7일

나. 유전자원의 품질구성요소 조사 평가

수집된 계통 71계통에 대하여 정상적인 생육조건하에서 자실체 형성능력과 품질구성요소에 대해서 조사 하였다(표 2). 수확소요일은 15일에서 27일까지 다양하였으나 주로 15-19일이 주였다. 무게와 품질을 살펴보면 KNR2322가 83g과 6.0으로 가장 우수하였다. KNR2536도 품질이 71g, 6.0으로 우수하였다. KNR2505, KNR 2525, KNR 2534, KNR 2544, KNR 2546, KNR 2547은 발이가 되지 않거나 발이가 되어도 정상적인 생육이 이루어지지 않았다.

표 2. 큰느타리머섯 유전자원의 중온(15℃)에 따른 생육 특성

계통명-15-1	배양일	발소일	수소일	발이도	대길이	대두께	갓직경	무게	품질
KNR 2526	32.0	7.0	15.0	2.0	81.0	18.0	41.0	20.0	2.5
KNR 2532	30.0	7.0	15.0	3.0	85.0	27.0	33.0	35.0	3.0
KNR 2533	28.0	7.0	15.0	4.0	91.0	28.0	44.0	45.0	4.0
KNR 2554	28.0	7.0	16.0	3.0	104.0	30.0	47.0	64.0	4.0
KNR2503	27.0	7.0	17.0	4.0	81.0	15.0	37.0	15.0	1.5
KNR 2531	28.0	9.0	17.0	3.0	78.0	20.0	40.0	23.0	2.0
KNR 2543	30.0	8.0	17.0	3.5	92.0	27.0	44.0	42.0	3.5
KNR 2514	29.0	9.0	18.0	1.5	94.0	22.0	44.0	28.0	2.5
KNR 2536	28.0	7.0	18.0	3.0	110.0	29.0	56.0	71.0	6.0
KNR 2539	28.0	9.0	18.0	3.5	84.0	26.0	30.0	24.0	2.0
KNR 2542	27.0	8.0	18.0	3.5	78.0	25.0	42.0	24.0	2.0
KNR 2501	28.0	10.0	19.0	3.0	84.0	23.0	50.0	28.0	2.5
KNR 2504	27.0	10.0	19.0	3.0	83.0	22.0	51.0	34.0	3.5
KNR 2506	27.0	10.0	19.0	2.5	88.0	24.0	49.0	34.0	3.0
KNR 2519	29.0	9.0	19.0	3.0	65.0	23.0	35.0	12.0	1.0
KNR 2521	29.0	9.0	19.0	3.5	70.0	17.0	40.0	15.0	1.5
KNR 2523	30.0	10.0	19.0	3.0	88.0	22.0	55.0	37.0	3.5
KNR 2524	28.0	10.0	19.0	3.5	95.0	27.0	56.0	46.0	4.0
KNR 2528	26.0	9.0	19.0	2.0	81.0	24.0	47.0	32.0	3.0
KNR 2529	27.0	9.0	19.0	3.5	85.0	24.0	41.0	24.0	2.5
KNR 2530	27.0	10.0	19.0	1.5	80.0	21.0	39.0	23.0	2.0
KNR 2545	27.0	10.0	19.0	2.5	87.0	19.0	52.0	32.0	3.0
KNR 2549	28.0	11.0	19.0	2.0	86.0	23.0	45.0	31.0	3.0
KNR 2555	31.0	10.0	19.0	4.0	92.0	28.0	47.0	45.0	4.5
KNR 2556	31.0	10.0	19.0	3.5	116.0	31.0	56.0	75.0	6.0
KNR 2312	28.0	8.0	20.0	4.0	81.0	23.0	48.0	40.0	4.0
KNR 2322	29.0	10.0	20.0	3.0	121.0	37.0	61.0	83.0	6.0
KNR 2502	26.0	11.0	20.0	2.0	74.0	27.0	52.0	48.0	3.5
KNR 2510	32.0	9.0	20.0	2.0	70.0	19.0	29.0	15.0	1.5
KNR2522	27.0	10.0	20.0	3.5	87.0	24.0	53.0	40.0	3.5
KNR 2540	31.0	8.0	20.0	3.0	64.0	19.0	35.0	15.0	1.5
KNR 2557	29.0	9.0	20.0	4.0	68.0	28.0	36.0	30.0	2.5
KNR 2548	27.0	11.0	24.0	2.0	100.0	19.0	57.0	40.0	3.5
KNR 2512	28.0	10.0	27.0	1.0	79.0	24.0	30.0	25.0	2.0
KNR 2505	28.0	10.0	조사불						
KNR 2525	29.0	9.0	조사불						
KNR 2534	26.0	10.0	조사불						
KNR 2544	25.0	9.0	조사불						
KNR 2546	30.0	10.0	조사불						
KNR 2547	26.0	10.0	조사불						

*: 1-4(1: 1/4면발이, 2: 반면발이, 3: 3/4면발이, 4: 전면발이), **: 9점측정법(1 나쁨, 9 좋음)

1차로 선발과 수집된 유전자원을 평가한 결과를 표3에 표시하였다. 새로 수집한 22계통은 발이나 생육이 정상적이지 않아서 발이를 유기할 다른 방법을 찾아야 할 것으로 사료되었으나, KNR2736의 경우 수량과 품질이 99g, 6.0, KNR2758은 108g, 6.0, KNR2743은 84g, 6.0으로 육종적 가치가 충분하였다. 기타의 수집종에서는 KNR2540이 무게 품질이 각각 103g과 6.0으로 우수하였다.

표 3. 수집유전자원과 1차 선발 유전자원의 증온(15℃)에 따른 생육 특성

계통명-15-2	배양일	발소일	수소일	발이도	대길이	대두께	갓직경	무게	품질
KNR2532	28	6	16	4	115	29	47	75	5
KNR2533	28	6	16	4	115	30	43	67	5
KNR2589	28	7	18	3	115	36	42	92	6
KNR2540	29	7	18	3	122	40	46	103	6
KNR2556	30	8	19	3	110	34	45	90	6
KNR2595	29	8	20	3	110	39	48	107	5
KNR2758	28	8	20	3	126	34	55	108	6
KNR2524	29	7	21	1	75	28	39	35	3
KNR2539	30	8	22	3	100	34	43	62	4
KNR2732	26	11	22	1	75	22	29	24	2
KNR2743	28	9	22	3	103	35	43	84	6
KNR2522	30	9	23	3	120	28	53	69	5
KNR2729	30	8	23	2	77	20	42	37	3
KNR2502	25	11	23	3	70	24	39	30	3
KNR2736	28	7	23	3	116	37	47	99	6
KNR2523	29	10	24	1	105	29	44	55	5
KNR2600	29	9	25	2	104	35	42	85	6
KNR2733		12	28	1	48	20	21	10	1
KNR2741	27	19	30	1	75	31	57	50	4
KNR2731		17	31	1	66	18	25	10	2
KNR2730	31		조사불						
KNR2734	25		조사불						
KNR2735	25		조사불						
KNR2737	27		조사불						
KNR2738	26		조사불						
KNR2739	25	15	조사불						
KNR2740	27	13	조사불						
KNR2742	26		조사불						
KNR2744	25		조사불						
KNR2745	26		조사불						
KNR2746	26		조사불						
KNR2747	26		조사불						
KNR2748	25		조사불						
KNR2749	26		조사불						
KNR2750	26		조사불						
KNR2751	27		조사불						
KNR2752	27	10	조사불						
KNR2753	27		조사불						
KNR2754	25		조사불						
KNR2755	29		조사불						
KNR2756	27		조사불						
KNR2757	25		조사불						

고온(20℃)조건에서 생육을 시켰을 때, 대부분의 계통에서 15℃에 비해 수확소요일이 앞당겨졌으나, 품질은 떨어지는 경향치를 보였다. 상위 5계통을 비교 하였을 경우 수확소요일이 15.8일에서 17.4일로 지연되었다. KNR 2526계통이 71.0g, 5.3으로 평가대상 중에 가장 높은 가치가 있는 것으로 판단되었다. 특히 평가에 사용된 40계통 중 48%인 19계통이 발이나 생육이 불량하여 고온적응성 품종육종의 재료로는 사용이 불가능한 것으로 사료되었다.

표 4. 큰느타리버섯 유전자원의 고온(20℃)에 따른 생육 특성

계통명-20-1	배양일	발소일	수소일	발이도	대길이	대두께	갓직경	무게	품질
KNR 2524	26.5	7.0	14.0	2.0	73.0	20.5	32.0	25.0	2.0
KNR 2532	28.5	6.5	15.5	4.0	111.0	31.0	36.0	55.0	3.5
KNR 2557	26.5	7.0	15.5	1.0	89.5	30.0	31.0	39.0	2.8
KNR 2503	26.5	6.0	17.0	3.3	105.0	37.0	23.0	50.0	3.0
KNR 2536	26.5	7.0	17.0	1.5	106.0	44.5	23.0	80.8	4.3
KNR 2322	27.0	7.5	17.5	0.5	106.0	46.0	24.0	83.5	4.0
KNR 2543	26.5	7.0	17.5	1.8	81.5	39.0	19.0	48.5	3.5
KNR 2539	26.5	7.0	18.0	1.0	86.0	42.5	19.0	60.0	3.5
KNR 2554	27.0	7.0	18.0	0.8	84.5	37.5	17.3	55.0	3.0
KNR 2556	29.5	9.5	19.0	0.8	105.0	42.0	38.0	87.5	5.0
KNR 2526	27.5	8.0	20.0	1.0	111.5	34.0	50.0	71.0	5.3
KNR 2525	28.0	9.0	20.5	1.5	68.0	25.5	36.0	17.5	1.5
KNR 2312	27.0	9.0	21.5	1.3	109.0	42.5	21.5	79.5	3.8
KNR 2542	27.0	8.0	22.0	1.0	64.0	34.5	13.5	33.0	2.0
KNR 2555	28.0	9.0	23.0	0.5	71.5	33.5	17.9	37.5	1.8
KNR 2540	27.5	8.0	24.5	1.3	70.4	36.0	47.0	84.0	5.0
KNR 2502	25.0	9.0	25.5	0.5	79.0	19.0	36.0	30.0	2.0
KNR 2548	25.5	9.0	25.5	0.8	64.5	16.5	22.5	15.0	1.3
KNR 2506	26.0	10.0	27.0	1.0	46.5	20.0	19.0	10.5	1.0
KNR 2549	26.5	8.5	27.5	1.0	103.0	29.0	36.0	41.0	3.0
KNR 2533	27.0	6.5	28.5	3.0	112.0	21.0	45.0	50.0	4.5
KNR 2501	27.0	10.0	조사불						
KNR 2504	26.5	10.5	조사불						
KNR 2505	27.0	9.0	조사불						
KNR 2510	29.5	10.0	조사불						
KNR 2512	26.5	10.5	조사불						
KNR 2514	28.0	10.0	조사불						
KNR 2519	27.0	10.0	조사불						
KNR 2521	28.0	9.0	조사불						
KNR 2522	25.0	10.5	조사불						
KNR 2523	27.5	9.5	조사불						
KNR 2528	25.0	10.0	조사불						
KNR 2529	26.5	10.0	조사불						
KNR 2530	26.0	10.0	조사불						
KNR 2531	27.0	8.0	조사불						
KNR 2534	26.0	9.5	조사불						
KNR 2544	25.0	9.5	조사불						
KNR 2545	25.5	7.0	조사불						
KNR 2546	26.5	9.5	조사불						
KNR 2547	24.0	10.0	조사불						

2차 재배시험에서는 KNR2758, KNR2595, KNR2589계통이 96g 6.0 108g 6.0, 89g, 6.0로 육종적

가치가 있는 것으로 사료되었다. 특히 앞의 두계통은 수확소요일이 14.0일로 조기수확형질도 가지고 있어서 육종소재로 활용가치가 뛰어났다. 기존품종에서는 애린이와 애린이3호가 상대적으로 우수한 소질을 보였다.

표 5. 수집유전자원과 1차 선발 유전자원의 고온(20℃)에 따른 생육 특성

계통명20-2	배양일	발소일	수소일	발이도	대길이	대두께	갓직경	무게	품질
KNR2533	30	3	15	3	125	27	58	70	5
KNR2532	29	5	13	4	132	27	53	65	5
KNR2595	31	5	14	4	113	37	36	96	6
KNR2758	30	5	14	2	120	39	34	108	6
KNR2502	27	7	14	3	65	24	28	27	2
KNR2729	31	6	14	3	81	21	39	26	2
KNR2524	31	8	16	1	90	28	37	41	4
KNR2600	29	11	16	3	110	37	30	92	5
KNR2736	29	7	16	2	111	42	31	102	5
KNR2743	30	7	16	2	102	42	30	90	5
KNR2539	31	7	17	2	89	44	19	77	5
KNR2589	30	8	17	1	111	40	34	89	6
KNR2556	29	7	18	1	85	41	24	62	5
KNR2540	31	6	19	2	98	41	32	80	5
KNR2738	27		조사불						
KNR2748	27		조사불						
KNR2522	31	8	조사불						
KNR2523	31	8	조사불						
KNR2730	32		조사불						
KNR2731	34		조사불						
KNR2732	28		조사불						
KNR2733	33		조사불						
KNR2734	27		조사불						
KNR2735	27		조사불						
KNR2737	29		조사불						
KNR2739	25		조사불						
KNR2740	27		조사불						
KNR2741	28		조사불						
KNR2742	28		조사불						
KNR2744	26		조사불						
KNR2745	26		조사불						
KNR2746	27		조사불						
KNR2747	28		조사불						
KNR2749	29		조사불						
KNR2750	28		조사불						
KNR2751	28		조사불						
KNR2752	27		조사불						
KNR2753	29		조사불						
KNR2754	26		조사불						
KNR2755	30		조사불						
KNR2756	28		조사불						
KNR2757	25		조사불						
큰느타리3호	29	9	22	1	74	41	22	54	4
애린이	35	7	17	3	114	43	63	121	7
애린이3	30	7	14	4	85	44	38	93	5
새송이1호	33	8	17	2	82	34	22	39	3

2566	29	7	16	3	91	40	23	85	6
2587	32	8	20	2	78	38	14	58	4
2594	31	12	22	1	84	41	23	73	4
2615	38	10	22	1	99	70	35	79	5

다. 온도 및 고품질 모본으로부터 단포자 pool 구축 및 교배



그림 4. 단포자 채취, 단핵균사 풀 구축 및 교배 과정.

유전자원의 온도에 따른 평가에서 나온 데이터를 근거로 하여 육종소재로 사용할 계통을 선발하였는데, 특히, 고온에서만 우수한 형질을 보이는 계통을 우선적으로 선발하였다. 품질 향상을 위하여 KNR2322를 선정하여 교배를 실시하고자 하였다. 교배계획은 표 6에 표시하였다. 각 계통별로 단핵균사를 100개씩 채취하여 현미경관찰을 통하여 단핵균사임을 확인하고 먼저 20개씩 무작위로 선발하여 교배를 실시하였다. 고온적응성 KNR2532. KNR2533은 KNR2522와 KNR2532와 각각 400개씩의 교배조합을 만들어서 재배시험을 실시하였다. KNR2322는 KNR2539, KNR2540, KNR2532, KNR2533, KNR2524와 1,000개의 조합을 만들어 자실체 형성실험을 하였다(그림 4).

표 6. 큰느타리버섯 수집계통의 단포자 채취 및 교배조합

계통명	생육온도 (°C)	교배조합수	교배계통	특징
KNR 2522	15	600	2532, 2533, 2524	중온대조구
KNR 2523	15	600	2532, 2533, 2524	중온대조구
KNR 2532	20	400	2522, 2523	고온우수
KNR 2533	20	400	2522, 2523	고온우수
KNR 2524	20	400	2522, 2523	고온우수
KNR 2322	15	1,000	2539, 2540, 2532, 2533, 2524	중온우수



그림 5. 교배계통의 접종, 배양, 생육 과정 및 유전자원 평가.

고온적응성 KNR2532와 고품질KNR2322를 교배하였는데(그림 5), 각 계통의 메이팅타입이 달라서 총 400개정도의 교배조합에서 클램프가 관찰되어 화합성임이 밝혀졌다. 수확소요일과 품질 무게를 기준으로 하였을 때 2-13조합이 14.5일, 105g, 6.3으로 우수하였다(표7, 그림8). 그 외 우수한 계통으로는 2-4, 2-11이 각각 17.5일, 101.0g, 6.3, 16.0일, 93.5g, 6.0으로 우수하였다. KNR2322에서 유해한 2번 단핵균사가 품질과 수확소요일에 관련된 우수형질이 집적된 것으로 생각되며 이 계통이 들어간 조합은 상위 10개 조합에서 5개를 차지하였으며 그 다음으로는 KNR2322-18로 두 조합, KNR2532-14도 2조합이 있어 우수한 형질을 지닌 것으로 판단되었다. 약 30%의 계통이 고온으로 인하여 발이가 안되거나 생육이 불가능하였다. 품질기준으로 최상위 5계통은 규모를 키워서 배양중이며 평가를 통하여 최종 2계통은 농가실증시험을 거쳐서 품종보호나 특허신청을 할 예정이다. 현재 교배가 완료되어 배양 중이거나 생육중인 조합이 약 600계통이 있어서 그 결과를 분석하면 연내에 기존품종의 품질에 고온에 적응성이 강한 품종급 조합이 선발될것으로 사료된다.

표 7. KNR2322(15℃)×2532(20℃) 주요 교잡계통의 고온(20℃)에서의 생육특성(품질 3.0 이상)

조합명	배양일	발소일	수소일	발이도	대길이	대두께	갓직경	무게	품질
2-13	28.0	7.0	14.5	2.1	114.0	38.5	50.5	105.0	6.3
2-4	28.0	6.5	17.5	3.5	125.5	42.0	42.0	101.0	6.3
2-11	32.0	6.0	16.0	4.0	112.5	50.0	36.5	93.5	6.0
17-14	28.5	5.0	13.5	2.8	114.0	37.5	56.5	84.0	5.8
18-10	29.0	8.0	14.5	1.3	93.0	42.5	37.0	69.0	5.5
2-6	34.5	6.5	14.0	2.5	103.5	39.5	40.5	77.5	5.5
4-8	31.5	7.0	17.0	1.0	115.5	38.0	47.0	77.5	5.5
8-4	29.5	6.5	17.0	2.0	120.0	36.0	32.0	80.0	5.5
2-14	30.0	11.0	19.0	4.0	98.0	41.0	46.0	82.5	5.5
18-4	31.5	7.0	14.5	1.5	124.5	39.0	41.0	99.5	5.5
18-15	32.0	6.0	13.0	1.8	117.0	35.5	34.5	73.0	5.3
2-10	31.5	6.0	15.0	4.0	89.5	44.5	40.5	75.0	5.3
10-14	35.0	6.0	15.0	3.0	107.5	35.5	47.0	71.5	5.3
10-15	32.0	7.0	16.0	2.5	127.5	37.5	42.5	92.5	5.3
17-12	32.5	6.0	16.0	3.8	104.5	37.5	44.5	57.5	5.3
2-12	30.0	6.0	17.0	2.5	107.0	40.5	30.0	82.5	5.3
20-5	32.0	8.5	15.0	1.0	112.5	38.5	39.0	87.0	5.3
18-5	34.0	6.0	15.0	1.5	109.0	37.5	32.5	68.5	5.3
19-15	34.5	8.5	15.0	1.5	128.5	36.5	30.5	77.5	5.3
20-10	34.0	7.0	14.0	2.0	103.0	36.5	36.5	65.5	5.0
20-13	35.0	9.0	20.0	1.3	76.0	42.0	44.0	62.0	5.0
20-4	32.0	7.5	15.5	1.8	109.5	36.0	45.5	81.0	5.0
5-10	30.0	5.5	23.0	3.0	84.0	37.0	34.0	55.0	5.0
20-14	30.0	6.0	14.5	3.3	88.5	44.5	48.0	80.0	5.0
18-14	27.0	5.0	13.0	2.5	108.5	34.0	44.5	69.5	5.0
18-8	32.5	6.0	13.0	3.0	101.0	40.5	37.5	69.0	5.0
5-15	28.0	5.0	13.0	4.0	103.5	34.5	53.0	70.5	5.0
5-13	33.5	5.5	13.0	2.3	94.0	34.0	42.5	64.0	5.0
5-14	26.5	4.5	13.5	4.0	105.0	36.5	48.5	48.5	5.0
15-14	28.0	6.5	14.0	3.3	86.5	40.5	42.5	63.0	5.0
2-15	28.0	6.0	14.0	4.0	101.5	38.0	38.0	66.0	5.0
15-15	31.5	7.0	14.0	2.0	100.0	37.0	30.5	60.0	5.0
17-9	26.5	6.0	15.0	3.0	95.0	35.0	44.5	69.0	5.0
18-19	29.0	6.0	15.0	3.3	113.0	37.5	40.5	75.5	5.0
10-8	27.0	7.0	16.0	1.0	119.0	30.0	51.0	65.0	5.0
3-14	26.5	8.0	16.0	1.8	95.5	47.0	44.0	98.5	5.0
16-15	28.0	7.5	16.0	1.3	104.0	41.5	37.0	70.0	5.0
3-11	32.0	8.0	16.5	1.8	111.5	44.5	31.5	92.5	5.0
6-8	26.5	7.0	17.0	2.5	95.0	36.0	41.0	64.0	5.0
16-8	31.0	7.5	18.0	1.3	84.5	44.0	40.5	62.5	5.0
16-9	31.0	8.0	18.0	1.3	75.5	42.5	33.5	62.5	5.0
20-8	35.0	8.0	20.0	1.5	101.0	42.0	28.0	65.0	5.0
20-19	33.0	7.0	21.0	1.3	107.0	30.0	38.0	60.0	5.0
5-17	31.5	5.0	25.5	2.8	99.0	36.0	44.0	61.0	5.0
20-12	30.0	7.0	16.0	1.0	86.0	47.5	40.5	75.0	4.8
3-8	30.0	8.0	15.0	1.5	87.5	40.0	29.0	56.0	4.8
17-6	27.5	8.0	16.0	0.8	107.5	35.5	47.5	70.0	4.8
2-20	35.0	7.5	17.5	2.8	101.0	35.0	37.0	62.0	4.8
14-8		8.5	19.0	1.0	92.0	41.0	31.5	58.5	4.8
18-6	31.0	7.5	17.0	0.8	104.5	41.5	27.0	75.0	4.5
18-17	29.5	6.0	16.0	2.8	107.5	31.0	37.0	56.5	4.5

18-11	32.0	6.0	13.0	2.8	93.5	42.5	22.0	60.5	4.5
3-9	30.5	7.0	16.0	3.5	77.0	42.5	23.5	55.5	4.5
8-12	29.5	6.5	16.5	3.3	107.0	36.5	27.5	60.5	4.5
1-15	34.0	8.0	16.5	1.0	112.0	36.5	36.5	67.5	4.5
15-19	31.5	7.0	17.5	3.5	104.5	27.5	34.5	56.0	4.5
8-17	31.0	8.0	23.0	1.5	110.0	32.0	39.0	60.0	4.5
5-11	34.5	6.0	24.0	2.5	96.0	56.0	27.0	60.0	4.5
8-19		7.5	24.5	2.5	123.0	27.0	30.0	60.0	4.5
18-12	31.0	7.0	16.5	1.8	95.5	37.5	26.0	56.0	4.3
2-8	29.5	5.5	13.5	3.5	87.5	33.0	43.0	55.0	4.3
8-10	31.5	7.5	18.5	1.8	111.5	33.5	32.0	67.5	4.3
18-20	30.5	6.5	21.5	1.0	82.0	41.0	25.0	50.0	4.0
18-9	29.0	7.0	17.5	1.5	80.0	45.0	21.0	71.0	4.0
20-11	31.5	6.0	15.0	2.0	76.0	55.0	15.0	78.0	4.0
19-14	34.0	6.0	15.0	3.0	80.5	35.5	34.5	50.0	4.0
17-8	27.0	6.0	13.5	1.8	87.0	33.5	40.5	47.5	4.0
5-5	31.5	6.0	13.5	3.5	99.5	31.5	29.5	46.5	4.0
15-8	31.0	7.0	14.0	1.3	81.5	39.5	28.5	48.0	4.0
20-9	28.5	7.5	14.0	2.0	88.0	34.5	34.0	55.0	4.0
8-8	35.0	7.0	14.0	1.0	107.0	28.0	32.0	47.5	4.0
12-8	27.0	6.5	14.5	2.3	84.5	42.0	37.5	58.5	4.0
8-15	0.0	6.0	16.0	3.5	100.0	37.0	21.0	53.0	4.0
2-19	31.5	6.0	16.5	4.0	81.5	32.0	38.5	44.0	4.0
10-6	29.0	7.5	17.0	0.5	103.0	33.0	30.0	54.0	4.0
3-20	31.5	8.5	18.0	1.5	81.0	37.5	22.0	47.5	4.0
17-11	28.0	7.0	18.0	3.3	91.5	32.5	26.5	45.0	4.0
3-15	30.0	8.5	18.5	1.0	87.5	43.0	33.0	67.0	4.0
10-19	31.5	7.0	19.0	2.0	93.0	32.5	30.5	45.0	4.0
13-8	32.0	7.5	19.0	1.3	57.5	36.0	36.5	41.0	4.0
1-12	29.5	7.0	20.0	4.0	87.0	40.0	24.5	56.5	4.0
16-19	34.0	8.0	23.5	2.5	96.0	37.5	43.0	58.5	4.0
15-13	31.5	7.5	25.5	1.3	81.0	40.0	37.0	52.0	4.0
4-5	32.5	7.0	25.5	2.0	101.0	41.0	25.0	71.0	4.0
12-6	27.0	7.5	26.0	0.5	98.0	34.0	31.0	45.0	4.0
13-11	31.5	6.5	26.5	2.3	73.0	53.0	18.0	55.0	4.0
3-19		7.5	27.0	2.3	86.0	38.0	34.0	50.0	4.0
17-19	31.0	6.0	27.5	3.5	92.0	29.0	39.0	41.0	4.0
17-16	26.0	6.5	28.0	3.3	77.0	40.0	19.0	48.0	4.0
2-5	34.0	7.5	30.0	3.0	93.0	27.0	45.0	46.0	4.0
18-13	32.0	6.0	15.5	3.0	89.5	32.0	33.0	45.0	3.8
17-15	31.5	6.0	14.0	3.0	102.5	26.5	38.0	48.0	3.8
16-14	33.0	7.0	14.0	1.5	78.0	39.0	31.0	40.5	3.8
4-14	30.0	8.0	20.0	1.3	77.0	37.0	35.0	43.0	3.8
1-8	33.5	8.5	13.0	2.0	55.5	39.0	34.0	24.5	3.5
20-15		8.0	16.0	0.8	76.0	33.0	27.0	52.5	3.5
20-20	33.0	7.0	22.0	1.0	93.0	29.0	38.0	45.0	3.5
13-14	28.5	7.5	16.0	1.5	92.5	38.5	42.0	52.0	3.5
2-3	31.0	6.5	18.0	3.5	78.0	31.0	31.5	42.0	3.5
3-6	29.0	8.0	18.0	1.0	69.0	40.0	22.5	43.5	3.5
3-4	28.0	7.5	18.0	1.5	69.5	38.5	14.5	46.0	3.5
10-9	28.5	7.0	18.0	2.3	64.0	40.0	19.0	38.5	3.5
16-4	32.5	6.0	18.0	1.8	76.0	37.5	19.5	40.0	3.5
12-9	30.5	6.5	19.0	2.5	80.5	31.0	34.0	42.5	3.5
3-5	32.0	8.0	19.0	1.0	71.0	37.0	23.0	44.0	3.5

8-11	28.0	6.5	21.5	2.8	105.0	36.0	29.0	57.5	3.5
7-15	31.0	8.0	25.0	0.5	74.0	34.0	38.0	40.0	3.5
7-8	27.5	7.5	25.5	3.3	68.0	36.0	44.0	45.0	3.5
4-11	32.5	6.5	26.0	3.5	89.0	31.0	21.0	40.0	3.5
1-2	31.0	8.0	26.5	2.8	57.0	42.0	11.0	44.0	3.5
5-9	26.5	5.5	14.0	4.0	76.0	32.5	34.5	39.0	3.3
10-5	33.5	6.0	17.0	1.3	88.5	32.0	8.0	42.0	3.3
5-4	27.0	5.0	18.0	3.8	97.0	25.0	31.0	47.5	3.3
3-2	30.0	8.0	18.5	2.5	61.5	43.5	11.0	47.5	3.3
16-5	31.0	7.5	19.5	1.8	75.5	37.0	22.0	42.5	3.3
3-13	27.5	7.5	25.0	1.5	85.0	30.0	41.0	48.5	3.3
19-4	32.5	6.5	22.0	1.8	90.0	31.0	17.0	40.0	3.0
18-1	33.0	7.5	22.0	2.5	85.0	36.0	12.0	41.0	3.0
6-2	33.5	9.0	22.0	0.8	64.0	43.0	14.0	38.0	3.0
20-1	32.5	9.5	22.0	1.3	63.0	39.0	16.0	39.0	3.0
20-17	33.0	7.0	17.5	1.5	84.5	33.0	24.5	40.0	3.0
1-9	30.0	7.5	16.0	1.5	65.0	35.5	33.0	39.0	3.0
8-9	31.5	7.5	16.0	2.5	76.5	25.0	34.5	33.5	3.0
13-9	32.5	6.5	17.0	1.8	62.5	39.0	25.5	36.5	3.0
18-16	28.0	6.0	17.0	1.5	79.5	38.0	14.5	41.5	3.0
12-14	26.5	6.0	17.5	3.3	83.5	28.0	27.0	36.0	3.0
17-5	31.5	6.5	18.5	3.5	73.5	28.0	27.0	34.0	3.0
8-13	32.0	7.0	19.0	3.5	78.5	31.0	23.5	40.0	3.0
10-12	29.5	6.0	19.0	4.0	72.0	39.5	15.5	38.0	3.0
12-15	31.0	6.5	20.0	3.5	93.5	27.0	23.0	35.5	3.0
7-14	28.5	7.0	24.5	1.0	56.0	40.0	36.0	37.0	3.0
5-8	27.0	5.0	24.5	3.8	81.0	31.0	27.0	35.0	3.0
7-13	31.0	4.5	25.0	3.0	59.0	33.0	30.0	35.0	3.0
16-2	31.0	8.0	25.5	2.8	78.0	37.0	14.0	36.0	3.0
12-5	27.5	6.0	26.0	3.0	82.0	48.0	23.0	60.0	3.0
2-2	31.0	7.0	26.0	3.5	83.0	43.0	18.0	42.0	3.0
1-3	29.5	10.0	26.0	0.5	66.5	32.5	29.0	35.5	3.0
9-15	30.0	9.0	26.5	0.5	95.0	34.0	22.0	41.0	3.0
4-4	30.5	7.0	26.5	1.8	83.0	34.0	28.0	44.0	3.0
6-19	33.0	7.0	27.5	1.0	85.0	27.0	30.0	30.0	3.0
8-6	28.0	8.0	29.0	0.8	74.0	32.0	27.0	45.0	3.0
7-5	29.5	10.0	29.5	1.0	58.0	37.0	22.0	33.0	3.0
애린이	35.0	7.0	16.5	2.5	114.3	43.0	62.8	122.8	6.9
2600	30.5	8.5	14.5	3.5	138.5	35.0	46.0	104.0	6.5
2736	30.5	7.0	14.5	2.5	130.0	37.5	42.5	107.5	6.3
2322	31.0	6.0	14.0	2.0	117.0	37.5	43.5	95.0	5.8
큰느타리2호	30.0	6.5	15.0	1.3	102.0	42.0	29.5	90.0	5.5
2532	31.0	6.0	14.0	3.3	108.5	34.0	38.0	57.0	4.8
2502	28.5	9.0	20.0	1.8	91.0	29.0	41.0	40.0	3.5
2532	33.5	51.5	60.0	2.5	83.0	40.5	28.0	49.0	3.5
2533	33.5	4.5	15.0	3.5	111.0	25.0	42.5	47.5	3.5
2524	33.3	6.7	14.7	2.0	70.3	25.7	26.0	20.3	1.7



KNR2322-2 × KNR2532-13



KNR2322-2 × KNR2532-4



KNR2322-17 × KNR2532-14

그림 6. KNR2322(고품질)와 KNR2532(고온적응성) 간의 교배에 의한 우수 품종 자실체 형태.

라. 최적의 감마선들연변이 유발 조건 및 조사강도별 생육특성을 조사

들연변이원을 처리하여 변이를 유발한 뒤 유익한 형질이 유도된 계통을 품종보호나 특허신청을 계획하였다. 잔류성이 없거나 인체에 무해함이 어느 정도 증명된 감마선을 이용하여 들연변이를 유도하고자 하였다. 단시간에 높은 선량을 주는 방법을 택하여 선택에서 드는 시간을 최소화하고자 하였다. 절차를 간편하게 하기 위하여 배양을 완료한 배양병에다 직접적으로 1시간당 감마선을 100, 250, 500 Gray 처리하여 생육실험을 수행하였다. 향후 품종등록을 대비하여 사용권의 문제를 해결하기 위하여 본 연구실에서 육종한 품종을 중점적으로 사용하였다. 최적의 감마선 선량은 100-250 Gray로 판단되었다(표 8, 그림 7). 500 Gray는 너무 파괴성이 높아 자실체가 발생하지 않거나 발생하여도 기형이거나 수량이 현저히 떨어졌다. 선량이 높을수록 평균적으로 수확소요일이 길어졌으며 대길이가 짧아지고 무게가 감소되는 경향을 보였다. 애린이품종의 경우 생존율에 있어서도 500 Gray를 찍었을 경우 13%로 떨어졌다. 애린이3은 다른 품종에 비해 양호한 생존율을 보였다.

표 8. 감마선 조사 강도에 따른 품종별 자실체 생육 특성

품종명	처리(G)	발소일	수소일	발이도	대길이	대두께	갓쪽명	무게	품질	생존율 (%)
애린이	무처리	7.0	23.6	1.7	95	35	54	85	5	75
애린이	100	13.8	27.3	0.7	92	40	39	85	5	44
애린이	250	15.4	28.2	0.5	86	34	40	67	4	44
애린이	500	22.5	29.0	0.5	80	32	36	48	4	13
큰느타리3호	무처리	9.4	21.6	1.2	94	37	41	75	5	88
큰느타리3호	100	13.1	27.2	0.5	78	31	32	46	3	44
큰느타리3호	250	13.3	27.6	0.9	87	39	43	78	5	25
큰느타리3호	500	17.5	28.6	0.5	91	42	41	82	4	19
애린이3	무처리	7.2	17.9	1.0	97	44	54	101	6	100
애린이3	100	13.9	25.9	0.9	79	32	44	55	4	81
애린이3	250	13.0	24.6	1.0	92	40	81	80	5	81
애린이3	500	16.9	27.9	1.4	86	34	41	57	4	44





그림 7. 품종별 감마선 조사세기에 따른 자실체 형태 변화.

변이를 보인 것 중 우수한 것을 그림 13에 나타내었다. 애린이3은 수확량이 기존 품종에 비해 30%가 많고 병에 대한 저항성이 높아서 농가에서 인기를 끌고 있지만, 갓색이 밝아서 소비자의 선호도가 다소 떨어진다는 단점이 있었는데, 이번 조사로 갓색이 검은개체가 발견되었다. 명도(L)가 59.1에서 45.3으로 낮아져서 검은 갓색을 가져서 품종의 완성도를 한차례 끌어올린 것으로 사료되었다(그림 8).



그림 8. 감마선 조사 후 유의한 돌연변이 계통의 자실체 형태.

감마선을 처리하고 선발된 변이체를 고온에서 키워서 온도적응성이 향상된 개체를 선발하고자 하였다. 일부 개체에서 품질이 방사선처리하지 않은 개체보다 우수한 것이 조사되었으나 (표 9). 추가적인 실험을 통하여 확인이 필요한 상태이다. 애린이3 500-3, 단비 100G나 큰느타리 3호 100G-4는 기존것에 비해 품질이 향상된 경우이다. 이 돌연변이유발체를 주관연구기관 연구용 재배사와 농가실증시험을 실시하였는데, 이전의 결과와 달리 단포자 생성능력과 자실체의 우수한 점들이 모본의 것과 통계학적 유의성이 나타나지 않았다. 품종보호신청수준의 계통을 선발하기 위해서는 추가적인 실험이 필요할것으로 사료된다.

돌연변이원으로 UV를 처리하기 위하여 원형질체를 만들어서 30, 60, 90초의 UV를 조사한 뒤 세포벽을 재생시켜 자실체의 생육특성을 조사하였다(표9-1). 대부분의 돌연변이가 유의하지 않은 결과로 대조구보다 우수한 계통을 발견할 수 없었다. 가장 우수한 계통이 1분처리8번인데 무게가 93.1g 품질은 7.9였다.

표 9. 감마선 조사 후 선발된 계통의 고온(20℃) 적응특성

계통 및 품종	처리(G)	배양일	발소일	수소일	발이도	대길이	대두께	갓폭명	무게	품질
애린이	무	33	7	17	2	117	35	68	115	6
애린이100-1	100	33	7	15	3	83	31	46	55	4
애린이100-2	100	32	6	15	3	92	33	57	84	6
애린이100-3	100	32	6	15	3	100	38	59	88	6
애린이100-4	100	32	6	15	3	96	39	59	92	6
애린이500-1	500	34	7	16	2	95	33	51	75	6
애린이500-2	500	33	8	16	2	102	33	55	83	6
애린이500-3	500	34	7	15	2	85	35	49	68	5
애린이500-4	500	33	6	16	2	89	34	46	69	5
단비	무	31	8	16	2	105	45	38	92	6
단비100-1	100	33	9	22	1	109	48	38	88	5
단비100-2	100	31	8	16	1	111	46	43	108	7
단비100-3	100	31	8	17	1	115	43	43	103	7
단비100-4	100	33	9	19	1	100	41	39	85	6
단비500-1	500	31	8	24	1					
단비500-2	500	32	7	17	1	103	39	34	76	5
단비500-3	500	31	7	17	1	60	40	36	74	6
단비500-4	500	31	8	17	1	111	42	44	99	6
큰느타리3호	무	31	9	17	1	109	39	37	90	6
큰3호100-1	100	32	7	17	2	107	43	28	91	6
큰3호100-2	100	31	7	19	1	83	41	23	63	4
큰3호100-3	100	31	8	17	1	114	44	33	106	6
큰3호100-4	100	31	7	17	1	112	40	38	96	7
큰3호500-1	500	32	8	21	1	102	40	38	80	6
큰3호500-2	500	31	8	22	1	113	50	25	100	6
큰3호500-3	500	34	8	20	1	86	41	23	54	5
큰3호500-4	500	31	8	16	1	97	43	29	83	5
애린이3		34	6	13	3	108	42	53	96	6
애린이3 100-1	100	30	5	14	3	105	43	53	93	6
애린이3 100-2	100	29	5	15	2	82	41	34	63	4
애린이3 100-3	100	34	6	14	3	115	44	56	110	6
애린이3 100-4	100	33	5	14	4	99	44	74	96	6
애린이3 500-1	500	34	7	14	3	91	48	42	96	6
애린이3 500-2	500	32	6	14	4	90	42	44	91	6
애린이3 500-3	500	32	6	13	2	107	45	54	110	7
애린이3 500-4	500	33	7	14	2	88	43	47	88	6

표 9-1. UV 조사에 의한 자실체 특성

처리	생소일	발이도	길이	두께	직경	무게	품질	갓색도		
								L	a	b
30초-1	18.7	2.4	108.2	33.2	54.6	81.8	6.5	53.5	6.3	14.7
30초-2	18.3	2.2	110.8	31.4	56.5	79.0	6.4	55.2	5.8	14.6
30초-8	18.9	2.3	119.7	32.1	56.6	92.2	7.6	58.8	5.6	14.9
30초-9	18.9	1.8	109.6	33.1	53.3	80.1	6.9	60.4	5.8	15.7
30초-10	20.0	2.3	119.7	36.5	57.6	99.8	7.3	57.5	6.0	15.5
30초-11	19.0	1.7	112.5	31.2	55.6	84.7	7.2	60.0	5.3	14.3
30초-12	18.7	1.6	114.6	33.3	53.5	84.9	7.2	58.9	5.8	15.2
30초-13	19.3	1.8	115.9	32.6	53.9	86.2	7.3	59.7	5.9	15.7

30초-14	19.5	1.6	122.6	35.5	55.4	100.0	7.4	59.2	5.5	14.8
30초-15	19.1	1.3	111.3	34.8	54.3	87.4	7.3	57.0	6.1	15.5
1분-8	19.4	3.3	118.6	33.2	56.1	93.1	7.9	57.2	5.7	14.6
1분-13	17.7	3.4	103.8	31.9	53.3	72.0	5.8	56.1	6.0	14.8
1분-23	18.6	3.7	109.1	32.9	54.5	81.0	6.5	52.1	6.3	14.5
1분-27	18.7	3.5	111.1	32.3	57.4	83.9	6.9	54.5	5.9	14.1
1분30초-1	17.8	3.2	113.3	31.6	56.4	84.9	7.1	57.1	5.9	15.1
1분30초-3	18.6	5.4	112.6	33.3	56.2	86.1	7.2	55.1	6.5	16.0
1분30초-4	19.1	2.6	109.8	32.6	56.4	85.1	6.7	54.3	5.8	14.4
1분30초-5	19.2	2.4	107.8	30.0	56.3	75.8	6.2	-	-	-
1분30초-6	19.1	3.0	108.1	31.6	82.1	79.6	6.3	54.5	5.7	14.0
1분30초-10	19.1	2.8	110.0	31.5	55.3	81.6	6.4	-	-	-
1분30초-11	18.6	1.8	115.2	31.9	54.7	89.8	7.5	55.1	6.2	15.6
1분30초-17	18.4	2.8	106.4	31.8	54.2	76.8	6.4	56.7	5.9	15.0
1분30초-19	18.5	1.9	102.5	29.6	54.6	76.4	6.1	51.1	6.2	14.3
1분30초-29	19.0	3.0	106.9	31.7	55.9	78.5	6.4	55.6	5.2	12.8
1분30초-30	18.9	2.3	110.4	33.9	54.9	88.9	7.1	56.1	6.1	14.9
1분30초-31	18.6	3.1	108.3	30.3	55.5	81.8	6.5	54.2	6.1	14.4
1분30초-37	18.9	1.6	113.9	31.9	57.5	87.6	7.2	54.5	5.9	14.3
1분30초-40	18.7	2.9	114.7	31.9	86.1	88.1	7.2	56.7	5.4	13.9
1분30초-41	18.3	2.4	105.0	29.8	52.7	71.1	6.2	53.6	6.1	15.2

마. 저온적응성 품종육성

(1) 유전자원의 품질구성요소 조사 평가

전년까지 수집된 계통을 대상으로 고온과 적온에 대한 생육특성 파악을 완료하였고, 2년차에는 저온(12℃)에서의 생육조건하에서 자실체 형성능력과 품질구성요소를 조사 하였다(표 10). 100개 이상의 계통 중 1차로 선발한 계통과 품종화 된 계통을 포함하여 조사하여 표1에 나타내었다. 생육소요일은 21.7일에서 25일까지 다양하였으나 주로 22-23일이 주였다. 온도가 낮아지면 생육소요일이 길어지는 것은 일반적인 현상이다. 적온인 15℃와 비교하면 5-7일 정도 수확이 늦어진다. 생육소요일이 늦어지는데 비해 품질과 무게는 양호한 결과를 보였다. 2594는 품질이 8.0, 무게는 113g/850cc으로 가장 우수하였다. 큰느타리2호도 생육소요일은 25일로 아주 늦지만, 수확량과 품질은 각각 98.2g/850cc, 7.2로 양호하였다. 따라서 저온적응성 품종 개발은 저온에서 조기생육에 관련된 형질을 품질이나 수량변화 없이 기존 품종에 도입하느냐의 문제로 사료된다. 생육소요일은 2556와 2595계통이 21.7일과 22.0일로 가장 빠른 수확을 보였고, 2539, 2589, 2536, 새송이1호가 23일 미만의 생육소요일을 기록하여 비교적 우수한 형질을 보유하고 있는 것으로 드러났다. 품질은 5.5 이상, 무게는 75g이상을 기록한 계통이 많았지만, 생육소요일 형질은 적온이나 고온에서 재배하였을대 보다 5-7일 늦은 것으로 대량재배에 최적화 되어 있는 농장에 바로 적용할만한 계통은 없는 것으로 판명되어 속성형질 도입이 필요하였다.

표 10. 저온적응성이 우수한 큰느타리버섯 유전자원의 저온(12℃)에서의 생육 특성

계통	생소일	발이도*	길이(mm)	대두께(mm)	갓직경(mm)	무게(g)	품질**	갓명도
KNR2556	21.7	3.0	108.0	29.0	58.0	80.0	6.2	
KNR2595	22.0	0.5	118.0	34.0	51.0	75.0	6.5	57.9
KNR2539	22.0	2.3	105.7	30.3	55.0	75.7	5.5	
KNR2589	22.3	2.7	110.7	32.7	61.7	92.7	6.2	
KNR2736	22.7	2.8	117.7	31.7	63.3	97.7	6.8	
새송이1호	22.7	1.7	116.3	33.3	65.0	94.7	6.3	
KNR2600	23.0	2.8	118.0	34.3	59.7	104.0	6.8	
KNR2554	23.0	2.0	99.0	29.5	58.0	64.5	5.5	
애린이3	23.0	2.3	115.7	28.3	62.3	89.3	6.7	
KNR2540	23.0	2.3	91.5	31.0	57.0	56.0	5.5	
KNR2542	23.0	1.0	110.0	33.0	60.0	84.0	6.0	51.9
KNR2594	23.0	1.0	130.0	36.0	68.0	113.0	8.0	55.9
KNR2589	23.0	3.0	112.0	36.0	66.0	98.0	6.5	58.7
KNR2743	23.3	1.5	102.0	31.3	55.3	81.0	5.8	
애린이	23.5	2.3	109.5	31.0	66.0	87.0	6.3	
KNR2758	24.7	1.8	109.0	28.7	58.0	75.3	6.2	
큰느타리2호	25.0	1.0	107.0	37.0	59.3	98.3	7.2	

※선발하여 교배에 사용한 계통은 굵게 표시

*: 1-4(1: 1/4면발이, 2: 반면발이, 3: 3/4면발이, 4: 전면발이), **: 9점측정법(1 나쁨, 9 좋음)

(2) 온도별(저온, 고온) 모본 및 고품질 모본간 교배



그림 9. 단포자 채취, 단핵균사 풀 구축 및 교배 과정.

1차년도 유전자원의 온도에 따른 생육특성 데이터와 2차년도의 저온에서의 생육특성 데이터를 근거로 하여 육종소재로 사용할 계통을 선발하였는데, 특히, 저온에서만 우수한 형질을 보이는 계통을 우선적으로 선발하였다. 고품질계통은 2322과 2312계통을 선정하여 교배를 실시하고자 하였다. 교배계획은 표 11에 표시하였다. 각 계통별로 단핵균사를 100개씩 채취하여 현미경관찰을 통하여 단핵균사임을 확인하고 먼저 20개씩 무작위로 선발하여 교배를 실시하였다(그림 9). 저온에서도 생육이 활발한 2600, 2589, 2736 계통과 2322 계통간의 교배를 포함하여 1차년도에 충분히 실시하지 못한 고온적응성계통 2600, 2540, 2566계통과 고온적응성에 적응이 잘되는 것으로 판명된 가5나5s47계열의 모본도 교배에 사용하였다. 그리고 일부는 1차년도 단 교배에서 나온 모본과 반복친인 2322와 복교배를 실시하였다. 총 3,320개의 클램프 형성계통을

저온이나 고온에 재배하여 생육특성을 연구하고 각 온도에 적응성이 우수한 계통을 선발하였다(그림 10).

표 11. 고온 및 저온적응 계통 선발을 위한 교배조합

계통명	생육온도 (°C)	교배조합수	특징
2736x2322	12	115	저온우수x고품질
2589x2322	12	103	저온우수x고품질
2600x2322	12	105	저온수량우수x고품질
2758x2322	20	94	고온우수x고품질
2322x2524(2*8)x2322	20	188	고온우수x고품질
2600x2322	20	110	고온우수x고품질
2522x2524(6*17)x2322	20	390	갓고온우수x고품질
2566x2322	20	93	고온수량우수x고품질
2540x2322	20	93	고온수량우수x고품질
2526x2322	20	136	고온수량우수x고품질
가5나5S47x2322x2322	20	388	"
가5나5S47S12x38x2322	20	121	"
가5나5S47S12x38x2322	20	337	"
가5나5S47x2312	20	454	"
가5나5S47S12x38x2322	20	125	"
25322x312x2322	20	468	"
계		3,320	



그림 10. 교배계통의 접종, 배양, 생육 과정 및 유전자원 평가.

(3) 고온적응성 계통의 선발

1차년도 고온적응성 검증시험에서 가5나5s47계열이 사용된 애린이 품종이 고온적응성이 우수

한 것으로 판명이나서 관련 계통을 반복친인 2322와 2312에서 유래한 단포자와 교배하였다. 대체적으로 다른 야생계통이나 품종에 비해서 품질이나 무게가 우수하였다(표 12). 5*91계통이 품질 9.0, 무게가 144.5g/850cc에 달하여 최고의 수량과 품질을 보였다. 길이도 139.0mm로 8*27의 149.5mm 다음으로 긴 버섯으로 기록되었다. 무게와 길이는 기존 품종인 큰느타리2호에 비해 2배와 1.5배에 달하였다. 소비자의 선호도에 영향을 미치는 갯명도에 있어서는 대체적으로 55 부근으로 질지 않은 편이었다. 보통 52이하가 되면 소비자들이 겹다고 느끼는 수준이고 선호도가 높아진다. 생육 온도가 높아지면 갯의 명도가 올라가게 되는데, 고온에서 재배한 버섯은 갯색으로 표시가 나게 되어 있어서 유통이나 소비자의 선호도가 떨어진다. 본 조합에서는 7*12가 53.3으로 가장 우수하였다. 그러나 무게가 68.5g으로 기존품종보다 적었다. 무게나 품질면에서 우수한 형질을 보였으나, 품질이 6.0이상되는 계통의 생육소요일이 평균 20일을 넘겨서 대량생산에 적합한 계통은 없는 것으로 사료되었으나, 중간모본으로서의 가치는 충분하다고 판단된다(그림 11).

표 12. 고온우수계통과 고품질 계통(가5나5S47×2312)의 고온(20℃)에서의 생육특성(품질 5.0 이상)

조합명*	생소일	발이도*	길이(mm)	대두께(mm)	갯직경(mm)	무게(g)	품질**	갯명도
5 91	20.0	2.8	139.0	48.5	65.5	144.5	9.0	66.6
11 10	20.0	0.5	118.0	51.0	64.0	137.0	8.5	51.9
8 27	20.0	3.5	149.5	27.0	45.0	134.5	8.0	62.0
12 5	19.0	1.8	112.5	44.0	54.0	111.0	7.5	55.6
5 17	22.0	1.0	124.0	36.0	57.0	97.0	7.0	57.1
7 58	21.0	3.0	114.0	41.0	53.0	97.5	7.0	55.8
8 26	21.0	3.3	112.0	34.5	47.0	97.5	7.0	64.8
11 42	21.0	3.5	129.5	34.0	51.0	95.0	6.8	62.7
8 18	19.0	3.8	111.0	28.0	48.5	97.0	6.8	70.8
11 88	21.0	3.0	113.0	45.0	53.5	105.5	6.8	63.2
5 54	19.0	1.5	110.5	43.0	47.5	97.5	6.5	63.3
11 29	20.0	3.0	112.0	36.0	51.0	100.0	6.5	64.7
12 29	22.0	0.8	101.0	35.0	48.0	106.0	6.5	64.0
12 19	22.5	1.0	108.0	41.0	53.0	91.0	6.3	62.0
12 25	20.5	1.5	106.0	34.0	51.0	75.0	6.0	64.5
4 69	21.5	1.8	100.0	38.0	41.0	95.0	6.0	
7 44	20.0	1.8	101.5	35.5	35.5	97.0	6.0	57.7
12 23	20.0	1.5	117.0	21.0	43.0	102.0	6.0	66.0
5 67	22.0	2.0	105.0	46.0	61.0	106.0	6.0	
5 20	22.0	2.5	102.0	37.0	60.0	107.0	6.0	59.9
3 27	16.0	2.0	125.5	37.0	29.0	77.5	5.8	63.7
7 53	19.0	2.5	99.5	47.0	43.0	89.0	5.8	58.2
11 55	21.0	2.3	100.0	40.5	56.0	90.5	5.8	54.2
5 98	17.5	2.8	102.5	43.5	34.5	91.0	5.8	59.1
5 63	20.0	3.0	101.0	56.5	38.5	99.5	5.8	57.1
4 53	19.5	2.8	115.0	41.0	50.5	101.0	5.8	
11 53	22.0	2.5	97.0	41.0	41.0	64.0	5.5	
7 42	24.0	0.8	89.0	44.0	35.0	67.0	5.5	
7 12	23.0	2.3	89.0	44.5	45.0	68.5	5.5	53.3
9 1	22.5	2.3	90.5	36.0	57.0	69.0	5.5	56.3
5 2	19.5	3.0	113.0	31.5	43.0	75.0	5.5	59.1

5	19	19.5	2.3	105.5	31.0	55.0	83.5	5.5	65.5
11	19	22.0	3.3	97.0	44.5	60.0	92.0	5.5	
7	31	20.0	2.3	97.5	45.0	54.0	94.0	5.5	
12	4	22.0	3.0	99.0	43.5	60.5	94.0	5.5	68.7
11	12	19.5	2.8	100.0	50.5	48.5	94.5	5.5	59.8
6	11	19.0	2.0	89.0	53.5	54.5	109.0	5.5	62.4
7	30	18.0	2.0	100.0	36.0	50.0	64.0	5.3	54.6
8	19	19.0	3.5	90.5	38.0	50.5	80.0	5.3	
1	88	17.5	3.3	95.5	42.0	55.5	81.0	5.3	61.8
1	33	15.5	3.5	97.5	43.5	45.5	83.0	5.3	53.8
6	19	22.0	4.0	95.5	45.5	55.0	91.0	5.3	
11	69	20.0	2.5	106.0	42.5	46.0	94.5	5.3	54.5
12	3	20.0	2.8	93.5	43.0	60.0	101.5	5.3	
7	55	23.5	1.5	76.0	44.0	45.0	62.0	5.0	
5	94	23.5	0.5	87.0	42.0	34.0	70.0	5.0	
12	1	21.0	3.8	105.0	17.0	61.0	72.0	5.0	
8	90	22.0	1.5	93.0	44.0	46.0	76.0	5.0	
4	19	19.0	2.0	90.0	42.0	49.0	78.0	5.0	
6	20	23.5	1.8	84.0	46.0	45.0	78.0	5.0	
9	19	19.0	2.0	95.0	40.5	58.5	83.5	5.0	
7	29	22.0	3.5	89.5	50.5	44.5	90.5	5.0	
4	89	22.0	3.3	82.0	55.0	42.0	107.0	5.0	
큰느타리2호		21.0	1.4	94.5	38.3	32.0	73.3	5.0	61.9

*: 첫 번째 칼럼: 가5나5S47, 두 번째 칼럼 : 2312



큰느타리2호 가5나5S47-12 × 2312-5 가5나5S47-11 × 2312-10 가5나5S47-5 × 2312-91

그림 11. 고온우수계통과 고품질 계통(가5나5S47×2312)의 우수 품종 자실체 형태(20℃).

가5나5S47_1238은 애린이3의 모본으로 애린이에서 유래하여 고온적응성이 우수할것으로 판단되어 고품질 반복친인 2322에서 유래한 단핵군사와 교배를 실시하였다. 앞서의 가5나5S47계열에서 보여준것과 같이 다른 품종이나 야생계열에서 유래한 단핵군사보다 품질이나 무게가 월등히 우수하였다(표 13, 그림 12). 그러나 생육소요일은 47*10의 17.0일, 8*19의 17.07*10의 17.0일, 13*18의 16.0을 제외하고는 품질이 6.0이상의 계통에서 평균 20일 이상소요되는 단점이 발견되었다. 품질에 있어서 49*9와 2*10이 8.5로 우수하였고, 49*10도 7.8로 우수하였다. 갓명도에 있어서는 42*12가 51.4로 우수하였다. 품종수준에 이르는 종합적으로 우수한 계통보다 육종 모본으로서의 활용가치가 있을 것으로 사료된다.

표 13. 고온적응성 계통(가5나5S47_1238×2322)의 고온(20℃)에서의 생육특성(품질 5.0 이상)

조합명		생소일	발이도*	길이(mm)	대두께(mm)	갓직경(mm)	무게(g)	품질**	갓명도
49	9	19.5	3.0	128.5	43.0	60.5	129.5	8.5	60.6
2	10	20.0	3.0	129.0	38.0	55.0	130.0	8.5	
47	4	22.0	2.0	122.0	47.0	53.0	116.0	8.0	
49	10	19.5	2.8	127.0	42.0	57.5	121.5	7.8	55.7
38	16	19.5		119.0	39.0	53.5	93.0	7.5	62.5
42	18	17.0	1.3	119.0	35.0	53.0	103.5	7.5	50.0
45	16	15.0	4.0	115.0	40.0	64.0	104.0	7.5	61.0
47	13	19.0	3.5	112.0	41.0	63.5	110.0	7.5	67.2
17	10	20.5	3.3	129.5	40.5	51.5	116.0	7.5	68.6
48	16	20.0	1.8	118.0	50.5	67.0	131.5	7.5	61.1
42	8	19.5	2.3	118.5	46.0	46.0	96.0	7.3	49.6
53	12	17.5	2.3	119.5	35.5	65.5	99.0	7.3	59.7
35	18	19.5	3.5	124.5	35.0	53.0	104.0	7.3	58.6
26	10	19.0	2.8	129.5	37.5	55.5	112.5	7.3	55.4
36	5	19.5	3.5	113.5	45.5	58.0	114.0	7.3	68.1
48	12	18.5	1.3	140.0	30.0	59.0	115.0	7.3	62.3
3	12	18.5	4.0	111.5	37.0	56.5	94.5	7.0	52.6
47	9	19.0	3.0	131.5	35.0	59.5	97.5	7.0	63.9
46	10	20.0	2.5	114.0	40.0	51.0	106.0	7.0	
18	4	19.5	1.5	108.0	33.0	55.5	115.0	6.8	63.9
6	17	20.0	2.5	110.0	49.5	56.5	123.0	6.8	77.8
47	10	17.0	4.0	111.0	32.0	47.0	76.0	6.5	53.5
38	18	19.0	2.0	119.0	29.0	55.0	93.0	6.5	
45	18	19.0	3.8	135.0	33.0	55.0	98.5	6.5	62.6
5	15	19.5	3.5	109.5	39.5	50.0	99.0	6.5	65.9
17	14	22.0	4.0	125.0	40.0	49.0	112.0	6.5	
51	9	20.0	1.5	103.0	55.0	59.0	115.0	6.5	63.5
25	5	20.0	4.0	105.0	40.5	54.5	86.0	6.3	65.9
50	18	20.0	2.8	109.5	40.0	51.0	87.5	6.3	64.1
8	10	17.0	3.3	108.5	40.0	50.5	92.5	6.3	72.2
45	19	21.0	3.5	111.0	47.0	54.0	102.0	6.3	
23	18	18.0	2.5	103.0	38.0	35.0	77.0	6.0	64.9
5	6	18.5	3.8	107.0	35.0	54.5	82.0	6.0	68.7
25	11	19.5	3.5	109.0	37.5	51.5	84.0	6.0	65.0
36	8	20.0	3.5	121.0	37.0	44.0	84.0	6.0	
50	13	20.0	1.8	112.0	36.0	56.5	87.0	6.0	62.9
27	9	22.0	2.3	103.5	45.0	46.0	88.0	6.0	64.1
5	2	21.0		97.0	41.0	52.0	88.0	6.0	67.2
7	10	17.0	3.0	108.0	35.5	54.5	88.5	6.0	63.5
25	20	20.0	3.5	112.5	38.5	40.0	88.5	6.0	66.6
13	18	16.0	3.0	146.0	27.0	56.0	91.0	6.0	64.4
50	12	21.5	1.5	103.0	39.0	52.0	92.5	6.0	
50	6	23.5	1.5	107.0	43.0	52.0	94.0	6.0	
39	11	20.0	3.5	103.0	43.0	48.0	99.0	6.0	
24	17	20.0	3.3	100.0	35.0	55.5	104.0	6.0	61.3
6	1	22.5	2.8	107.0	56.0	48.0	112.0	6.0	70.5
53	18	18.0	2.3	121.0	28.0	53.0	79.0	5.8	60.5
5	1	18.5	3.8	103.0	41.0	43.5	86.0	5.8	
24	10	20.0	1.5	98.5	33.5	39.5	86.5	5.8	

50	17	21.0	3.5	111.5	35.5	50.5	87.0	5.8	
50	5	23.0	2.0	103.5	38.5	47.0	87.5	5.8	
17	3	19.0	3.0	118.0	44.5	30.5	88.0	5.8	
45	8	19.0	2.8	105.5	38.5	52.5	91.5	5.8	
27	10	20.0	2.8	133.0	23.5	53.0	94.5	5.8	66.5
50	3	21.5	1.5	113.5	49.0	39.0	97.5	5.8	
46	4	21.0	2.3	99.0	44.5	51.0	102.0	5.8	
25	8	20.0	3.5	112.5	30.0	36.5	61.5	5.5	64.3
5	9	22.5	1.3	100.0	41.0	40.0	69.0	5.5	
7	9	17.0	3.0	101.0	35.0	54.0	73.0	5.5	
5	17	22.0	3.0	103.0	32.0	52.0	75.0	5.5	
50	19	19.0	2.0	95.0	38.0	63.0	78.0	5.5	
50	11	20.0	1.5	96.0	39.5	50.0	79.0	5.5	
26	1	19.5	2.8	119.5	31.5	55.0	84.0	5.5	68.2
55	10	21.5	1.0	100.0	42.0	44.5	84.0	5.5	
28	16	22.0	.5	101.0	45.0	37.0	84.0	5.5	
48	20	20.0	2.0	126.5	36.5	49.0	89.5	5.5	
42	5	19.0	4.0	96.0	50.0	43.0	90.0	5.5	
42	19	20.0	3.3	94.0	46.5	45.5	90.0	5.5	
39	16	20.0	2.8	97.5	46.5	56.0	92.0	5.5	66.6
47	3	20.0	1.8	105.0	51.0	22.0	93.0	5.5	
40	19	21.0	2.0	96.5	42.5	53.5	97.5	5.5	
51	10	19.5	2.8	102.5	48.5	58.5	106.5	5.5	64.1
2	17	21.0	1.0	103.0	46.5	60.0	116.5	5.5	
50	20	20.0	2.0	93.5	37.5	54.0	71.0	5.3	
50	14	21.5	2.5	107.5	33.0	42.5	72.5	5.3	
17	7	20.0	4.0	86.5	41.5	32.5	74.5	5.3	73.2
45	12	16.0	2.3	125.5	26.5	52.5	77.5	5.3	58.2
48	11	18.0	2.0	104.5	33.0	54.5	79.0	5.3	61.1
16	18	16.0	3.8	135.0	27.0	54.5	82.0	5.3	
18	2	21.5	3.5	95.0	38.0	33.0	83.0	5.3	63.7
28	11	22.5	3.3	100.5	36.5	40.0	84.0	5.3	
18	1	19.0	4.0	101.5	33.0	62.0	92.0	5.3	61.8
50	4	22.0	1.0	96.0	45.0	58.5	98.5	5.3	63.7
29	18	22.0	3.0	106.0	28.0	34.0	46.0	5.0	
17	17	20.0	4.0	90.0	20.0	46.0	63.0	5.0	
38	12	19.5		131.0	25.5	45.5	64.0	5.0	
34	11	19.0	3.0	107.5	35.5	46.5	65.5	5.0	
25	18	19.0	2.0	116.0	27.0	47.0	66.0	5.0	
28	18	22.0	1.8	124.0	29.0	41.0	66.0	5.0	
30	10	17.5	2.8	108.5	32.0	49.5	66.5	5.0	64.3
25	12	20.0	2.8	125.0	30.0	37.5	68.0	5.0	
40	18	16.0	1.8	113.0	25.0	50.0	68.5	5.0	
42	12	18.5	3.0	98.0	34.0	47.5	69.5	5.0	51.4
48	8	18.0	3.0	111.0	31.0	49.0	73.0	5.0	
49	4	20.0		99.0	41.0	39.0	73.0	5.0	
36	12	16.5	2.0	130.0	25.5	56.0	74.5	5.0	52.6
50	9	24.0	1.3	92.0	40.0	46.0	75.0	5.0	
35	11	21.0	3.3	91.5	43.5	40.5	75.5	5.0	
25	16	19.0	3.0	96.0	40.0	56.0	80.0	5.0	63.8

8	6	18.5	1.8	99.0	37.0	59.0	80.5	5.0	
51	17	23.0	3.3	82.0	65.0	53.0	85.0	5.0	59.4
49	15	22.5	3.0	95.0	50.5	35.5	85.0	5.0	
24	2	21.0	4.0	82.5	45.0	38.0	90.5	5.0	62.3
26	17	20.0	3.5	94.0	46.0	62.0	101.0	5.0	
7	13	18.0	3.0	94.0	51.0	60.0	104.0	5.0	
2	2	20.0	4.0	85.0	56.0	53.0	118.0	5.0	

*: 첫 번째 칼럼: 가5나5S47_1238, 두 번째 칼럼 : 2322

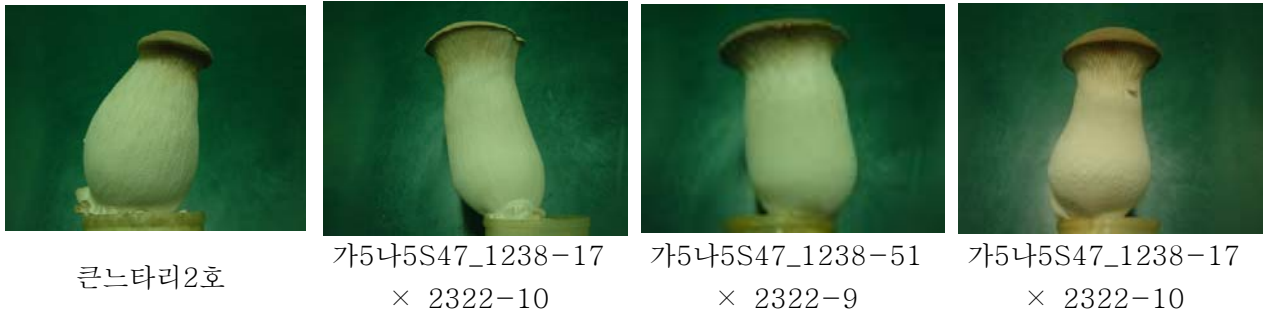


그림 12. 고온우수계통과 고품질 계통(가5나5S47_1238×2312)의 우수 품종 자실체 형태(20℃).

고온적응성적응 형질이 있는 것으로 판명된 가5나5S47계통과 고품질 2322계통간의 1차 시험 결과를 바탕으로 품질이 5.0이상인 계통을 규모를 키워서 고온적응성을 실험하였다. 품질의 평균이 1차 시험보다 낮아졌으나 편차가 줄어들어 신뢰도가 높아졌다(표 14). 32*15계통이 품질 7.0 무게 120.6/850cc로 가장 우수하였다. 무게는 129.5g의 6*18계통이 가장 우수하였고, 품질도 6.4로 수준급이었다. 다만, 갓명도가 62.8로 다소 아쉬운 형질이었다. 생육소요일이 기존의 가5나5s47계열에서 획기적으로 나아진 14.9일로 품종급에 도달하였다고 사료되었다. 이 계통은 발이도도 2.4로서 숙기 부담이 덜하고 갓과 대의 비율이 1.23으로 외형이 우수하였다. 그 외에 19*9, 18*10 계통은 품질이 각각 6.9, 6.8, 무게가 117.0g, 120.6g으로 품종급과 비슷하였다. 본 계통들은 농가실증시험을 거쳐 특허나 품종보호출원 예정이다.

표 14. 고온적응성 선발계통(가5나5S47×2322)의 고온(20℃)에서의 생육특성(품질 4.5 이상)

조합명	배양일	발소일	생소일	발이도*	길이 (mm)	대두께 (mm)	갓직경 (mm)	무게 (g)	품질**	갓명도	
32	15	32.5	7.9	14.9	2.4	118.3	42.4	52.3	120.6	7.0	62.8
19	9	34.0	11.3	17.8	1.6	122.3	41.5	47.6	117.0	6.9	67.7
18	10	31.5	8.9	15.6	1.9	131.9	39.6	49.8	120.6	6.8	65.7
30	5	32.9	10.7	17.7	3.2	112.3	48.3	53.3	125.4	6.7	67.1
49	9	31.1	10.8	18.3	2.2	112.4	41.0	48.4	110.3	6.7	63.1
37	5	33.5	10.4	17.3	2.1	125.1	39.9	50.7	128.0	6.6	66.5
17	9	31.0	8.6	15.9	2.8	124.8	36.9	56.1	110.5	6.5	66.1
21	5	33.9	9.5	16.1	3.7	112.9	48.8	52.6	119.7	6.4	67.6
6	18	30.5	8.3	16.0	3.3	146.0	35.9	56.1	129.5	6.4	66.5
8	12	32.1	9.9	17.0	2.1	132.9	36.1	52.1	118.4	6.4	62.9
19	10	30.5	8.7	16.5	2.4	112.5	43.2	51.8	104.3	6.3	75.8
51	18	31.4	9.3	16.0	3.8	129.6	36.8	49.3	107.9	6.3	63.7
18	9	33.1	10.6	18.4	1.5	118.1	35.9	43.1	97.8	6.3	67.7

21	18	31.3	7.8	14.6	3.6	140.4	32.8	55.3	108.3	6.1	69.5
34	9	32.4	9.4	16.6	2.4	125.6	36.9	53.0	119.7	6.1	72.2
4	9	35.0	10.4	17.3	2.1	115.4	40.3	40.9	100.6	6.0	64.8
39	18	32.4	7.9	15.3	3.6	136.3	34.3	47.3	100.5	5.9	70.5
56	10	33.5	10.4	18.3	1.1	107.9	43.1	42.6	98.3	5.9	65.3
41	5	31.3	12.3	18.6	2.1	103.5	47.8	47.3	108.9	5.8	69.4
44	9	33.5	11.5	20.0	1.1	103.8	45.3	42.8	109.0	5.8	65.4
5	5	33.3	10.6	17.6	2.5	101.4	55.8	51.1	127.9	5.6	70.0
34	6	33.6	9.3	15.9	3.1	118.4	37.4	41.0	98.5	5.6	68.4
41	12	33.3	11.1	19.7	1.0	118.6	34.4	45.2	97.4	5.6	62.8
44	10	29.9	9.3	16.0	3.1	108.4	44.0	50.3	104.9	5.5	60.2
11	14	34.0	11.4	19.4	0.8	100.4	44.2	42.0	113.0	5.4	61.4
44	1	34.4	8.3	17.1	2.5	116.9	38.3	49.9	113.8	5.4	68.2
16	10	32.6	8.5	15.3	2.5	109.8	29.0	48.1	78.1	5.3	65.5
23	9	30.0	10.4	17.6	1.4	107.6	36.4	32.1	92.1	5.3	64.5
30	16	33.6	11.7	18.8	1.9	98.9	46.3	47.9	107.1	5.1	62.9
53	5	30.3	9.2	16.6	2.7	101.0	48.6	36.9	110.0	5.1	68.3
26	12	34.5	8.6	15.3	3.4	150.0	27.1	54.9	103.1	5.1	60.5
36	18	31.4	8.9	16.8	3.4	106.0	39.0	29.4	87.5	5.1	66.2
11	1	31.8	8.5	15.2	1.7	96.6	36.4	48.1	81.2	4.9	65.0
6	5	33.1	9.6	17.5	3.3	99.0	49.8	41.3	106.5	4.9	65.6
54	16	33.9	12.0	18.5	1.7	97.8	41.3	38.7	91.8	4.8	60.7
18	3	32.4	11.6	21.6	0.8	100.3	51.7	29.3	109.3	4.8	70.8
23	14	33.8	12.1	20.9	1.9	93.3	46.1	23.9	92.1	4.8	65.7
17	15	33.8	10.9	18.3	2.5	101.9	42.4	35.1	104.0	4.7	62.5
51	11	33.6	10.7	18.9	1.3	90.1	49.3	33.8	100.4	4.5	68.7
53	11	32.6	10.5	17.5	1.9	96.6	53.8	26.8	113.9	4.5	70.4
큰느타리2호		33.0	13.5	19.5	1.0	97.5	43.5	26.5	78.0	4.5	74.7



큰느타리2호 가5나5S47-19 × 2322-9 가5나5S47-32 × 2322-15 가5나5S47-17 × 2322-10

그림 13. 고온적응성 선발계통(가5나5S47×2322)의 자실체 형태(20℃).

1차년도에 선발하였던 고온적응성 2524x2322 계통들에 대한 규모화 실험에서 3*7이 품질 6.8 무게 99.7로 양호한 형질을 보였다. 그러나 무게가 100g/850cc에 미치지 못하여 품종급으로 분류하지 않았다(표 14).

표 14. 고온적응성 선발계통(2524x2322)의 고온(20℃)에서의 생육특성(품질 3.0 이상)

조합명	배양일	발소일	생소일	발이도 *	길이 (mm)	대두께 (mm)	갓직경 (mm)	무게 (g)	품질 **	갓명도	
3	7	28.3	9.1	16.6	2.6	121.1	41.7	44.3	99.7	6.8	67.3
1	7	28.8	11.9	20.6	1.6	100.2	36.8	46.2	75.0	4.8	73.5
1	14	31.6	6.3	15.6	3.5	84.0	32.6	50.8	59.2	3.2	73.5

1차년도 선발계통 2532x2322에 대한 규모화 실험에서 18*4가 품질 6.4 무게 117.0으로 우수한 형질을 보였다(표 15, 그림 14). 갓명도가 71.0으로 흰색을 선호하는 미주나 유럽 시장용과 고온적응성 품질의 다양성 차원에서 품종화 가치가 있을 것으로 판단된다.

표 15. 고온적응성 선발계통(2532x2322)의 고온(20℃)에서의 생육특성(품질 3.0 이상)

조합명	배양일	발소일	생소일	발이도 *	길이 (mm)	대두께 (mm)	갓직경 (mm)	무게 (g)	품질 **	갓명도	
2	4	27.1	8.9	16.5	3.3	92.2	46.6	28.4	78.3	4.3	59.9
2	11	27.3	7.8	12.1	3.9	102.5	58.1	27.5	89.6	4.5	70.3
2	13	28.2	8.2	14.4	3.8	100.3	38.1	50.6	83.6	4.9	65.5
2	6	28.4	8.1	15.6	3.4	86.8	42.9	43.3	75.6	4.3	59.7
2	14	27.6	6.9	12.6	3.7	91.4	44.3	38.6	74.0	4.2	63.1
4	8	29.3	9.6	17.0	1.9	104.6	41.6	43.7	78.0	5.0	75.4
8	4	33.9	8.5	16.0	2.4	123.5	44.5	32.4	94.9	5.2	71.0
17	14	28.1	6.9	13.4	3.3	109.1	40.0	54.1	85.6	5.7	62.2
18	4	26.1	8.8	16.1	2.3	147.5	37.6	45.6	117.0	6.4	71.1
18	10	28.5	8.5	16.5	1.6	97.0	41.5	28.4	67.8	3.9	70.9



2524-7x2322-3



2532-4 x 2322-18



2532-13 x 2322-2

그림 14. KNR2532(고온적응성)과 KNR2322(고품질)간의 교배에 의한 우수 품종 자실체 형태.

전세계적인 기후변화 특히 여름철 기온상승에 대비하여 적온(15℃)보다 5℃높은 20℃에서도 생육이 정상적인 품종을 육종하고자 하였다. 먼저 유전자원을 수집하고 표준재배온도보다 5℃ 높은 20℃에서의 자실체 특성을 평가하고 생육소요일, 품질, 수량을 기준으로 육종모본을 선발하고 단핵군사를 채취하여 단교배하였다. 온도별 군사생장속도는 태양송이가 대조품종보다 느렸으나 생육은 더 우수하였다. 군사생장속도와 생육특징과 큰 연관이 없다는 것이 일반적인 견해이고 이는 아마도 군사생장이 영양생장에 속하고 생육특성은 생식생장의 과정이기 때문인 것으로 추정된다. 생육소요일을 기준으로 선발한 KNR2523과 품질 수량으로 선발한 “다”계통 간의 단교배에 의해 다xKNR2322-32x15가 생육소요일수(14.9일)과 수량(120.6g), 품질(7.0)로 선발되었다. 선발된 계통을 태양송이라고 명명하고 대량재배로 큰느타리2호와 생육특성을 비교

하였다. 군사생장은 큰느타리2호가 태양송이보다 우수하였으나, 수량은 태양송이가 109.0g으로 대조품종의 70.6g의 154% 수준이며, 통계적으로 분산분석결과 0.001% 수준에서 고도의 유의성을 보였다. 품질은 태양송이는 6.6, 큰느타리2호는 3.5로 나타나서 우수하였다. 갖의 명도에 있어서 태양송이는 고온임에도 불구하고 59.5의 수치를 보여서 대조구보다 10정도 낮았다. 고유성에 있어서는 URP2프라리머에서 큰느타리2호와 근친품종 애린이3과 다형성을 보였다.

표 16. 고온적응성 태양송이와 대조품종 큰느타리2호의 온도별 군사생장속도.

품 종 명	군사생장 최적온도	군사생장속도(℃, mm/7일)				차실체 발생형
		15	20	25	30	
태양송이	20℃내외	14.3	34.3	33.0	20.7	개체형
큰느타리2호	25℃내외	15.0	37.7	38.0	35.7	개체형

표 17. 고온적응성 태양송이와 대조품종 큰느타리2호의 생육특성.

계통	발이도*	길이 (mm)	대두께 (mm)	갓직경 (mm)	무게 (g)	품질**	갓색 (명도)	발이소 요일	생육소 요일
태양송이	2.4	118.3	42.4	52.3	120.6	7.0	59.8	7.9	14.9
큰느타리2호	1.3	109.0	42.5	21.5	79.5	3.8	70.1	9.0	21.5

850cc 기준, 고온(20℃) 생육

표 18. 고온적응성 태양송이와 대조품종 큰느타리2호의 병해충 발병율.

품 종 명	발병율(%)			평균
	1차	2차	3차	
태양송이	0.0	0.0	0.0	0.0
큰느타리2호	0.0	0.0	0.0	0.0

표 19. 고온적응성 태양송이와 대조품종 큰느타리2호의 수량성 비교.

품 종 명	*생산량(g/병)			평균 (g)
	1차	2차	3차	
태양송이	120.6	109.0	79.8	103.13
큰느타리2호	79.5	70.6	59.5	69.87

*850cc 수확처리, 20℃

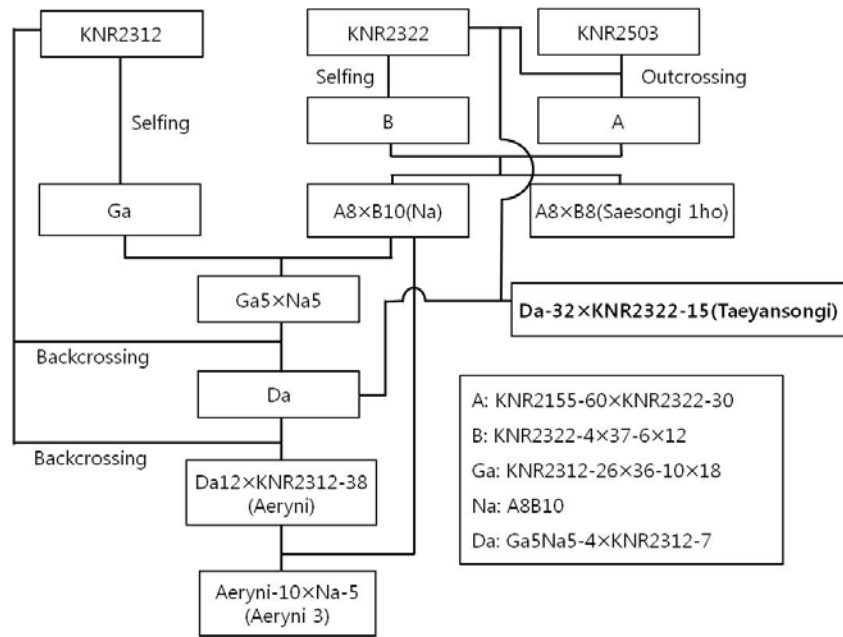


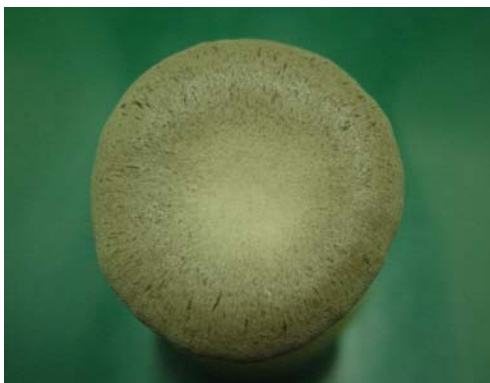
그림 15. 고온적응성 신품종 태양송이의 육종계통도.



태양송이 자실체



큰느타리2호(대조구) 자실체



태양송이-갓



큰느타리2호-갓

그림 16. 고온적응성품종(태양송이)과 대조구(큰느타리버섯2호) 자실체 모습(20℃ 생육시).

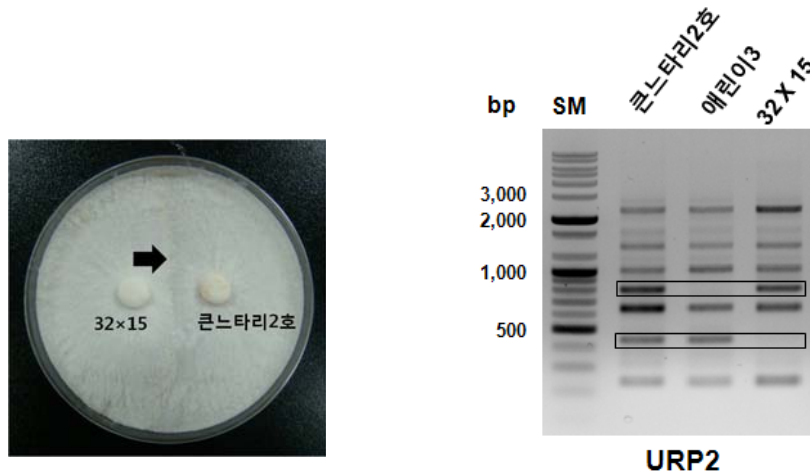


그림 17. 고온적응성품종(태양송이)과 대조구(큰느타리버섯2호)의 고유성 검사.
(왼쪽: 대치배양, 왼쪽: URP2 프라이머를 이용한 RAPD 다형성 밴드)

(4) 저온적응성 계통의 선발

저온적응성 계통 2539와 고품질 2322 계통의 교배에서 무엇보다 문제점은 생육소요일이 예상보다 길어졌다는 것이다. 가장 우수한 계통으로 선발된 9*2 계통의 생육소요일은 24.0일로 저온(12℃)이라는 것을 감안하여도 겨울철을 항상 대비하는 용으로 농업인에게 적용하기는 어려울 것으로 사료된다. 다만, 겨울철 온도가 항상 12℃ 이하는 아니라는 가정하에 보급이 가능하지 않을까 생각한다. 9*2계통은 품질이 7.5 무게가 114.0/850CC로 품종급 형질을 지닌다. 그 외 20*18의 무게가 101.0g으로 우수하였고, 갯명도에 있어서는, 16*19가 50.9로 우수하였다.

표 20. 저온적응성 계통과 고품질계통(2539x2322)의 저온(12℃)에서의 생육특성(품질 4.0이상).

조합명	생소일	발이도*	길이(mm)	대두께(mm)	갯직경(mm)	무게(g)	품질**	갯명도
9 2	24.0	0.5	126.5	39.5	65.5	114.0	7.5	61.3
12 14	25.5	0.8	113.0	31.5	62.5	80.5	6.3	50.8
1 3	23.5	0.5	116.5	31.5	65.5	84.0	6.0	59.9
8 20	22.5	0.5	114.0	35.5	53.0	78.0	5.8	58.6
1 2	23.0	0.5	107.0	31.5	58.5	82.5	5.5	61.8
10 11	21.5	0.5	116.5	31.5	54.0	76.0	5.5	51.0
19 9	25.0	1.0	121.0	35.0	60.0	96.0	5.5	63.5
18 1	24.5	0.5	131.5	24.0	60.0	82.0	5.3	56.4
10 2	24.0	1.5	107.0	34.0	55.0	75.0	5.0	55.3
10 5	23.5	1.8	104.0	32.0	57.0	75.0	5.0	53.6
20 18	26.0	0.5	116.0	45.0	54.0	101.0	5.0	63.4
11 6	23.5	0.5	95.5	33.5	57.5	68.0	4.8	52.8
16 14	25.5	0.5	104.0	38.0	69.5	96.5	4.8	50.4
11 4	27.5	0.5	98.0	33.5	54.0	72.5	4.5	54.2
18 10	24.0	0.5	104.5	32.0	46.0	65.5	4.5	56.3
6 5	25.5	0.5	97.5	28.0	55.5	60.5	4.3	54.3
7 2	24.5	1.5	97.5	37.0	57.0	90.5	4.3	61.2
12 7	22.5	1.8	93.5	26.0	52.0	60.5	4.3	53.2

15	2	26.0	0.5	95.0	29.5	60.5	64.0	4.3	56.8
18	4	22.0	2.0	105.0	27.5	48.5	59.0	4.3	56.0
18	9	24.0	0.8	102.5	31.0	48.5	69.5	4.3	55.4
18	13	23.0	1.8	97.5	27.0	52.0	56.5	4.3	54.5
2	3	20.5	2.0	92.5	32.5	53.0	63.5	4.0	52.4
9	11	22.5	0.8	95.5	32.0	51.5	60.5	4.0	59.9
12	18	24.0	1.3	100.5	29.5	55.5	64.5	4.0	49.3
13	11	25.5	0.5	95.0	36.5	59.0	85.5	4.0	62.1
15	5	27.0	2.5	101.0	32.0	54.0	70.5	4.0	54.0
16	12	27.0	0.5	96.5	34.5	75.0	91.0	4.0	53.2
16	19	23.0	0.5	93.5	28.5	61.5	65.5	4.0	50.9
18	18	22.0	1.5	91.5	25.5	55.5	53.5	4.0	55.3
20	12	24.0	1.3	93.5	27.5	54.5	67.5	4.0	55.7



2539-2x2322-9



2539-14x2322-12



2532-2 x 2322-10

그림 18. KNR2532(고온적응성)과 KNR2322(고품질)간의 교배에 의한 우수 품종 자실체 형태.

1차 저온 적응성 실험데이터를 근거로 하여 품질이 5.0이상인 계통을 규모화 실험을 통하여 품종화를 위한 최종 선발을 실시하였다. 1차선발과 다르게 10x2가 품질 6.4, 무게 79.8g/850cc로 최고 우수한 계통이었다. 생육소요일이 22.3일로서 기존의 다른 계통보다 우수하였고, 이는 대조구인 큰느타리2호보다 6일 정도 앞서 수확되는 수치이다. 생육소요일이나 무게에 있어서 아쉬운 점은 있으나, 겨울철 저온에 적응하는 품종이 개발되지 않은 점을 감안하여 품종보호출원 하였다.

표 21. 저온적응성 선발계통(2539x2322)의 저온(12℃) 생육특성(품질 4.0이상).

조합명	배양일	발소일	생소일	발이도*	길이(mm)	대두께(mm)	갓직경(mm)	무게(g)	품질**	갓명도	
10	2	31.5	13.0	22.3	2.8	101.5	32.8	51.6	79.8	6.4	60.6
9	2	31.4	13.1	23.4	2.3	95.9	30.4	51.8	70.3	5.0	61.8
18	1	31.6	13.5	24.0	.9	101.9	25.9	46.5	59.5	4.6	62.3
1	3	31.9	14.6	23.8	1.0	96.8	27.1	48.4	66.3	4.6	66.7
10	11	33.6	13.6	22.8	2.3	92.4	30.1	50.3	66.0	4.4	53.9
10	5	33.8	15.0	26.4	2.5	92.9	34.3	36.3	72.6	4.4	55.6
1	2	33.5	13.0	21.9	1.3	91.9	31.8	56.9	77.1	4.2	63.3
19	9	34.0	14.7	26.9	2.0	93.0	33.0	47.1	69.9	4.1	59.3
20	18	33.6	15.0	26.6	3.2	85.3	35.6	47.3	65.8	3.7	51.6
12	14	32.5	13.5	23.1	1.3	89.3	23.9	53.1	50.8	3.7	56.2
8	20	32.8	13.3	22.9	2.2	84.9	27.4	48.4	56.9	3.7	56.3
큰느타리2호		35.0	15.0	28.5	.8	95.5	28.5	55.0	59.5	4.0	47.8

※ 품종보호신청(눈송이) 계통



그림 19. KNR2532(고온적응성)과 KNR2322(고품질)간의 교배에 의한 우수 품종 자실체 형태.

다른 저온적응성 계통 2540과 고품질 2322계통간의 1차교배의 결과는 표10에 나타내었다. 18*7계통이 품질 5.0, 무게 63.5로 가장 우수하였다. 무게에 있어서는 7*4계통이 77.5g으로 가장 우수하였지만, 갓에 돌기형태가 문제점으로 지적되었다. 2539계통보다는 품질이나 무게에 있어서 비교우위에 서지 못하는 것으로 판단되지만, 갓명도에 있어서는 평균값이 더 낮아 우수하였다.

표 22. 저온적응성과 고품질계통(2540x2322)간의 교배계통 저온(12℃) 생육특성(품질 3.0 이상).

조합명	생소일	발이도*	길이(mm)	대두께(mm)	갓직경(mm)	무게(g)	품질**	갓명도
18 7	25.5	0.5	105.0	28.0	54.5	63.5	5.0	58.8
7 4	24.0	2.8	102.0	33.0	60.5	77.5	4.8	61.6
14 4	29.0	1.5	95.5	31.5	58.0	63.5	4.3	53.6
15 18	25.0	2.5	97.0	31.0	45.5	66.0	4.3	49.6
4 4	26.0	1.8	90.5	32.0	51.0	59.5	4.0	52.5
18 15	25.5	0.8	100.0	27.0	62.0	68.0	4.0	47.2
15 20	24.5	2.0	96.0	27.0	51.0	55.0	3.8	51.8
12 8	26.0	0.8	97.0	28.5	48.0	55.5	3.8	51.2
1 2	27.5	0.5	92.0	29.0	55.0	56.5	3.8	61.3
12 9	26.0	1.0	89.5	31.5	55.0	58.0	3.8	47.7
4 20	28.0	1.5	94.0	24.0	45.0	36.0	3.5	60.2
7 1	26.0	0.5	90.0	28.0	48.5	46.5	3.5	54.7
18 5	27.5	1.0	96.0	23.5	48.5	47.5	3.5	57.3
16 9	24.5	2.5	91.0	30.0	43.0	49.0	3.5	50.7

19	3	25.5	2.3	89.0	28.5	57.5	56.0	3.5	63.4
12	3	25.0	2.0	100.5	24.0	62.5	56.5	3.5	53.8
15	1	30.5	1.5	90.0	33.0	48.0	58.0	3.5	49.6
12	16	26.5	2.0	94.5	31.0	41.5	58.5	3.5	44.6
10	20	27.0	1.3	91.5	31.5	55.5	61.0	3.5	51.8
18	16	24.0	3.3	97.0	21.5	48.0	47.0	3.3	55.8
20	16	26.0	0.8	88.0	29.0	47.5	52.0	3.3	50.6
15	4	28.0	1.3	84.0	32.0	47.0	52.5	3.3	53.8
20	3	25.5	1.0	89.5	26.5	63.0	58.5	3.3	60.0
20	15	26.0	1.8	86.5	26.0	50.5	50.5	3.0	53.2
18	3	24.5	2.3	87.0	27.0	50.0	48.0	3.0	56.2
6	20	24.5	2.5	85.0	28.0	46.0	48.5	3.0	45.2
7	20	25.5	2.0	89.0	25.0	56.5	53.0	3.0	59.3
20	18	27.0	0.5	85.5	31.0	55.5	60.5	3.0	63.5

1차 저온적응성 데이터를 근거로 품질이 4.5이상인 계통을 규모화하여 저온적응성을 측정하였다. 18*7계통이 품질 5.5 무게 77.0g/850cc로 가장 우수하였다. 그 외의 계통은 품질과 무게가 품종급과 상당한 차이가 있었다(표11).

표 23. 저온적응성 선발계통(2540x2322)의 저온(12℃)에서의 생육특성(품질 3.5 이상).

조합명	배양일	발소일	생소일	발이도 *	길이 (mm)	대두께 (mm)	갓직경 (mm)	무게 (g)	품질 **	갓명도	
7	4	32.4	13.0	22.9	3.6	96.9	35.1	46.0	69.6	4.9	63.3
14	4	33.5	14.3	24.8	1.7	82.6	30.0	48.5	56.3	3.6	53.3
15	18	30.5	13.0	26.0	1.5	95.8	34.8	33.5	65.5	4.3	62.5
18	7	33.5	13.3	23.0	1.5	109.6	28.4	52.4	77.0	5.5	58.4



2540-7x2322-18

2540-2x2322-10

2540-18x2322-15

그림 20. KNR2540(저온적응성)과 KNR2322(고품질)간의 교배에 의한 우수 품종 자실체 형태.

기후변화에 대응하기 위하여 겨울철 흑한기의 재배에 적합한 계통을 육성하고자 하였다. 먼저 저온적응성에서 생육이 우수한 KNR2539, 2600, 2543, 2736, 2594 등 5계통과 우량형질을 가진 반북친 후보계통을 KNR2312, 2322, 가5나5S47 등 3계통을 저온(12℃)과 적온(15℃)에서 생육시험을 거친 후 선발하였다. 두 그룹간의 교잡을 통해 약 1,000여 조합을 확보하여 저온에서의 생육 우수성을 기준으로 선발하였다. 교잡체 중 우수성을 보이는 20조합을 선발하고 추가적인 재배시험을 통하여 다시 5계통만 선발 한뒤, 최종적으로 KNR2322-10×KNR2539-2을 저온적응성이 뛰어난 큰느타리버섯 계통으로 선발하였다. 이를 자체적인 명칭공모에 의해 “눈송이”라 명명하였다.

눈송이의 최적균사생장온도는 대조품종과 마찬가지로 25℃내외였고 온도별 균사생장속도도 대조품종과 비슷하였다(표 24). 생육특성을 비교해보면, 길이, 대두께, 갓직경, 갓색, 품질은 비슷한 양상을 보였고, 무게는 눈송이가 대조품종의 134%로 증수되었다. 눈송이의 갓은 반반구형으로 오목한데 비해 대조품종은 편평형이었다(그림 21). 대치배양결과 큰느타리2호와 선명한 대치선이 생성되었으며, RAPD시 URP2프라이머로 증폭시 기존품종(큰느타리2호와 애린이3)과 다형성을 보였다(그림 23).

표 24. 저온적응성 눈송이와 대조품종의 온도별 균사생장속도.

품종명	균사생장 최적온도	균사생장속도(℃, mm/7일)				자실체 발생형
		15	20	25	30	
눈송이	25℃내외	13.7	34.2	43.0	37.3	개체형
큰느타리2호	25℃내외	12.8	20.5	46.2	39.8	개체형

표 25. 저온적응성 눈송이와 대조품종의 생육특성.

품종명	발이도 (0-4)	길이 (mm)	대두께 (mm)	갓직경 (mm)	무게 (g)	품질 (1-9)	갓색 (L)	배양소 요일	발이소 요일	생육소 요일
눈송이	2.8	101.5	32.8	51.6	79.8	5.4	55.5	31.5	13.0	22.3
큰느타리2호	0.8	95.5	28.5	55.0	59.5	4.0	57.1	35.0	15.0	28.5

850cc 기준, 저온(12℃) 생육

표 26. 저온적응성 눈송이와 대조품종의 수량성

품종명	*생산량(g/병)			평균 (g)
	1차	2차	3차	
눈송이	88.0	75.0	79.8	80.93
큰느타리버섯2호	66.0	55.5	59.5	60.33

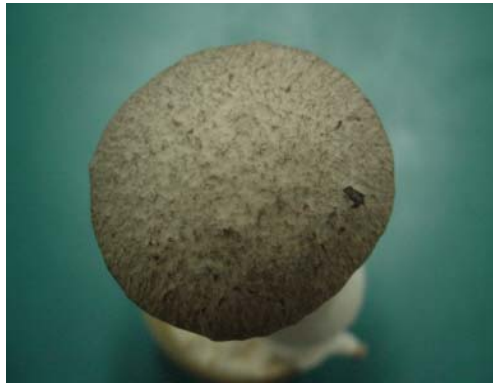
*850cc 숙음처리, 저온(12℃) 생육



눈송이 자실체



큰느타리2호(대조구) 자실체



눈송이-갓



큰느타리2호-갓

그림 21. 저온적응성품종(눈송이)과 대조구(큰느타리버섯2호) 자실체 모습(12℃ 생육시).

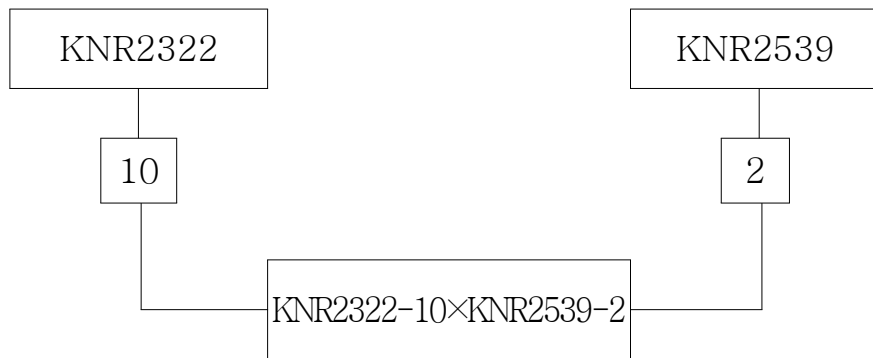


그림 22. 저온 적응성 큰느타리버섯 품종 눈송이의 육종 계보도.

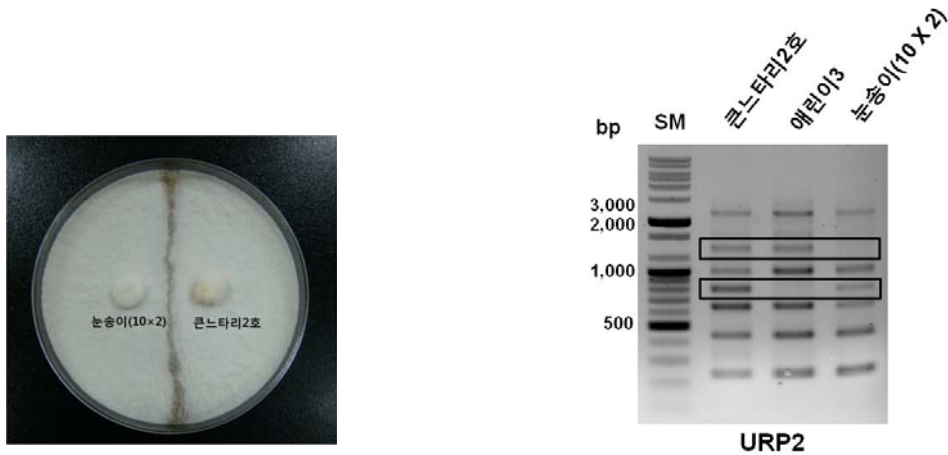


그림 23. 저온적응성품종(눈송이)과 대조구(큰느타리벼2호)의 고유성 검사.
(왼쪽: 대치배양, 왼쪽: URP2 프라이머를 이용한 RAPD 다형성 밴드)

(5) 베타글루칸 고함유 계통의 선발

베타글루칸 고함유 계통을 교잡육종하기 위하여 선행연구에서 베타글루칸이 고함유되었다고 알려진 야생유전자원과 육종모본에 대하여 먼저 생육특성을 조사하여 표27에 나타내었다. 큰느타리 2호의 품질이 7.5로 가장 우수하였다. 1-1×4, 2-24×46, 2-24×23은 각각 7.2, 6.7, 6.6이었다.

표 27. 베타글루칸 고함유 모본의 생육특성.

조합명*		생소일	발이도**	길이 (mm)	대두께 (mm)	갯직경 (mm)	무게(g)	품질***	갯명도
교배그룹	큰느타리2호	17.4	2.0	113.7	32.0	54.7	90.4	7.5	55.9
1	1×4	18.7	2.0	99.0	33.4	62.7	73.7	7.2	58.9
2	24×23	18.0	1.4	104.4	29.7	62.4	55.0	6.7	43.3
2	24×46	17.7	1.2	96.7	29.7	59.4	62.0	6.6	44.5
2	24×7	18.4	1.0	88.0	33.7	61.0	64.4	6.5	53.0
1	1×1	18.7	2.5	90.0	33.0	53.0	62.0	6.0	55.9
2	24×53	19.7	2.7	93.7	26.4	56.7	46.7	4.9	55.0
2	15×15	21.0	0.5	75.4	31.7	59.4	52.4	4.6	46.0
	KNR2521	16.7	2.2	102.7	18.7	46.7	37.7	2.9	61.2
	KNR2501	18.0	2.0	84.0	19.7	50.4	34.0	2.5	61.6
	KNR2519	20.0	2.7	68.0	18.7	30.4	19.4	1.7	54.5
	KNR2525	17.5	1.3	64.5	21.0	39.5	18.5	1.0	49.8

*교배그룹 : 1: (KNR2525-8×20)×애린이, 2: KNR25102×새송이1호, **: 1-4(1: 1/4면발이, 2: 반면발이, 3: 3/4면발이, 4: 전면발이), ***: 9점측정법(1: 나쁨, 9: 좋음)

베타글루칸 함량은 2-24x5이 49.2%가 가장 많았다. 2-24x46, KNR2521, 2-24x23이 각각 48.5, 48.2, 45.1 %순으로 베타글루칸 고함량의 모본의 가치가 있는 것으로 보였다(표 28). 자실체의 모습은 그림 24에 나타내었는데, 1-1×4, 2-24×23, 2-24×46이 표준품종과 비슷한 양상이었다.

표 28. 베타글루칸 고함유 육종모본의 베타글루칸 함량.

조합명		β -glucan (%)	계통명	β -glucan (%)
2	24x7	38.6	KNR2312	35.7
2	24x23	45.1	KNR2501	45.2
2	24x46	48.5	KNR2521	48.2
2	24x53	49.2	KNR2525	43.9



그림 24. 베타글루칸 고함유 모본의 자실체 모습.

(2-24x46)×KNR2539의 계통의 생육특성을 표 29에 나타내었다. 가장 우수한 품질은 17x12로 9.0을 기록하였다. 자실체를 살펴보면(그림25), 길이가 길고 대가 두꺼운 모습을 보인다. 17x3이 그다음으로 8.6이고 품질 8.5는 7계통에 이른다. 9x8계통은 생육소요일이 15.5로 짧은데 품질이 8.0, 무게는 82.5g으로 우수하였다. 표에서 굵게 표시한 것은 베타글루칸이 50%이상인 계통이다. (2-24x46)-9단핵균사와 (2-24x46)-2단핵균사가 포함된 조합이 각각 4개 계통과 5개 계통으로 이들 단핵균사의 베타글루칸 고함유 형질을 보유할 가능성이 커 보인다.

표 29. (2-24×46)×KNR2539 교배조합에서 유래한 계통 생육특성.

조합명		생소일	발이도*	길이 (mm)	대두께 (mm)	갓직경 (mm)	무게(g)	품질**	갓명도
17	12	17.0	2.0	110.0	36.0	59.0	101.0	9.0	62.1
17	3	18.0	2.5	115.0	33.5	49.5	106.0	8.6	62.3
1	17	21.7	0.5	112.0	36.4	53.7	88.4	8.5	62.7
6	8	18.0	2.0	126.0	31.0	50.0	93.0	8.5	59.9
6	12	17.0	1.0	107.0	34.0	64.0	89.0	8.5	57.6
9	5	17.0	1.0	115.5	31.5	54.0	92.0	8.5	60.9
11	1	20.0	2.0	117.0	34.5	60.0	90.0	8.5	61.7
17	6	17.0	3.0	117.0	32.0	59.0	88.0	8.5	63.4
17	15	17.0	3.0	108.0	37.0	52.0	89.0	8.5	57.9
6	6	17.5	1.5	120.5	32.5	55.5	87.0	8.3	63.8
1	20	18.4	0.5	110.7	39.7	46.0	92.7	8.2	61.6
6	3	17.5	2.0	113.5	36.0	46.5	98.5	8.2	61.8
6	20	18.0	1.4	118.4	33.4	56.4	91.4	8.2	62.5
20	2	20.4	1.7	116.4	34.0	55.7	87.4	8.2	52.6
6	11	16.7	2.5	106.0	37.0	54.7	91.4	8.1	62.7
1	15	21.0	0.5	103.0	36.0	55.0	79.7	8.0	57.7
3	3	16.0	1.0	110.0	30.0	54.0	87.0	8.0	55.9
3	18	17.0	3.0	99.0	45.0	55.0	89.0	8.0	64.3
3	20	17.0	2.0	115.0	32.0	68.0	90.0	8.0	59.9
4	3	17.0	2.0	98.0	38.0	54.0	87.0	8.0	66.3
4	13	17.0	2.0	109.0	38.0	59.0	96.0	8.0	58.8
6	18	18.0	0.5	111.0	43.0	55.0	123.0	8.0	64.5
8	15	18.0	1.5	102.7	36.4	56.7	84.4	8.0	58.3
8	16	21.0	1.0	105.0	38.0	63.0	94.0	8.0	65.3
9	4	17.0	2.0	110.0	32.0	55.0	83.0	8.0	67.9
9	11	16.0	1.0	102.0	32.0	59.0	89.0	8.0	59.8
9	15	16.0	1.0	107.0	33.0	56.0	85.0	8.0	67.5
9	18	17.0	1.0	98.0	38.0	57.0	90.0	8.0	65.4
11	2	17.5	2.0	100.5	40.5	57.5	91.0	8.0	51.3
12	1	21.0	1.0	120.0	30.0	68.0	90.0	8.0	67.3
17	1	21.0	1.3	110.5	32.0	62.0	88.5	8.0	66.5
17	2	16.7	1.2	96.4	36.7	61.0	87.7	8.0	45.7
17	16	21.0	2.0	115.0	35.0	58.0	101.0	8.0	63.4
17	20	21.0	1.0	121.0	35.0	64.0	100.0	8.0	55.8
18	1	21.0	1.0	105.0	45.0	56.0	103.0	8.0	73.8
19	5	19.0	0.5	109.0	36.0	58.0	90.0	8.0	50.5

조합명		생소일	발이도*	길이 (mm)	대두께 (mm)	갓직경 (mm)	무게(g)	품질**	갓명도
19	15	18.0	2.0	111.0	32.0	54.0	90.0	8.0	60.4
19	20	17.0	1.0	109.0	36.0	55.0	89.0	8.0	56.7
20	11	21.0	1.0	106.0	41.0	53.0	94.0	8.0	54.3
9	8	15.5	0.8	104.0	32.0	57.5	82.5	7.9	63.6
10	15	17.0	1.8	106.5	29.0	63.0	84.0	7.9	59.7
16	13	16.0	2.5	114.0	32.5	44.5	87.5	7.9	48.5
15	11	17.7	2.7	122.4	32.7	55.0	86.0	7.9	52.4
2	20	18.0	3.0	103.0	41.0	70.0	97.0	7.8	60.4
6	4	16.0	1.5	124.0	29.0	44.0	88.0	7.8	61.0
9	17	19.0	1.0	108.0	36.0	61.0	86.0	7.8	70.0
12	14	17.0	2.7	138.4	29.0	52.7	86.4	7.8	57.8
14	8	18.0	2.0	134.0	28.0	55.0	90.0	7.8	66.4
15	16	21.0	2.0	111.0	42.0	51.0	91.0	7.8	58.7
16	12	18.5	3.3	108.5	33.0	57.5	87.0	7.8	57.0
17	17	17.0	2.0	115.0	30.0	50.0	81.0	7.8	65.0
20	12	19.0	3.0	94.0	41.0	51.0	101.0	7.8	52.4
1	8	19.7	0.9	106.0	35.4	52.4	81.7	7.7	61.7
1	11	20.0	0.9	104.7	35.7	52.7	82.4	7.7	58.9
6	7	17.7	0.5	112.7	31.4	55.7	79.4	7.7	69.9
11	13	15.0	1.3	130.5	29.5	51.5	90.5	7.7	57.6
14	5	17.7	1.7	135.0	29.7	50.4	90.7	7.7	56.2
15	15	18.7	2.2	114.0	33.7	48.0	85.7	7.7	58.9
1	3	19.7	0.5	95.4	36.7	59.7	83.0	7.5	62.6
2	13	17.4	0.5	99.7	32.4	66.7	80.0	7.5	62.7
2	14	19.7	0.5	105.4	34.4	58.7	75.4	7.5	65.3
5	14	17.0	2.0	123.0	30.0	51.0	87.0	7.5	60.8
6	17	21.0	0.5	111.0	33.0	50.0	82.0	7.5	60.0
10	16	17.0	1.5	109.0	30.0	60.0	78.0	7.5	59.5
11	15	18.0	1.4	122.4	36.0	48.7	83.0	7.5	56.8
12	8	18.0	2.5	137.0	29.0	56.0	89.0	7.5	62.3
12	12	17.0	4.0	106.0	30.0	57.0	79.0	7.5	59.5
13	17	17.0	2.0	108.0	30.0	55.0	76.0	7.5	61.5
15	12	17.0	2.3	102.0	35.5	52.0	78.0	7.5	51.4
16	6	18.5	1.5	115.0	34.0	49.5	86.5	7.5	55.3
5	3	16.4	2.0	109.4	29.0	52.0	75.7	7.4	49.6
6	2	18.0	2.0	93.0	40.0	65.0	81.5	7.3	49.3

조합명		생소일	발이도*	길이 (mm)	대두께 (mm)	갓직경 (mm)	무게(g)	품질**	갓명도
12	16	18.5	2.5	115.5	30.0	57.5	74.5	7.3	61.4
2	16	19.7	0.7	90.4	36.4	58.7	71.7	7.2	61.2
1	16	20.5	0.5	108.5	38.5	43.5	80.5	7.2	61.3
18	2	17.0	1.8	92.5	36.0	56.5	77.5	7.2	57.4
13	3	16.0	2.7	108.7	28.0	54.7	75.0	7.1	53.0
14	13	15.4	1.5	100.0	30.7	52.4	75.4	7.1	62.5
1	6	22.0	0.9	96.0	35.4	49.0	70.0	7.0	59.9
3	11	15.0	2.0	114.0	28.5	55.5	74.0	7.0	59.2
5	7	17.0	2.0	114.0	30.0	53.0	78.0	7.0	65.9
5	8	15.0	1.0	112.0	27.0	51.0	73.0	7.0	59.9
8	12	17.0	2.5	110.0	29.0	47.0	65.0	7.0	55.6
9	7	17.0	1.0	99.0	32.0	61.0	79.0	7.0	69.2
10	12	17.0	2.0	112.0	26.0	62.0	73.0	7.0	57.7
10	14	17.0	2.5	133.0	25.0	59.0	79.0	7.0	61.6
12	6	16.5	2.0	114.0	27.0	50.5	67.5	7.0	61.1
12	9	18.0	1.5	116.0	35.0	46.0	80.0	7.0	53.9
12	15	17.0	3.5	105.5	27.0	57.5	69.5	7.0	56.2
12	20	17.0	2.8	111.5	29.0	53.0	76.5	7.0	57.4
13	16	18.0	1.0	109.0	36.0	47.0	82.0	7.0	63.0
14	6	18.0	2.0	126.0	32.0	51.0	79.0	7.0	71.6
15	3	18.0	2.5	102.0	40.0	57.0	83.0	7.0	52.6
16	8	18.0	2.0	126.0	33.0	46.0	87.0	7.0	59.0
16	16	19.0	3.0	106.0	36.0	52.0	76.0	7.0	55.2
17	4	16.0	2.5	110.0	30.0	45.0	76.0	7.0	61.5
19	4	16.0	2.0	105.0	29.0	51.0	71.0	7.0	58.8
19	8	17.0	3.0	109.0	27.0	55.0	77.0	7.0	57.4
12	2	17.5	1.5	97.0	38.0	58.0	76.5	6.9	54.5
2	4	17.7	1.9	98.7	28.4	62.7	67.0	6.9	60.6
1	2	20.0	0.5	79.0	41.5	73.0	84.5	6.8	45.5
3	4	15.0	3.0	101.0	28.0	61.0	70.0	6.8	60.9
3	17	17.0	1.5	101.0	34.0	46.0	74.0	6.8	63.7
5	2	16.0	1.7	100.7	30.4	53.7	70.0	6.8	49.7
8	13	16.0	1.0	99.0	29.0	59.0	70.0	6.8	62.8
12	11	18.0	3.5	120.0	34.0	51.0	78.0	6.8	57.5
12	17	18.0	1.0	129.0	26.0	50.0	78.0	6.8	62.6
15	13	17.0	2.5	113.0	36.0	44.0	70.0	6.8	57.5

조합명		생소일	발이도*	길이 (mm)	대두께 (mm)	갓직경 (mm)	무게(g)	품질**	갓명도
16	2	17.5	1.8	91.0	41.5	59.5	81.5	6.8	49.3
17	10	19.0	1.5	91.0	35.0	63.0	77.0	6.8	54.4
1	18	21.0	0.5	87.4	44.0	48.7	83.0	6.7	64.2
2	8	19.0	1.0	95.0	31.0	54.7	70.0	6.7	56.5
2	11	19.4	1.9	92.0	34.0	64.0	72.7	6.6	60.4
3	8	15.0	3.0	106.0	25.0	62.0	64.0	6.5	59.6
3	15	16.0	1.5	92.0	35.0	48.0	68.0	6.5	62.1
6	13	15.4	1.2	100.4	30.0	50.0	64.4	6.5	60.4
12	13	15.0	2.0	113.0	26.5	59.0	68.0	6.5	60.3
17	13	15.0	2.5	104.0	29.0	49.0	67.0	6.5	64.3
2	7	19.7	1.0	89.7	35.4	66.7	70.0	6.4	60.9
2	12	20.4	0.4	88.0	33.0	61.4	65.4	6.4	57.6
2	15	19.7	0.5	84.0	36.4	62.4	66.0	6.4	57.7
2	5	20.0	0.5	105.0	25.0	63.5	62.5	6.3	51.7
1	14	20.0	0.5	100.7	33.7	40.7	65.4	6.2	64.2
2	3	17.7	1.7	90.4	29.4	62.4	65.0	6.2	54.2
1	4	19.4	0.7	92.7	30.0	53.7	43.7	6.0	61.8
3	7	16.0	1.5	89.0	31.0	54.0	62.0	6.0	64.2
9	13	14.5	1.0	88.5	31.5	63.0	66.0	6.0	63.2
15	2	18.4	2.4	86.0	42.4	54.0	74.4	6.0	50.2
15	6	19.0	3.0	94.0	29.0	54.0	59.0	6.0	51.9
1	13	20.4	0.5	87.7	32.0	52.0	63.4	5.9	53.1
1	14	16.5	3.0	87.0	32.5	50.5	60.5	5.8	55.2
14	2	17.0	1.8	78.0	36.0	58.0	61.5	5.8	51.4
16	11	18.0	1.3	105.5	29.0	47.5	67.0	5.8	51.0
10	2	18.0	1.4	79.7	35.0	62.4	68.0	5.7	49.7
13	13	14.0	0.5	94.4	25.4	58.7	57.4	5.6	56.9
1	1	24.4	0.5	81.0	31.0	50.7	55.4	5.5	55.7
1	9	22.0	0.7	90.5	40.5	40.0	73.0	5.5	68.7
2	2	19.4	0.7	77.7	28.7	59.0	65.0	5.5	42.7
2	9	19.7	0.9	71.0	43.7	51.4	69.4	5.5	48.7
16	3	16.0	2.0	92.0	28.0	43.7	57.7	5.5	40.5
1	7	20.4	0.9	84.0	32.4	46.7	50.7	5.4	65.0
3	13	14.0	1.5	97.4	25.4	50.7	55.0	5.4	65.7
2	17	23.0	0.5	77.7	38.4	60.0	61.7	5.3	59.4
1	5	19.0	1.4	88.4	29.0	42.0	50.7	5.0	51.2

조합명		생소일	발이도*	길이 (mm)	대두계 (mm)	갓직경 (mm)	무게 (g)	품질**	갓명도
4	2	18.0	2.0	67.0	40.0	59.0	60.0	5.0	52.6
2	10	20.4	1.0	85.0	32.7	59.7	49.7	4.9	55.0
5	13	14.0	1.4	88.4	25.4	52.0	51.4	4.9	56.7
19	2	16.7	1.7	83.4	25.0	57.0	48.7	4.9	44.6
1	12	21.7	0.5	78.0	29.4	47.7	47.0	4.7	56.0
2	1	22.5	0.5	74.0	32.0	50.0	48.5	4.7	61.8
19	13	14.0	2.0	89.0	25.4	48.4	47.0	4.7	62.6
1	10	23.7	0.9	82.7	31.4	43.0	44.0	4.4	62.3
2	6	18.0	1.0	76.4	25.4	61.7	46.7	4.4	58.6
13	11	14.0	2.0	82.0	22.0	48.5	43.5	4.3	51.8
13	8	14.0	2.5	67.0	22.0	52.0	33.0	3.0	56.4
13	2	14.0	1.4	67.0	20.4	42.4	28.0	2.5	57.9

(2-24×46)×KNR2539 교배계의 베타글루칸 함량은 2x14, 2x6, 2x3 조합이 각각 52.9, 52.8, 52.5%로 우수하였고, 2x12, 2x13도 50% 이상을 보였다(표30). 9x11, 9x15도 51.5%로 우수하였다(표31).

표 30. (2-24×46)×KNR2539 교배조합에서 유래한 계통의 베타글루칸 함량-1.

조합명		β-glucan(%)	조합명		β-glucan(%)
2446x2539	1x1	42.8	2446x2539	2x1	32.7
2446x2539	1x10	40.2	2446x2539	2 x7	44.2
2446x2539	1x11	39.4	2446x2539	2x2	40.5
2446x2539	1x12	33.1	2446x2539	2x3	52.5
2446x2539	1x13	39.6	2446x2539	2x4	49.2
2446x2539	1x14	27.7	2446x2539	2x5	40.8
2446x2539	1x15	32.3	2446x2539	2x6	52.8
2446x2539	1x17	31.5	2446x2539	2x8	45.8
2446x2539	1x18	26.5	2446x2539	2x9	31.1
2446x2539	1x2	39.2	2446x2539	2x10	39.8
2446x2539	1x20	30.7	2446x2539	2x11	42.7
2446x2539	1x3	30.6	2446x2539	2x12	51.6
2446x2539	1x4	31.1	2446x2539	2x13	50.8
2446x2539	1x5	25.6	2446x2539	2x14	52.9
2446x2539	1x6	28.9	2446x2539	2x15	49.2
2446x2539	1x7	37.2	2446x2539	2x16	43.3
2446x2539	1x8	41.7	2446x2539	2x17	35.9

표 31. (2-24×46)×KNR2539 교배조합에서 유래한 계통의 베타글루칸 함량-2.

조합명		β-glucan (%)	조합명		β-glucan (%)
2446x2539	1x4	28.5	2446x2539	9x11	51.5
2446x2539	3x3	34.6	2446x2539	9x13	51.2
2446x2539	3x4	33.4	2446x2539	9x15	51.5
2446x2539	3x7	29.1	2446x2539	10x2	30.1
2446x2539	3x11	34.1	2446x2539	10x12	34.3
2446x2539	3x13	30.5	2446x2539	10x14	34.9
2446x2539	3x17	32.3	2446x2539	10x15	34.5
2446x2539	4x2	32.5	2446x2539	15x15	38.7
2446x2539	4x3	30.7	2446x2539	16x2	35.2
2446x2539	4x13	31.7	2446x2539	16x6	33.2
2446x2539	5x2	31.1	2446x2539	16x11	37.5
2446x2539	5x3	38.3	2446x2539	16x13	30.2
2446x2539	5x7	39.3	2446x2539	16x16	33.9
2446x2539	5x8	37.6	2446x2539	17x1	29.1
2446x2539	5x13	35.7	2446x2539	17x2	34.7
2446x2539	5x14	33.7	2446x2539	17x3	36.1
2446x2539	6x2	42.4	2446x2539	17x6	41.2
2446x2539	6x3	38.7	2446x2539	17x12	47.6
2446x2539	6x6	38.0	2446x2539	17x13	41.7
2446x2539	6x7	33.9	2446x2539	17x15	39.9
2446x2539	6x8	40.0	2446x2539	17x17	39.9
2446x2539	6x11	36.8	2446x2539	18x1	39.6
2446x2539	6x12	36.8	2446x2539	18x2	44.8
2446x2539	6x18	40.7	2446x2539	19x2	41.7
2446x2539	6x20	36.1	2446x2539	19x4	45.0
2446x2539	8x12	40.5	2446x2539	19x8	44.7
2446x2539	8x13	45.7	2446x2539	19x13	47.8
2446x2539	9x4	50.8	2446x2539	19x15	38.1
2446x2539	9x5	47.2	2446x2539	20x2	45.8
2446x2539	9x7	49.4	2446x2539	20x12	38.4

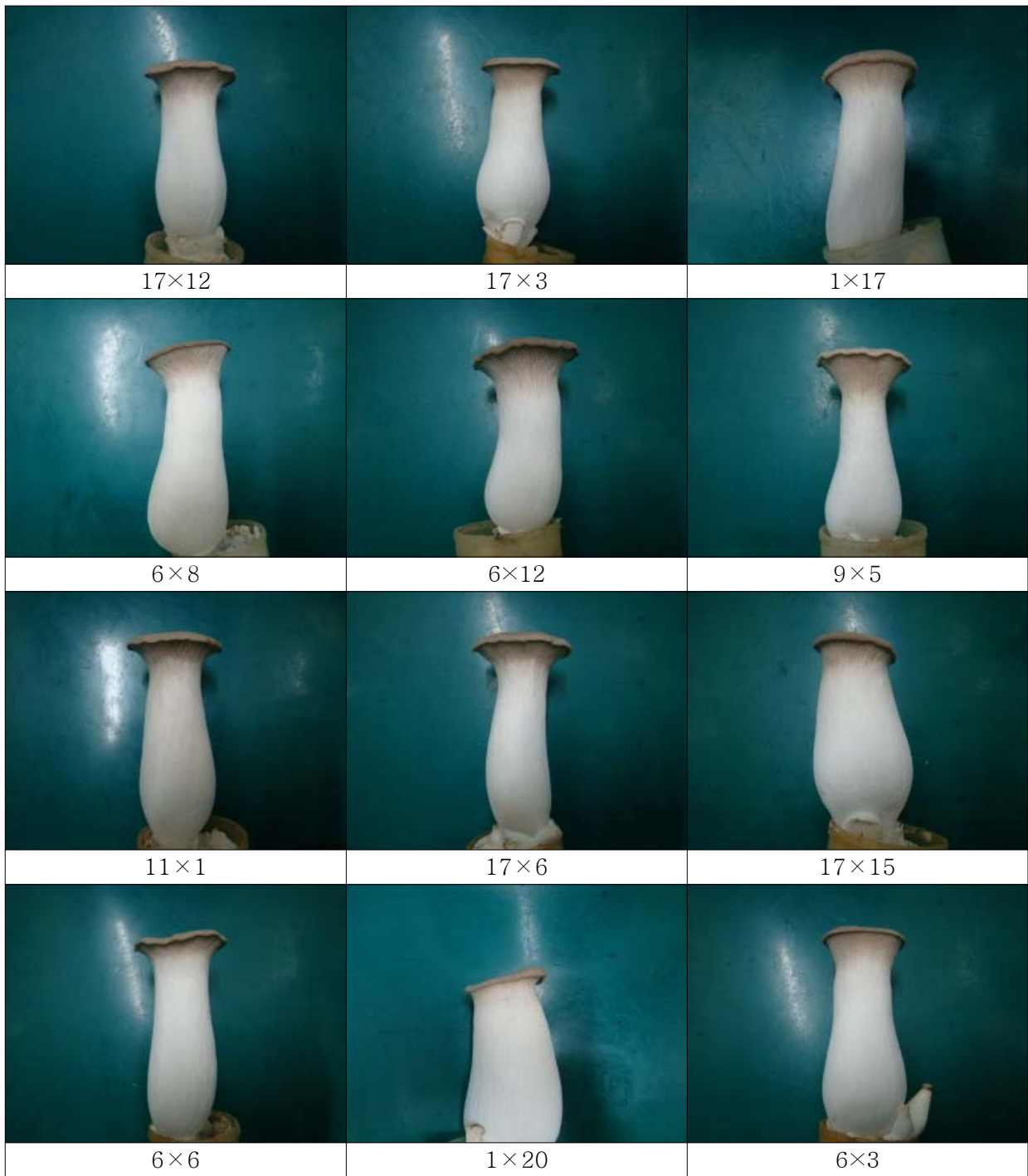


그림 25. (2-24×46)×KNR2539 교배조합의 품질 우수 자실체 모습.

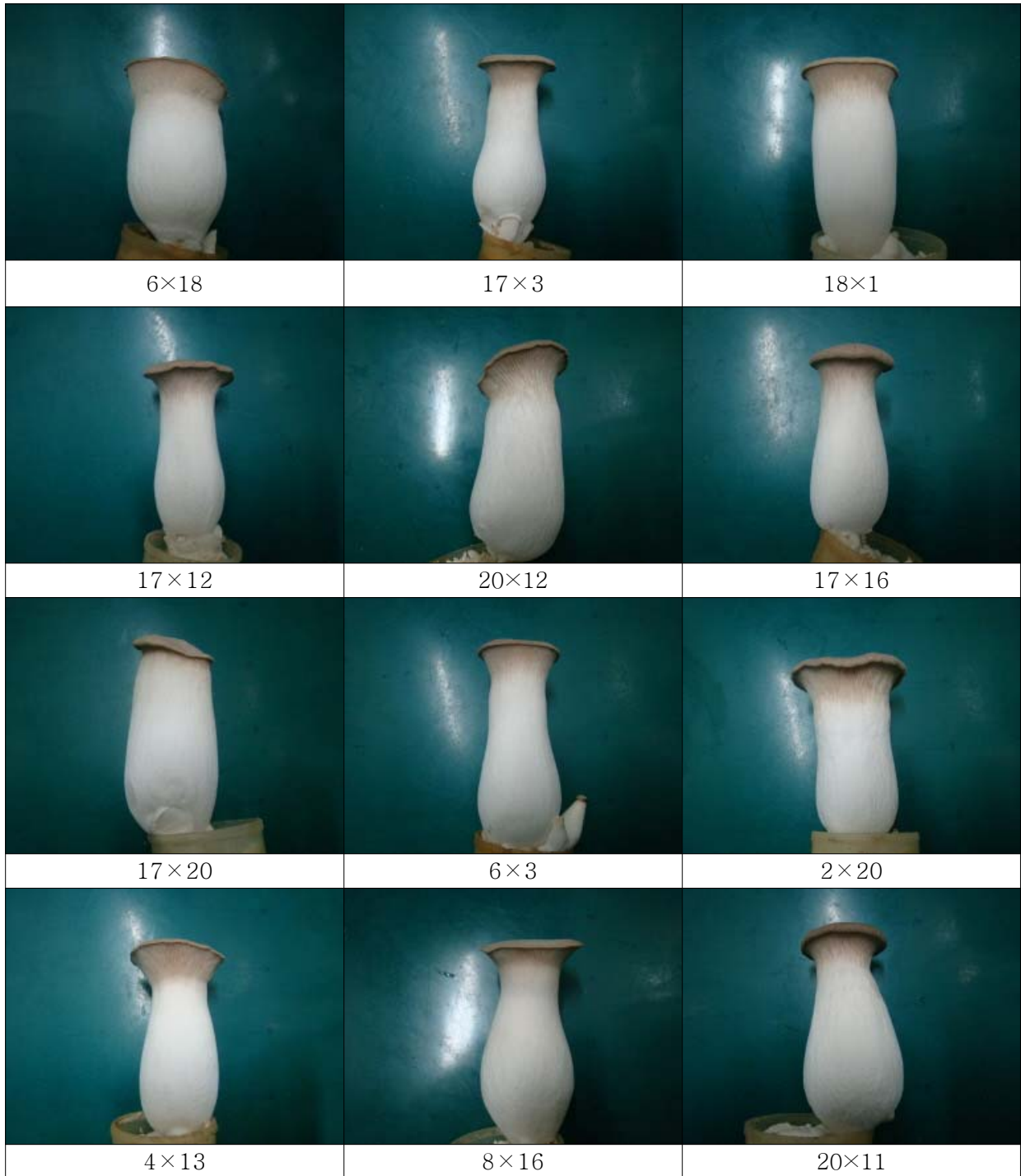


그림 26. (2-24×46)×KNR2539 교배조합의 수확량 우수 자실체 모습.

수확량을 기준으로 한 자실체 모습에 있어서 공통적으로 대가 두껍고 길이가 긴 형태를 보였으나(그림 26), 6×18과 18×1계통은 대가 짧은 특성을 보였다. 생육소요일을 기준으로 한 자실체 형태에서는 갓 주름 가장자리가 불규칙한 원형이고 대체적으로 대가 얇은 특성을 보인다(그림27). 그러나 3×13와 3×4계통은 대가 상대적으로 굵은 편으로 품종으로서의 가치가 높았다.



그림 27. (2-24×46)×KNR2539 교배조합의 생육소요일 우수 자실체 모습.

(1-1×4)×KNR2322교잡계통의 생육특성을 표 32에 나타내었다. 14×15가 품질이 8.8, 무게 126.5g으로 가장 우수하였다. 15×14, 3×10 등 5계통의 품질이 8.5로 우수하였다. 품질상위계통들의 무게가 보통 100g이상으로 다수확계통으로 확인되어 품종으로서의 가치가 높았다. 베타글루칸분석이 완료되면 품종화 가능성이 높을 것으로 사료된다. 품질이 우수한 자실체의 모습은 대체적으로 대가 두껍고 길이가 긴 형태였다(그림 28).

표 32. (1-1×4)×KNR2322 교배조합에서 유래한 계통 생육특성.

조합명		생소일	발이도*	길이 (mm)	대두께 (mm)	갓직경 (mm)	무게(g)	품질**	갓명도
14	15	18.0	2.5	120.5	41.5	65.5	126.5	8.8	66.0
15	14	20.0	2.5	120.0	46.0	73.0	129.0	8.5	63.0
3	10	18.0	3.0	120.0	44.0	57.0	123.0	8.5	64.0
2	14	18.0	3.3	133.0	45.5	59.0	118.0	8.5	68.1
8	3	18.0	3.5	116.0	43.0	64.0	118.0	8.5	
7	10	18.0	2.0	114.0	38.0	62.0	97.0	8.5	60.9
8	15	17.7	3.2	113.0	48.3	61.3	122.3	8.4	60.4
8	11	18.0	3.0	108.0	48.0	61.0	125.0	8.3	56.8
7	15	17.5	2.8	112.0	41.0	65.5	112.0	8.3	66.8
3	13	18.0	3.8	97.5	45.5	62.5	110.5	8.1	63.9
17	2	20.0	2.5	106.0	55.0	75.0	139.0	8.0	
8	9	21.0	2.0	125.0	41.0	75.0	131.0	8.0	66.2
2	6	18.0	3.0	117.0	44.0	59.0	115.5	8.0	60.8
4	1	17.0	1.0	113.0	38.0	68.0	112.0	8.0	61.8
15	10	18.0	2.0	132.0	40.0	43.0	111.0	8.0	60.1
6	10	17.0	2.8	112.0	38.5	54.5	107.5	8.0	61.4
6	14	17.0	2.5	111.0	40.0	55.0	105.0	8.0	59.9
2	17	18.0	3.0	103.0	38.0	73.0	99.0	8.0	64.5
15	1	18.0	2.0	115.0	39.0	56.0	99.0	8.0	54.2
9	7	18.0	4.0	103.0	40.0	68.0	98.0	8.0	65.9
9	14	18.0	2.0	126.5	40.5	62.5	97.0	8.0	64.3
13	10	17.0	3.0	127.0	37.0	48.0	96.0	8.0	64.2
8	18	18.0	3.0	118.0	37.0	49.0	92.0	8.0	65.0
7	9	17.0	3.0	116.0	37.0	52.0	91.0	8.0	64.6
18	11	20.5	1.5	117.0	42.5	64.0	114.0	7.9	60.1
11	13	18.0	3.5	95.5	38.5	66.0	99.0	7.9	58.3
3	17	18.0	2.5	102.0	45.3	55.7	101.0	7.9	59.0
3	14	21.0	2.0	117.0	51.0	59.0	123.0	7.8	59.9
11	17	17.0	4.0	103.0	33.0	77.0	96.0	7.8	61.3
10	14	18.0	2.0	104.0	39.0	59.0	82.0	7.8	65.7
18	10	18.0	1.5	102.0	39.0	54.0	81.0	7.8	56.6
7	1	17.3	2.0	106.7	34.7	66.3	96.0	7.7	59.5
7	14	19.3	1.7	111.7	43.3	68.3	113.3	7.7	64.6
12	10	17.0	3.0	107.5	34.0	48.5	85.0	7.7	61.1
5	2	21.0	3.0	98.0	46.0	64.0	130.0	7.5	63.2
18	1	20.0	3.0	108.0	42.0	75.0	128.0	7.5	64.2

1:

조합명		생소일	발이도*	길이 (mm)	대두께 (mm)	갓직경 (mm)	무게(g)	품질**	갓명도
8	2	20.0	4.0	105.0	51.0	65.0	123.0	7.5	65.8
2	2	20.0	3.5	104.0	44.0	63.0	119.0	7.5	
8	8	20.0	1.5	112.0	43.0	71.0	112.0	7.5	67.1
16	17	17.0	3.0	113.0	34.0	54.0	89.0	7.5	60.5
8	4	18.0	2.5	109.0	38.0	65.0	87.0	7.5	60.1
17	17	18.3	1.8	104.3	39.3	60.0	89.0	7.4	66.9
14	17	18.0	2.3	92.0	34.5	77.0	88.5	7.4	60.9
9	15	16.3	3.2	97.7	39.3	54.3	90.7	7.3	64.2
8	17	20.0	3.5	104.0	42.7	72.0	116.0	7.2	68.5
14	13	20.0	2.0	99.0	47.0	72.0	108.0	7.0	
8	5	18.0	3.5	104.0	41.0	71.0	98.0	7.0	63.6
14	9	21.0	2.0	115.0	36.0	64.0	96.0	7.0	64.3
13	1	16.0	3.0	118.0	35.0	45.0	87.0	7.0	61.3
9	10	16.0	2.8	111.5	32.5	54.0	81.0	7.0	67.2
8	14	20.5	3.0	105.5	44.5	53.0	103.0	6.9	
12	18	15.0	2.8	107.5	32.0	52.5	91.5	6.9	65.1
7	17	20.5	3.0	97.5	40.5	78.5	103.5	6.8	60.7
8	1	16.0	3.5	107.0	35.0	56.0	83.0	6.8	55.0
7	3	20.0	2.0	103.0	52.0	68.0	125.0	6.5	67.3
2	1	16.5	2.8	104.5	41.0	53.0	99.5	6.5	68.7
5	6	18.0	3.5	90.0	32.0	83.0	96.0	6.5	57.7
14	10	16.0	2.5	112.0	32.0	51.0	74.0	6.5	60.8
9	9	16.0	3.0	97.0	34.0	47.0	73.0	6.5	
6	17	15.0	3.2	93.7	35.0	49.7	75.0	6.1	62.6
5	7	20.0	1.5	80.0	40.0	91.0	109.0	6.0	
7	6	21.0	2.5	91.0	50.0	72.0	105.0	6.0	61.9
5	17	20.0	2.0	95.0	34.0	69.0	77.0	6.0	
9	1	15.0	2.8	102.0	34.0	50.3	75.0	6.0	65.6
16	12	15.0	2.5	124.0	28.0	42.0	73.0	5.8	64.8
5	15	16.0	3.0	86.0	32.0	60.0	73.0	5.8	58.7
15	17	15.0	3.5	101.0	31.0	43.0	67.0	5.8	58.7
13	17	15.0	3.3	94.0	32.5	51.5	66.0	5.7	65.4
2	15	15.3	3.0	82.7	38.0	51.3	69.7	5.4	66.6
9	17	15.0	2.8	92.3	29.3	56.3	60.3	4.8	64.7
13	13	15.0	3.5	91.0	27.0	45.0	57.0	4.5	64.9



그림 28. ((KNR2525-8×20)×애린이-1×4)×KNR2322 교배조합의 품질우수 자실체 모습.

(1-24×46)×KNR2322 교배조합의 품질은 9×16이 8.4로 가장 우수하였고, 12×19, 16×2, 17×8, 20×12가 8.3으로 우수하였다. 수확량은 12×19가 132g으로 가장 많았고(표33), 11×11, 8×2가 각각 117, 114g 수준이었다. 생육소요일 우수계통은 14.3일이 소요된 9×12계통인데, 품질이 6.9, 무게가 78.3g으로 품질수준에는 미치지 못하였지만, 육종모본으로서 활용가치는 있는 것으로 사료된다. 갓명도는 50-70수준으로 다른 교배조합과 비슷하였다. 고품질 계통의 자실체는 대체적으로 대가 굵 길이가 긴 특징을 보여(그림 29), 국내소비자가 좋아하는 대가 많은 부분을 차지하고 있는 모습이다.

표 33. (1-24×46)×KNR2322 교배조합의 생육특성.

조합명		생소일	발이도*	길이 (mm)	대두께 (mm)	갓직경 (mm)	무게(g)	품질**	갓명도
9	16	17.0	.5	115.5	37.5	66.0	99.5	8.4	63.9
12	19	20.0	3.0	142.0	45.0	57.0	132.0	8.3	55.9
16	2	18.0	3.0	114.0	40.0	59.0	110.0	8.3	65.3
17	8	18.0	2.5	124.0	38.0	57.0	114.0	8.3	68.6
20	12	18.0	2.5	131.0	40.0	45.0	96.0	8.3	66.3
14	13	17.5	2.5	115.5	35.5	63.0	91.0	8.2	53.3
11	13	17.3	2.7	128.7	36.0	60.3	100.0	8.1	63.7
9	14	18.0	.5	108.0	37.0	63.0	92.0	8.0	58.9
11	2	18.0	3.0	117.0	43.0	51.0	98.0	8.0	63.9
12	7	17.0	3.0	126.0	32.0	58.0	87.0	8.0	70.4
14	14	20.0	1.0	109.0	34.0	72.0	117.0	8.0	72.7
14	18	17.0	3.0	146.0	32.0	59.0	107.0	8.0	67.5
17	9	18.0	1.0	109.0	36.0	67.0	93.0	8.0	62.4
18	16	18.0	2.0	100.0	38.0	54.0	85.0	8.0	69.3
20	17	20.0	3.5	110.0	36.0	64.0	106.0	8.0	60.7
14	19	18.0	3.3	105.0	36.5	54.5	80.0	7.9	64.5
17	14	19.0	.5	110.0	43.5	59.0	108.0	7.9	64.0
12	10	17.0	3.0	139.0	32.0	43.0	92.0	7.8	68.5
12	20	17.0	2.5	140.0	29.0	57.0	101.0	7.8	58.0
15	18	18.0	3.0	147.0	31.5	48.0	100.0	7.8	66.5
16	10	18.0	1.5	123.0	36.0	55.0	89.0	7.8	57.5
16	18	16.0	3.5	136.0	30.0	52.0	93.0	7.8	66.7
13	11	15.0	2.2	129.0	30.3	57.7	96.7	7.8	63.9
9	6	16.0	2.3	123.5	32.5	61.0	93.5	7.7	56.8
16	14	19.0	2.5	109.5	34.5	50.5	83.0	7.7	63.3
8	2	20.0	1.5	126.0	37.0	55.0	114.0	7.5	59.5
9	13	18.0	3.0	107.0	40.0	78.0	96.0	7.5	60.3
11	7	17.0	2.5	125.0	32.0	58.0	88.0	7.5	54.9
11	11	20.0	2.0	138.0	34.0	53.0	117.0	7.5	61.0
11	14	20.0	2.0	116.0	42.0	56.0	96.0	7.5	67.2
11	18	17.0	2.5	147.0	31.0	54.0	99.0	7.5	65.2
11	19	17.0	2.5	128.0	35.0	45.0	88.0	7.5	69.5
14	2	16.0	3.0	109.0	36.0	51.0	87.0	7.5	65.1
14	16	20.0	.5	106.0	40.0	54.0	92.0	7.5	55.4
14	17	17.0	3.0	106.0	37.0	58.0	88.0	7.5	65.0
15	14	20.0	1.0	131.5	38.0	60.0	103.5	7.5	63.3

조합명		생소일	발이도*	길이 (mm)	대두께 (mm)	갓직경 (mm)	무게(g)	품질**	갓명도
15	19	20.0	1.0	123.0	38.0	56.0	92.0	7.5	64.8
17	17	15.3	2.0	113.7	30.7	55.0	82.0	7.5	61.6
10	2	16.0	3.0	104.0	34.0	55.0	84.0	7.3	63.6
13	10	16.5	2.8	126.0	28.5	56.0	83.0	7.3	59.1
14	9	19.0	3.0	108.5	45.0	55.5	98.0	7.3	62.2
15	1	16.7	3.3	119.3	31.0	49.3	82.0	7.2	59.0
17	10	16.0	1.8	110.5	35.5	50.0	86.0	7.2	61.2
10	11	16.0	2.5	133.0	27.0	58.0	86.0	7.0	54.5
16	17	16.0	3.0	111.0	32.0	54.0	81.5	7.0	63.8
18	13	16.5	2.3	107.0	36.5	49.0	91.0	7.0	59.2
19	16	18.0	2.5	107.0	33.0	81.0	89.0	7.0	59.5
19	19	16.5	2.0	130.5	31.5	49.5	86.5	7.0	57.6
9	12	14.3	2.3	128.7	28.7	48.7	78.3	6.9	62.8
10	1	15.0	3.2	116.0	29.3	57.7	75.0	6.8	73.2
17	13	16.0	2.0	98.0	34.0	48.0	78.0	6.8	65.0
17	18	15.0	2.5	114.0	33.0	39.0	80.0	6.8	64.2
9	19	15.5	1.8	124.0	31.0	52.5	80.0	6.8	66.8
10	14	17.5	2.5	124.0	28.5	63.0	80.0	6.8	62.8
8	18	16.0	3.5	127.0	31.0	40.0	86.0	6.5	69.4
9	17	16.0	3.0	106.0	32.0	55.0	71.0	6.5	68.6
10	4	18.0	3.0	102.0	30.0	61.0	71.0	6.5	66.0
10	6	15.0	2.0	125.0	28.0	50.0	76.0	6.5	54.5
13	13	15.0	3.0	115.5	28.0	52.0	76.5	6.5	61.4
13	20	15.0	3.3	110.0	26.5	55.5	78.0	6.5	57.2
16	12	15.0	2.8	141.0	24.0	54.0	78.3	6.5	61.9
17	6	16.0	2.5	101.0	37.0	42.0	85.0	6.5	57.5
19	18	15.0	2.0	128.0	24.0	58.0	78.0	6.5	61.1
12	14	16.5	3.3	135.0	28.0	43.0	77.5	6.4	57.1
10	3	16.0	3.0	115.0	29.5	47.0	76.5	6.3	55.2
9	18	15.7	2.7	116.0	27.3	50.0	76.0	6.0	56.4
10	13	16.0	1.5	109.0	29.0	45.0	68.0	6.0	54.4
10	16	16.0	3.0	128.0	24.0	57.0	73.0	6.0	60.7
12	1	15.0	2.5	131.0	25.0	61.0	69.0	6.0	57.6
12	16	16.0	3.0	147.0	30.0	41.0	81.0	6.0	65.2
16	5	16.0	2.5	126.0	28.0	48.0	79.0	6.0	65.2

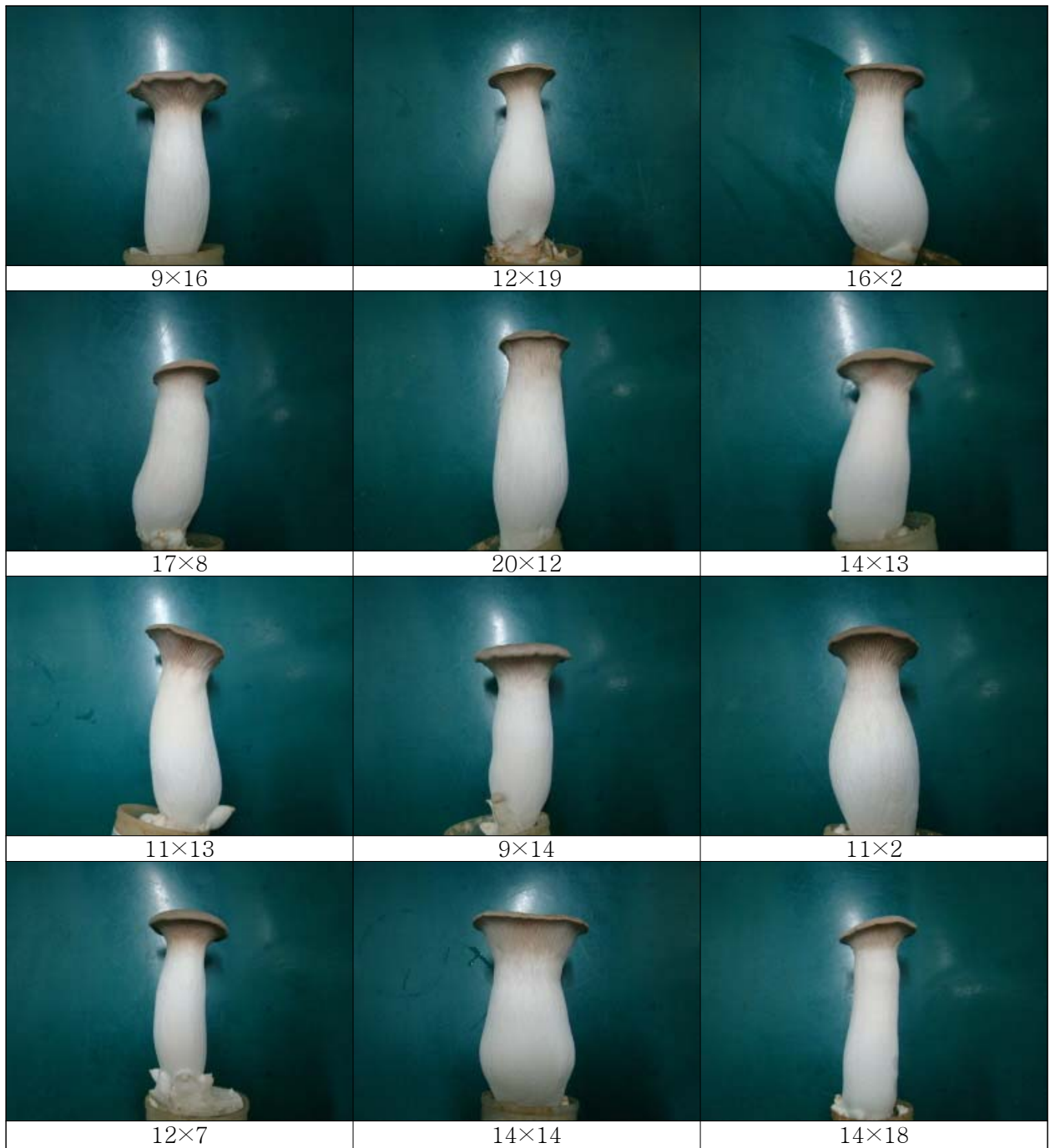


그림 29. (KNR25102×새송이1호-24×46)×KNR2322 교배조합 품질우수 자실체 모습.

(2-24×46)×KNR2539 교배조합에서 베타글루칸 함량이 50% 이상인 2x14, 2x6, 2x3, 2x12, 2x13, 9x11, 9x15를 5반복이상 베타글루칸을 분석하였다. 함량이 대조품종과 통계적으로 유의하게 많고 품질과 무게가 품종수준인 2x14을 선발하여 애린이칸으로 명명하여 온도별 군사생장속도 등을 측정하였다. 애린이칸의 최적 온도는 큰느타리2호와 마찬가지로 27.5℃내외였고 52.6mm/7일로 대조품종에 비해 다소 낮았다(표 34). 품질은 신품종 대조품종이 각각 7.5, 6.8이었는데, 대조품종의 표준편차가 큰편이었다. 무게는 신품종이 대조품종보다 근소하게 많았으나 오차범위내였다. 베타글루칸 함량이 45%로 대조품종의 35%보다 30%이상 증가된 것이 통계학적으로 유의하였다(P<0.01). 이를 “애린이칸”이라 명명하였다(그림 30).

표 34. 베타글루칸고함유 애린이칸과 대조품종 큰느타리2호의 온도별 균사생장속도.

품종명	균사생장 최적온도	균사생장속도(°C, mm/10일)				자실체 발생형
		20	25	27.5	30	
애린이칸	27.5°C내외	33.8	46.9	52.6	32.3	개체형
큰느타리2호	27.5°C내외	60.6	63.3	64.9	56.9	개체형

표 35. 베타글루칸고함유 애린이칸과 대조품종 큰느타리2호의 생육특성.

품종명	발이도 ^a (0-4)	대길이 (mm)	대두께 (mm)	갓직경 (mm)	무게 (g)	품질 ^b (1-9)	갓색(L)	생육소요일 ^c
애린이칸	0.5±0.0	105.4±4.2	34.4±3.3	58.7±2.6	75.4±8.6	7.5±0.5	65.3±1.3	19.7±0.6
큰느타리2호	1.2±0.4	92.9±1.2	29.5±3.1	59.2±8.4	70.7±18.7	6.8±1.5	53.3±1.5	21.7±3.3

850cc 기준, a 발이량정도, 1(1/4이하)-4(4/4이상). b 9점 측정법 (큰느타리버섯의 유통 품질기준에 관한 연구, 한국버섯학회지. 2006). c 생육소요일, 균굽기일부터 수확일까지 소요일수

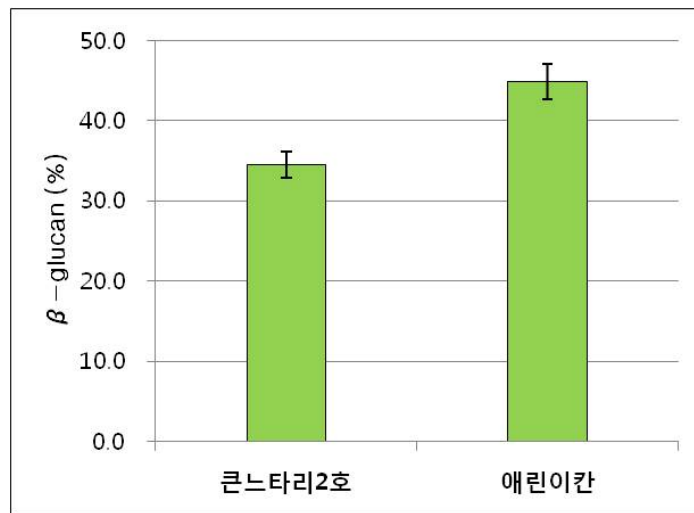


그림 30. 베타글루칸고함유 애린이칸과 대조품종 큰느타리2호의 베타글루칸 함량 비교.

표 36. 베타글루칸고함유 애린이칸과 대조품중 큰느타리2호의 수량성 비교.

품종명	*생산량(g/병)			평균(g)
	1차	2차	3차	
애린이칸	75.4	82.1	80.2	79.2
큰느타리버섯2호	70.7	79.5	76.9	75.7

*850cc 숙음처리, 자실체 기저부 제거

교배이력을 살펴보면 먼저 유전자원을 수집하고 이 중 베타글루칸이 많이 함유된 KNR2510과 새송이1호를 선발하여 교배하였다(그림 31). 이를 통하여 베타글루칸 함량이 높고 생육이 빠른 KNR2510-24×새송이1호-46계통을 선발하였다. 수확량과 품질을 개선시키기 위하여 품질이 우수하고 수량성이 높은 KNR2539의 단교배를 실시하여 350조합을 클램프관찰, 생육실험을 통하여 평가하였다. 교잡체 중 품질과 수량을 기준으로 우수성을 보이는 20조합을 선발하고 추가적인 재배시험을 통하여 다시 5계통만 선발 한뒤 최종적으로 (KNR2510-24×새송이1호-46)-2×KNR2539-14 계통을 선발하였다. 대조품중, 모본과 대체배양에서 뚜렷한 저해선이 생성되었고 RAPD결과 URP2에서 다형성이 관찰되었다(그림 32). 자실체의 비교에서 신품종은 대가 두껍고 길이가 긴 편이었으며, 맛색은 미색으로 명도값이 65.3이고 대조품종은 53.3으로 더 짙었다.

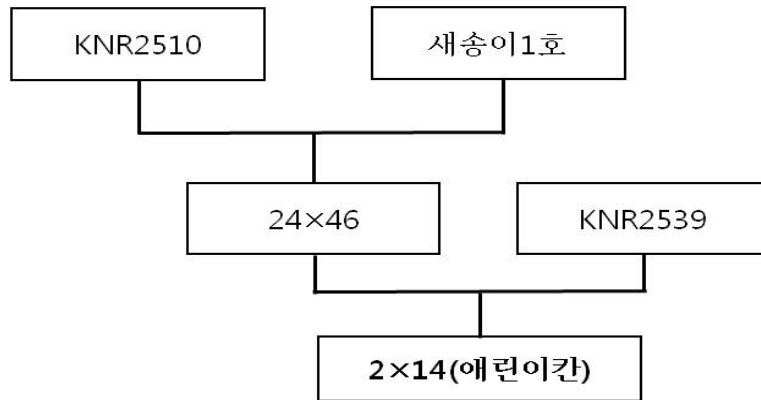
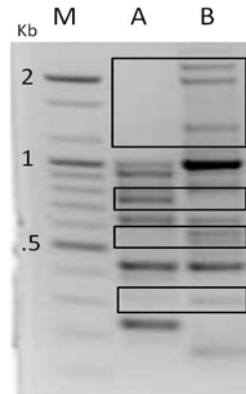


그림 31. 베타글루칸 고함유 신품종 애린이칸의 육종계통도.



URP2

그림 32. 베타글루칸 고품유 품종(애린이칸)과 대조구(큰느타리버섯2호)의 고유성 검사.
 (왼쪽: 대치배양, 애린이칸(2×14), 큰느타리2호, KNR2539-모본, 오른쪽: URP2 프라이머를 이
 용한 RAPD 다형성 밴드, M: size marker(Bioneer 100bp+), A: 큰느타리2호(대조품종), B: 애린이칸)



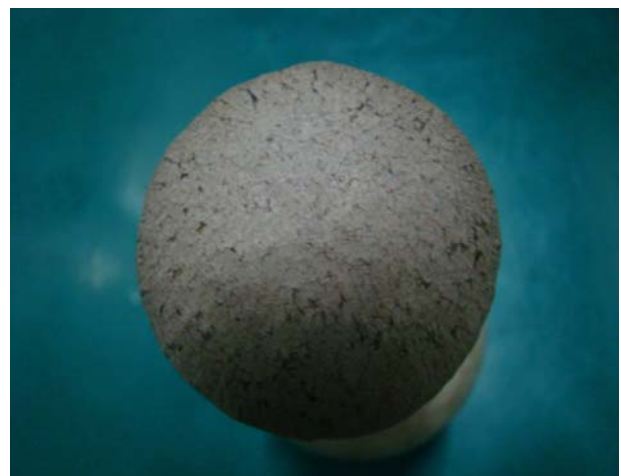
<애린이칸-자실체모습>



<큰느타리버섯2호-자실체모습>



<애린이칸-갓모습>



<큰느타리버섯2호-갓모습>

그림 33. 고온적응성품종(태양송이)과 대조구(큰느타리버섯2호) 자실체 모습(20℃ 생육시).

(6) 품질 형질을 선발하기 위한 linkage map 작성

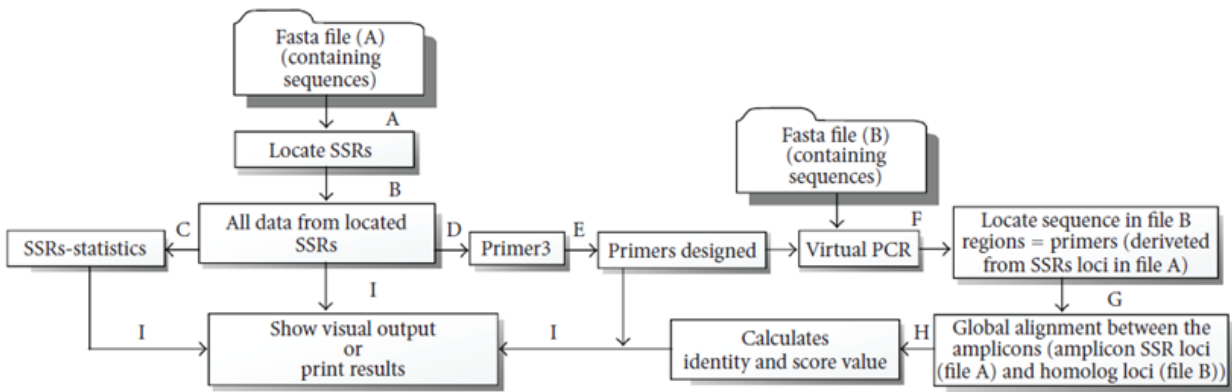


그림 34. SSR Locator I 프로그램의 작동원리 및 작업순서.

품질에 관련된 형질을 조기에 판단하기 위한 마커개발을 위하여 유전적마커지도를 작성하고자 하였다. 유전자원평가로 품질이 우수하다고 판단되는 KNR2312를 선정하여 단포자를 채취하여 단핵균사 풀 100개를 구축하였다. 각 단핵균사에서 gDNA를 추출하고 KNR2312의 이핵균사도 원형질체를 기반으로 하여 단핵균사로 분리하였다. 계놈상의 SSR(single sequence repeat)를 찾기위하여 본 실험실에서 NGS로 확보한 큰느타리게놈서열과 SSR locator(그림 34)를 이용하였다. 검색조건은 monomer 20반복이상, dimer는 10반복이상 등 표8에 나타내었다. Primer 3는 이때 찾아진 SSR을 PCR을 통하여 증폭할 때 만들어지는 밴드의 크기를 설정해줌으로써 프라이머를 디자인하는 프로그램으로 설정조건은 표 37과 같다.

표 37. 프라이머 디자인을 위한 SSR 특이성 조사결과

SSR Motifs	SSR Repeats	Minimum	Maximum
Monomer	X 20		
Dimer	X 10		
Trimer	X 7		
Tetramer	X 5		
Pentamer	X 4		
Hexamer	X 4		
Heptamer	X 4		
		Amplicon size	100 bp 300 bp
		Primer size	15 mer 25 mer
		TM	45 °C 55 °C
		Contents of G/C	45%

큰느타리버섯 KNR2312P5의 염색체서열상에 존재하는 SSR은 표38과 같다. 가장 많이 분포하는 것이 3개의 핵산이 반복되는 trinucleotide로 195개가 검출되어 전체의 37%를 차지하였다. 그다음으로는 6개의 서열이 반복되는 heptanucleotide가 110개로 전체의 21%를 차지하였다. 여러개의 형태가 동시에 존재하는 복합형태(compound type)은 14개로 2%를 차지하였다. 총 484개의 SSR loci가 존재하였으며 향후 linkage map을 구성하는데 사용할 예정이다.

표 38. 큰노타리버섯의 genome상에 위치하는 SSR 분포

Repeat Type	Number of SSR Loci	Frequency
Mononucleotide	17	3%
Dinucleotide	41	7%
Trinucleotide	195	37%
Tetranucleotide	31	5%
Pentanucleotide	76	14%
Heptanucleotide	110	21%
Hexanucleotide	39	7%
Compound type	14	2%
Total	484	100%

사전에 KNR2312를 구성하는 단핵군사 P5, P6으로 프라이머의 효용성을 측정하였는데, 총 439개의 프라이머에서 밴드가 증폭되어 84%의 비율을 보였으며, 이중 다형성은 285개, 단형성은 45개로 조사되었다. 다형성을 보인 것 중 우성을 보인 것은 174개로 전체 프라이머중 36%, 공우성은 111개로 23%를 차지하였다. KNR2312에서 유래한 단핵군사 100개와 SSR loci를 찾기 위한 PCR을 수행하여 일부결과를 그림 35에 나타내었다.

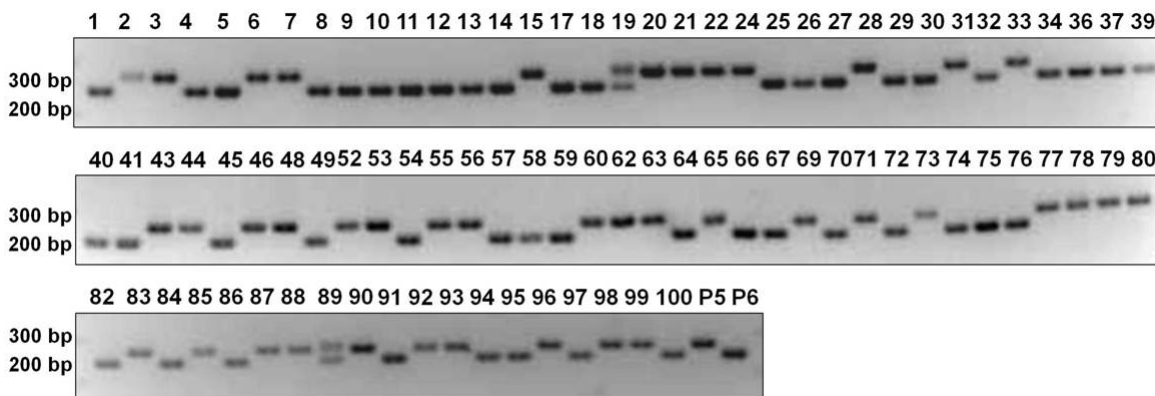


그림 35. SSR 프라이머 적용시 PCR 반응 산물의 전기영동 결과.

(P5과 P6는 모본의 단핵군사, 나머지 1-100은 감수분열 단핵군사)

총 285개의 다형성을 보인 프라이머중 약 50개를 먼저 수행하여 Joinmap 프로그램을 이용하여 linkage group을 구성하여 보았다(그림 36). 총 11개의 linkage group이 구성되었는데, 총 214.3 cM을 커버하였다. 각 마커간의 간격은 평균 8.1 cM으로 해상도가 비교적 높은편이었지만, 2개의 마커가 위치하는 linkage group이 4개에 달하여 아직 더 많은 마커가 필요한 것으로 사료되었다. 가장 마커의 수가 많은 group은 LG1으로 6개의 마커가 위치해 있고 LG5, LG7, LG10, LG11은 2개의 마커가 위치해 있다. 아직까지 완성된 것은 아니지만, 최초의 SSR 마커에 의한 linkage map이라는 의미가 있다고 할 수 있고 향후 품질과 관련된 집단에 적용하여 QTL분석이 가능할 것으로 생각되어 활용가치가 높다고 할 수 있겠다.

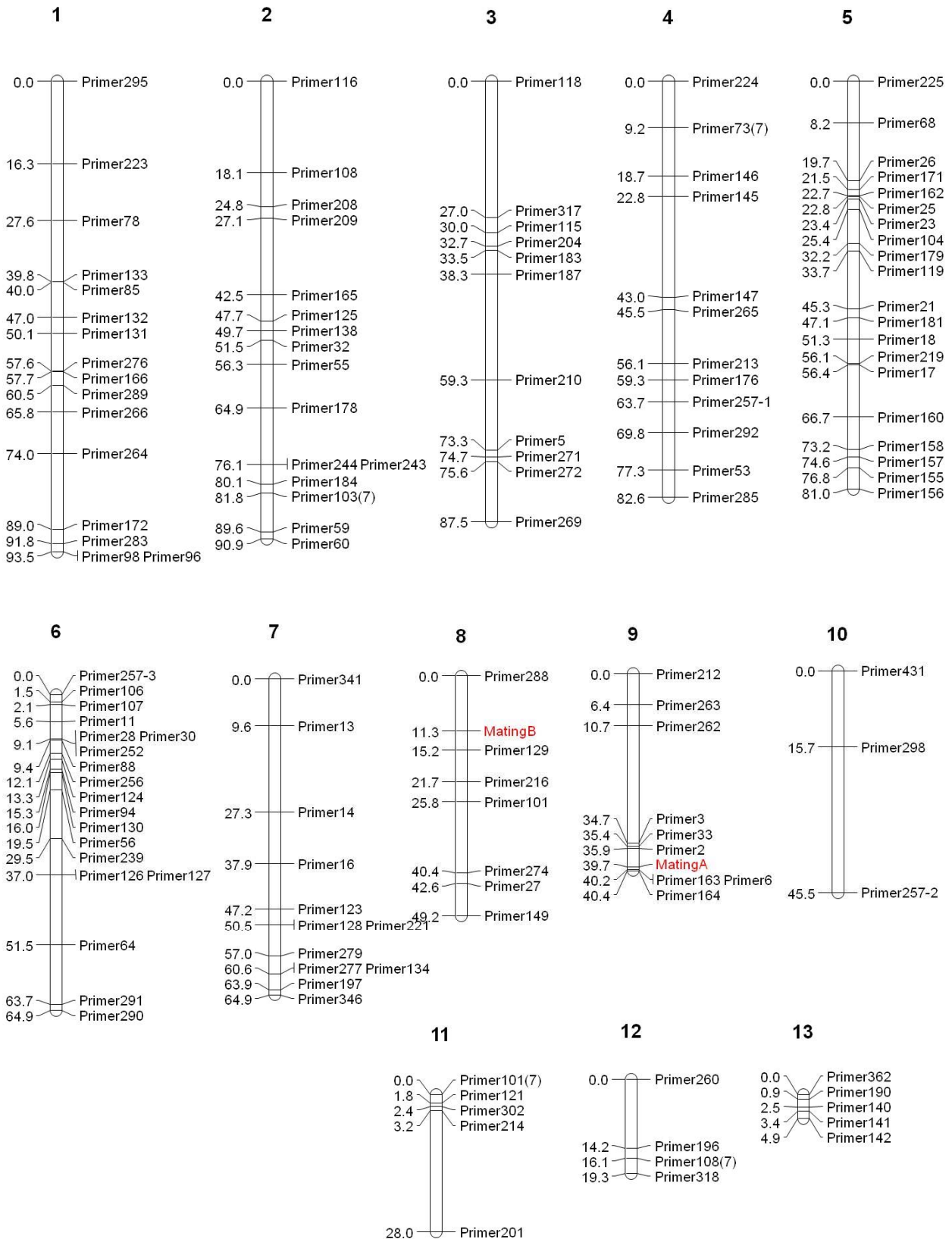


그림 36. 큰느타리2호의 Linkage 그룹

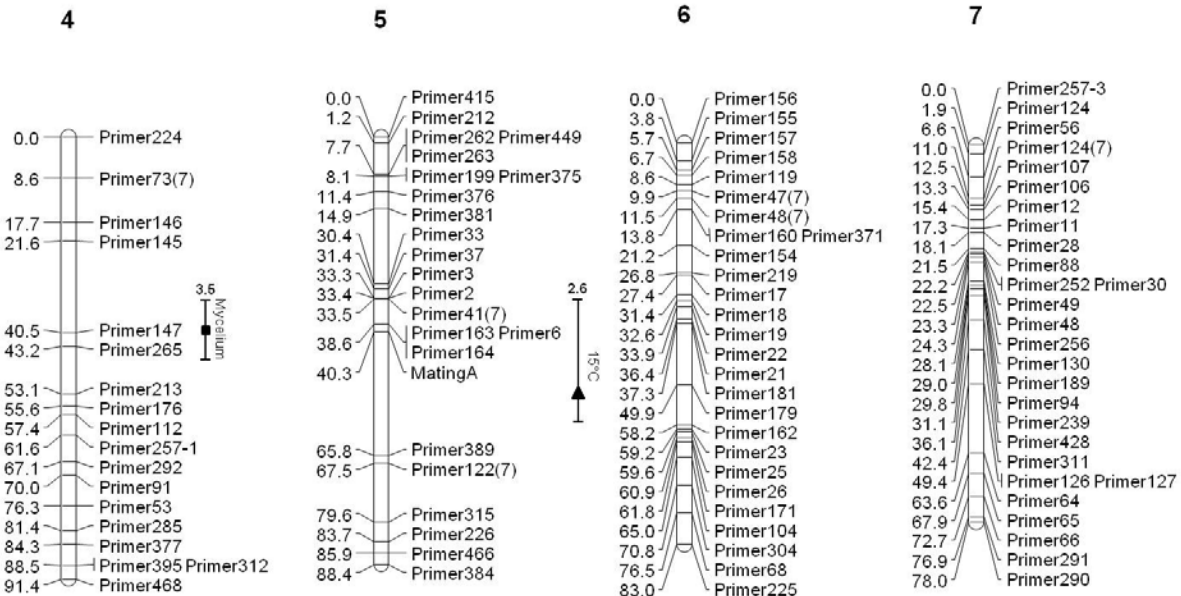
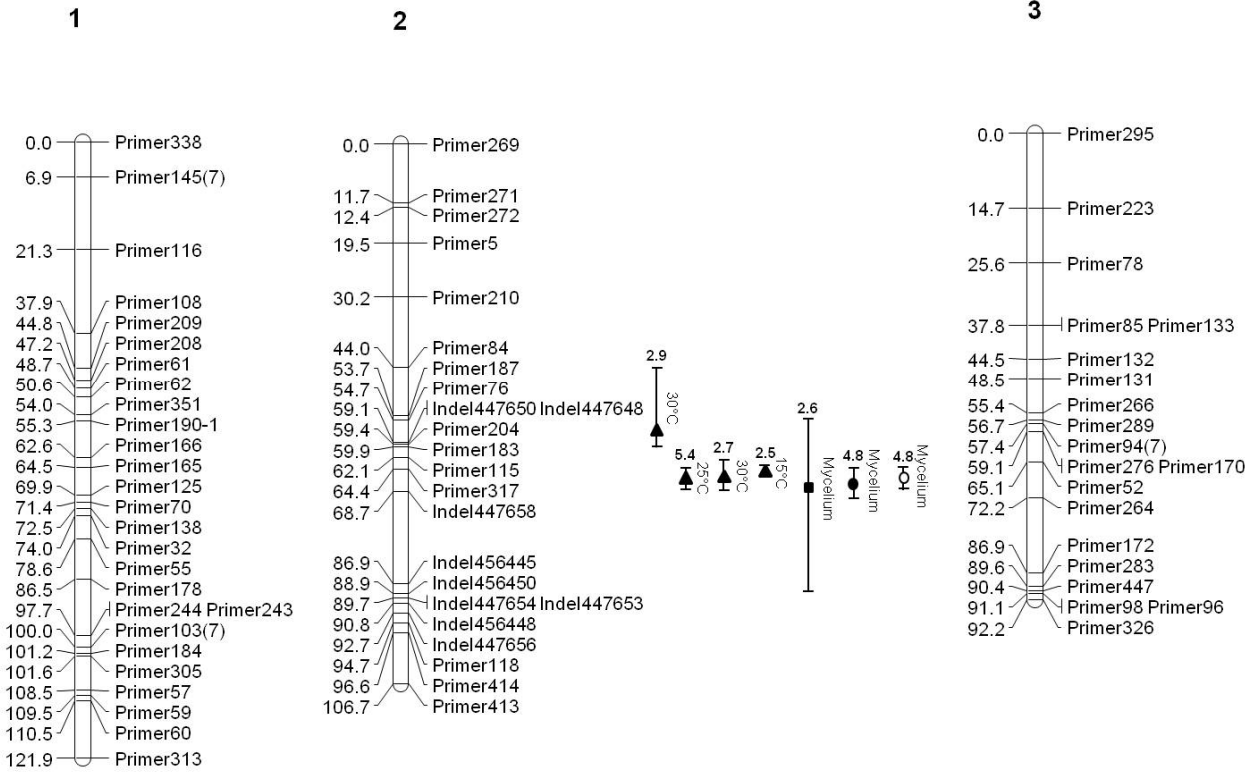
(7) 품질 형질을 선발하기 위한 linkage map 작성 및 양적형질(QTL) 탐색

사전에 KNR2312를 구성하는 단핵균사 P5, P6으로 프라이머의 효용성을 측정하였는데, 총 439개의 프라이머에서 밴드가 증폭되어 84%의 비율을 보였으며, 이중 다형성은 285개, 단형성은 45개로 조사되었다. 다형성을 보인 것 중

유전자 지도 작성을 위해 단핵 집단에서 다형성을 보인 226개의 SSR 마커와 2개의 mating type loci를 마커로 이용하였다. 또한, 유전자 지도 내의 구간 간격이 넓은 부분은 17개의 Insertion-deletion 마커를 이용하여 유전자 지도의 정확성을 높이고자 하였다. Joinmap 4.0 프로그램을 이용하여 LOD 4.0 이상으로 Kosambi의 유전자 상대적 거리 계산법을 이용하였다. 그 결과, 총 길이 1031.7 cM, 마커 간 평균 간격 4.21 cM에 이르는 14개의 linkage group을 구성하였다(표 39). 큰느타리 버섯의 실제 염색체의 개수에 이르기까지는 아직 몇몇의 마커 분석이 필요하지만, 최초의 SSR 마커에 의한 유전자 지도라는 점과, 높은 정확성을 가진 정밀한 유전자 지도라는 점에서 의미가 있다고 할 수 있다. 또한, 향후 실제적인 큰느타리 버섯 재배시의 수량이나 품질과 관련된 QTL 분석에 사용될 것으로 생각되어 활용가치가 높다고 할 수 있겠다.

표 39. 큰느타리버섯의 linkage groups에 속한 마커수와 유전적길이

Linkage group	Length (cM)	No. of markers	Avg marker interval (cM)
LG 1	121.9	27	4.51
LG 2	106.7	24	4.45
LG 3	92.2	20	4.61
LG 4	91.4	18	5.08
LG 5	88.4	24	3.68
LG 6	83.0	27	3.07
LG 7	78.0	28	2.79
LG 8	76.8	17	4.52
LG 9	70.7	9	7.86
LG 10	68.0	17	4.00
LG 11	62.6	15	4.17
LG 12	55.5	7	7.93
LG 13	21.7	5	4.34
LG 14	14.8	7	2.11
Total	1031.7	245	4.21



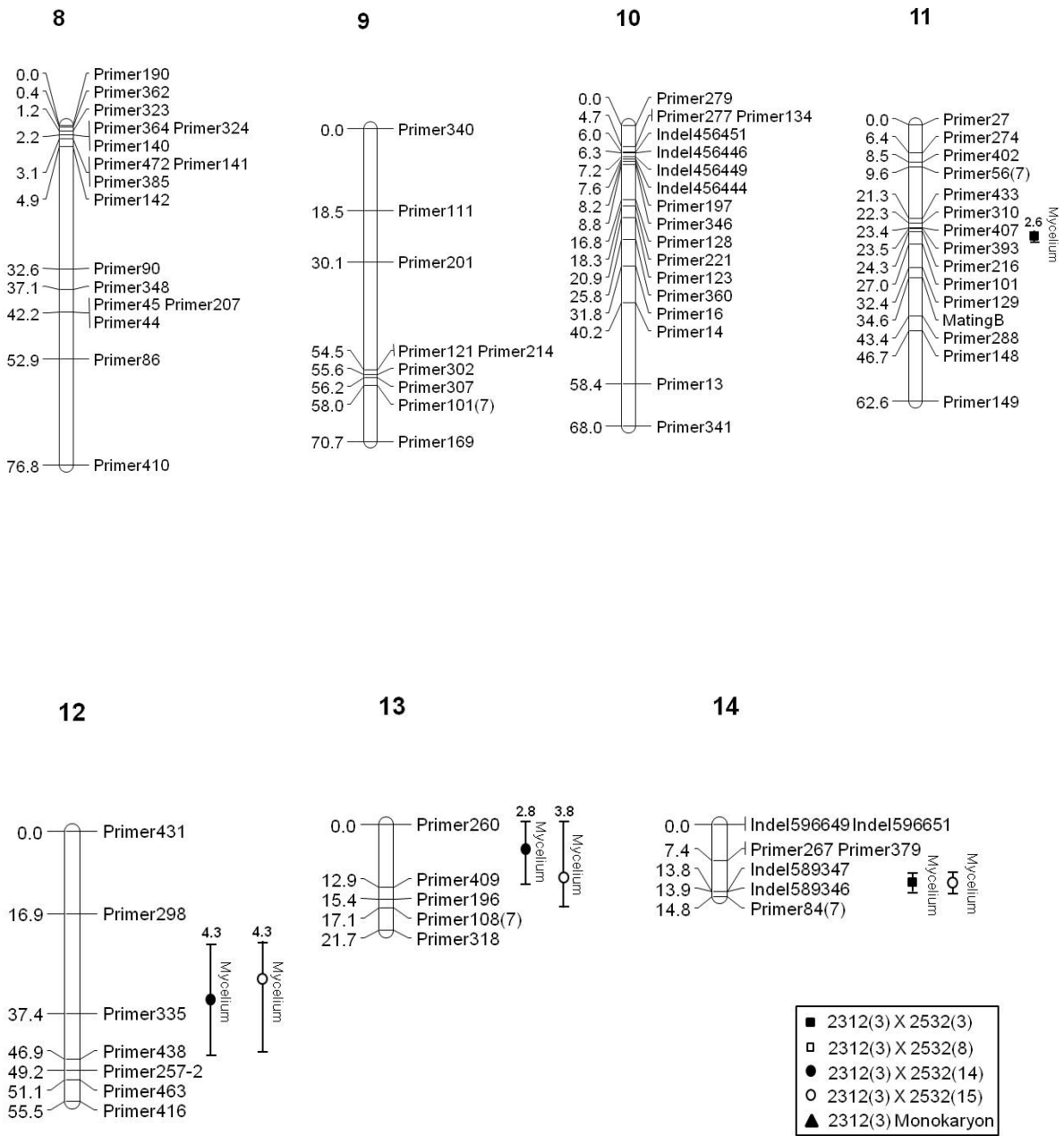
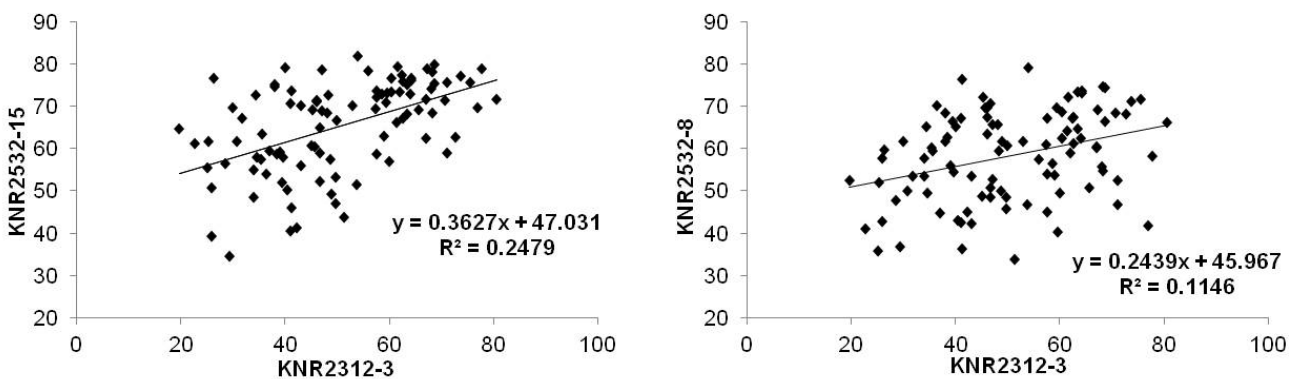


그림 37. 큰느타리버섯의 유전지도 및 15℃에서의 균사생장에 대한 집단별 유전자좌(226 SSR 프라이머, 2 메이팅타입, 17 인델마커 사용, 각 집단은 98개의 이핵균사로 구성, 15℃)

표 40. 군사생장 정도와 집단간의 상관계수.

Population	Pearson' s correlation coefficient
KNR2312-3 X KNR2532-3	0.40 ^b
KNR2312-3 X KNR2532-8	0.34 ^b
KNR2312-3 X KNR2532-10	0.55 ^{ab}
KNR2312-3 X KNR2532-14	0.36 ^a
KNR2312-3 X KNR2532-15	0.50 ^{ab}
KNR2312-3 X KNR2532-16	0.03

a Significant correlation



b $P < 0.001$

그림 38. 각 집단별 군사생장속도에 대한 산포도(회귀라인은 회귀분석에 의한 결과임)

새롭게 작성한 유전자 지도를 이용하여 온도에 따른 군사체 길이 생장을 측정하여 QTL 분석을 하고자 하였다. QTL 분석 프로그램인 Window cartographer 2.5를 사용하고, composite interval mapping 법을 이용하여 유전자 좌를 탐색 하였다. 그 결과, 단핵 군사체의 길이는 생장은 온도와는 상관없이 Linkage group 2번의 Primer317번 마커를 중심으로 조절 된다는 것을 알 수 있었다 (그림 38).

단핵 군사체 집단을 유전적으로 거리가 멀어 모두 화합성을 보이는 계통인 KNR2532의 여섯 가지 단핵 군사체를 테스트로서 교잡하여 여섯 개의 이핵군사 집단을 만들었다. 피어슨의 상관계수 값을 계산하여 여섯 가지의 이핵집단이 단핵집단을 얼마나 설명할 수 있는지 알아본 결과 KNR2532의 여섯 가지 테스트에 따라 상관계수 값이 차이가 나는 것을 확인 할 수 있었다. 이 중에서 상관계수가 비교적 높은 KNR2312-3 X KNR2532-3, KNR2312-3 X KNR2532-15 두 집단과, 상관계수가 비교적 낮은 KNR2312-3 X KNR2532-8, KNR2312-3 X KNR2532-14 두 집단을 이용하여 이핵 군사체 길이 생장을 조절하는 QTL을 찾고자 하였다. 그 결과, 단핵과 마찬가지로 Linkage group 2번의 Primer317번 마커를 중심으로 조절되는 공통적인 loci를 찾을 수 있었다. 또한, 이핵 군사체의 길이는 생장은 Linkage group 12, 13, 14번의 특정 부분에 의해서도 조절됨을 알 수 있었다 (그림 38). 단핵과 이핵 군사체에 관련하는 QTL은 표 39에 나타내었다. 이 네 가지의 이핵 군사체 집단은 큰느타리 버섯 재배시의 수량이나 품질과 관련된 QTL 분석에 사용하고자 버섯의 자실체를 재배하여 QTL 분석을 계획하고 있

다.

표 41. 단핵균사와 이핵균사의 균사생장에 관련된 QTLs.

QTL	LG	CI position (cM)	LOD	Nearest marker	Position (cM)	R ² (%)	R ² t (%)	Additive effect
Monokaryon								
25 °C (Normal)	2	62.6-66.6	5.4	Primer317	64.5	18.66	35.45	-6.28
30°C (Normal)	2	43.8-58.9	2.9	Primer187	54.8	9.45	35.53	-5.64
	2	60.8-66.4	2.7	Primer317	64.4	8.91	34.98	-5.38
15 °C (Low)	5	33.6-57.7	2.6	Primer389	51.5	37.66	58.73	9.19
	2	62.2-66.4	2.5	Primer317	64.5	8.92	29.84	-4.59
Dikaryon								
KNR2312(3) x 2532(3)	14	10.3-13.9	6.2	Primer84(7)	13.9	18.32	46.09	4.694538
	4	33.7-45.4	3.5	Primer147	40.7	9.74	45.32	3.27845
	2	53.7-86.4	2.6	Primer317	65.6	7.73	46.20	-2.98801
	11	23.6-26.0	2.6	Primer216	24.4	6.47	45.33	-2.76206
KNR2312(3) x 2532(14)	2	62.7-68.4	4.8	Primer317	65.9	17.26	45.81	-5.60792
	12	22.9-44.8	4.3	Primer335	33.8	20.42	50.45	5.882421
	13	0-12.3	2.8	Primer260	5.1	10.98	45.85	4.311542
KNR2312-3 x 2532(15)	14	9.6-13.9	3.8	Primer84(7)	13.9	10.13	48.58	3.460994
	2	62.7-66.9	4.8	Primer317	64.4	12.86	49.47	-4.01926
	13	0.2-16.8	3.8	Primer409	12.8	9.86	49.44	3.397631
	12	22.1-43.8	4.3	Primer335	28.9	22.13	61.97	5.109009

(8) 돌연변이 처리 후 저온 적응성 계통 선발

1차년도에 감마선을 처리하고 선발된 변이체를 저온에서 키워서 온도적응성이 향상된 개체를 선발하고자 하였다. 일부 개체에서 품질이 방사선처리하지 않은 개체보다 우수한 것이 조사되었으나 (표 42-44). 추가적인 실험을 통하여 확인이 필요한 상태이다. 애린이 100-1과 100-4는 애린이 무처리보다 품질이 우수하고 무게도 159, 136% 증수되는 것으로 나타났다. 추가적인 계대와 이의 저온적응성 실험을 통하여 유의성을 확인하여 품종보호출원 예정이다. 큰느타리2호의 경우에는 무처리가 다른 처리구에 비해 품질이 우수하여 처리가 열성형질의 발현을 유기한 것으로 판단된다. 애린이3은 100-1과 500-3이 무처리구 보다 우수한 특징을 보였다.

표 42. 감마선 조사 후 선발된 단비계통의 저온(12°C) 적응특성.

품종명	처리 (G)	생소일	발이도*	길이 (mm)	대두께(mm)	갓직경(mm)	무게 (g)	품질**
단비	무	24.0	1.5	92.0	30.5	51.5	67.5	5.8
단비	100-1	24.5	1.0	106.0	33.0	63.5	86.5	6.5
단비	100-2	23.0	1.0	96.5	32.5	55.5	85.0	7.0
단비	100-3	22.0	1.3	113.5	29.0	56.5	83.5	6.5
단비	100-4	23.0	1.0	104.5	31.0	57.5	85.0	6.3
단비	500-1	26.0	1.0	96.5	30.5	56.0	74.0	5.8
단비	500-2	24.5	1.0	88.5	27.5	56.5	67.5	5.0
단비	500-3	23.5	0.8	102.0	32.0	54.0	74.0	6.0
단비	500-4	24.5	1.8	97.5	29.5	66.0	85.0	6.0

표 43. 감마선 조사 후 선발된 큰느타리2호계통의 저온(12℃) 적응특성.

품종명	처리(G)	생소일	발이도*	길이(mm)	대두께(mm)	갓직경(mm)	무게(g)	품질**
큰느타리2호	무	19.7	2.7	126.3	31.7	65.0	71.3	6.7
큰느타리2호	100-1	22.0	3.0	117.5	31.5	57.5	91.5	6.3
큰느타리2호	100-2	27.0	1.5	83.5	27.5	49.0	60.0	4.5
큰느타리2호	100-3	24.0	2.0	95.5	28.5	59.0	67.5	5.3
큰느타리2호	100-4	25.5	1.5	103.0	33.0	54.5	74.0	5.8
큰느타리2호	500-1	25.0	1.8	98.0	30.0	52.0	73.5	6.0
큰느타리2호	500-2	25.0	1.0	69.5	21.5	47.5	39.0	3.3
큰느타리2호	500-3	23.5	1.3	102.0	30.5	51.0	67.5	5.5
큰느타리2호	500-4	22.0	2.0	121.0	29.5	60.5	85.5	6.3

표 44. 감마선 조사 후 선발된 애린이, 애린이3계통의 저온(12℃) 적응특성.

품종명	처리(G)	생소일	발이도*	길이(mm)	대두께(mm)	갓직경(mm)	무게(g)	품질**
애린이	무	27.5	1.3	74.5	32.5	46.0	55.0	4.0
애린이	100-1	25.5	2.8	96.0	28.5	61.5	87.5	5.5
애린이	100-2	26.0	2.8	83.0	29.5	54.5	66.5	4.8
애린이	100-3	25.0	2.8	77.0	26.0	51.5	52.5	4.8
애린이	100-4	25.0	3.3	96.5	27.0	58.5	75.0	5.5
애린이	500-1	27.5	3.0	79.0	25.0	56.5	64.0	4.3
애린이	500-2	27.5	3.0	70.0	22.0	42.0	40.0	3.3
애린이	500-3	26.0	2.0	86.0	28.0	52.5	63.5	5.3
애린이	500-4	24.5	2.5	93.5	29.5	58.5	75.0	5.5
애린이3	무	23.0	4.5	86.0	35.0	55.0	74.0	5.3
애린이3	100-1	20.0	1.5	108.5	33.0	69.5	105.0	6.5
애린이3	100-2	19.0	1.8	99.5	25.5	54.0	65.0	5.5
애린이3	100-3	20.0	1.5	98.0	26.0	61.0	73.0	5.8
애린이3	100-4	19.0	1.0	98.5	28.5	59.5	75.0	5.8
애린이3	500-1	23.5	2.0	106.0	30.0	57.5	84.5	5.5
애린이3	500-2	21.0	2.8	85.5	34.0	54.0	72.0	5.5
애린이3	500-3	20.0	2.8	119.5	31.0	70.5	83.5	6.5
애린이3	500-4	20.0	2.8	77.5	29.0	52.0	58.5	5.0

2. 환경적응성 및 베타글루칸 형질에 연결된 marker 탐색 및 MAS 시스템 개발

가. 고온적응성 형질 관련 marker 탐색 및 MAS 시스템 개발

(1) 고온적응계통과 대립형질의 교배를 통한 F1-Fx 집단 육성

고온적응성과 관련된 마커 개발을 위하여 고온과 저온에서 유전자원을 평가한 이전의 연구결과를 바탕으로 고온적응성 KNR2524와 중온대조구 KNR2523을 교배하여 F1-Fx 집단을 육성하고 이들의 자실체를 평가하였다(표 45). 마커 개발을 위한 집단은 육종이 목표가 아니기 때문에 수확소요일을 기준으로 고온적응성과 대립계통을 선정하였고 대립계통은 고온에서 자실체의 발이가 불량한 계통을 선발하여 사용하였다. 총 277개 조합 중 165계통(60%)에서 자실체가 발생되었고 112계통(40.4%)은 발이나 생육이 불량하였다.

표 45. KNR2523(15℃) × KNR2524(20℃) 주요 교잡계통의 고온(20℃)에서의 생육특성.

교배조합	배양일	발소일	수소일	발이도	대길이	대두께	갓직경	무게	품질
6-8	30.0	3.0	13.0	3.5	128.0	29.0	45.0	71.5	5.5
6-15	31.0	4.5	13.0	3.3	119.0	31.5	42.5	73.0	5.3
6-19	31.5	3.0	13.0	4.0	129.0	31.5	43.5	72.5	5.3
1-12	30.0	4.0	13.0	2.0	102.5	30.5	56.0	71.0	5.0
6-2	32.0	5.5	13.0	2.8	111.5	29.5	36.0	54.0	5.0
6-14	33.5	2.5	12.0	4.0	115.0	31.0	45.0	67.5	5.0
6-16	31.0	4.0	13.5	2.8	112.0	28.5	42.0	55.5	5.0
8-12	34.0	7.5	20.0	3.0	86.0	30.0	47.0	54.0	5.0
10-1	33.5	3.0	20.5	4.0	122.0	31.0	38.0	71.0	5.0
1-2	32.0	3.0	13.0	2.3	103.5	33.5	43.5	50.0	4.8
6-18	31.0	4.0	13.5	3.0	95.5	38.5	35.5	61.5	4.8
19-14	31.5	2.5	17.0	3.3	111.0	27.0	51.0	67.5	4.8
6-1	35.0	5.0	13.0	2.5	90.0	32.5	33.5	50.0	4.5
6-20	32.0	2.0	13.0	3.5	112.0	34.5	37.0	55.5	4.5
7-14	32.5	3.5	14.0	3.0	102.0	34.5	42.0	61.5	4.5
8-8	30.0	5.0	17.5	3.8	121.0	29.0	40.0	51.0	4.5
8-14	31.5	4.0	15.0	2.5	93.5	29.5	46.0	60.5	4.5
10-8	34.0	4.0	20.5	4.0	125.0	35.0	41.0	84.0	4.5
10-14	32.0	2.0	22.5	3.5	107.0	27.0	45.0	52.0	4.5
17-13	29.0	6.0	20.5	1.5	107.0	23.0	42.0	55.0	4.5
18-14	31.5	3.0	13.5	4.0	95.0	36.5	35.0	52.5	4.5
19-3	35.0	5.0	15.5	1.5	104.5	29.5	47.0	63.5	4.5
10-4	33.0	4.0	16.5	2.3	112.0	30.0	35.0	50.5	4.3
7-8	30.0	5.5	26.0	0.8	117.0	31.0	19.0	50.0	4.0
7-11	30.5	3.0	15.5	3.0	80.0	37.0	36.0	42.0	4.0
10-19	31.0	5.0	22.0	2.0	114.0	25.0	36.0	45.0	4.0
19-1	31.5	5.5	15.0	2.5	90.5	28.5	39.5	45.0	4.0
20-1	30.0	5.5	16.5	2.5	88.5	29.0	36.5	44.5	4.0
20-2	30.0	5.0	21.0	3.0	100.0	30.0	39.0	42.0	4.0
6-4	33.5	4.0	12.0	2.5	109.0	24.0	35.5	52.5	3.8
7-1	33.0	5.5	15.5	2.5	100.0	30.5	33.5	45.5	3.8
7-20	31.0	6.0	14.5	1.5	94.0	32.0	28.0	43.0	3.8
1-3	32.5	5.0	13.5	2.5	91.0	24.0	39.0	37.5	3.5
1-5	32.0	5.5	13.5	1.5	87.5	25.5	39.0	38.0	3.5
1-8	30.0	4.0	19.5	2.5	85.0	27.0	42.0	35.0	3.5

1-14	33.0	3.5	19.5	4.0	78.0	37.0	41.0	44.0	3.5
2-14	32.0	4.5	13.5	3.5	83.0	32.5	34.0	42.5	3.5
4-12	31.0	6.0	17.0	1.3	71.5	30.5	45.0	40.5	3.5
6-6	32.5	5.5	13.0	1.0	96.5	34.0	33.5	40.0	3.5
6-9	29.0	4.5	15.0	2.8	95.5	29.5	34.5	41.0	3.5
6-11	30.0	4.0	13.5	3.3	80.5	36.0	30.0	42.0	3.5
6-12	35.0	4.0	17.5	2.8	92.0	31.0	33.5	40.5	3.5
8-13	35.0	6.0	20.5	1.0	96.0	30.0	36.0	36.0	3.5
9-5	30.5	6.0	15.0	0.8	100.0	29.5	38.0	51.0	3.5
17-12	32.0	5.0	19.5	2.0	94.0	27.0	40.0	40.0	3.5
18-4	32.5	6.0	21.5	1.0	105.0	35.0	32.0	42.0	3.5
19-5	31.0	6.0	23.5	0.8	115.0	19.0	37.0	41.0	3.5
20-15	32.0	5.5	22.0	2.0	98.0	26.0	42.0	41.0	3.5
1-20	32.0	4.0	13.0	3.0	81.0	32.0	31.5	35.5	3.3
2-12	33.5	5.0	15.5	1.5	77.0	33.5	37.5	40.0	3.3
4-4	30.5	5.0	13.0	2.0	93.0	25.5	38.0	37.5	3.3
4-16	32.0	6.0	16.0	1.5	76.0	28.5	45.0	38.0	3.3
6-3	33.0	4.5	13.0	3.0	88.0	28.5	33.0	37.5	3.3
6-13	33.0	6.0	14.0	2.8	99.0	29.0	28.5	40.0	3.3
7-15	30.0	4.0	16.5	3.0	98.5	25.0	33.5	41.0	3.3
20-9	30.5	6.0	15.5	2.5	97.5	24.5	43.0	35.5	3.3
20-14	31.0	4.0	13.5	4.0	77.0	24.0	46.5	36.5	3.3
1-4	30.0	4.0	13.0	3.5	84.5	25.0	37.0	31.0	3.0
3-12	31.5	6.5	21.0	1.5	67.0	37.0	36.0	40.0	3.0
4-1	29.5	6.0	21.0	1.8	81.0	28.0	41.0	36.0	3.0
4-2	31.0	6.0	22.0	2.0	94.0	27.5	31.5	35.0	3.0
4-8	32.5			3.3	100.0	24.0	33.0	36.0	3.0
6-7	32.5	4.0	22.0	2.8	135.0	25.0	35.0	45.0	3.0
7-3	33.5	7.5	21.5	1.3	106.0	29.0	32.0	35.0	3.0
9-13	31.5	6.0	21.0	0.5	100.0	28.0	48.0	32.0	3.0
9-15	30.0	5.5	20.0	1.0	81.0	29.0	32.0	35.0	3.0
10-20		8.0	22.0	1.8	92.0	31.0	31.0	45.0	3.0
17-15	32.0	4.5	15.0	3.0	100.0	22.5	41.0	39.0	3.0
17-20	32.0	5.0	13.5	2.5	87.5	23.5	34.0	35.0	3.0
18-2	34.5	5.5	21.5	3.0	106.0	33.0	32.0	41.0	3.0
19-18	32.0	9.0	22.0	0.8	83.0	29.0	35.0	32.0	3.0
20-4	30.5	6.0	20.0	2.0	79.0	26.0	32.0	30.0	3.0
1-16	32.0	3.5	13.0	2.5	76.5	25.0	43.0	33.0	2.8
6-5	30.0	4.5	13.0	2.3	96.0	26.5	25.5	31.0	2.8
7-4	31.0	4.5	13.5	2.0	90.0	29.0	30.0	34.0	2.8
8-4	29.5	6.0	15.5	2.0	88.5	25.5	30.0	33.5	2.8
9-12	30.0	6.0	15.5	0.8	77.0	25.0	37.0	29.5	2.8
17-14	31.0	2.0	13.0	3.0	78.0	22.5	40.5	30.5	2.8
20-8	35.0	6.0	23.0	3.5	98.5	21.0	31.5	32.5	2.8
1-6	31.5	5.0	19.5	1.5	76.0	27.0	37.0	30.0	2.5
4-3	32.0	3.0	13.0	0.8	77.5	29.0	32.0	31.0	2.5
4-14	30.5	3.5	14.0	3.5	69.0	26.0	38.0	27.5	2.5
7-2	35.0	5.0	14.0	2.0	84.5	29.5	26.0	30.0	2.5
9-4	30.0	8.0	17.5	0.5	78.0	31.5	27.5	28.0	2.5
10-3	35.0	5.5	21.5	1.5	94.0	24.0	27.0	30.0	2.5
17-1	32.5	5.0	13.5	3.0	88.0	27.0	31.0	31.0	2.5
20-5	33.5	5.5	20.0	3.0	80.0	21.0	41.0	28.0	2.5
1-10	30.0	4.0	15.5	3.0	78.0	26.5	32.5	27.5	2.3
8-3	31.0	6.5	15.5	2.3	84.5	27.0	30.0	28.0	2.3

9-14	29.0	4.0	14.5	3.0	75.5	27.5	34.0	30.0	2.3
17-9	29.5	5.0	21.5	3.0	88.0	19.0	29.5	25.0	2.3
1-1	30.5	3.0	13.0	2.8	64.0	28.0	29.0	22.0	2.0
1-7	27.5	6.0	20.0	0.5	85.0	25.0	31.0	25.0	2.0
1-13	31.5	5.0	14.0	1.8	62.0	29.5	21.5	22.0	2.0
1-17	32.5	5.5	20.0	2.0	69.0	26.0	34.0	21.0	2.0
1-18	31.5	4.5	20.0	2.3	71.0	33.0	27.0	24.0	2.0
1-19	32.0	4.5	14.0	2.0	73.0	28.5	26.0	27.0	2.0
4-10	30.0	6.0	22.0	2.5	73.0	23.0	25.0	20.0	2.0
4-15	32.5	6.0	21.5	1.5	72.0	26.0	29.0	20.0	2.0
6-17	30.5	5.5	15.5	3.5	85.0	25.5	34.0	30.0	2.0
7-6		7.5	21.5	1.0	78.0	29.0	26.0	25.0	2.0
7-12	31.0	5.5	14.0	1.5	75.5	27.0	26.5	26.5	2.0
7-17	33.0	7.5	21.5	2.0	70.0	23.0	27.0	22.0	2.0
7-18	32.0	6.0	21.5	2.5	70.0	30.0	29.0	30.0	2.0
8-2	32.0	6.0	15.5	2.3	90.0	24.5	25.5	25.0	2.0
9-2	34.5	5.5	15.5	1.3	65.0	29.0	25.0	25.0	2.0
17-2	32.5	4.0	13.5	3.5	89.0	21.5	24.5	24.0	2.0
17-6	31.0	6.5	20.0	2.0	79.0	23.0	26.0	25.0	2.0
17-8	31.0	6.0	16.5	2.8	94.0	19.0	26.0	22.0	2.0
18-8	33.5	5.0	25.0	3.0	89.0	31.0	23.0	30.0	2.0
18-18	31.5	6.0	21.5	2.3	64.0	25.0	30.0	20.0	2.0
18-20	35.0	6.0	21.5	2.5	87.0	27.0	18.0	25.0	2.0
19-4	31.0	6.0	23.5	0.8	85.0	22.0	28.0	28.0	2.0
19-19	31.0	7.0	21.5	1.5	72.0	24.0	25.0	28.0	2.0
20-6	32.5	6.5	23.5	2.8	92.0	24.0	20.0	30.0	2.0
20-20		5.5	15.0	2.5	68.5	26.0	31.0	27.5	2.0
1-15	31.5	4.5	13.5	2.3	83.5	27.0	36.0	36.5	1.8
3-4	30.0	6.0	16.5	1.5	78.5	26.0	21.0	22.5	1.8
4-18	31.0	7.5	15.0	2.0	78.0	30.0	37.0	25.0	1.8
9-18	30.0	6.0	13.5	1.0	71.0	27.5	33.0	20.5	1.8
17-5	31.0	5.5	13.0	1.8	88.0	20.0	26.5	21.0	1.8
1-11	30.5	4.0	13.5	4.0	54.5	28.0	25.5	16.0	1.5
2-2	33.0	5.0	17.5	3.3	74.0	24.5	15.5	17.0	1.5
4-9	28.5	8.0	18.5	1.8	79.0	19.0	28.0	20.0	1.5
7-5	31.0	7.5	24.0	0.8	72.0	28.0	27.0	20.0	1.5
7-10	29.5	5.5	22.0	2.3	79.0	25.0	23.0	20.0	1.5
7-16	30.5	6.0	22.5	1.3	63.0	23.0	20.0	11.0	1.5
8-5	32.5	6.5	49.0	1.3	72.0	26.0	23.0	20.0	1.5
8-15	30.5	6.0	22.0	2.5	79.0	25.0	26.0	20.0	1.5
8-16	30.5	6.0	22.0	2.5	79.0	25.0	26.0	20.0	1.5
9-10	30.0	6.0	22.0	1.3	82.0	24.0	28.0	20.0	1.5
9-11	28.0	5.0	20.0	2.0	58.0	24.0	23.0	15.0	1.5
9-19	32.0	6.5	18.5	0.8	73.0	25.0	20.0	20.0	1.5
9-20	32.0	6.5	18.5	0.8	73.0	25.0	20.0	20.0	1.5
10-9	31.5	5.5	22.5	3.0	69.0	23.0	24.0	15.0	1.5
17-3	30.5	5.0	16.0	3.3	75.0	17.5	26.5	17.5	1.5
17-4	30.5	5.0	16.0	3.3	75.0	17.5	26.5	17.5	1.5
17-10	29.5	5.0	22.0	4.0	68.0	21.0	21.0	20.0	1.5
17-16	29.5	5.0	20.5	2.5	82.0	18.0	29.0	20.0	1.5
17-17	46.0	6.0	22.0	3.0	68.0	20.0	26.0	20.0	1.5
18-1	33.5	4.5	20.0	3.0	65.0	25.0	18.0	20.0	1.5
20-7	31.5	4.0	23.5	2.0	83.0	17.0	24.0	18.0	1.5
20-18	32.0	5.0	22.5	3.3	75.0	20.0	30.0	20.0	1.5

20-19	30.0	5.5	22.5	3.0	78.0	22.0	25.0	20.0	1.5
7-13		6.0	17.0	0.8	82.5	25.0	23.0	16.5	1.3
19-8	31.0	5.5	19.0	0.8	79.0	22.5	22.0	15.5	1.3
4-5	31.5	4.0	13.0	1.0	53.0	22.0	22.0	15.0	1.0
4-6	32.0			1.0	62.0	25.0	21.0	16.0	1.0
4-13	31.0	7.0	22.5	0.8	52.0	16.0	21.0	10.0	1.0
4-17	29.5	7.5	19.0	1.0	44.5	25.0	28.5	12.5	1.0
7-9	31.5	5.0	18.0	2.0	69.0	19.5	23.5	15.5	1.0
7-19	32.0	6.0	19.0	1.8	72.0	25.0	16.0	14.0	1.0
8-1	31.5	6.5	19.0	1.3	68.0	21.0	22.0	15.0	1.0
8-18	32.0	4.5	20.0	2.3	50.0	25.0	24.0	14.0	1.0
8-20	32.5	5.0	22.5	2.5	63.0	21.0	20.0	11.0	1.0
9-8	32.0	5.5	21.5	1.3	70.0	22.0	23.0	15.0	1.0
9-16	30.5	6.0	20.0	0.8	60.0	22.0	29.0	15.0	1.0
17-11	32.0	3.5	23.5	1.8	63.0	15.0	28.0	14.0	1.0
17-18	30.0	4.5	20.0	3.3	67.0	20.0	25.0	15.0	1.0
19-2	32.0	3.5	22.0	4.0	76.0	23.0	19.0	15.0	1.0
19-9	30.0	7.5	22.5	1.0	67.0	25.0	22.0	12.0	1.0
19-12	30.5	6.0	22.5	1.0	53.0	20.0	30.0	15.0	1.0
20-3	33.5	6.0	23.0	1.5	66.0	19.0	21.0	11.0	1.0
20-13	29.5	6.0	22.5	2.0	65.0	22.0	26.0	16.0	1.0
20-17	31.0	6.0	19.5	1.5	60.5	21.5	29.0	13.0	1.0
1-9	29.5	5.0	조사불						
2-1	33.0	4.5	조사불						
2-3	32.0	6.0	조사불						
2-4	32.0	7.0	조사불						
2-5	32.5	4.0	조사불						
2-6	33.5	6.0	조사불						
2-8	31.0	3.0	조사불						
2-9	30.5	5.5	조사불						
2-10	31.0	3.5	조사불						
2-11	32.0	3.5	조사불						
2-13	33.0	6.0	조사불						
2-15	32.0	5.0	조사불						
2-16	31.0	6.0	조사불						
2-17	31.5	5.5	조사불						
2-18	32.5	6.0	조사불						
2-19	31.0	4.5	조사불						
2-20	33.5	6.0	조사불						
3-1	31.0	6.0	조사불						
3-2	31.0	4.5	조사불						
3-3	33.0	6.0	조사불						
3-5	30.0	6.0	조사불						
3-6		6.0	조사불						
3-7	30.5	8.5	조사불						
3-8	31.0	6.0	조사불						
3-9	29.5	7.0	조사불						
3-10	30.5	6.0	조사불						
3-11	30.5	7.0	조사불						
3-13	31.5	7.5	조사불						
3-14	31.5	5.5	조사불						
3-15	32.5	6.0	조사불						
3-16	31.0	6.0	조사불						
3-17	30.5	5.5	조사불						

3-18	31.5	4.5	조사불						
3-19	30.5	5.5	조사불						
3-20	35.0	6.0	조사불						
4-7	30.0		조사불						
4-11	30.0	5.0	조사불						
4-19	31.0	6.0	조사불						
4-20	32.0	5.0	조사불						
5-1	34.0	7.5	조사불						
5-2	34.5	8.0	조사불						
5-3	33.0	8.0	조사불						
5-4	31.5	8.0	조사불						
5-5	32.0	8.5	조사불						
5-6	34.0	8.5	조사불						
5-7	32.0	7.5	조사불						
5-8	31.5	7.0	조사불						
5-9	32.5	7.5	조사불						
5-10	33.0	6.0	조사불						
5-11	31.0	5.5	조사불						
5-12		11.5	조사불						
5-13	32.0	8.0	조사불						
5-14	30.5	4.0	조사불						
5-15	30.5	6.0	조사불						
5-16	33.0	6.0	조사불						
5-17	33.0	7.5	조사불						
5-18	34.0	6.0	조사불						
5-19	33.0	6.0	조사불						
5-20	32.0	6.0	조사불						
6-10	31.0	4.5	조사불						
7-7	32.5	6.0	조사불						
8-6	33.0	6.5	조사불						
8-7	31.5	6.5	조사불						
8-9	30.0	9.0	조사불						
8-10	31.5	5.0	조사불						
8-11	27.0	5.5	조사불						
8-17	30.5	6.0	조사불						
8-19	33.0	5.0	조사불						
9-1	31.0	6.0	조사불						
9-3	35.0	6.5	조사불						
9-6	33.0	9.0	조사불						
9-7	28.5	11.0	조사불						
9-9	28.0	6.0	조사불						
9-17	32.5	7.0	조사불						
10-2	31.5	4.0	조사불						
10-5	33.0	5.0	조사불						
10-6	34.0	5.5	조사불						
10-7	31.5	5.5	조사불						
10-10	31.0	5.0	조사불						
10-11	31.0	4.0	조사불						
10-12	32.0	5.5	조사불						
10-13	33.0	5.5	조사불						
10-15	34.0	4.0	조사불						
10-16	35.0	5.5	조사불						
10-17		5.0	조사불						
10-18	34.5	5.0	조사불						

17-7	31.0	6.5	조사불					
17-19	31.0	5.5	조사불					
18-3	35.0	6.0	조사불					
18-5	33.5	6.0	조사불					
18-6		6.0	조사불					
18-9	29.0	5.5	조사불					
18-10	31.5	5.5	조사불					
18-11	28.5	5.5	조사불					
18-12	31.5	6.0	조사불					
18-13	32.5	7.0	조사불					
18-15	33.0	5.0	조사불					
18-16	33.0	6.0	조사불					
18-17	33.0	6.0	조사불					
18-19	34.0	5.5	조사불					
19-6	32.0	8.0	조사불					
19-7	33.5	11.5	조사불					
19-10	34.0	6.0	조사불					
19-11	28.5	3.0	조사불					
19-13	33.0	6.0	조사불					
19-15	33.0	6.0	조사불					
19-16	30.0	6.5	조사불					
19-17	30.5	9.0	조사불					
19-20		3.0	조사불					
20-10	29.5	5.0	조사불					
20-11	30.5	5.5	조사불					
20-12	32.5	5.0	조사불					
20-16	31.0	5.5	조사불					



13일
KNR2523-6×KNR2524-8



12일
KNR2523-6×KNR2524-4



12일
KNR2523-6×KNR2524-14

그림 39. KNR2523(중은대조구)×KNR2524(고온적응성) 교배 조합의 온도적응성 및 자실체

(2) 고온적응성 KNR2524와 중은대조구 KNR2522의 교배를 통한 F1-Fx 집단 육성

고온적응성과 관련된 마커 개발을 위하여 고온과 저온에서 유전자원을 평가한 이전의 연구 결과를 바탕으로 고온적응성 KNR2524와 대립계통 KNR2522을 교배하여 F1-Fx 집단을 육성하고 이들의 자실체를 평가하였다(표 46, 그림 40). 마커 개발을 위한 집단은 육종이 목표가 아니기 때문에 수확소요일을 기준으로 고온적응성과 대립계통을 선정하였고 대립계통은 고온에서 자실체의 발이가 불량한 계통을 선발하여 사용하였다. 총 300개 조합중 207계통(69.0%)에서 자실체가 발생되었고 93계통(31.0%)은 발이나 생육이 불량하였다. 이 조합에서는 품질이 우수한 계통이 조사되었는데 조합 10-4, 12-1은 무게와 품질이 73.5와 5.8, 72.0과 5.8로 우수하였

다.

표 46. KNR2522(15℃)*KNR2524(20℃) 주요 교잡계통의 고온(20℃)에서의 생육특성

교배조합	배양일	발소일	수소일	발이도	대길이	대두께	갓직경	무게	품질
10-4	30.5	8.5	15.0	0.5	116.0	35.5	48.0	73.5	5.8
12-1	35.0	7.5	15.5	0.8	110.5	29.5	46.0	72.0	5.8
6-10	28.0	6.0	20.5	1.8	111.0	27.0	53.0	60.0	5.5
19-2	35.0	5.5	14.0	1.3	117.0	36.0	42.5	79.5	5.5
6-2		6.0	14.5	1.5	103.0	33.0	52.0	67.5	5.3
8-11	30.0	6.5	15.5	1.5	89.5	36.5	50.5	64.0	5.3
8-14	33.0	5.0	13.0	1.8	110.0	29.0	58.5	67.5	5.3
11-1	35.0	6.0	15.5	2.8	104.5	38.0	41.0	76.5	5.3
11-3	35.0	6.0	15.0	2.5	60.4	34.0	48.0	70.5	5.3
11-11	28.5	5.5	16.0	3.3	114.5	46.0	49.0	77.5	5.3
16-14	32.0	6.0	12.0	3.8	113.5	28.5	55.0	71.0	5.3
20-18	32.0	6.0	15.0	0.8	113.0	34.0	44.5	68.0	5.3
6-11	29.0	7.0	21.5	3.0	111.0	38.0	48.0	56.0	5.0
8-13	32.0	7.5	21.5	0.8	128.0	28.0	39.0	62.0	5.0
8-15	32.0	7.5	15.5	1.0	124.0	26.5	48.5	55.0	5.0
10-13	35.0	9.5	21.0	0.5	104.0	32.0	49.0	52.0	5.0
11-16	29.5	8.0	21.0	0.5	122.0	34.0	36.0	55.0	5.0
11-19	29.5	6.0	20.5	2.3	114.0	38.0	35.0	60.0	5.0
12-19	29.0	6.0	15.0	1.3	92.0	38.0	41.0	67.5	5.0
14-8	31.5	6.0	17.5	1.5	100.0	36.5	52.0	46.5	5.0
15-3	33.5	6.0	21.0	1.5	101.0	33.0	43.0	54.0	5.0
15-6	34.5	8.0	21.0	1.0	101.0	34.0	42.0	61.0	5.0
15-10	29.0	6.0	15.5	3.3	115.0	28.5	52.0	68.0	5.0
18-4		9.5	20.5	0.5	114.0	29.0	47.0	64.0	5.0
18-16	31.0	7.5	21.5	0.5	96.0	33.0	52.0	65.0	5.0
19-12	35.0	9.0	16.0	0.5	92.0	46.0	44.0	70.0	5.0
20-3	31.0	8.0	15.0	1.0	90.5	42.5	36.5	64.0	5.0
7-1	32.0	7.0	15.0	1.0	107.0	36.5	47.5	55.0	4.8
10-17	32.0	7.5	15.0	0.8	77.0	36.0	59.5	65.0	4.8
11-5	34.0	6.0	15.0	1.5	59.7	30.0	45.0	72.5	4.8
13-14	35.0	6.0	15.0	3.3	98.5	34.0	52.5	65.0	4.8
14-19	29.0	7.0	16.0	2.0	89.5	35.5	37.0	56.5	4.8
16-2	32.0	5.0	13.0	3.5	113.0	27.0	42.5	50.5	4.8
16-12	32.5	7.0	14.5	1.8	106.5	28.0	45.0	52.5	4.8
18-14	29.5	6.0	15.0	2.3	93.5	30.0	53.5	68.0	4.8
8-2	33.5	6.0	19.5	1.0	96.0	32.0	40.0	50.0	4.5
10-2	29.0	5.5	13.0	2.5	41.7	27.5	46.5	48.5	4.5
11-2	35.0	6.0	13.0	3.5	133.0	27.0	44.0	60.0	4.5
12-16	31.0	8.5	17.5	1.0	100.0	28.0	47.0	50.0	4.5
12-20	34.0	7.5	16.0	1.0	95.5	35.0	42.5	53.0	4.5
15-1	30.5	6.0	14.0	3.0	95.5	29.5	44.0	51.0	4.5
16-6	31.5	8.5	15.0	0.8	103.0	29.0	44.5	51.0	4.5
17-3		7.0	21.0	0.8	100.0	38.0	38.0	55.0	4.5
17-4	35.0	7.5	16.0	0.5	104.0	38.5	41.0	57.5	4.5
17-14	32.0	6.0	14.5	3.0	87.5	31.0	44.0	54.5	4.5
18-19	33.0	7.0	21.0	1.0	85.0	37.0	41.0	62.0	4.5
20-4	30.5	7.5	14.5	1.0	97.0	34.0	32.5	55.0	4.5
20-12	32.5	7.5	21.5	0.8	72.0	45.0	39.0	58.0	4.5
6-19	35.0	6.0	14.5	3.0	91.0	31.0	46.0	51.5	4.3

8-3	34.0	5.0	13.5	2.0	91.5	30.5	40.5	45.5	4.3
8-4	34.5	6.0	19.0	1.5	112.5	30.0	43.0	60.0	4.3
8-5	32.0	7.0	14.5	0.8	103.5	29.0	39.5	45.5	4.3
11-20	33.0	6.0	14.0	2.5	103.0	30.5	35.5	44.5	4.3
13-1	30.0	6.5	16.5	1.8	68.5	35.5	47.5	55.0	4.3
15-19	31.5	7.0	16.0	2.5	111.0	24.5	41.0	52.5	4.3
6-4	31.0	6.0	13.5	2.0	95.5	25.5	44.0	42.5	4.0
6-17		6.5	15.5	2.8	70.0	28.0	60.5	48.0	4.0
8-12	31.0	8.5	16.0	0.5	101.5	34.5	45.5	62.5	4.0
11-12	31.5	8.0	20.0	1.0	90.0	34.0	37.0	45.0	4.0
11-13		9.0	22.0	0.5	96.0	37.0	38.0	50.0	4.0
12-3	35.0	7.0	7.0	1.0	85.0	37.0	38.0	45.0	4.0
12-11	34.5	9.0	21.0	1.5	64.0	36.0	45.0	45.0	4.0
14-2	32.5	7.5	19.5	2.5	93.0	29.0	38.0	40.0	4.0
14-16	29.0	6.5	16.0	2.0	83.5	30.5	40.0	47.5	4.0
15-7	32.0	8.5	21.5	0.5	99.0	31.0	40.0	40.0	4.0
16-1	28.0	6.0	14.0	2.0	86.5	27.5	39.5	42.5	4.0
18-6		9.0	20.5	0.5	84.0	31.0	45.0	45.0	4.0
18-11	30.0	8.0	21.5	1.0	73.0	40.0	31.0	41.0	4.0
19-3	32.0	8.0	21.5	1.3	121.0	27.0	37.0	55.0	4.0
19-8		6.5	14.5	2.0	102.0	29.5	38.0	52.5	4.0
19-16	33.0	8.0	21.5	0.8	88.0	36.0	35.0	42.0	4.0
20-2	33.0	7.5	20.0	0.8	83.0	36.0	25.0	48.0	4.0
20-14	33.0	6.0	14.0	4.0	77.0	34.0	32.0	41.5	4.0
20-20	33.0	6.5	15.0	2.0	87.5	33.5	34.5	49.5	4.0
6-16	33.0	6.0	13.0	2.3	74.5	28.5	44.0	40.0	3.8
6-20	34.0	6.0	15.5	2.5	84.5	26.0	53.5	45.5	3.8
11-4	31.5	6.0	13.5	2.0	110.0	25.5	35.5	45.0	3.8
11-10	33.5	6.0	17.5	3.0	101.5	30.5	32.0	46.0	3.8
12-4	35.0	9.5	18.0	0.5	115.5	25.5	41.0	53.5	3.8
12-18	32.0	7.5	15.0	1.3	72.5	31.5	43.0	45.0	3.8
14-20	31.5	7.0	17.0	1.0	92.0	39.5	35.5	50.5	3.8
15-8	29.5	6.0	15.0	2.5	94.0	27.0	38.5	43.0	3.8
15-12	32.0	8.0	14.5	1.5	89.0	27.5	47.5	39.0	3.8
15-18	29.5	7.0	14.0	2.0	95.0	25.0	44.0	45.0	3.8
16-3	35.0	6.5	14.0	2.5	100.0	25.5	37.0	41.0	3.8
17-8	35.0	7.0	17.5	0.5	81.5	36.5	42.0	42.0	3.8
20-10	30.0	7.0	16.5	0.8	93.0	29.5	38.5	44.0	3.8
6-18	33.0	6.5	14.0	2.3	76.0	25.5	45.5	35.0	3.5
7-14	32.0	6.0	14.5	3.0	84.5	33.0	35.0	47.0	3.5
8-8	30.5	6.5	20.0	1.5	103.0	22.0	38.0	40.0	3.5
8-16	28.0	8.0	16.5	0.8	92.0	24.5	39.0	38.0	3.5
10-1	32.5	6.0	14.0	1.5	79.5	29.0	36.5	38.0	3.5
10-6	32.5	7.0	15.0	0.5	86.0	28.0	39.0	40.0	3.5
10-11	35.0	6.0	19.5	3.5	78.0	31.0	37.0	41.0	3.5
11-14	34.0	6.0	13.0	4.0	93.5	28.5	38.5	43.0	3.5
12-2	32.5	8.5	18.0	1.0	83.5	32.5	37.0	42.5	3.5
12-8	30.5	7.5	17.0	2.5	75.5	30.0	38.5	40.5	3.5
12-9	31.0	8.5	17.0	1.5	70.0	32.5	43.0	43.0	3.5
13-8	32.5	6.5	20.0	1.3	55.0	39.0	36.0	36.0	3.5
13-9	31.5	7.0	21.0	1.0	78.0	31.0	40.0	40.0	3.5
14-3	31.0	8.0	18.0	1.3	78.0	34.0	30.0	40.0	3.5
14-4	31.0	8.0	18.0	1.3	78.0	34.0	30.0	40.0	3.5
14-17	35.0	8.0	21.5	1.0	66.0	34.0	36.0	45.0	3.5

14-18	28.5	16.5	24.0	1.8	70.0	30.0	41.5	38.5	3.5
15-16	30.0	7.0	14.5	2.5	101.0	24.5	42.5	42.5	3.5
16-4	29.0	6.0	13.0	3.0	102.0	23.5	36.0	39.0	3.5
16-5		6.5	14.0	2.0	109.5	22.0	39.0	41.0	3.5
16-8	30.0	7.5	13.5	2.3	97.0	24.5	37.5	40.0	3.5
16-20		6.0	13.0	3.3	100.0	27.0	35.0	40.0	3.5
18-20		7.5	15.5	0.8	86.5	30.0	36.5	42.5	3.5
6-3	33.0	6.0	14.5	3.0	74.5	27.5	42.0	35.0	3.3
10-14		5.5	13.0	3.8	76.5	28.0	41.0	37.0	3.3
11-8	30.5	6.0	14.0	2.0	98.0	28.5	35.5	39.0	3.3
14-1	32.0	7.0	14.5	2.8	80.5	29.0	36.0	37.5	3.3
14-12	33.0	8.5	20.5	0.5	86.0	32.0	47.0	60.5	3.3
14-14	32.0	5.0	13.5	3.5	78.5	27.0	44.0	35.5	3.3
15-2	31.5	6.0	11.5	2.5	96.0	26.0	36.0	35.0	3.3
16-19	29.0	5.5	14.0	4.0	92.0	28.5	31.5	38.0	3.3
17-1		8.0	16.5	1.0	75.5	38.5	29.0	40.0	3.3
19-1	32.0	6.5	14.0	1.5	73.0	36.0	26.0	35.5	3.3
19-15	33.5	8.5	16.0	1.0	92.5	27.5	37.0	45.5	3.3
6-1	32.0	6.0	13.5	2.5	70.5	27.5	36.5	32.5	3.0
6-14	28.0	6.0	13.5	3.5	69.5	25.5	42.5	32.5	3.0
8-6	34.0	6.5	14.0	1.0	87.5	29.0	34.5	35.5	3.0
8-10	31.5	6.5	15.5	1.5	99.0	24.5	39.0	32.5	3.0
9-4	32.5	10.0	22.5	0.5	72.0	36.0	32.0	40.0	3.0
10-10	31.5	6.0	13.5	3.0	99.5	20.0	39.5	33.5	3.0
10-16	32.0	8.0	17.5	0.8	81.0	22.5	43.5	40.5	3.0
10-18	33.5	7.0	19.5	1.0	72.0	29.0	37.0	35.0	3.0
10-19	34.0	6.0	15.0	2.8	73.0	32.0	41.0	39.5	3.0
10-20	31.0	6.0	15.0	2.8	73.0	32.0	41.0	39.5	3.0
11-18	34.0	6.0	16.5	2.0	95.5	31.0	32.5	45.0	3.0
14-15	31.0	7.5	18.5	3.0	88.0	33.5	31.0	39.0	3.0
15-15	29.0	7.0	21.5	2.5	115.0	23.0	38.0	45.0	3.0
16-7	30.0	7.5	21.0	0.8	110.0	24.0	39.0	35.0	3.0
16-18	31.0	6.0	20.0	3.0	93.5	22.0	43.5	39.0	3.0
17-2		6.0	15.5	1.0	74.0	35.5	28.0	35.5	3.0
17-16	35.0	10.0	21.5	1.0	80.0	34.0	28.0	36.0	3.0
18-2		9.0	21.5	0.8	84.0	41.0	12.0	57.0	3.0
18-12		11.0	22.5	0.5	59.0	31.0	36.0	35.0	3.0
19-4		6.0	21.5	2.0	82.0	37.0	25.0	45.0	3.0
19-5	35.0	8.0	21.5	1.0	103.0	33.0	26.0	40.0	3.0
19-9	31.5	8.5	17.0	1.0	90.5	28.5	36.5	58.5	3.0
19-14		5.0	13.0	3.0	56.5	37.0	33.5	35.5	3.0
20-15	31.0	7.0	20.0	0.5	110.0	30.0	28.0	38.0	3.0
8-1		6.0	13.5	1.0	87.0	29.0	33.5	31.5	2.8
8-9	33.0	9.5	17.0	0.5	84.5	28.0	35.5	34.0	2.8
15-4	30.5	6.0	13.5	1.5	82.5	25.0	34.0	31.5	2.8
16-11	34.0	6.0	14.0	2.3	72.0	28.0	30.0	30.5	2.8
17-18	34.0	8.0	17.5	0.8	75.0	35.5	32.0	35.0	2.8
6-8	33.5	6.0	14.5	3.3	80.5	21.0	43.0	30.5	2.5
6-12	31.0	8.0	18.5	1.0	67.5	30.0	36.5	30.0	2.5
10-3	30.5	7.0	14.0	2.0	71.0	24.5	29.0	28.0	2.5
10-8		7.5	17.0	2.8	90.5	21.5	34.5	27.0	2.5
12-10	27.5	6.5	21.5	17.0	78.0	30.0	26.0	40.0	2.5
12-14	33.0	5.5	13.5	2.5	70.0	26.0	39.5	30.0	2.5
15-13	33.0	7.5	16.5	1.5	92.5	22.5	32.0	31.0	2.5

16-9	28.5	7.5	17.0	1.0	94.5	21.0	31.5	26.0	2.5
16-10	32.0	6.0	13.0	3.5	97.5	20.5	40.0	28.0	2.5
17-19	30.5	7.0	21.5	0.5	66.0	36.0	23.0	30.0	2.5
18-18	31.5	7.0	18.0	1.0	67.0	26.5	32.5	25.5	2.5
20-5		8.5	17.5	1.0	71.5	36.5	20.0	32.5	2.5
8-18	29.0	6.0	13.0	1.0	74.0	30.5	35.5	23.0	2.3
9-20	32.0	6.0	15.5	1.0	58.5	32.5	28.5	24.5	2.3
10-12	31.0	8.0	19.5	1.8	87.0	23.0	33.0	27.5	2.3
10-15		8.0	13.5	3.0	101.5	19.5	33.0	28.0	2.3
15-14	32.5	3.0	13.5	3.0	77.0	20.0	38.0	28.0	2.3
19-11	31.0	6.5	14.0	1.0	63.0	34.5	24.5	27.5	2.3
19-18	30.5	8.0	16.0	1.0	66.5	38.0	25.0	27.5	2.3
19-20	34.0	7.0	15.0	1.0	68.5	34.5	25.5	30.0	2.3
6-5	29.0	7.0	20.0	1.5	64.0	29.0	34.0	20.0	2.0
10-5	32.0	6.5	17.0	1.3	70.5	27.5	28.5	23.0	2.0
12-12	32.0	8.0	22.0	0.5	58.0	28.0	34.0	26.0	2.0
12-17	33.0	8.0	21.5	0.8	68.0	26.0	31.0	22.0	2.0
13-2	33.0	6.0	21.5	1.3	78.0	27.0	24.0	28.0	2.0
13-4	33.0	7.5	18.0	1.0	73.0	26.0	30.0	25.0	2.0
16-16	31.0	7.0	20.0	1.5	86.0	23.0	34.0	25.0	2.0
17-11	34.5	7.5	22.5	0.5	72.0	35.0	21.0	25.0	2.0
19-6		10.0	22.0	0.8	75.0	29.0	19.0	21.0	2.0
19-17	31.0	7.5	19.5	1.0	49.0	34.0	31.0	22.0	2.0
20-8	32.5	6.0	20.0	2.5	61.0	32.0	22.0	25.0	2.0
10-9	17.0	8.5	17.5	0.5	80.5	26.0	34.0	21.5	1.8
11-15	32.0	6.0	18.5	2.5	77.5	25.5	22.5	20.0	1.8
16-15	28.0	6.0	14.0	2.0	77.0	18.0	26.0	19.0	1.8
20-1	32.5	8.5	18.0	1.0	53.0	34.5	17.0	24.0	1.8
6-9	28.0	9.0	22.5	1.0	62.0	26.0	28.0	18.0	1.5
7-4	34.0	8.5	22.0	0.5	75.0	26.0	17.0	20.0	1.5
7-18	31.5	7.5	21.5	2.3	53.0	30.0	20.0	20.0	1.5
9-1	31.5	7.0	22.0	1.0	51.0	30.0	13.0	18.0	1.5
9-2	33.0	7.0	15.5	1.0	54.5	32.0	27.5	18.0	1.5
9-14	31.0	6.0	22.0	1.5	60.0	33.0	19.0	20.0	1.5
9-15	33.0	8.0	22.5	0.5	62.0	28.0	22.0	21.0	1.5
11-9	28.0	7.0	18.0	0.8	64.0	23.5	24.0	17.5	1.5
14-10	30.5	6.0	16.5	2.0	54.0	25.0	29.0	16.0	1.5
16-17	31.5	6.0	20.0	3.0	65.0	24.0	30.0	16.0	1.5
18-3	35.0	8.5	22.5	0.5	68.0	24.0	24.0	16.0	1.5
20-16	31.5	8.5	23.5	0.5	53.0	33.0	13.0	20.0	1.5
18-8	31.0	8.0	18.5	1.0	69.0	30.0	22.5	17.5	1.3
7-7	30.0	8.0	23.5	0.8	62.0	18.0	17.0	10.0	1.0
9-3	33.0	9.0	22.5	0.5	49.0	25.0	23.0	14.0	1.0
9-8	29.5	7.0	22.0	1.0	67.0	30.0	21.0	15.0	1.0
9-12	33.0	11.0	22.5	0.5	50.0	24.0	16.0	15.0	1.0
12-5	35.0	7.5	23.5	0.8	50.0	26.0	21.0	15.0	1.0
12-13	33.0	8.5	23.5	0.8	53.0	23.0	22.0	12.0	1.0
20-7	31.0	8.5	22.0	0.5	49.0	26.0	19.0	15.0	1.0
20-9	32.5	7.5	22.0	0.8	59.0	26.0	18.0	10.0	1.0
20-19	31.0	6.0	22.0	1.0	58.0	31.0	19.0	15.0	1.0
5-1	32.0	6.5	조사불						
6-6	33.0	7.5	조사불						
6-7	29.5	8.5	조사불						
6-13	28.0	8.5	조사불						

6-15		7.0	조사불						
7-2	30.5	13.0	조사불						
7-3	29.0	8.5	조사불						
7-5	35.0	10.0	조사불						
7-6		8.5	조사불						
7-8	33.0	8.0	조사불						
7-9	32.0	8.0	조사불						
7-10	34.0	8.5	조사불						
7-11	32.0	6.0	조사불						
7-12	34.0	9.0	조사불						
7-13	33.5	9.0	조사불						
7-15	29.0	8.0	조사불						
7-16	30.5	8.0	조사불						
7-17	29.0	8.5	조사불						
7-19	33.0	8.5	조사불						
7-20	33.0	6.0	조사불						
8-7	35.0	8.0	조사불						
8-17	32.0	9.0	조사불						
8-20	32.0	6.5	조사불						
9-5	32.5	12.0	조사불						
9-6	33.5		조사불						
9-7	29.5		조사불						
9-9	29.0		조사불						
9-10	32.0	7.0	조사불						
9-11	31.0	7.0	조사불						
9-13	33.0	11.5	조사불						
9-16	34.0	8.0	조사불						
9-17	34.5		조사불						
9-18	33.0	8.0	조사불						
9-19	33.0	8.5	조사불						
10-7	31.0	9.0	조사불						
11-6	33.0	8.0	조사불						
11-7	32.0	7.5	조사불						
11-17	32.5	8.0	조사불						
12-6	35.0		조사불						
12-7	29.0	9.0	조사불						
12-15	32.0	9.0	조사불						
13-3	34.0	7.0	조사불						
13-5	32.0		조사불						
13-6	33.5	8.5	조사불						
13-7	28.0	8.0	조사불						
13-10	29.5	8.5	조사불						
13-11	29.0	7.0	조사불						
13-12		12.0	조사불						
13-13	35.0	12.0	조사불						
13-15	34.0	7.0	조사불						
13-16	35.0	7.5	조사불						
13-17	34.0	11.5	조사불						
13-18	32.0	7.5	조사불						
13-19	31.5	7.5	조사불						
13-20	34.0	8.0	조사불						
14-5	31.5	9.5	조사불						
14-6	34.0	11.0	조사불						
14-7	33.5	8.0	조사불						

14-9	29.0	7.5	조사불						
14-11	28.5	6.0	조사불						
14-13	31.0	8.5	조사불						
15-5	33.0	7.5	조사불						
15-9	29.0	7.0	조사불						
15-11	30.0	6.0	조사불						
15-17	30.5	8.5	조사불						
15-20	31.0	8.0	조사불						
16-13		6.5	조사불						
17-5	32.0	10.5	조사불						
17-6			조사불						
17-7	29.0		조사불						
17-9	31.5	11.5	조사불						
17-10	33.0	8.0	조사불						
17-12			조사불						
17-13			조사불						
17-15	33.0	7.0	조사불						
17-17	31.5	9.0	조사불						
17-20	36.0	8.5	조사불						
18-1	31.0	9.0	조사불						
18-5	32.5	7.5	조사불						
18-7	32.5	10.0	조사불						
18-9	28.5	8.0	조사불						
18-10	29.0	7.5	조사불						
18-13	32.0	9.0	조사불						
18-15	33.0	9.5	조사불						
18-17	31.5	8.5	조사불						
19-7		8.0	조사불						
19-10	30.0	8.0	조사불						
19-13	33.0	8.0	조사불						
19-19		7.5	조사불						
20-6	32.0	9.0	조사불						
20-11	33.5	7.0	조사불						
20-13	31.0	11.0	조사불						
20-17	33.0	8.5	조사불						



KNR2522-16×KNR2524-14
수확소요일: 12일



KNR2522-8×KNR2524-14
수확소요일: 13일



KNR2522-16×KNR2524-2
수확소요일: 13일



KNR2522-20×KNR2524-17
생육불



KNR2522-19×KNR2524-19
생육불



KNR2522-18×KNR2524-17
생육불

그림 40. R2522(중온대조구)×KNR2524(고온적응성) 교배 조합의 온도적응성기준 고온적응성 및 대조구

(3) 고온적응성 KNR2532와 중온대조구 KNR2523의 교배를 통한 F1-Fx 집단 육성

고온적응성과 관련된 마커 개발을 위하여 고온과 저온에서 유전자원을 평가한 이전의 연구결과를 바탕으로 고온적응성 KNR2532와 중온대조구 KNR2523을 교배하여 F1-Fx 집단을 육성하고 이들의 자실체를 평가하였다(표 47). 마커 개발을 위한 집단은 수확소요일을 기준으로 시험계통과 대립계통을 선정하였고 대립계통은 고온에서 자실체의 발이가 불량한 계통을 선발하여 사용하였다. 총 337개 조합 중 70계통(20.8%)에서 자실체가 발생되었고 267계통(79.2%)은 발이나 생육이 불량하여 다른 조합에 비해 고온에 대한 적응성이 현저하게 떨어졌다. 그러나 조합 2-5에서는 무게와 품질이 100 g, 6.5였다.

표 47. KNR2523(15℃)*KNR2532(20℃) 주요 교잡계통의 고온(20℃)에서의 생육특성

교배조합	배양일	발소일	수소일	발이도	대길이	대두께	갓직경	무게	품질
2-5	28.5	7.0	23.5	3.5	122.0	38.0	50.0	100.0	6.5
6-1	28.5	6.0	20.5	3.5	133.0	33.0	40.0	66.0	5.0
6-20	27.0	7.0	24.5	2.0	111.0	39.0	41.0	64.0	5.0
20-8	32.5	7.5	22.0	0.8	95.0	30.0	52.0	55.0	5.0
20-14	30.0	7.5	16.0	1.5	99.5	34.0	51.5	59.0	5.0
20-15	30.5	6.0	16.0	1.8	104.0	30.5	47.0	62.5	5.0
17-8	27.0	7.0	14.5	3.0	105.0	31.0	51.0	62.5	4.8
8-4	33.0	6.5	24.5	3.5	111.0	29.0	36.0	51.0	4.5
8-15	28.0	6.5	16.0	4.0	117.5	27.0	41.0	52.0	4.5
15-8	27.0	7.5	22.5	1.3	99.0	32.0	29.0	55.0	4.5
7-8	25.5	6.5	16.0	1.3	81.0	41.5	35.0	55.0	4.3
8-11	30.0	7.5	22.5	2.5	104.5	34.0	37.0	52.5	4.3
4-8	29.0	8.0	15.5	1.3	102.0	31.0	59.5	62.5	4.0

6-5	28.0	7.5	18.0	2.0	106.5	28.5	37.5	56.5	4.0
6-6	33.0	6.5	13.5	2.0	100.0	32.5	38.5	45.0	4.0
6-14	25.5	6.0	20.0	2.3	94.5	33.5	37.5	48.5	4.0
7-10	29.0	8.0	23.5	1.0	75.0	27.0	38.0	40.0	4.0
10-8	29.0	8.5	25.0	0.8	101.0	29.0	55.0	48.0	4.0
10-9	29.0	6.5	28.5	1.5	91.0	32.0	44.0	46.0	4.0
19-11	33.0	8.5	24.5	1.5	92.0	35.0	35.0	48.0	4.0
19-14	34.0	9.5	22.0	0.5	85.0	29.0	47.0	42.0	4.0
1-8	26.0	7.5	17.5	0.5	74.5	36.0	40.0	45.0	3.8
6-15	33.0	6.0	13.0	4.0	104.5	33.0	27.5	43.0	3.8
17-14	26.5	7.0	15.0	2.5	103.0	24.5	40.5	41.0	3.8
8-2	30.0	6.5	24.0	3.3	111.0	30.0	28.0	40.0	3.5
1-14	25.5	6.5	13.5	2.0	80.0	27.5	36.5	36.0	3.3
7-11	29.0	7.5	16.5	2.3	74.0	40.5	21.0	41.0	3.3
13-15	27.5	6.0	19.5	3.0	90.5	26.5	38.0	36.0	3.3
3-8	27.0	8.0	24.5	1.0	69.0	34.0	28.0	35.0	3.0
6-8	28.5	6.0	19.0	1.8	84.0	29.5	32.5	33.0	3.0
11-15	30.5	6.5	22.0	3.0	92.0	32.0	30.0	35.0	3.0
15-14	30.5	9.0	23.5	0.5	71.0	35.0	25.0	33.0	3.0
17-15	25.0	7.0	13.5	3.3	101.0	23.5	36.0	33.0	3.0
20-19	29.5	7.0	30.0	2.8	75.0	27.0	40.0	35.0	3.0
1-15	27.0	6.0	18.0	2.5	79.5	33.5	22.5	32.5	2.8
8-8		8.5	24.0	0.8	82.0	26.5	47.5	39.5	2.8
3-14	28.0	6.0	19.0	2.0	68.0	30.5	33.0	26.5	2.5
4-14	27.0	6.0	24.0	1.0	65.0	35.0	41.0	30.0	2.5
6-4	34.0	8.0	26.5	0.5	81.0	26.0	23.0	20.0	2.5
6-10	30.5	7.0	21.5	1.0	78.0	31.0	44.0	30.0	2.5
6-19	33.0	6.5	23.0	2.5	80.0	25.5	31.0	27.0	2.5
17-4	29.0	7.0	19.5	1.8	80.0	23.0	32.0	30.5	2.5
17-10	28.0	7.0	27.0	2.5	80.0	27.0	48.0	30.0	2.5
17-11	40.5	7.0	21.5	1.5	64.5	26.5	30.0	33.0	2.5
17-19	29.5	6.5	19.5	2.8	76.5	25.5	34.0	26.5	2.5
17-20	30.5	8.0	25.5	1.0	85.0	17.0	38.0	25.0	2.5
18-15	29.0	7.0	26.5	1.0	78.0	27.5	29.0	25.0	2.3
1-6	26.0	9.0	22.5	0.5	50.0	31.0	40.0	24.0	2.0
4-9	30.5	9.5	29.5	1.0	58.0	31.0	36.0	25.0	2.0
4-15	29.0	6.5	25.5	2.3	72.0	22.0	25.0	18.0	2.0
6-9	25.0	6.0	24.0	2.3	70.0	29.0	23.5	19.5	2.0
7-6	31.0	7.0	24.5	1.8	68.0	18.0	23.0	20.0	2.0
7-20	31.0	6.5	22.0	3.0	63.0	30.0	27.5	25.0	2.0
13-12	25.5	7.5	29.5	1.0	87.0	22.0	35.0	25.0	2.0
17-2	29.5	6.0	15.0	2.5	100.0	21.0	23.5	29.0	2.0
17-6	32.0	7.0	21.0	1.0	63.0	25.0	29.0	20.0	2.0
17-9	33.0	7.0	14.0	2.0	70.5	20.0	29.5	20.0	2.0
18-8	30.0	8.0	24.5	1.0	74.0	36.0	31.0	30.0	2.0
18-14	26.0	5.5	28.5	1.0	53.0	32.0	25.0	22.0	2.0
19-15	30.5	7.0	23.0	1.0	62.5	23.0	29.0	21.0	2.0
7-15	32.0	6.5	13.5	3.0	58.5	33.0	17.5	20.5	1.8
3-19	26.0	7.0	25.0	1.0	62.0	28.0	27.0	20.0	1.5
7-2	33.0	7.5	22.5	1.8	82.5	24.5	47.0	23.5	1.5
7-9	27.5	7.0	22.0	1.5	54.0	24.0	22.0	15.0	1.5
13-9	25.0	7.0	24.0	1.0	59.0	25.0	29.0	16.0	1.5
19-2	27.5	8.0	27.5	1.0	71.0	30.0	20.0	24.0	1.5
20-5	33.0	8.0	27.5	1.3	72.0	20.0	33.0	15.0	1.5

4-5	30.5	9.0	24.0	0.5	43.0	26.0	27.0	15.0	1.0
6-13	28.0	6.0	24.5	2.0	65.0	16.0	24.0	10.0	1.0
13-19	28.0	6.5	21.0	2.8	56.0	16.0	18.0	10.0	1.0
1-1	25.0	6.0	조사불						
1-2	27.5	6.0	조사불						
1-3	25.0		조사불						
1-4	28.5	6.5	조사불						
1-5	28.0	7.0	조사불						
1-9	28.0	7.0	조사불						
1-10	25.5	8.0	조사불						
1-11	25.0	6.5	조사불						
1-12	32.0	7.0	조사불						
1-13	25.0	8.0	조사불						
1-16	25.0	7.5	조사불						
1-17	27.0	6.0	조사불						
1-19	28.0	8.5	조사불						
1-20	30.5	8.0	조사불						
2-1	29.0	9.0	조사불						
2-2	29.5	8.0	조사불						
2-3	45.0		조사불						
2-4	25.0		조사불						
2-6	29.0		조사불						
2-8	29.0	10.0	조사불						
2-9	30.0	10.0	조사불						
2-10	27.0	12.0	조사불						
2-11	27.5	9.5	조사불						
2-12	32.5	7.5	조사불						
2-13	29.5	11.0	조사불						
2-14	29.5	10.5	조사불						
2-15	30.0	9.0	조사불						
2-16	25.0	9.5	조사불						
2-17	27.0	10.0	조사불						
2-19	27.5	4.0	조사불						
2-20	28.5	10.0	조사불						
3-1	29.0	12.0	조사불						
3-2	27.5	6.0	조사불						
3-3	27.0		조사불						
3-4	32.0	8.0	조사불						
3-5	27.0	10.0	조사불						
3-6	28.0		조사불						
3-9	27.5	11.0	조사불						
3-10	25.0	13.0	조사불						
3-11	32.0	9.5	조사불						
3-12	32.5	9.0	조사불						
3-13	27.0	9.0	조사불						
3-15	29.0	7.5	조사불						
3-16	28.5	7.0	조사불						
3-17	32.5	10.0	조사불						
3-20	28.5	7.5	조사불						
4-1	35.0	8.0	조사불						
4-2	35.0	8.0	조사불						
4-3	27.0	10.0	조사불						
4-4	29.0	9.5	조사불						
4-6	27.5	9.5	조사불						

4-10	26.5	9.0	조사불						
4-11	25.0	8.0	조사불						
4-12	25.5	6.5	조사불						
4-13	26.0	7.0	조사불						
4-16	28.5	10.0	조사불						
4-17	28.0	9.0	조사불						
4-19	31.0	8.0	조사불						
4-20	30.5	10.0	조사불						
5-1	28.5	7.0	조사불						
5-2	30.5	7.0	조사불						
5-3	28.0		조사불						
5-4	26.5	8.0	조사불						
5-5	31.0		조사불						
5-6	29.0	10.0	조사불						
5-8	31.0	9.5	조사불						
5-9	27.5	8.5	조사불						
5-10	30.0		조사불						
5-11	25.0	10.0	조사불						
5-12	36.0	7.0	조사불						
5-13	32.0		조사불						
5-14	25.5	8.0	조사불						
5-15	32.0	7.0	조사불						
5-16	29.5	8.0	조사불						
5-17	30.0	10.0	조사불						
5-19	32.0	9.0	조사불						
5-20	33.0	9.0	조사불						
6-2	25.0	6.5	조사불						
6-3	32.5	12.0	조사불						
6-12	26.0	6.0	조사불						
6-16	27.0	7.0	조사불						
6-17	28.5	7.5	조사불						
7-1	33.0	8.5	조사불						
7-3	26.0	9.0	조사불						
7-4	33.0	9.5	조사불						
7-5	30.0	9.0	조사불						
7-12	29.0	6.5	조사불						
7-16	29.0	7.0	조사불						
7-17	28.5	7.0	조사불						
7-19	30.0	6.0	조사불						
8-1	32.5	8.5	조사불						
8-3	29.0	10.0	조사불						
8-5	28.5	9.0	조사불						
8-6	31.0	9.0	조사불						
8-9	30.0	7.5	조사불						
8-10	28.5	7.5	조사불						
8-12	28.5	6.0	조사불						
8-13	29.0	7.0	조사불						
8-14	25.0	6.5	조사불						
8-16	29.5	7.0	조사불						
8-17	31.0	7.0	조사불						
8-19	32.0	9.5	조사불						
8-20	26.0	7.0	조사불						
9-1	27.0	8.0	조사불						
9-2	30.0		조사불						

9-3	28.5		조사불						
9-4	26.0	11.0	조사불						
9-5	32.5	10.0	조사불						
9-6	27.5	10.0	조사불						
9-8	34.0	10.0	조사불						
9-9	30.5	15.0	조사불						
9-10	29.0	10.0	조사불						
9-11	31.5	10.0	조사불						
9-12	32.5	6.5	조사불						
9-13	29.0	6.0	조사불						
9-14	26.0	8.0	조사불						
9-15	30.0	7.0	조사불						
9-16	56.0	10.0	조사불						
9-17	28.0	9.0	조사불						
9-19	30.5	8.0	조사불						
9-20	29.0	9.0	조사불						
10-1	32.0	6.5	조사불						
10-2	30.0	8.0	조사불						
10-3	26.0	10.0	조사불						
10-4	33.0	9.5	조사불						
10-5	35.0	9.0	조사불						
10-6	31.0	7.5	조사불						
10-10	31.5	9.0	조사불						
10-11	32.5	6.5	조사불						
10-12	29.0	7.0	조사불						
10-13	30.5	8.5	조사불						
10-14	45.0	8.5	조사불						
10-15	34.0	7.5	조사불						
10-16	25.5	7.5	조사불						
10-17	33.0	9.0	조사불						
10-19	32.0	8.0	조사불						
10-20	29.5	7.5	조사불						
11-1	35.0	8.0	조사불						
11-2	29.0	8.5	조사불						
11-3	33.5	9.5	조사불						
11-4	27.0	8.0	조사불						
11-5	29.0	8.0	조사불						
11-8	29.0	10.5	조사불						
11-9	29.0	9.0	조사불						
11-10	31.0	8.0	조사불						
11-11	27.5	7.0	조사불						
11-12	28.0	6.0	조사불						
11-13	30.5	7.0	조사불						
11-14	26.0	9.0	조사불						
11-16	25.0	7.5	조사불						
11-17	33.5	8.0	조사불						
11-19	29.0	9.0	조사불						
11-20	32.0		조사불						
12-1	29.0	6.0	조사불						
12-2	29.0	7.5	조사불						
12-3	32.0		조사불						
12-4	32.0		조사불						
12-5	32.0		조사불						
12-6	30.5	10.0	조사불						

12-8	29.0	8.5	조사불						
12-9	33.0	10.0	조사불						
12-10		9.5	조사불						
12-11	27.5	8.0	조사불						
12-12	29.5	7.0	조사불						
12-13	33.5	9.0	조사불						
12-14	30.5	8.0	조사불						
12-15	28.0	8.0	조사불						
12-16	29.0	7.0	조사불						
12-17	30.5	7.0	조사불						
12-19	29.5	7.5	조사불						
12-20	33.0	10.5	조사불						
13-1	26.5	7.0	조사불						
13-2	29.0	8.0	조사불						
13-3	26.0	10.0	조사불						
13-4	31.0	9.0	조사불						
13-5	29.0	9.0	조사불						
13-6	26.5	6.0	조사불						
13-10	29.5	7.5	조사불						
13-11	25.0	6.5	조사불						
13-13	25.5	6.0	조사불						
13-14	32.0	6.0	조사불						
13-16	25.0	8.0	조사불						
13-17	30.0	8.5	조사불						
13-20	29.5	8.0	조사불						
15-1	28.5	8.0	조사불						
15-2	33.0	8.5	조사불						
15-3	29.5		조사불						
15-4	29.5		조사불						
15-5	27.5	9.5	조사불						
15-6	27.0	8.0	조사불						
15-9	25.0	8.0	조사불						
15-10	28.0	9.0	조사불						
15-11	27.0	7.5	조사불						
15-12	25.0	7.0	조사불						
15-13	31.0	8.5	조사불						
15-15	33.0	10.0	조사불						
15-16	26.5	9.0	조사불						
15-17	30.0		조사불						
15-19	29.5	8.0	조사불						
15-20	30.5	9.0	조사불						
16-1	26.5	8.0	조사불						
16-2	32.0	9.0	조사불						
16-3	27.5		조사불						
16-4	28.0	9.5	조사불						
16-5	30.0	9.5	조사불						
16-6	25.5	10.0	조사불						
16-8	33.0	9.0	조사불						
16-9	28.5	10.0	조사불						
16-10	27.0	10.0	조사불						
16-11	29.5	7.0	조사불						
16-12	29.0	8.5	조사불						
16-13	27.5	9.5	조사불						
16-14	33.0	9.5	조사불						

16-15	32.5	8.5	조사불					
16-16	30.0	8.5	조사불					
16-17	30.5	10.0	조사불					
16-19	29.5	8.5	조사불					
16-20	28.0	10.0	조사불					
17-1	28.0	8.0	조사불					
17-3	29.5	8.5	조사불					
17-5	27.0	7.0	조사불					
17-12	29.0	7.0	조사불					
17-13	29.0	7.5	조사불					
17-16	27.5	7.5	조사불					
17-17	25.5	6.5	조사불					
18-1	30.0	9.0	조사불					
18-2	29.0	7.0	조사불					
18-3	29.0	10.0	조사불					
18-4	30.0	7.0	조사불					
18-5	30.0	11.0	조사불					
18-6	28.0	8.5	조사불					
18-9	28.0	8.5	조사불					
18-10	31.5	8.5	조사불					
18-11	29.0	8.0	조사불					
18-12	31.5	6.0	조사불					
18-13	26.0	10.5	조사불					
18-16	26.5	7.5	조사불					
18-17	27.0	9.0	조사불					
18-19	30.0	8.0	조사불					
18-20	29.5	10.5	조사불					
19-1	25.0	7.5	조사불					
19-3	26.5		조사불					
19-4	30.5	9.0	조사불					
19-5	30.0	7.0	조사불					
19-6	33.5		조사불					
19-8	40.5	9.5	조사불					
19-9	33.0	8.5	조사불					
19-10	34.0	8.5	조사불					
19-12	33.0	7.0	조사불					
19-13	28.5	8.0	조사불					
19-16	27.0	7.5	조사불					
19-17	28.5	8.5	조사불					
19-19	32.5	7.5	조사불					
19-20	30.0	9.5	조사불					
20-1	28.0	7.0	조사불					
20-2	30.0	6.0	조사불					
20-3	32.5	8.0	조사불					
20-4	31.0	6.5	조사불					
20-6	27.0	8.0	조사불					
20-9	25.5	6.5	조사불					
20-10	27.5	7.0	조사불					
20-11	25.5	6.5	조사불					
20-12	26.5	6.0	조사불					
20-13	28.5	7.5	조사불					
20-16	28.0	7.0	조사불					
20-17	30.5	7.0	조사불					
20-20	29.0	7.0	조사불					

(4) 고온적응성 형질 관련 marker 탐색 및 MAS 시스템 개발

(가) 고온적응성 KNR2524와 중온대조구 KNR2523의 교배 집단에서 고온적응성 형질 관련 marker 탐색 및 MAS 시스템 개발

고온적응성 형질 관련 marker는 RAPD를 이용한 bulked segregant analysis(BSA)를 이용하여 탐색하였다. 고온적응성 KNR2524와 중온대조구 KNR2523 교배 집단에서 BSA를 위해 선발된 대립 계통과 고온적응성 계통은 표 48과 같다.

표 48. 고온적응성 KNR2524와 중온대조구 KNR2523 교배 집단에서 선발된 대립 계통과 고온적응성 계통

대립계통	No.	1	2	3	4	5	6	7
	교배조합	1-5	2-14	6-3	7-4	9-18	17-1	18-14
고온적응성 계통	No.	8	9	10	11	12	13	14
	교배조합	2-4	3-7	5-15	8-17	9-9	18-12	19-6

선발된 대립 계통과 고온적응성 계통의 genomic DNA는 DNeasy plant mini kit(Qiagen)를 이용하여 분리하였고 분리된 genomic DNA는 동일한 농도로 희석한 다음 각각 혼합하여 총 DNA 농도가 30 ug/ml이 되도록 하였다(Paran and Michelmore, 1991). RAPD를 위한 primer(10 mer)는 operon 사의 OPA(20개), OPB(20개), OPL(20개), OPP(20개), OPR(20개), OPS(20개) 등 총 120개를 사용하였다(표 49).

표 49. 본 실험에 사용된 primer 목록

No.	Name	Seq.	No.	Name	Seq.	No.	Name	Seq.
1	OP A-01	CAGGCCCTTC	41	OP L-01	GGCATGACCT	81	OP R-01	TGCGGGTCCCT
2	OP A-02	TGCCGAGCTG	42	OP L-02	TGGGCGTCAA	82	OP R-02	CACAGCTGCC
3	OP A-03	AGTCAGCCAC	43	OP L-03	CCAGCAGCTT	83	OP R-03	ACACAGAGGG
4	OP A-04	AATCGGGCTG	44	OP L-04	GACTGCACAC	84	OP R-04	CCCGTAGCAC
5	OP A-05	AGGGGTCTTG	45	OP L-05	ACGCAGGCAC	85	OP R-05	GACCTAGTGG
6	OP A-06	GGTCCCTGAC	46	OP L-06	GAGGGAAGAG	86	OP R-06	GTCTACGGCA
7	OP A-07	GAAACGGGTG	47	OP L-07	AGGCGGGAAC	87	OP R-07	ACTGGCCTGA
8	OP A-08	GTGACGTAGG	48	OP L-08	AGCAGGTGGA	88	OP R-08	CCCGTTGCCT
9	OP A-09	GGGTAACGCC	49	OP L-09	TGCGAGAGTC	89	OP R-09	TGAGCACGAG
10	OP A-10	GTGATCGCAG	50	OP L-10	TGGGAGATGG	90	OP R-10	CCATTCCTCA
11	OP A-11	CAATCGCCGT	51	OP L-11	ACGATGAGCC	91	OP R-11	GTAGCCGTCT
12	OP A-12	TCGGCGATAG	52	OP L-12	GGGCGGTAAT	92	OP R-12	ACAGGTGCGT
13	OP A-13	CAGCACCCAC	53	OP L-13	ACCGCCTGCT	93	OP R-13	GGACGACAAG
14	OP A-14	TCTGTGCTGG	54	OP L-14	GTGACAGGCT	94	OP R-14	CAGGATTCCC

15	OP A-15	TTCCGAACCC	55	OP L-15	AAGAGAGGGG	95	OP R-15	GGACAACGAG
16	OP A-16	AGCCAGCGAA	56	OP L-16	AGGTTGCAGG	96	OP R-16	CTCTGCGCGT
17	OP A-17	GACCGTTTGT	57	OP L-17	AGCCTGAGCC	97	OP R-17	CCGTACGTAG
18	OP A-18	AGGTGACCGT	58	OP L-18	ACCACCCACC	98	OP R-18	GGCTTTGCCA
19	OP A-19	CAAACGTCGG	59	OP L-19	GAGTGGTGAC	99	OP R-19	CCTCCTCATC
20	OP A-20	GTTGCGATCC	60	OP L-20	TGGTGGACCA	100	OP R-20	ACGGCAAGGA
21	OP B-01	GTTTCGCTCC	61	OP P-01	GTAGCACTCC	101	OP S-01	CTACTGCGCT
22	OP B-02	TGATCCCTGG	62	OP P-02	TCGGCACGCA	102	OP S-02	CCTCTGACTG
23	OP B-03	CATCCCCCTG	63	OP P-03	CTGATACGCC	103	OP S-03	CAGAGGTCCC
24	OP B-04	GGACTGGAGT	64	OP P-04	GTGTCTCAGG	104	OP S-04	CACCCCCTTG
25	OP B-05	TGCGCCCTTC	65	OP P-05	CCCCGGTAAC	105	OP S-05	TTTGGGGCCT
26	OP B-06	TGCTCTGCC	66	OP P-06	GTGGGCTGAC	106	OP S-06	GATACCTCGG
27	OP B-07	GGTGACGCAG	67	OP P-07	GTCCATGCCA	107	OP S-07	TCCGATGCTG
28	OP B-08	GTCCACACGG	68	OP P-08	ACATCGCCA	108	OP S-08	TTCAGGGTGG
29	OP B-09	TGGGGGACTC	69	OP P-09	GTGGTCCGCA	109	OP S-09	TCCTGGTCCC
30	OP B-10	CTGCTGGGAC	70	OP P-10	TCCCGCTAC	110	OP S-10	ACCGTCCAG
31	OP B-11	GTAGACCCGT	71	OP P-11	AACGCGTCGG	111	OP S-11	AGTCGGGTGG
32	OP B-12	CCTTGACGCA	72	OP P-12	AAGGGCGAGT	112	OP S-12	CTGGGTGAGT
33	OP B-13	TTCCCCCGCT	73	OP P-13	GGAGTGCCTC	113	OP S-13	GTCGTTCTTG
34	OP B-14	TCCGCTCTGG	74	OP P-14	CCAGCCGAAC	114	OP S-14	AAAGGGGTCC
35	OP B-15	GGAGGGTGTT	75	OP P-15	GGAAGCCAAC	115	OP S-15	CAGTTCACGG
36	OP B-16	TTTGCCCGGA	76	OP P-16	CCAAGCTGCC	116	OP S-16	AGGGGGTTCC
37	OP B-17	AGGGAACGAG	77	OP P-17	TGACCCGCCT	117	OP S-17	TGGGGACCAC
38	OP B-18	CCACAGCAGT	78	OP P-18	GGCTTGGCCT	118	OP S-18	CTGGCGAACT
39	OP B-19	ACCCCCGAAG	79	OP P-19	GGGAAGGACA	119	OP S-19	GAGTCAGCAG
40	OP B-20	GGACCCTTAC	80	OP P-20	GACCCTAGTC	120	OP S-20	TCTGGACGGA

PCR은 bioneer premix kit(Bioneer, Korea)에 각 RAPD primer(20 pmole) 3 ul에 선발된 계통별 (대립 계통 7종, 고온적응성 계통 7종) bulked genomic DNA 2 ul와 증류수 15 ul를 첨가하여 다음과 같은 조건으로 수행하였다. PCR 반응은 94℃에서 4분간 변성시킨 뒤 94℃에서 1분, 37℃에서 1분, 72℃에서 1분 30초의 조건으로 40 cycle을 반복한 다음 마지막으로 72℃에서 2분 동안 수행하였다. 증폭된 PCR 산물은 1.5% agarose gel(Intron, Korea)에 전기영동한 후 ethidium bromide로 염색하여 UV light로 확인하였다. 대립 계통과 고온적응성 계통에서 polymorphic한 밴드를 보이는 primer만을 선발하여 RAPD를 반복한 후 각 계통별로 BSA와 동일한 조건으로 PCR을 수행하여 계통 간의 polymorphism을 확인하였다. 그 결과 OPA primer들로부터 대립 계통과 고온적응성 계통을 구별할 수 있는 마커들이 검색되었으며(그림 41) 그 중에서도 OP-A06 primer에서 대립 계통과 가장 뚜렷한 차이를 나타내고 반복성이 있는 우수한 RAPD 밴드(385 bp)를 찾을 수 있었다(그림 42).

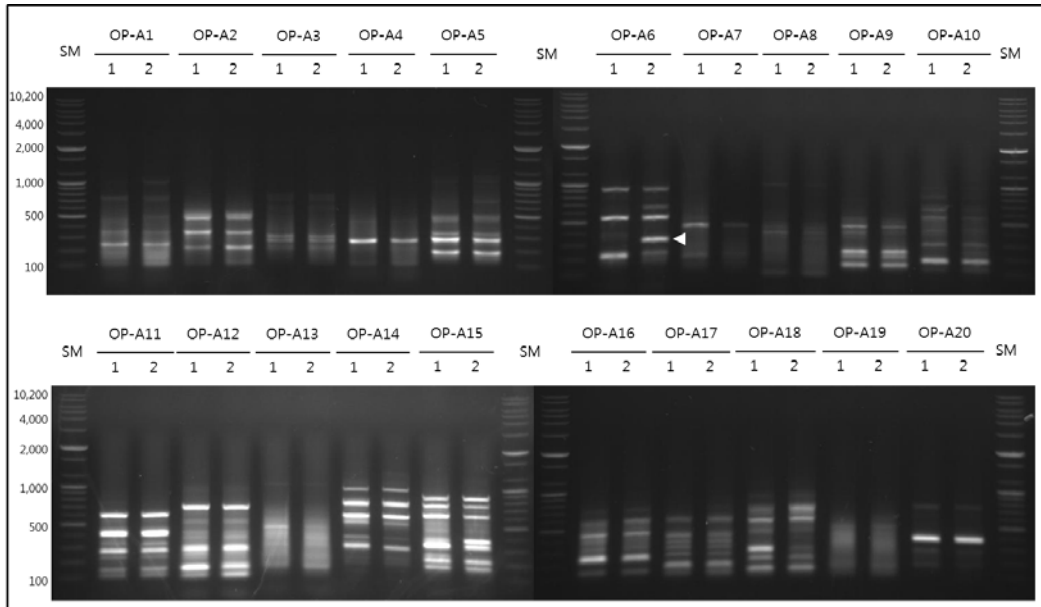


그림 41. Oeron사의 OP-A 프라이머를 사용한 음성 KNR2524×중은대조구 KNR2523의 고온적응성 계통과 대립계통의 RAPD

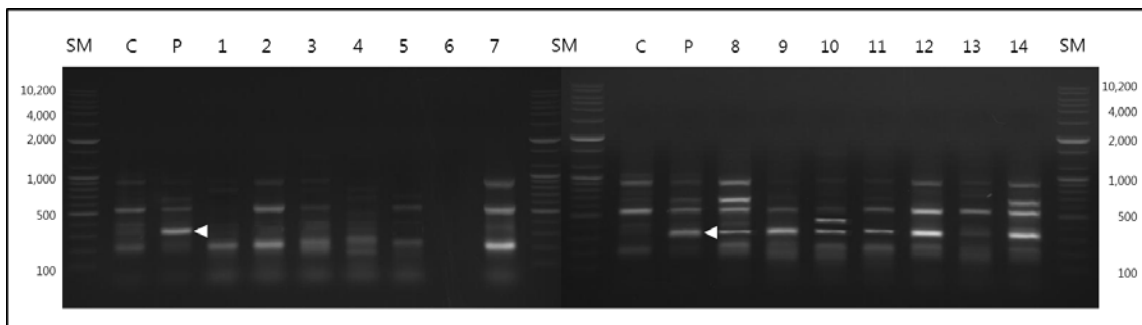


그림 42. Operon사의 OP-A6 프라이머를 사용한 음성 KNR2524×중은대조구 KNR2523의 고온적응성 계통과 대립계통의 RAPD

OP-A06 primer를 이용한 RAPD 결과, 약 385 bp 부근에서 대립 계통에서는 증폭되지 않고 고온적응성 계통에서만 증폭되는 특이적인 RAPD 밴드를 고온적응성 계통 큰느타리버섯 선발에 유용한 RAPD 마커로 간주하고 단일 PCR 밴드를 증폭시킬 수 있는 SCAR 마커로 전환하였다. SCAR 마커로 전환하기 위해 RAPD 밴드의 DNA는 gel extraction kit(Bioneer, Korea)를 이용하여 agarose gel로부터 추출한 다음 T-blunt PCR cloning kit(SolGent, Korea)를 이용하여 cloning하였다. cloning 여부는 액체배양한 clone의 plasmid를 plasmid isolation kit(Intron, Korea)를 이용하여 분리한 다음 제한효소인 EcoRI(Promega, USA)을 처리하여 확인하였고 선발된 clone은 MacroGen(Daejeon, Korea)에 의뢰하여 염기서열을 분석하였다. 그 결과 얻어진 염기서열 말단을 근거로 SCAR 마커로 사용할 specific primer인 OP-A06-1-F(5'-GGT CCC TGA CTG CTC ACG GGC-3')와 OP-A06-1-R(5'-CGA CGG AGA CGG AGC GAG TCC-3')를 디자인하였다. (그림 43).

```

1   GGTCCCTGAC TGCTCACGGG CATACCATCC CGATGCGTTT CATAATCGAA GACGTTGAAA
61  TCCGTTAAAC TCCCCGTAGG GGTCGGGACA CAGTAAAATA TACGCGCCCG CTCCTATCC
121 CAATTCCACA GACGGTCCCA TCTTGAACCT ACTTCCGTCA AATCCGCGGA CCCACCTGA
181 AGCCTGACCT CTGCAACGAT GTCGCTACGT CCGTAGACGT CAGATCAATA GATAGATGCG
241 TCGGTTGCGA AGCCGATCTG GATTCGTAAC ATCATTGAGG CTGTTATGCA GGTCGACGTA
301 GAGGAGGTCG ATTAGGGTGA TCGGCTGTTC GATTTAACGT ACGCCGCGCA CTTTAGCGAA
361 GCACGGACTC GCTCCGTCTC CGTCG

```

그림 43. 대조구와 구별되는 온성 KNR2524×중온대조구 KNR2523의 고온적응성 계통에 특이적인 PCR band의 염기서열

SCAR marker OP-A06-1-F/-R의 PCR 반응은 94℃에서 5분간 변성시킨 뒤 94℃에서 1분, 62℃에서 1분, 72℃에서 2분의 조건으로 30 cycle을 반복한 다음 마지막으로 72℃에서 10분 동안 수행하였으며 증폭된 PCR 산물은 1.5% agarose gel에 전기 영동한 다음 대립 계통과 구별되는 DNA 밴드를 고온적응성 계통에서 확인하였다. SCAR 마커인 OP-A06-1-F/-R primer를 이용한 PCR 결과 얻은 385 bp의 DNA 밴드는 고온적응성 계통에서만 확인할 수 있었으며 random primer인 OP-A06 primer를 이용하여 PCR을 수행했을 때보다 재현성이 높고 진한 DNA 밴드임을 확인할 수 있었다(그림 44). 따라서 OP-A06-1-F/-R primer는 대립 계통과 고온적응성 계통의 큰느타리버섯을 신속히 구분할 수 있는 SCAR 마커로써 이용될 수 있으며 고온적응성 계통의 큰느타리버섯 육종에 효과적으로 이용될 수 있을 것으로 기대된다.

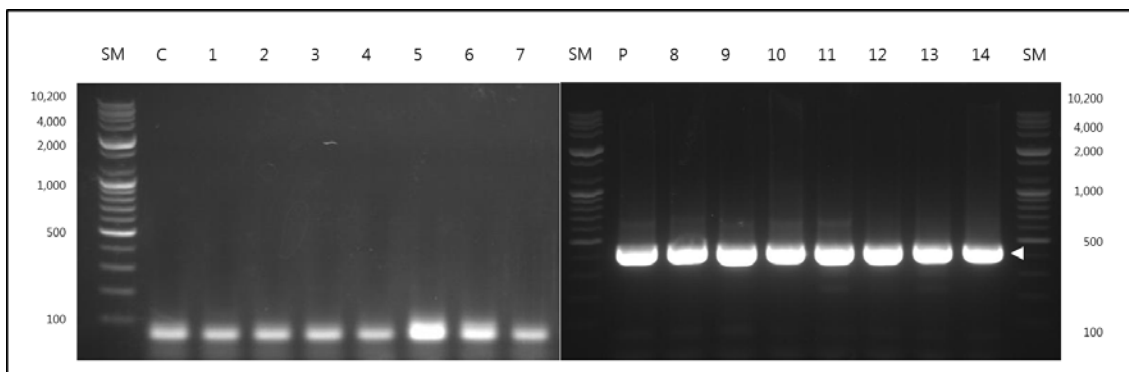


그림 44. OP-A06-1-F/-R를 이용한 고온적응성 KNR2524×중온대조구 KNR2523의 고온적응성 계통과 대조구의 PCR (1-7: 대조구, 8-14: 고온적응성 계통)

(나) 고온적응성 KNR2532와 중온대조구 KNR2523의 교배 집단에서 고온적응성 형질 관련 marker 탐색 및 MAS 시스템 개발

고온적응성 형질 관련 marker는 RAPD를 이용한 bulked segregant analysis(BSA)를 이용하

여 탐색하였다. 고온적응성 KNR2532와 대립계통 KNR2523 교배 집단에서 BSA를 위해 선발된 대립 계통과 고온적응성 계통은 표 50과 같다.

표 50. 고온적응성 KNR2532와 중온대조구 KNR2523 교배 집단에서 선발된 대립 계통과 고온적응성 계통

대립계통	No.	1	2	3	4	5	6	7
	교배조합	6-6	6-15	7-11	7-14	1-14	6-10	4-8
고온적응성 계통	No.	8	9	10	11	12	13	14
	교배조합	15-20	13-3	16-19	5-3	10-17	12-20	3-1

선발된 대립 계통과 고온적응성 계통의 genomic DNA는 DNeasy plant mini kit(Qiagen)를 이용하여 분리하였고 분리된 genomic DNA는 동일한 농도로 희석한 다음 각각 혼합하여 총 DNA 농도가 30 ug/ml이 되도록 하였다(Paran and Michelmore, 1991). RAPD를 위한 primer(10 mer)는 operon 사의 OPA(20개), OPB(20개), OPL(20개), OPP(20개), OPR(20개), OPS(20개) 등 총 120개를 사용하였다(표 49).

PCR은 bioneer premix kit(Bioneer, Korea)에 각 RAPD primer(20 pmole) 3 ul에 선발된 계통별 (대립 계통 7종, 고온적응성 계통 7종) bulked genomic DNA 2 ul와 증류수 15 ul를 첨가하여 다음과 같은 조건으로 수행하였다. PCR 반응은 94°C에서 4분간 변성시킨 뒤 94°C에서 1분, 37°C에서 1분, 72°C에서 1분 30초의 조건으로 40 cycle을 반복한 다음 마지막으로 72°C에서 2분 동안 수행하였다. 증폭된 PCR 산물은 1.5% agarose gel(Intron, Korea)에 전기영동한 후 ethidium bromide로 염색하여 UV light로 확인하였다(그림 45).

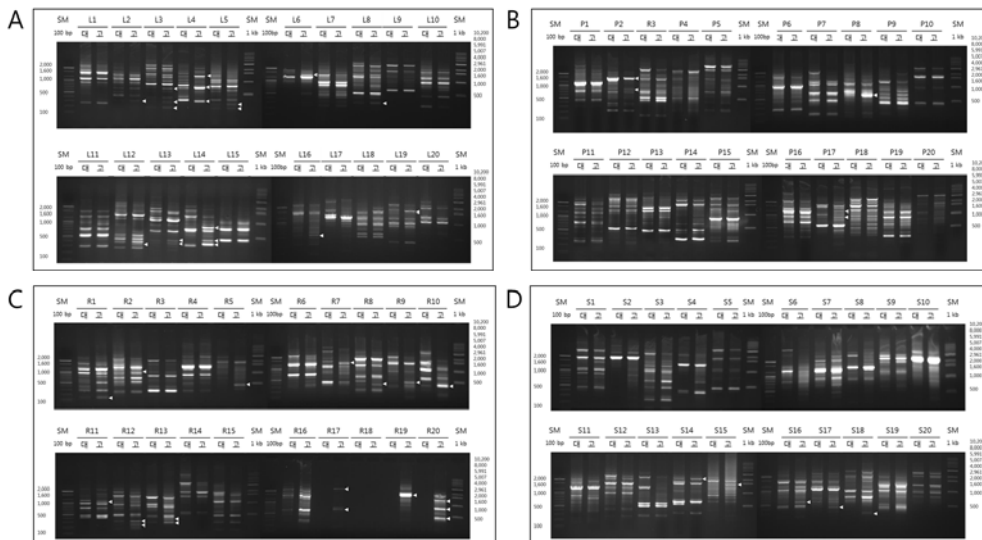


그림 45. Operon사의 random 프라이머 시리즈를 사용한 2502×2539 저온적응성 계통과 대조구의 RAPD. (대; 대조구, 고: 선발된 저온적응성계통, A; OP-L 프라이머, B; OP-P 프라이머, C; OP-R 프라이머, D; OP-S 프라이머)

대립 계통과 고온적응성 계통에서 polymorphic한 밴드를 보이는 primer만을 선발하여 RAPD를 반복한 후 각 계통별로 BSA와 동일한 조건으로 PCR을 수행하여 계통 간의 polymorphism을 확인하였으나 대립 계통과 고온적응성 계통을 구별할 수 있는 마커들이 검색되지 않았다.

나. 저온적응성 형질 관련 marker 탐색 및 MAS 시스템 개발

(1) 저온적응계통과 대립형질 간의 교배를 통한 F1-Fx 집단 육성

저온적응성과 관련된 마커 개발을 위하여 저온적응성이 우수한 KNR2539/KNR2540과 저온에서 발이유기가 되지 않은 2502계통에서 유래한 단핵군사간의 교배를 실시하여 표 51과 52와 같은 결과를 얻었다. 마커 개발을 위한 집단은 육종이 목표가 아니기 때문에 우수한 형질을 목표로 하지 않고 수확소요일을 기준으로 저온적응성 계통과 대립계통을 선정하였고 대립계통은 고온에서 자실체의 발이가 불량한 계통을 선발하여 사용하였다. 2502*2540의 경우 총 321계통 중 5.3%인 17개를 제외한 304계통이 자실체를 발생시켰다. 이는 고온적응성 집단에 비해 상당히 높은 수준으로 저온조건이 고온에 비해서 수확소요일이 길다는 단점이 있다. 수확소요일을 기준으로 작성한 두 집단의 계통 분포도는 정규분포의 양상을 보여줌으로써(그림 47, 그림 49) 저온적응성이 양적형질임을 확인시켜 주었다. 집단의 양끝 말단 개체를 저온적응성 마커 탐색에 사용하였다.

표 51. KNR2502(저온대조) × KNR2539(저온우수) 교잡계통의 저온(12℃)에서의 생육특성

교배계통	생소일	발이도*	길이 (mm)	대두께 (mm)	갯직경 (mm)	무게 (g)	품질**	갯명도	
15	3	16.0	2.0	99.0	27.0	61.0	42.0	3.5	59.2
18	3	16.0	1.5	79.0	28.0	54.0	49.0	2.3	54.3
18	15	17.5	1.5	71.0	32.0	52.5	44.5	1.8	47.5
10	15	18.5	2.5	93.5	29.0	51.5	54.0	3.8	42.4
16	3	18.5	1.3	65.5	21.0	51.0	28.0	1.5	54.5
18	11	18.5	1.5	74.0	25.5	46.5	39.0	2.8	56.4
12	3	19.0	3.0	73.0	20.0	47.5	28.1	1.8	58.8
16	15	19.0	2.8	68.5	29.0	48.5	39.0	1.8	47.8
18	1	19.0	3.3	68.0	25.0	44.5	32.5	1.8	56.6
18	2	19.0	3.0	79.5	26.5	56.0	48.5	2.8	58.7
18	5	19.0	0.8	105.0	36.0	47.0	72.5	4.8	60.1
13	19	19.5	3.5	66.0	21.5	45.5	30.5	1.5	50.4
15	4	19.5	2.5	63.5	24.5	51.0	32.5	1.8	54.3
15	15	19.5	2.0	74.5	24.0	53.0	37.0	2.3	43.7
16	4	19.5	3.0	62.0	21.0	44.5	25.5	1.0	54.6
16	12	19.5	3.3	69.5	22.5	51.0	33.0	1.3	51.1
16	19	19.5	3.3	50.0	20.0	47.0	21.0	1.0	53.1
18	4	19.5	0.8	68.5	27.5	48.0	36.0	1.5	55.3
18	14	19.5	1.5	63.5	25.5	46.0	29.5	1.3	51.4
18	18	19.5	1.3	67.5	26.5	43.5	31.0	1.3	55.6
19	17	19.5	2.8	78.0	23.5	48.0	38.5	2.8	58.2
2	13	20.0	1.8	88.0	25.0	45.0	40.0	3.3	55.3
3	19	20.0	3.5	75.0	20.5	41.0	28.0	2.0	53.1

5	3	20.0	0.5	84.0	22.0	49.5	33.0	3.0	57.9
6	3	20.0	3.8	92.5	22.0	45.5	37.0	3.5	51.3
8	1	20.0	2.5	82.5	24.5	41.0	28.0	2.5	56.8
9	5	20.0	1.5	83.5	28.5	45.5	40.5	3.0	57.6
9	15	20.0	2.5	91.0	28.0	45.0	42.0	3.5	44.1
12	2	20.0	3.8	69.5	21.5	38.5	21.5	1.3	60.5
13	12	20.0	0.8	88.5	136.5	47.5	37.0	3.3	56.6
13	13	20.0	0.5	83.5	28.0	43.5	41.5	3.0	61.2
13	14	20.0	3.3	74.0	23.5	47.0	32.0	1.8	50.5
13	18	20.0	3.5	59.0	21.0	39.0	21.0	1.0	61.4
14	3	20.0	3.3	80.0	21.0	45.5	29.0	2.0	53.8
15	5	20.0	2.8	72.5	26.0	52.5	35.0	2.0	58.3
16	20	20.0	3.3	64.0	22.0	56.0	31.0	1.0	57.6
17	14	20.0	1.5	80.0	22.5	54.0	37.5	2.3	54.7
17	15	20.0	1.0	72.0	26.5	46.0	36.0	2.3	48.0
18	12	20.0	1.5	58.5	23.0	47.5	26.0	1.0	55.8
20	5	20.0	3.0	83.5	29.5	49.5	44.0	3.3	56.0
4	13	20.5	1.3	67.5	25.0	46.0	32.0	1.5	58.9
5	13	20.5	2.0	86.5	24.5	52.5	38.5	3.0	57.6
6	6	20.5	1.3	69.0	20.0	44.0	21.0	1.5	45.3
6	19	20.5	1.8	80.0	24.0	44.5	33.0	2.5	50.9
12	7	20.5	3.8	67.5	25.0	46.0	31.5	1.3	61.8
12	18	20.5	2.0	52.0	23.0	41.5	19.5	1.0	60.2
12	19	20.5	2.0	50.0	19.0	45.5	19.0	1.0	60.0
13	2	20.5	2.0	76.5	25.5	46.5	31.5	2.3	60.0
13	4	20.5	1.3	66.0	23.0	43.5	28.5	1.8	59.4
14	8	20.5	2.3	72.5	23.0	46.0	29.0	1.8	56.6
14	18	20.5	1.5	57.0	23.0	43.5	22.0	1.0	58.0
16	2	20.5	1.3	73.0	26.5	50.0	36.5	2.0	57.7
16	8	20.5	1.0	71.0	24.5	51.0	34.5	2.0	52.1
16	18	20.5	2.3	57.5	21.5	45.0	22.0	1.0	55.2
17	9	20.5	0.8	74.5	27.5	46.5	36.0	2.3	56.1
18	13	20.5	1.0	69.0	28.5	53.5	43.5	1.8	55.9
18	20	20.5	1.3	67.0	27.5	50.5	36.5	1.8	59.8
19	9	20.5	1.5	73.0	24.5	36.5	29.5	1.3	52.1
19	10	20.5	3.3	70.5	25.5	51.5	37.5	1.8	55.8
19	11	20.5	2.3	69.5	23.0	43.5	30.5	1.3	59.9
19	12	20.5	2.5	74.5	23.5	45.0	35.5	2.0	57.8
19	14	20.5	1.5	74.0	24.0	41.5	31.5	1.8	51.2
19	15	20.5	2.0	88.5	29.0	46.5	47.0	3.5	47.0
19	18	20.5	1.8	62.5	25.0	43.5	28.5	1.3	59.9
20	4	20.5	3.0	62.0	25.5	42.0	27.0	1.0	56.7
20	6	20.5	3.3	52.5	19.5	42.5	19.0	1.0	56.9
2	6	21.0	1.3	62.5	21.5	42.5	23.0	1.0	50.3
2	7	21.0	2.3	84.5	30.0	48.0	46.5	3.5	59.5
2	11	21.0	1.3	79.0	28.0	48.0	43.0	2.5	61.9
2	12	21.0	2.3	75.0	24.0	44.5	34.0	2.3	52.2
5	15	21.0	0.8	84.5	26.0	50.5	40.5	3.0	50.1
5	18	21.0	1.0	81.5	24.5	47.0	32.5	2.5	57.5
6	2	21.0	0.5	73.0	18.0	45.0	22.0	1.0	61.0

6	7	21.0	1.3	83.0	22.5	44.5	33.5	2.8	52.7
10	14	21.0	3.3	87.5	23.5	51.0	44.5	3.5	50.6
10	16	21.0	2.5	60.0	22.5	53.5	31.5	1.0	56.4
10	20	21.0	1.5	64.5	26.5	49.5	32.5	1.3	56.1
12	1	21.0	0.5	69.5	27.0	44.0	30.0	1.3	55.7
12	6	21.0	3.3	60.0	19.0	43.0	18.0	1.0	58.6
13	3	21.0	1.8	82.5	22.5	48.0	35.5	2.8	61.9
13	5	21.0	1.8	94.5	27.5	47.0	47.0	4.0	63.5
14	20	21.0	2.8	67.0	21.5	44.0	23.0	1.5	62.7
15	6	21.0	1.0	55.5	20.0	48.5	21.5	1.0	57.6
15	13	21.0	0.8	71.0	24.5	54.0	42.0	1.8	54.6
16	10	21.0	2.5	60.5	23.0	50.5	29.5	1.0	52.4
16	13	21.0	2.0	61.0	24.0	50.0	29.0	1.0	56.5
16	14	21.0	0.8	65.0	24.5	53.5	33.0	1.3	54.2
17	3	21.0	2.5	73.5	24.5	49.5	38.5	2.0	61.5
18	10	21.0	0.5	62.0	25.5	46.0	28.0	1.0	58.3
18	16	21.0	0.8	58.5	23.5	45.5	26.5	1.0	56.1
19	1	21.0	2.5	79.0	27.0	37.5	35.2	2.5	58.9
19	3	21.0	2.5	88.5	23.5	49.0	38.5	3.3	53.0
19	4	21.0	3.0	67.0	27.0	37.5	33.0	2.5	59.6
19	5	21.0	2.8	88.0	25.5	46.5	43.0	3.3	59.6
19	7	21.0	3.5	73.5	25.0	44.5	36.0	2.5	61.5
20	3	21.0	3.0	70.0	23.5	34.0	29.5	1.3	60.7
20	7	21.0	3.0	53.5	21.0	43.5	21.0	1.0	58.8
20	10	21.0	3.0	65.5	26.5	46.5	31.0	1.0	55.2
20	12	21.0	3.8	68.0	24.0	51.5	36.0	1.5	57.8
6	13	21.3	1.8	85.7	26.0	54.3	46.3	3.2	47.8
2	15	21.5	1.0	87.5	30.0	43.0	43.5	3.3	48.3
2	18	21.5	2.8	80.0	34.5	45.0	48.5	2.8	57.4
5	6	21.5	1.5	73.0	20.0	54.0	29.5	1.3	51.3
5	11	21.5	0.5	85.0	25.0	51.0	35.0	2.8	64.0
5	17	21.5	0.5	76.5	27.0	51.5	37.5	2.5	58.1
5	19	21.5	2.0	86.5	22.0	53.0	39.0	3.0	50.5
6	5	21.5	2.3	89.5	23.0	47.0	34.0	3.0	56.8
6	11	21.5	1.0	89.0	21.0	46.5	34.0	3.0	58.2
8	6	21.5	0.8	77.5	22.0	54.0	33.2	2.3	51.3
8	15	21.5	1.0	82.5	29.5	49.5	46.0	3.3	60.1
8	19	21.5	2.5	62.5	24.0	44.5	24.0	1.0	59.7
9	2	21.5	1.0	77.0	24.0	41.0	34.0	2.0	56.3
9	3	21.5	1.5	79.5	24.0	44.0	34.5	2.5	59.1
9	4	21.5	2.0	74.5	24.0	48.0	33.0	2.0	56.0
10	6	21.5	1.3	63.0	20.5	38.0	21.0	1.0	50.1
10	13	21.5	2.8	90.0	29.0	51.0	55.5	3.5	57.5
10	17	21.5	3.8	65.5	27.0	52.5	37.5	1.3	57.5
12	14	21.5	1.5	61.0	20.5	48.0	23.0	1.0	51.7
13	6	21.5	0.8	75.0	22.0	47.0	31.5	2.0	57.6
13	7	21.5	0.5	95.5	27.5	47.0	49.5	4.0	62.7
13	8	21.5	0.5	104.0	27.5	52.5	54.0	4.5	58.8
14	19	21.5	3.0	53.5	23.0	45.0	23.5	1.0	62.5
15	17	21.5	0.5	67.5	25.0	53.5	38.0	1.8	59.8

16	1	21.5	2.0	68.0	21.5	54.0	34.5	1.5	55.3
17	1	21.5	1.0	69.0	32.5	42.0	38.5	1.8	62.1
17	5	21.5	1.5	77.5	35.5	43.0	51.0	2.8	64.4
17	8	21.5	0.8	74.5	25.5	52.0	42.0	2.3	61.6
18	17	21.5	1.0	58.5	25.5	48.5	30.5	1.0	62.5
19	13	21.5	2.3	72.5	24.5	47.0	37.0	2.3	57.8
19	16	21.5	0.8	55.0	21.0	43.0	22.0	1.0	57.2
19	19	21.5	2.8	58.0	24.0	48.0	30.5	1.0	59.9
20	2	21.5	2.8	82.5	29.0	55.0	47.5	2.5	62.3
20	13	21.5	3.0	72.0	27.5	50.0	38.5	2.3	59.5
20	15	21.5	2.3	87.0	28.0	47.0	42.0	3.5	54.4
2	3	22.0	2.8	92.0	28.5	46.5	45.5	3.5	59.8
2	4	22.0	1.5	85.5	39.0	49.5	60.5	3.8	60.1
2	14	22.0	1.0	75.5	28.5	45.0	43.0	2.5	47.7
3	3	22.0	2.0	108.0	22.0	59.0	57.5	4.5	57.9
3	8	22.0	1.0	87.0	28.5	53.0	49.5	3.5	60.9
4	12	22.0	1.3	63.0	23.5	50.0	28.5	1.0	58.1
4	15	22.0	3.3	68.5	23.5	46.0	29.0	1.5	55.7
5	1	22.0	2.3	90.0	28.0	47.5	40.5	3.5	61.0
5	5	22.0	0.8	78.5	30.0	45.0	51.5	2.5	55.4
5	14	22.0	0.5	76.0	19.5	51.5	33.0	2.0	51.6
5	16	22.0	1.3	67.0	25.5	44.0	39.5	1.8	55.2
8	18	22.0	1.0	81.5	24.5	51.5	36.5	2.5	59.4
10	8	22.0	1.8	86.5	26.5	59.5	58.0	3.0	54.1
10	9	22.0	3.3	88.5	26.0	47.5	42.0	3.3	54.9
10	12	22.0	3.8	74.5	22.5	47.5	39.5	2.0	57.7
10	18	22.0	2.8	73.0	26.0	50.0	38.0	2.3	56.7
13	10	22.0	0.5	84.5	30.5	44.0	43.0	3.3	61.1
13	15	22.0	1.8	90.0	29.5	52.0	60.0	3.3	55.5
14	1	22.0	0.5	56.5	22.0	39.5	20.0	1.0	60.1
14	4	22.0	2.3	70.5	27.5	44.0	36.5	1.5	55.7
14	5	22.0	2.0	75.0	25.5	47.0	37.0	2.0	59.0
15	1	22.0	1.3	75.0	28.5	57.5	43.5	2.3	59.8
15	7	22.0	1.5	63.5	21.0	51.0	27.5	1.3	59.9
15	12	22.0	2.5	72.5	26.0	60.0	42.5	2.3	58.3
15	18	22.0	1.5	58.0	22.5	49.0	27.0	1.0	55.9
15	19	22.0	1.5	58.0	22.5	49.0	27.0	1.0	55.9
16	9	22.0	2.5	76.0	25.5	38.5	39.0	2.3	54.9
16	11	22.0	1.3	65.5	22.0	53.5	31.0	1.3	60.8
16	16	22.0	2.3	51.5	15.0	42.0	14.5	1.0	57.6
16	17	22.0	2.3	58.5	20.0	50.0	23.0	1.0	64.1
17	12	22.0	1.0	78.5	25.5	56.5	42.5	3.0	64.4
18	7	22.0	0.8	68.5	29.0	50.0	44.0	1.5	60.2
18	9	22.0	1.8	59.5	25.5	43.0	30.5	1.3	47.7
20	1	22.0	2.5	61.5	25.5	44.5	27.5	1.0	64.7
20	9	22.0	2.5	77.5	28.0	49.0	39.0	2.3	58.1
20	19	22.0	3.0	63.5	22.5	44.5	29.0	1.0	58.0
?	15	22.0	1.0	103.0	28.0	46.0	56.0	5.0	46.9
3	4	22.5	0.5	81.5	23.5	44.0	39.5	2.5	59.4
3	12	22.5	2.5	95.0	24.0	55.0	53.5	4.0	55.4

3	17	22.5	1.0	102.5	29.5	44.0	48.0	4.0	58.4
4	7	22.5	2.0	69.5	25.0	51.0	36.0	2.0	61.1
6	9	22.5	0.5	94.0	25.5	52.0	46.0	3.5	49.4
8	3	22.5	1.0	74.0	24.5	52.5	38.5	1.8	60.7
9	11	22.5	3.3	80.0	25.0	56.5	42.5	2.3	60.9
9	12	22.5	3.3	79.0	26.5	55.0	45.0	3.0	57.6
10	1	22.5	1.0	91.0	30.0	52.0	60.0	3.3	60.1
10	2	22.5	1.3	88.5	26.5	48.0	49.0	3.0	57.4
10	3	22.5	1.5	80.0	26.0	56.5	49.5	2.5	52.5
10	4	22.5	1.0	76.5	27.0	49.0	42.0	2.3	56.6
10	11	22.5	2.0	75.5	28.5	44.0	46.0	2.5	56.4
12	17	22.5	1.5	71.5	24.5	52.5	36.0	1.5	63.6
13	9	22.5	0.5	96.5	26.5	51.5	51.5	4.0	53.8
13	17	22.5	1.0	76.5	26.0	49.5	44.5	2.3	61.6
14	13	22.5	2.0	75.0	24.0	46.0	37.0	2.0	55.0
14	14	22.5	2.5	67.0	24.5	50.0	33.0	1.3	50.8
15	16	22.5	0.5	235.5	21.5	43.0	23.0	1.0	61.3
15	20	22.5	0.5	70.5	24.0	58.0	40.0	1.8	61.5
17	11	22.5	0.5	80.5	25.0	53.5	43.0	2.5	68.8
17	17	22.5	3.5	84.5	27.0	51.0	50.0	2.8	64.0
17	18	22.5	3.3	75.5	24.5	48.0	36.0	2.0	63.0
20	14	22.5	1.3	67.0	21.5	48.5	31.0	1.5	59.6
20	17	22.5	3.3	74.5	25.5	57.5	42.5	2.0	65.9
1	3	23.0	1.0	85.5	22.5	48.5	44.5	2.8	50.3
2	9	23.0	0.8	84.0	29.0	50.0	46.0	2.8	48.6
2	17	23.0	2.5	93.0	39.0	59.0	75.5	4.0	63.2
2	20	23.0	3.0	81.0	28.5	49.5	46.5	2.8	58.9
3	6	23.0	0.5	88.0	19.0	54.0	38.0	2.8	50.1
3	11	23.0	0.5	78.0	21.5	44.0	35.0	2.3	58.5
3	15	23.0	3.0	83.0	22.0	50.0	41.0	2.0	43.8
4	5	23.0	2.8	81.5	31.0	49.0	43.0	3.0	63.3
5	2	23.0	0.5	84.5	23.0	56.5	46.0	3.0	59.1
8	8	23.0	1.3	95.0	27.5	63.0	61.5	3.8	54.5
8	12	23.0	3.0	92.0	29.0	55.0	61.0	3.8	61.7
8	14	23.0	2.3	78.0	28.0	60.5	48.5	2.8	57.7
8	17	23.0	1.5	87.0	29.0	54.0	50.5	2.8	60.6
9	14	23.0	2.3	80.5	30.0	50.5	48.0	2.8	55.5
9	17	23.0	3.5	94.5	33.5	58.0	63.0	3.8	63.8
12	4	23.0	3.8	75.0	25.5	53.0	42.5	2.0	58.6
12	8	23.0	0.8	80.5	19.5	53.5	37.0	2.3	57.3
12	11	23.0	0.5	71.5	22.0	50.5	33.0	1.8	59.7
12	16	23.0	0.8	58.5	21.5	55.0	29.0	1.3	60.9
13	1	23.0	1.5	85.0	28.5	49.5	48.0	3.0	61.7
14	12	23.0	2.5	70.0	22.5	47.0	33.5	1.8	54.9
14	16	23.0	2.0	56.0	24.0	41.0	23.5	1.0	57.8
15	14	23.0	1.3	71.0	25.5	65.0	45.0	2.0	52.5
17	7	23.0	1.5	66.0	28.5	49.5	40.0	1.5	62.3
17	19	23.0	3.5	74.5	27.0	53.0	41.5	2.0	60.3
18	6	23.0	1.3	70.0	25.5	56.0	43.5	1.8	55.2
19	8	23.0	2.5	93.5	26.0	53.0	60.5	3.8	56.2

20	18	23.0	3.8	69.5	24.0	50.5	35.0	1.5	58.0
1	2	23.5	1.0	107.0	24.0	56.5	55.0	4.3	57.3
1	17	23.5	0.5	91.0	30.0	56.0	55.5	3.5	54.3
2	8	23.5	0.5	85.0	34.0	51.5	60.0	3.3	58.7
2	16	23.5	0.5	74.0	29.0	44.5	38.0	2.5	59.0
3	1	23.5	1.5	93.5	26.0	44.0	49.0	3.5	60.6
3	2	23.5	0.5	95.5	30.0	49.0	53.0	3.8	56.8
3	7	23.5	0.5	104.0	27.5	57.5	65.5	4.5	55.6
3	9	23.5	2.0	78.0	20.5	44.0	31.0	2.3	56.8
3	14	23.5	0.8	86.5	22.5	46.5	37.5	2.5	41.7
3	18	23.5	2.3	90.5	29.0	52.0	51.0	3.3	57.0
4	3	23.5	3.0	72.0	23.0	57.0	36.5	1.3	57.7
5	10	23.5	0.5	74.0	28.5	46.0	38.0	2.3	59.1
5	20	23.5	2.3	66.0	20.5	49.0	30.0	1.3	59.2
6	17	23.5	1.3	94.0	28.5	59.5	59.5	3.8	54.0
8	4	23.5	0.8	77.0	27.0	43.0	34.0	2.5	56.2
8	7	23.5	1.3	79.5	26.5	68.0	43.0	2.5	60.3
9	7	23.5	2.5	74.5	26.5	58.0	41.0	2.0	62.1
9	19	23.5	1.8	70.5	28.0	53.5	39.0	1.5	58.1
9	20	23.5	1.0	83.5	25.0	56.5	44.0	3.0	65.3
10	7	23.5	1.0	88.5	27.5	52.5	52.0	3.5	58.4
10	19	23.5	4.0	61.0	23.0	48.5	29.0	1.0	53.6
12	9	23.5	1.8	62.5	24.5	42.0	22.0	1.3	56.0
12	13	23.5	1.5	71.0	23.5	43.5	31.0	1.8	57.0
12	20	23.5	1.0	54.0	27.0	43.5	24.5	1.0	63.0
14	6	23.5	1.3	64.5	27.0	56.5	40.0	1.5	54.5
14	9	23.5	3.0	63.0	21.5	45.0	24.0	1.0	54.8
14	17	23.5	2.0	69.0	24.0	59.5	42.0	1.5	61.2
15	2	23.5	1.8	67.5	26.0	63.0	47.0	1.5	53.6
16	5	23.5	2.3	59.0	27.5	49.5	36.0	1.3	55.1
17	2	23.5	1.0	77.0	25.0	49.5	40.5	2.3	63.2
17	4	23.5	1.5	59.5	24.5	45.5	30.5	1.0	60.8
18	8	23.5	0.5	95.5	37.5	65.0	82.0	3.8	58.1
19	6	23.5	2.3	73.5	19.0	53.5	35.5	1.8	54.3
19	20	23.5	1.5	75.5	24.5	40.0	35.0	1.8	59.5
1	1	24.0	1.0	98.5	30.5	50.0	57.0	4.0	55.7
1	4	24.0	0.5	86.5	30.5	54.5	58.0	3.0	49.7
1	15	24.0	0.5	104.5	33.0	61.5	80.0	5.0	50.9
3	16	24.0	1.3	64.0	21.0	46.0	27.0	1.0	46.6
4	6	24.0	1.0	49.0	17.5	41.0	17.0	1.0	55.9
4	16	24.0	3.5	56.5	23.0	45.5	27.5	1.3	56.5
5	4	24.0	0.8	78.0	28.5	59.0	50.5	2.3	51.0
5	12	24.0	10.3	86.0	27.0	62.5	58.0	3.5	57.3
6	1	24.0	2.0	79.0	22.0	50.0	32.0	2.3	57.4
6	16	24.0	0.8	77.5	22.5	46.0	32.0	2.0	56.4
7	4	24.0	0.5	69.5	26.0	45.0	42.5	2.0	62.2
8	11	24.0	2.3	89.5	27.0	64.0	57.5	3.5	60.2
9	1	24.0	0.8	89.5	27.0	55.5	53.5	3.5	56.6
9	6	24.0	3.3	71.5	24.5	55.5	37.0	1.5	53.6
9	16	24.0	4.0	75.0	25.0	55.0	44.5	2.0	56.9

10	10	24.0	1.8	84.5	28.0	72.5	70.0	2.8	54.4
11	4	24.0	0.5	62.5	27.0	40.0	33.0	1.0	43.5
12	10	24.0	0.5	71.0	27.0	51.5	40.0	2.0	56.2
12	15	24.0	0.8	80.5	27.5	52.0	45.0	2.5	49.2
14	7	24.0	2.8	74.0	28.5	63.0	48.5	2.0	55.6
15	9	24.0	1.3	67.0	26.0	50.0	40.0	1.5	49.7
16	6	24.0	0.8	51.0	21.5	44.5	18.0	1.0	53.0
17	10	24.0	0.5	80.0	34.0	64.0	62.0	3.0	59.8
17	13	24.0	0.5	95.0	29.0	59.5	67.0	4.3	62.9
19	2	24.0	4.0	78.0	23.0	58.0	40.0	2.5	61.6
2	19	24.5	1.0	65.0	28.5	45.0	33.0	1.5	56.7
4	2	24.5	2.0	81.0	27.0	54.0	47.0	2.5	56.6
4	8	24.5	0.8	71.5	25.0	56.5	42.0	1.5	56.6
4	10	24.5	0.8	69.5	27.0	48.0	36.0	1.5	58.9
5	8	24.5	0.5	95.5	44.5	67.5	65.0	3.8	53.3
8	13	24.5	2.5	86.0	29.0	45.0	61.0	3.5	59.8
8	20	24.5	2.3	64.0	25.0	45.5	32.0	1.3	65.4
9	8	24.5	1.0	81.5	24.0	53.5	47.0	2.0	57.1
9	10	24.5	2.5	78.0	28.5	56.0	51.5	2.3	57.8
12	5	24.5	3.5	81.5	29.5	47.0	40.5	2.3	62.3
12	12	24.5	0.5	58.0	18.5	40.0	19.5	1.0	57.0
14	10	24.5	1.8	65.5	29.0	48.0	42.5	1.3	55.7
17	16	24.5	1.8	61.0	25.5	54.0	36.0	1.0	62.0
17	20	24.5	3.3	70.0	29.5	50.0	40.5	1.8	65.3
20	11	24.5	3.3	66.0	19.5	48.0	30.0	1.0	58.9
1	8	25.0	0.8	97.0	30.0	55.5	66.0	4.0	49.3
1	9	25.0	1.0	89.0	28.5	58.5	52.0	3.5	51.3
1	10	25.0	0.5	84.0	32.0	52.0	48.5	3.0	54.9
1	11	25.0	0.8	70.0	23.0	41.0	27.0	1.5	62.3
1	13	25.0	1.0	87.0	32.5	58.5	62.5	3.5	55.3
3	5	25.0	0.5	81.5	24.0	41.5	36.0	2.3	56.9
3	10	25.0	1.5	89.0	30.0	47.0	52.0	3.5	53.1
4	9	25.0	0.8	74.5	26.0	53.5	41.5	2.3	55.1
4	14	25.0	3.0	50.0	24.5	42.5	25.0	1.0	54.9
4	18	25.0	3.8	64.5	28.5	46.5	37.0	1.5	54.0
5	7	25.0	0.5	86.0	28.5	64.5	54.5	3.5	51.5
6	8	25.0	1.0	86.0	29.0	57.0	50.0	3.5	52.1
6	20	25.0	0.5	78.5	23.5	50.5	36.5	2.0	57.6
7	15	25.0	0.5	49.5	28.5	46.0	26.5	1.0	62.2
8	10	25.0	3.0	71.5	28.5	46.5	39.0	2.0	58.3
9	9	25.0	2.0	83.0	26.0	55.5	46.0	2.8	52.8
10	5	25.0	2.0	113.0	31.5	66.0	89.0	5.8	56.7
13	20	25.0	0.8	65.0	22.5	59.5	43.0	1.3	64.7
14	2	25.0	1.8	82.0	30.5	60.0	52.0	2.8	59.3
14	15	25.0	1.5	74.0	33.0	48.0	47.5	2.3	50.4
15	10	25.0	1.8	68.5	30.5	61.0	52.0	1.8	48.7
17	6	25.0	1.3	59.0	24.0	54.5	35.0	1.3	57.4
20	20	25.0	3.8	71.0	20.5	54.0	32.5	1.3	61.4
1	12	25.5	0.8	91.0	25.0	52.0	48.0	3.3	54.4
1	14	25.5	1.3	90.0	33.5	59.5	64.5	4.0	55.2

3	13	25.5	2.5	80.0	24.5	46.0	46.5	2.8	53.1
3	20	25.5	1.3	78.0	23.0	49.5	37.5	2.3	58.3
4	4	25.5	1.0	66.0	27.5	54.0	39.5	1.3	58.7
4	11	25.5	1.0	56.0	22.0	44.5	26.5	1.0	60.4
4	20	25.5	1.8	58.0	19.0	40.0	21.0	1.0	58.3
5	9	25.5	0.5	84.5	26.5	53.5	49.0	3.3	47.3
6	15	25.5	0.5	80.0	25.5	49.0	35.5	2.3	43.3
8	5	25.5	1.0	77.5	30.0	47.5	49.5	2.3	60.1
9	13	25.5	2.0	56.5	23.5	43.5	34.0	1.3	58.1
11	15	25.5	0.5	64.0	32.0	36.0	40.0	1.0	48.5
16	7	25.5	1.0	68.5	27.5	53.0	44.0	1.8	54.8
20	16	25.5	3.5	57.5	22.0	49.0	33.0	1.0	55.5
1	5	26.0	0.5	97.0	31.5	53.0	65.5	4.0	48.5
1	6	26.0	0.5	76.0	21.5	55.0	38.5	2.0	45.6
1	7	26.0	1.8	88.0	27.0	60.5	52.0	3.5	49.9
1	16	26.0	1.0	53.0	25.0	44.0	26.0	1.0	54.0
1	19	26.0	0.5	93.0	32.5	65.0	68.5	3.5	48.9
2	1	26.0	1.5	98.5	35.0	64.0	75.0	4.8	59.3
2	2	26.0	1.8	100.5	30.0	55.5	64.0	4.5	53.6
2	10	26.0	0.8	80.0	28.0	40.5	36.5	2.3	53.9
4	1	26.0	1.3	76.5	24.5	52.0	39.5	2.0	59.3
4	17	26.0	1.8	64.0	24.5	45.5	29.5	1.0	63.6
8	2	26.0	1.3	88.5	29.5	53.0	46.5	3.3	65.9
8	9	26.0	1.8	75.0	23.0	52.0	30.0	2.0	54.7
8	16	26.0	1.0	68.0	24.5	45.0	30.0	1.0	56.3
9	18	26.0	1.5	77.5	24.0	49.0	42.5	2.5	58.3
15	8	26.0	0.5	65.5	29.0	56.5	44.5	1.3	51.3
15	11	26.0	0.5	68.5	25.0	55.5	37.5	1.5	54.0
1	18	26.5	0.5	72.0	28.0	48.5	39.0	1.8	57.4
6	12	26.5	2.0	63.0	20.5	35.5	22.5	1.3	46.2
1	20	27.0	0.5	69.5	24.5	43.0	29.5	1.8	56.8
6	10	27.0	1.3	64.0	27.5	39.5	26.0	1.3	58.2
13	16	27.0	1.0	64.0	20.0	47.0	14.5	1.0	58.1
7	18	27.5	0.5	42.5	22.5	38.5	18.0	1.0	62.2
4	19	28.5	3.3	63.0	28.0	57.0	35.0	1.0	55.5
6	14	29.0	0.8	102.0	25.0	58.0	58.0	4.0	42.5
13	11	조사불가							
6	4	조사불가							
14	11	조사불가							



KNR2502-15×2539-3
생육소요일: 16.0일



KNR2502-10×2539-15
생육소요일: 18.5일



KNR2523-18×KNR2524-15
생육소요일: 18.5일



KNR2523-14×KNR2524-11
생육소요일: 조사불가

그림 46. KNR2502(저온대조) × KNR2539(저온우수) 교배 조합의 자실체 생육특성

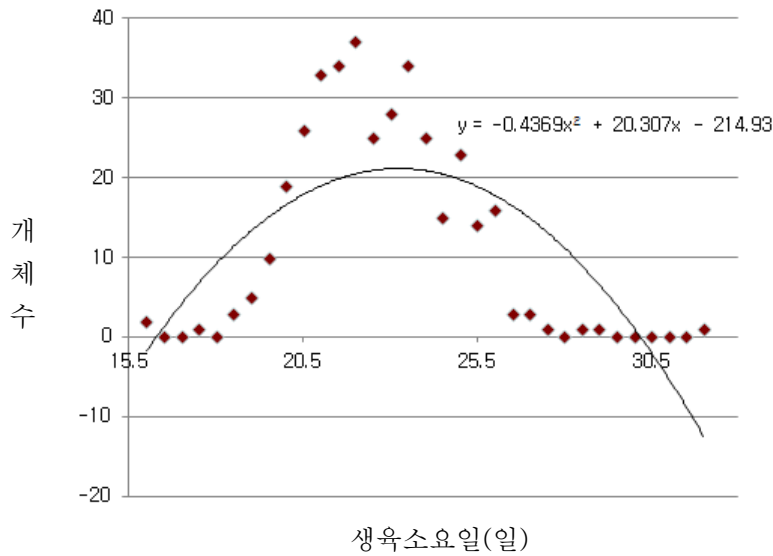


그림 47. KNR2502(저온대조) X KNR2539(저온우수) 교배계통의 생육소요일에 따른 계통 분포도

표 52. KNR2502(저온대조)*KNR2540(저온우수) 교잡계통의 저온(12℃)에서의 생육특성

교배조합		생소일	발이도*	길이(mm)	대두개(mm)	갯직경(mm)	무게(g)	품질**
2	2	21.0	1.5	75.0	24.5	44.5	33.5	1.8
6	2	21.0	2.8	67.5	18.0	42.5	19.5	1.0
18	16	21.0	3.3	70.0	21.0	47.5	31.0	1.8
18	17	21.0	3.5	62.5	23.0	44.0	29.5	1.5
19	2	21.0	0.8	85.5	26.0	50.5	44.5	2.5
15	3	21.5	2.3	59.5	20.5	55.0	28.5	1.0
18	15	21.5	2.8	60.5	23.0	45.0	29.5	1.0
2	14	22.0	2.8	78.0	24.0	43.5	38.0	2.0
3	14	22.0	2.5	74.0	23.0	43.5	31.0	1.5
5	4	22.0	3.5	95.0	25.0	52.0	48.5	3.3
5	5	22.0	2.8	96.0	24.0	41.0	35.0	3.3
6	1	22.0	3.3	68.0	41.5	45.5	26.5	2.3
6	14	22.0	2.8	68.5	19.0	43.5	21.0	1.3
6	15	22.0	4.0	74.0	18.5	46.0	23.5	1.3
13	14	22.0	2.0	64.5	18.5	42.0	20.5	1.0
13	15	22.0	3.0	74.0	21.5	45.5	31.5	1.8
16	2	22.0	3.5	68.5	23.5	45.5	27.0	1.5
16	16	22.0	3.3	64.0	22.5	42.0	25.0	1.0
18	9	22.0	4.0	71.0	26.0	42.5	34.0	1.8
18	20	22.0	1.3	64.5	24.5	40.0	28.5	1.3
19	4	22.0	2.3	62.5	24.0	37.0	25.0	1.0
19	10	22.0	1.3	50.5	21.0	33.0	17.0	1.0
2	3	22.5	2.3	64.0	24.5	47.5	29.5	1.3
3	2	22.5	3.5	97.5	24.5	49.0	46.0	3.8
3	4	22.5	4.0	87.0	27.0	40.0	42.0	3.0
5	14	22.5	1.8	88.0	22.0	50.0	34.0	2.8

6	5	22.5	4.0	80.5	19.5	52.0	32.0	2.3
8	2	22.5	1.8	81.0	25.0	44.0	34.0	2.5
14	3	22.5	3.0	52.5	20.5	39.5	17.0	1.0
16	1	22.5	2.5	81.0	22.0	48.5	32.5	2.3
19	5	22.5	1.0	74.5	22.5	38.0	26.5	1.5
19	11	22.5	2.3	64.5	18.0	33.5	18.0	1.0
20	11	22.5	3.8	67.0	19.5	41.5	21.0	1.5
1	3	23.0	1.5	66.5	27.0	42.5	34.5	1.5
2	15	23.0	2.8	85.0	28.5	47.5	47.5	3.0
2	17	23.0	4.0	89.5	28.5	40.5	41.0	3.3
2	20	23.0	2.3	92.0	28.0	47.5	47.5	3.5
3	3	23.0	2.8	72.0	27.0	45.0	33.0	1.8
4	1	23.0	2.5	88.5	23.0	48.5	38.5	2.8
5	1	23.0	2.8	80.5	21.0	47.5	31.5	2.0
5	10	23.0	2.3	82.0	24.0	54.0	39.0	2.5
5	15	23.0	1.8	73.0	23.0	42.0	25.0	1.5
6	4	23.0	3.8	95.0	25.0	51.5	44.0	3.5
6	20	23.0	1.0	74.0	19.5	44.0	20.5	1.3
8	10	23.0	2.3	65.5	25.0	47.5	31.0	1.3
8	14	23.0	4.0	70.0	21.5	52.5	31.0	1.3
8	16	23.0	2.5	69.0	23.0	47.5	27.5	1.5
8	17	23.0	2.8	69.0	24.5	43.0	28.5	1.8
10	2	23.0	1.5	77.0	24.5	49.5	35.5	2.3
10	9	23.0	2.0	71.5	26.0	44.0	34.0	2.3
13	10	23.0	2.8	69.0	21.5	44.0	32.0	1.5
13	17	23.0	3.0	77.5	25.5	44.0	34.5	2.3
14	10	23.0	3.8	54.0	25.0	38.5	21.0	1.0
14	11	23.0	2.0	61.0	22.0	40.0	20.0	1.0
14	14	23.0	3.5	63.0	16.0	42.5	82.0	1.0
16	3	23.0	2.8	59.0	20.0	49.0	24.5	1.0
16	11	23.0	2.0	61.5	18.5	46.0	20.5	1.0
16	14	23.0	3.0	58.5	20.5	50.0	24.5	1.0
16	17	23.0	2.8	78.5	25.5	53.5	44.5	2.5
18	6	23.0	3.0	64.0	21.5	46.0	25.0	1.3
19	9	23.0	1.8	71.0	24.0	42.0	33.0	1.5
19	14	23.0	2.5	58.5	21.5	39.0	23.0	1.0
19	16	23.0	2.8	68.0	24.0	33.0	29.0	1.5
19	18	23.0	2.8	71.5	20.0	27.0	19.0	1.0
20	1	23.0	3.5	65.0	19.5	38.0	20.5	1.3
20	4	23.0	3.5	64.0	22.0	42.5	25.5	1.0
20	19	23.0	1.8	65.0	23.0	49.0	34.5	1.0
1	16	23.5	2.8	96.0	26.5	52.5	56.5	4.0
2	1	23.5	2.5	91.5	35.5	57.0	66.5	3.5
2	19	23.5	1.8	69.0	27.0	49.0	38.0	1.8
3	19	23.5	1.5	80.0	20.0	43.0	25.0	2.0
5	20	23.5	1.8	77.5	27.0	44.0	31.0	2.0
6	10	23.5	3.3	67.5	18.0	46.5	15.0	1.0
13	7	23.5	3.0	72.0	24.5	45.5	36.5	1.8
16	5	23.5	3.0	82.0	21.5	53.0	31.0	1.8
16	10	23.5	3.5	60.0	24.0	49.5	29.0	1.0

18	7	23.5	3.5	73.0	25.0	60.0	42.0	1.5
18	19	23.5	2.5	55.0	22.0	40.0	21.0	1.0
19	1	23.5	2.0	81.0	23.0	41.5	34.5	2.5
19	3	23.5	0.5	57.0	23.0	43.0	24.0	1.0
3	10	24.0	3.5	80.5	28.0	51.0	43.5	2.5
5	6	24.0	2.0	65.5	19.0	43.5	19.0	1.0
5	16	24.0	2.3	85.3	21.3	48.0	31.7	2.3
6	3	24.0	1.5	64.5	19.0	45.5	23.0	1.0
6	11	24.0	7.5	86.5	21.5	49.5	33.5	2.8
6	19	24.0	1.5	68.5	21.5	42.5	21.0	1.3
8	1	24.0	2.5	79.5	22.5	39.5	29.5	2.3
8	3	24.0	1.0	76.5	25.0	50.5	36.5	2.5
9	14	24.0	2.3	69.0	20.5	59.0	35.5	1.3
9	15	24.0	1.0	67.5	25.0	53.0	39.5	1.5
9	17	24.0	3.5	72.0	27.0	42.0	34.0	2.0
13	2	24.0	2.0	85.5	22.5	50.5	41.0	3.0
13	3	24.0	1.0	65.0	22.0	50.0	29.5	1.5
15	9	24.0	2.0	64.5	26.0	54.5	36.0	1.3
18	3	24.0	2.0	58.5	24.5	65.5	41.5	1.0
18	10	24.0	3.3	64.0	29.5	50.5	41.5	1.3
20	3	24.0	1.8	63.0	24.0	63.0	41.5	1.0
1	9	24.5	0.8	72.5	29.5	37.5	31.5	1.8
2	4	24.5	2.3	88.0	30.0	44.0	45.0	2.5
2	5	24.5	2.8	76.0	28.0	50.0	37.5	2.3
2	7	24.5	1.5	78.5	37.0	59.0	60.0	2.5
2	10	24.5	2.5	83.0	23.0	49.0	46.0	3.5
2	16	24.5	3.5	84.0	27.0	37.0	33.5	2.8
3	5	24.5	2.5	80.5	24.0	46.0	36.5	2.5
3	15	24.5	1.5	70.5	26.0	50.5	33.5	1.8
5	3	24.5	1.8	73.5	24.0	57.5	39.0	2.0
5	7	24.5	2.0	59.0	23.5	39.0	23.0	1.5
5	17	24.5	3.0	81.0	20.5	45.0	29.5	2.3
6	7	24.5	2.0	68.0	20.0	47.0	25.0	1.5
8	9	24.5	3.0	63.0	25.0	40.0	25.5	1.3
8	15	24.5	2.3	80.0	26.0	52.5	38.0	2.5
8	19	24.5	2.3	64.5	23.0	42.0	22.5	1.0
9	9	24.5	3.0	79.0	23.5	44.5	29.5	2.3
10	4	24.5	3.3	95.5	27.5	55.5	52.0	3.5
10	5	24.5	1.8	73.5	24.5	51.5	38.0	2.0
10	11	24.5	1.3	70.0	23.0	52.0	29.5	1.5
10	14	24.5	2.8	85.0	24.0	52.0	40.0	2.5
12	11	24.5	1.8	53.0	16.5	45.0	15.5	1.0
13	9	24.5	2.5	77.5	27.0	54.0	41.5	2.5
13	11	24.5	1.8	81.0	25.5	47.5	37.0	2.5
13	20	24.5	1.5	84.5	27.5	50.5	43.0	2.8
14	1	24.5	1.3	61.0	21.0	35.5	17.0	1.0
14	2	24.5	1.5	48.0	19.0	37.0	14.0	1.0
14	5	24.5	2.0	72.0	24.0	42.0	28.0	2.0
14	6	24.5	2.5	63.0	19.0	51.5	26.5	1.0
14	9	24.5	3.8	56.5	23.5	31.5	21.0	1.0

15	4	24.5	1.5	55.0	21.0	43.0	20.5	1.0
16	8	24.5	1.8	61.0	18.5	43.0	20.5	1.3
16	19	24.5	2.3	79.0	22.5	42.0	18.0	1.0
17	2	24.5	1.5	62.0	20.5	44.0	23.0	1.3
17	3	24.5	1.8	66.0	28.5	54.0	42.5	1.3
17	5	24.5	2.0	67.5	24.0	44.0	29.5	1.5
18	11	24.5	3.0	68.0	23.0	52.0	30.0	1.0
18	13	24.5	2.3	64.0	24.0	52.0	31.0	1.0
19	7	24.5	0.5	80.0	29.0	49.0	50.0	2.5
19	19	24.5	2.0	87.0	29.0	59.0	56.0	3.0
20	2	24.5	3.0	64.5	24.0	47.5	29.5	1.3
1	11	25.0	1.3	82.5	24.0	52.5	41.0	2.5
4	5	25.0	1.8	74.0	25.0	49.5	32.0	2.0
5	2	25.0	2.3	75.0	24.0	52.0	34.0	2.3
8	5	25.0	1.5	88.0	23.5	50.5	41.5	2.8
10	10	25.0	1.3	71.5	27.5	54.0	50.5	2.0
10	15	25.0	3.3	80.5	30.0	61.5	64.5	2.8
13	6	25.0	1.8	79.0	22.0	50.5	34.0	2.0
14	19	25.0	1.5	61.0	23.0	45.5	27.5	1.0
16	9	25.0	3.3	77.0	24.0	52.0	36.0	2.0
16	15	25.0	3.3	70.0	25.0	47.0	36.0	2.0
16	20	25.0	2.8	77.5	22.0	40.5	23.5	1.5
17	10	25.0	2.8	60.0	24.5	48.5	29.5	1.0
18	8	25.0	2.5	69.0	24.0	52.0	35.0	1.5
18	14	25.0	3.3	54.0	20.0	56.0	27.0	1.0
19	8	25.0	0.8	79.0	26.0	46.0	40.0	2.5
1	4	25.5	1.5	96.0	25.0	44.5	42.5	3.5
1	5	25.5	2.3	90.5	25.5	53.5	46.0	3.5
1	10	25.5	0.5	57.5	24.5	43.5	25.5	1.0
1	14	25.5	2.5	71.5	20.5	49.5	27.0	2.0
2	11	25.5	2.0	82.0	23.0	40.0	31.0	2.5
3	6	25.5	2.0	102.5	22.5	52.0	48.0	3.5
3	9	25.5	2.5	77.0	27.0	43.5	42.0	2.3
3	11	25.5	2.8	82.0	21.0	42.0	28.0	2.5
3	16	25.5	3.8	82.0	22.0	43.0	31.0	2.5
3	20	25.5	1.0	108.0	25.0	49.0	49.0	4.0
4	2	25.5	1.8	64.0	22.0	47.0	29.5	1.3
5	11	25.5	1.5	92.5	26.0	63.5	49.0	3.3
8	6	25.5	1.8	62.0	17.0	52.0	21.0	1.0
8	7	25.5	2.5	65.0	21.0	37.0	18.0	1.0
9	2	25.5	1.8	72.0	27.0	56.0	38.5	2.0
9	5	25.5	3.0	73.0	21.0	58.0	38.5	1.8
9	13	25.5	1.5	72.0	21.0	60.0	45.0	1.5
10	1	25.5	3.0	90.0	27.0	55.0	51.0	3.3
10	16	25.5	2.8	77.0	25.0	46.5	36.5	2.0
12	2	25.5	0.5	77.5	24.5	50.5	39.0	2.3
12	13	25.5	1.0	66.0	20.0	51.0	27.0	1.0
13	1	25.5	2.8	75.5	22.5	38.0	24.5	1.8
13	4	25.5	2.3	79.0	20.0	40.0	27.0	2.0
13	5	25.5	2.0	71.0	19.0	58.0	34.0	1.5

13	16	25.5	3.0	64.0	19.0	32.0	16.0	1.0
13	19	25.5	2.8	79.0	31.0	58.0	53.0	2.5
15	2	25.5	0.8	69.0	21.0	45.0	28.0	1.5
15	5	25.5	1.3	64.0	24.5	60.0	41.0	1.3
15	10	25.5	0.5	53.5	21.0	50.5	25.0	1.0
15	14	25.5	1.0	58.5	23.0	57.5	33.0	1.0
16	4	25.5	3.8	78.0	25.0	48.0	29.0	2.5
16	6	25.5	2.8	65.5	18.0	55.5	28.5	1.0
16	7	25.5	3.3	61.0	25.5	53.0	34.0	1.3
17	11	25.5	1.3	67.0	21.0	49.5	30.5	1.8
19	13	25.5	2.0	73.0	22.0	40.0	27.0	1.5
19	15	25.5	2.8	63.0	21.0	34.0	20.0	1.0
19	17	25.5	2.8	73.0	22.0	37.0	28.0	1.5
20	5	25.5	3.0	71.0	20.0	63.0	41.0	1.5
20	18	25.5	2.8	73.0	20.0	39.0	23.0	1.5
1	1	26.0	3.0	84.0	25.5	41.0	35.5	2.8
1	2	26.0	1.5	92.0	23.5	48.0	35.0	3.3
1	15	26.0	1.8	83.0	29.5	48.5	42.0	3.0
1	17	26.0	1.3	80.5	26.5	43.0	37.5	2.5
1	19	26.0	1.5	68.0	28.5	46.0	33.5	1.8
1	20	26.0	1.0	89.0	25.5	46.0	43.5	3.5
2	8	26.0	2.0	77.0	25.5	44.0	31.5	2.0
3	7	26.0	2.0	96.5	27.5	55.5	55.0	3.8
3	8	26.0	1.8	73.5	21.0	40.0	29.5	1.8
4	4	26.0	2.8	75.5	23.5	43.5	30.0	2.0
4	8	26.0	2.0	63.0	20.0	50.0	25.5	1.3
4	10	26.0	3.3	56.0	19.0	44.5	20.5	1.0
4	16	26.0	2.8	49.0	23.5	41.5	23.0	1.3
5	8	26.0	1.8	72.0	24.0	45.0	31.0	1.5
6	6	26.0	1.8	70.0	20.0	46.0	25.0	1.0
8	8	26.0	0.8	68.5	26.0	42.0	30.0	1.3
8	11	26.0	2.5	71.0	22.0	49.0	26.0	1.5
8	20	26.0	1.8	87.5	26.0	48.0	34.5	2.8
9	1	26.0	2.3	89.0	30.5	60.5	60.5	3.5
9	10	26.0	2.5	64.0	21.0	45.0	21.0	1.0
9	11	26.0	2.8	66.0	20.0	44.0	23.0	1.3
9	18	26.0	0.8	67.5	23.5	51.5	31.5	1.5
10	7	26.0	1.8	77.0	30.0	63.0	53.0	2.5
10	17	26.0	3.3	83.5	28.0	56.0	51.5	2.8
10	19	26.0	1.0	64.5	24.0	50.5	30.0	1.3
10	20	26.0	0.8	76.0	26.5	42.5	37.0	1.8
12	1	26.0	0.5	77.0	22.0	53.0	32.0	2.5
12	4	26.0	2.3	64.5	25.0	35.5	21.5	1.0
12	5	26.0	0.5	70.0	23.0	45.0	29.0	1.5
12	9	26.0	2.8	69.0	26.0	45.0	30.0	1.5
12	10	26.0	3.3	64.0	20.0	51.0	24.0	1.0
12	14	26.0	2.3	57.5	17.5	47.0	19.0	1.0
12	17	26.0	3.0	65.0	23.5	44.5	26.5	1.5
12	19	26.0	0.5	68.0	25.0	61.0	34.0	1.5
13	8	26.0	1.0	71.5	22.5	41.5	27.0	1.5

14	4	26.0	1.5	55.5	25.5	34.0	18.5	1.0
14	16	26.0	1.3	72.0	24.0	45.0	31.5	1.8
14	20	26.0	1.8	74.0	25.0	41.5	30.5	2.0
15	7	26.0	0.5	76.0	26.0	58.0	42.0	2.5
17	14	26.0	1.8	60.5	21.5	54.5	25.5	1.0
19	6	26.0	0.8	68.0	22.0	42.5	28.0	1.3
19	20	26.0	1.3	72.0	25.0	42.0	34.0	2.0
20	6	26.0	2.3	60.0	20.5	47.0	21.5	1.0
3	1	26.5	2.8	95.0	23.0	48.0	44.0	3.5
4	3	26.5	1.3	60.0	21.0	54.0	34.0	1.0
4	17	26.5	2.8	67.0	23.0	49.0	32.0	1.5
8	4	26.5	2.3	76.0	31.0	33.0	24.0	1.5
10	3	26.5	1.8	67.0	27.0	55.0	37.5	1.3
12	7	26.5	0.5	56.0	21.0	33.0	19.0	1.0
12	20	26.5	1.0	80.0	23.5	48.5	33.5	2.3
20	7	26.5	1.8	52.0	21.5	33.5	13.5	1.0
20	8	26.5	1.3	60.5	20.5	49.5	27.5	1.0
1	7	27.0	2.0	73.0	26.0	40.0	33.0	1.5
4	7	27.0	2.5	63.0	23.0	48.0	27.0	1.5
4	14	27.0	2.3	53.0	19.0	42.5	18.0	1.0
5	19	27.0	2.0	77.0	24.0	59.0	30.0	2.0
6	17	27.0	2.8	81.0	21.0	41.0	29.0	2.5
9	16	27.0	2.5	74.0	22.0	48.0	40.0	2.0
15	18	27.0	1.5	64.0	26.5	54.0	38.0	1.0
15	20	27.0	0.5	63.0	27.0	46.0	30.0	1.0
17	4	27.0	3.3	64.0	27.0	38.0	32.0	1.0
18	1	27.0	1.5	55.0	21.0	40.0	21.0	1.0
18	2	27.0	1.0	67.0	30.0	57.0	42.0	1.5
18	4	27.0	1.3	70.0	29.0	53.0	35.0	1.5
20	13	27.0	1.5	53.0	22.0	54.0	25.0	1.0
20	14	27.0	1.5	46.0	18.0	42.0	15.0	1.0
20	15	27.0	1.8	68.0	25.0	62.0	45.0	1.0
20	20	27.0	1.3	75.0	26.0	59.0	42.0	2.0
2	6	27.5	2.0	71.0	26.0	50.5	37.5	1.8
4	11	27.5	1.8	67.0	20.0	37.0	17.0	1.0
4	20	27.5	2.0	65.0	20.0	40.0	20.0	1.0
6	8	27.5	0.5	79.5	25.0	43.5	34.5	2.3
6	9	27.5	2.5	61.0	22.0	48.0	23.0	1.0
9	4	27.5	2.0	73.0	24.0	49.0	33.0	1.5
9	19	27.5	1.8	60.0	24.0	43.0	23.0	1.0
12	3	27.5	0.8	67.0	22.0	44.0	27.0	1.0
15	11	27.5	1.0	48.0	18.0	41.0	12.0	1.0
17	15	27.5	1.0	72.0	29.0	39.0	28.0	2.0
17	16	27.5	1.3	58.0	26.0	32.0	18.0	1.0
20	9	27.5	1.5	72.0	26.0	58.0	43.0	1.5
20	12	27.5	1.5	77.0	22.0	45.0	32.0	2.0
1	8	28.0	1.5	73.5	21.5	39.5	23.0	1.5
9	3	28.0	0.8	63.0	26.0	49.0	32.0	1.0
9	7	28.0	1.3	70.5	27.5	44.5	38.0	2.3
12	6	28.0	0.8	69.0	18.0	49.0	22.0	1.0

12	8	28.0	1.0	59.0	21.0	44.0	19.0	1.0
14	8	28.0	0.8	58.5	21.5	40.5	18.0	1.0
14	18	28.0	1.8	63.0	24.0	19.0	20.0	1.0
15	19	28.0	2.0	46.0	21.0	47.0	16.0	1.0
17	1	28.0	2.8	57.0	21.5	33.5	13.5	1.0
17	7	28.0	1.5	63.0	28.0	47.0	31.5	1.0
17	8	28.0	1.0	57.5	23.0	49.0	26.0	1.5
1	6	29.0	1.3	72.0	25.0	44.0	32.0	1.5
2	9	29.0	2.0	98.0	35.0	46.0	52.0	4.0
4	6	29.0	2.8	48.5	16.0	35.0	11.5	1.0
4	15	29.0	1.5	59.0	18.0	45.0	21.0	1.0
9	8	29.0	1.0	64.0	19.0	38.5	18.5	1.0
9	12	29.0	2.0	72.5	18.0	42.0	26.0	1.5
17	6	29.0	1.8	55.5	17.5	41.5	16.0	1.0
18	5	29.0	3.3	53.0	20.0	40.0	25.0	1.0
20	16	29.0	3.0	68.0	23.0	41.0	27.0	1.0
5	9	29.5	2.0	83.0	26.0	52.0	43.0	3.0
10	8	29.5	1.3	69.0	28.5	49.5	38.0	2.0
15	17	29.5	2.5	56.0	21.0	36.0	19.0	1.0
17	19	29.5	0.5	49.0	29.0	43.0	20.0	1.0
4	19	30.0	2.3	59.0	21.0	56.0	29.0	1.0
10	6	30.0	1.3	64.0	25.5	49.0	31.0	1.0
14	17	30.0	1.0	79.0	25.0	48.0	27.0	2.0
20	17	30.0	2.5	65.0	21.0	43.0	29.0	1.0
9	6	31.5	1.0	64.0	19.0	44.0	20.0	1.0
15	8	31.5	0.5	51.0	22.0	42.0	21.0	1.0
17	17	31.5	0.5	64.0	25.0	37.0	20.0	1.0
15	13	조사불가						
6	12	조사불가						
12	15	조사불가						
3	17	조사불가						
14	15	조사불가						
6	16	조사불가						
9	20	조사불가						
12	16	조사불가						
15	1	조사불가						
20	10	조사불가						
15	15	조사불가						
14	7	조사불가						
15	6	조사불가						
4	9	조사불가						
15	16	조사불가						
17	9	조사불가						
17	20	조사불가						
17	18	조사불가						

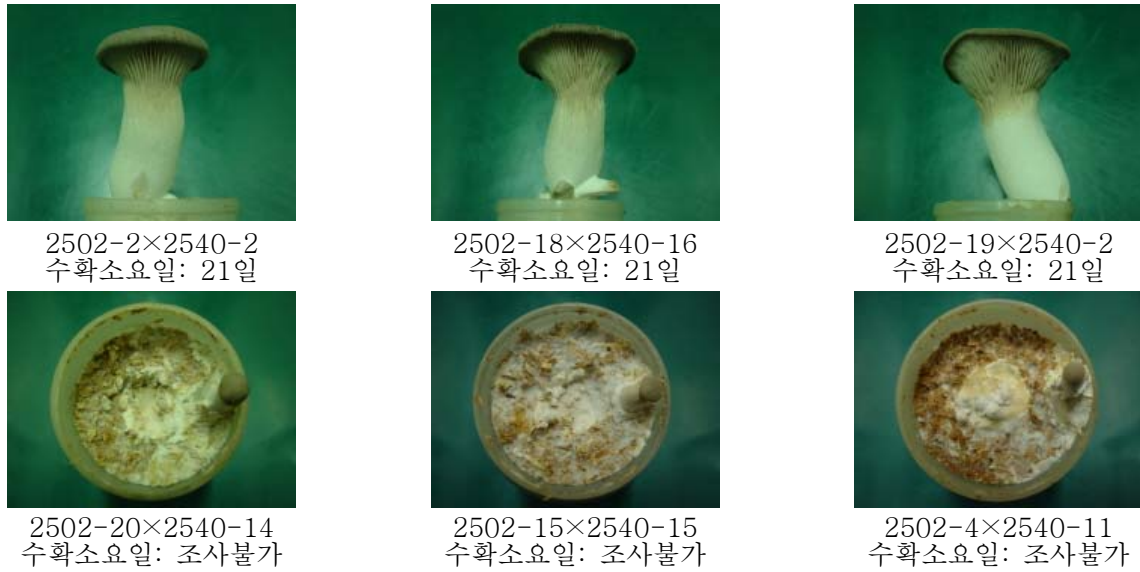


그림 48. 2502(저온대조) × 2540(저온우수) 교배 조합의 자실체 생육특성

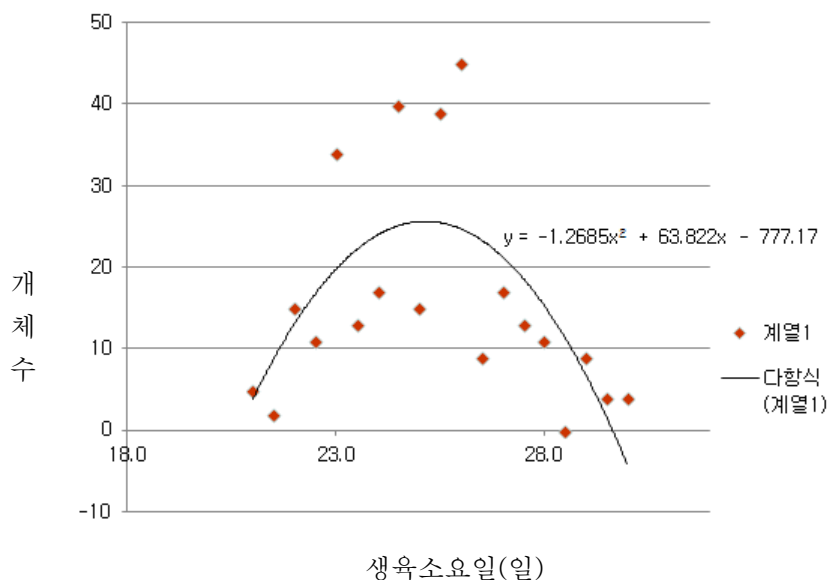


그림 49. KNR2502(저온대조) X KNR2540(저온우수) 교배계통의 생육소요일에 따른 계통 분포도

(2) 저온적응성 형질 관련 marker 탐색 및 MAS 시스템 개발

저온적응성 형질 관련 marker는 RAPD를 이용한 bulked segregant analysis(BSA)를 이용하여 탐색하였다. 저온우수 KNR2502와 저온대조 KNR2539 교배 집단에서 BSA를 위해 선발된 대립 계통과 저온적응성 계통은 표 53과 같고 저온우수 KNR2502와 저온대조 KNR2540 교배 집단에서 선발된 대립 계통과 저온적응성 계통은 표 54과 같다.

표 53. 저온우수 KNR2502와 저온대조 KNR2539 교배 집단에서 선발된 대립 계통과 저온적응성 계통

대립계통	No.	1	2	3	4	5	6	7	8
	교배조합	1-7	4-17	8-2	9-18	15-8	6-12	13-16	7-18
저온적응성 계통	No.	9	10	11	12	13	14	15	16
	교배조합	16-12	15-4	16-19	12-3	18-2	10-15	18-1	13-19

표 54. 저온우수 KNR2502와 저온대조 KNR2540 교배 집단에서 선발된 대립 계통과 저온적응성 계통

대립계통	No.	1	2	3	4	5	6	7	8
	교배조합	1-6	2-9	9-8	18-5	5-9	14-7	17-20	15-13
저온적응성 계통	No.	9	10	11	12	13	14	15	16
	교배조합	2-2	18-17	15-3	3-14	5-5	6-1	13-15	19-10

(가) 저온우수 KNR2502와 저온대조 KNR2539 교배 집단에서 저온적응성 형질 관련 marker 탐색 및 MAS 시스템 개발

선발된 대립 계통과 저온적응성 계통의 genomic DNA는 DNeasy plant mini kit(Qiagen)를 이용하여 분리하였고 분리된 genomic DNA는 동일한 농도로 희석한 다음 각각 혼합하여 총 DNA 농도가 30 ug/ml이 되도록 하였다(Paran and Michelmore, 1991). RAPD를 위한 primer(10 mer)는 operon 사의 OPA(20개), OPB(20개), OPL(20개), OPP(20개), OPR(20개), OPS(20개) 등 총 120개를 사용하였다(표 49).

PCR은 bioneer premix kit(Bioneer, Korea)에 각 RAPD primer(20 pmole) 3 ul에 선발된 계통별 (대립 계통 8종, 고온적응성 계통 8종) bulked genomic DNA 2 ul와 증류수 15 ul를 첨가하여 다음과 같은 조건으로 수행하였다. PCR 반응은 94°C에서 4분간 변성시킨 뒤 94°C에서 1분, 37°C에서 1분, 72°C에서 1분 30초의 조건으로 40 cycle을 반복한 다음 마지막으로 72°C에서 2분 동안 수행하였다. 증폭된 PCR 산물은 1.5% agarose gel(Intron, Korea)에 전기영동한 후 ethidium bromide로 염색하여 UV light로 확인하였다. 대립 계통과 고온적응성 계통에서 polymorphic한 밴드를 보이는 primer만을 선발하여 RAPD를 반복한 후 각 계통별로 BSA와 동일한 조건으로 PCR을 수행하여 품종 간의 polymorphism을 확인하였다. 그 결과 대조구와 구별되는 특이적인 밴드를 나타내는 70개의 후보 primer를 선발하였다(그림 50). 대조구와 구별되는 저온적응성 계통의 특이적인 band를 나타낸 primer는 OP-A, OP-B, OP-L, OP-P, OP-R, OP-S primer 시리즈였으며 이중에서 OP-A1, OP-A16, OP-A18, OP-B5, OP-B8, OP-L14, OP-L17, OP-L20, OP-P2, OP-P9, OP-P16, OP-R13, OP-S7, OP-S10, OP-S11, OP-S16를 사용한 저온적응성 계통의 PCR 산물들이 대조구와 가장 뚜렷한 차이를 나타내었다(그림 51).

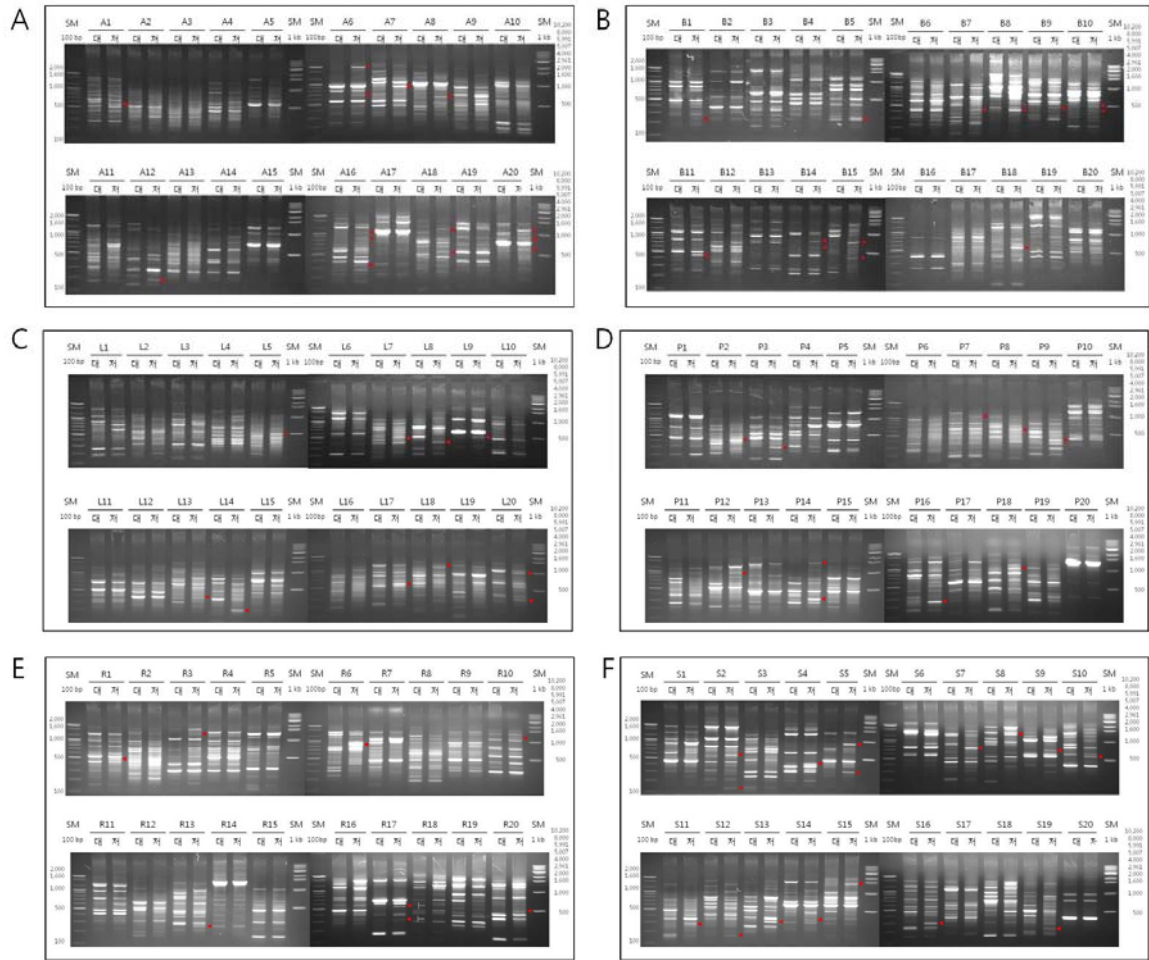


그림 50. Operon사의 random 프라이머 시리즈를 사용하여 2502×2539 저온적응성 계통과 대조구의 RAPD 결과(대: 대조구, 고: 선발된 저온적응성계통, A: OP-A 프라이머, B: OP-B 프라이머, C: OP-L 프라이머, D: OP-P 프라이머, E: OP-R 프라이머, F: OP-S 프라이머)

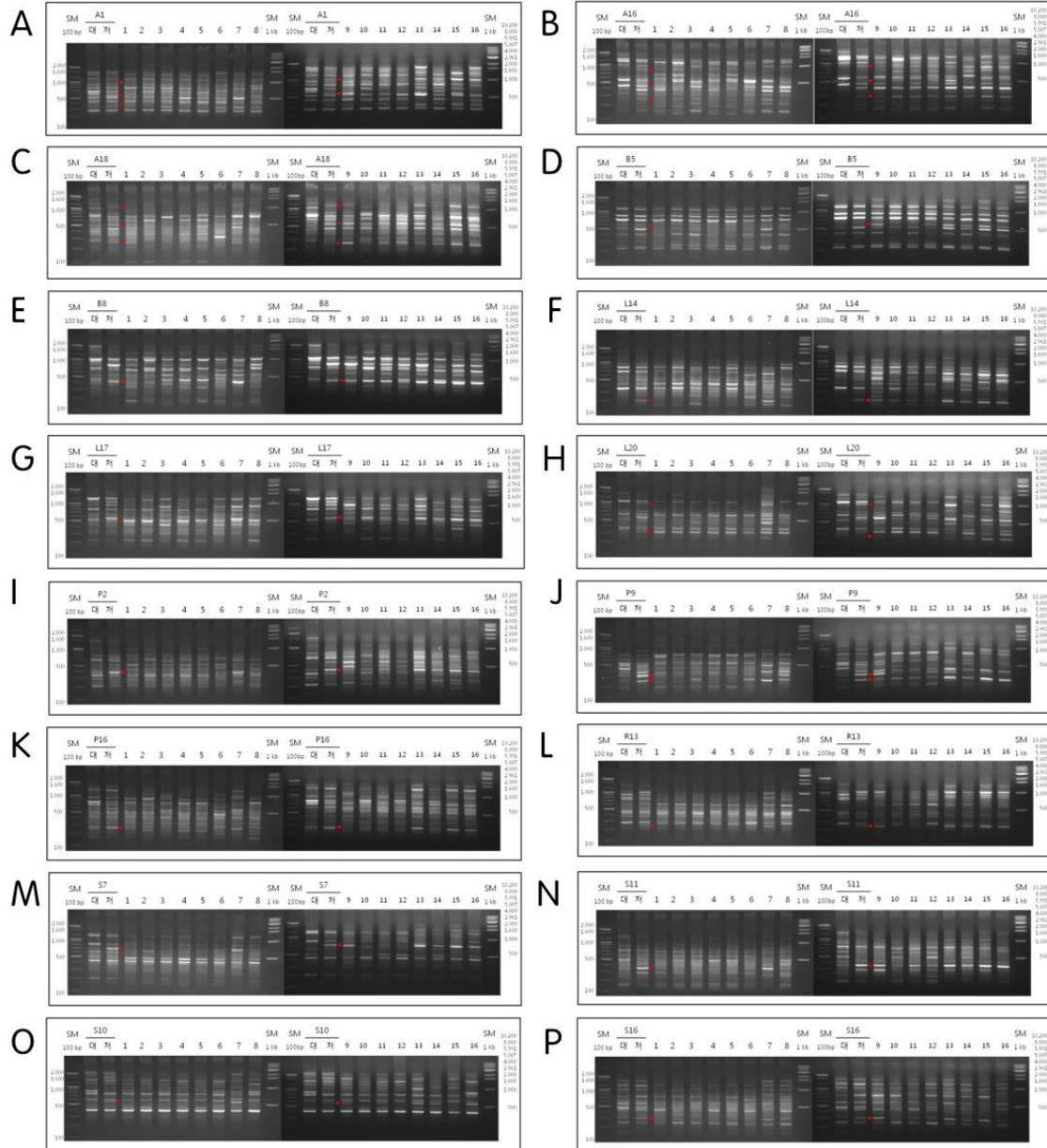


그림 51. Operon사의 프라이머를 사용한 2502×2539 저온적응성 계통과 대조구의 RAPD (대; 대조구, 고: 저온적응성계통, A: OP-A1 프라이머, B: OP-A16 프라이머, C: OP-A18 프라이머, D: OP-B5 프라이머, E: OP-B8 프라이머, F: OP-L14 프라이머 G: OP-L17 프라이머, H: OP-L20 프라이머, I; OP-P2 프라이머, J: OP-P9 프라이머, K: OP-P9 프라이머, L: OP-R13 프라이머,) M: OP-S7 프라이머, N: OP-S10 프라이머, O: OP-S10 프라이머, P: OP-S16 프라이머)

대조구와 구별되는 저온적응성 계통에 특이적인 band는 gel extraction kit(Bioneer, Korea)를 이용하여 DNA를 추출하였으며 추출한 DNA는 T-blunt PCR cloning kit(SolGent, Korea)를 이용하여 cloning하였다. cloning이 정확히 되었는지 확인하기 위해서 선발된 clone은 액체배양한 후 Plasmid isolation kit(Intron, Korea)를 이용하여 plasmid를 분리하였으며 분리된 plasmid는 제한효소인 EcoRI(Promega, USA)으로 절단한 다음 전기영동하여 cloning 여부를

확인하였다. 선발된 clone은 Macrogen(Daejeon, Korea)에 의뢰하여 염기서열을 분석하였으며 그 결과의 일부를 그림 52에 나타내었다. 분석된 염기서열의 상동성은 NCBI에서 제공하는 BLAST 프로그램을 이용하여 GeneBank database에 등록된 균주들의 염기서열과 계통학적 유연관계를 비교·분석하였다.

```

1 CAGGCCCTTC CCTTGACGTC CAGATCAATT CCACTAGAGT GTAATTCGT GTGCAAAATA
   OP-A1

61 CCGGCATTAT GTGCCTGTAT TCAGCGACGT ACGGGCATTG GTGCTCACTA ATTAGCTCAA

121 TCTCTTCAAC TCACCAAATA GTCTTGAGAG GGAAGTAGAA GCATGGAGAC GGGTACTGTT

181 AAATGGTTCA ATAATGCTAA GGGCTTTGGT TTCATCTGTC CGCAAACGG CGGTGAAGAC

241 ATCTTTGCTC GTTATTCCAC TATCCAGATG GAGGGTTATC GCACCTCAA AGCCGGGCAG

301 CTAGTCAGCT TCGATGTCCA TGAAGGGCCT G
   OP-A1

```

```

1 TGCGCCCTTC TTTGCGGGAG GCAGTCCAGA AACTGTCAGC CAAAGGTTG CTCGTAGCC
   OP-B5

61 GCCAGGGCGG TGTAACATAT GTGGCCGAAT CCTTAGGCTC CACGTTAGT GATCCGCTGT

121 TGCACCTGTT GGAGAACAAT CCCGAGGCTC AGCGTGATCT GCTGGAGTTT CGTCAGACCC

181 TTGAAGCCTC CTGCGCCTAC TACGCCGCGT TCGCGCGGAC AGAGGTIGAT CGCGAGCGTC

241 TTACGGCTGC CTTCGAAGCG CTACAGGATT GCTACACCCG GTCGATGAA GTGAGTCGGG

301 CCGAAGAGGG TCGCGCGGAT GCGCGGTTTC ACTTGGCGAT CGCCGAGGCC AGCCACAACG

361 CCGTGTGCT GCACACCAIC CGTGGTCTGT TCGACCTGCT CAAACGTAAC GTGGTGACCA

421 ACAICGGTGG CATGTACCAG CAGCGTACGG AAACCCGCGA CATGCTGATC AGCCAGCATC

481 GGGATCTGTA CCIggCGATT ATCGAAGGGC GCA
   OP-B5

```

```

1 ACCACCCACC CAACCATGCC TTGAGCTGTT CACAAGCCTA AGTGAACAAA TTAGACAAGT
   OP-L8

61 ACAAGTAACT GAGTAGTATA ATCACTTACC TGAGTGTGA AGGCCCTCTT GTAGTAAGGT

121 CTCCCCTCCT TGCTTTCATC AACTACCACT AGGTTGGGGG TATCTCCATT GAGTGGTCT

181 GGGTTGCACC AAGTCIGGCA GAGGTGGTCA GTGACCTGGT GATTGATGTA GTGGTAGGAG

241 TCAACAATGA TCTGAGTGGT GGGTGGT
   OP-L8

```

```

1 GTGGTCCGCA CGTCGAGTGC CGCAAACGCG ACGGTTAGGA GTGACGGAGT TCGAATATAC
   OP-P9
61 AAACCGAGCG CCCATAGAGC GCTTATGTAG TCACAACCTG TCACAGTAAA TAGTTATCGT
121 TGAATCAGAG TTGCATCATT GATTCCTCTC TCGATAAGCT GTCATTGCTG CGTGAAAGAA
181 TCGAAGGGGA TAGAAGCGAG AGGTGGGAGA TGGAAGACAA AGGAGCAAGT GAGCGGCGC
241 TAACACTGAC ACCATTGCGT GACAAACCTA CCCCACCCC ACGAAATGCA GCGGACAAA
301 CATCCGTTT GATTACCGAC TCCAAACCGG CGGTTTTGA TTTGGCGGA GAGCGATCTC
361 CAAACCCTAC CCCGAGGGGC TGTCCGACC AC
   OP-P9

```

```

1 GGACGACAAG GAGCGCCAAG AGCAAAGCGA ATGAATAGAC GCCAAGATC AACGTCAGCA
   OP-R13
61 ATCCCGGCGG GAAGTGCCAC CGTGCCTGGT AGAGGCGATA AAGAGGAGTG GGAGCACTGG
121 CTGCGACAGA ATAGGCCACC AGTGTGACCA TATGGACCCT CAGCGAGGAC GCGATCGGAA
181 GTTTCAGGCC AATATTGCTC AATGAAGCTA CTCCTCAATA AAACACTGG GCTTGCCTC
   OP-R13
241 C

```

```

1 ACCGTTCAG CAGGGTAGTC ATGCTCAAGC TATCGAGGTA GGGTGATAGC TGTTGATTCA
   OP-S10
61 GAGTTAACCC AAACATGATA TCTGACGCGT TTGAACCCTA TCTGCTACGA ACCTTTATCT
121 CGGTATGCCA GCACGGCAGC CTGAGTGGCG CAGCCCAGCA GCGGGCAGG GCGCAATCGG
181 CCTAAGCGC ACAAATCCCG CGGCTTGAGG AGTTGCTAGG CCAGCGGCTG TTGCGCAGAA
241 CAGGTCGGGG CGTGGTGCCC ACTACCGAAG GCGAACTGCT GCTCACCTAC GCGACGCGCA
301 TTCTGGCCTT GGGCGAGAGC GTAGCAGCGC GCCTGAAAGA GCGCACGGTG GTGGCAATG
361 TGC CGT CGG GCTCTCGAA GACGTGGCGG TATCGGCGTT GCCGGCAGCG CTCGGCCGGC
421 TCGGGCGCGC CTGCCCGCAT GTACACCTGG AGGTCGTTGT TGATCACGGC GACGCACTCG
481 CCGAACGTTG GAATGACGCG GAGCTGGACG TGGCCATTGG CGTCAGCTCA TCCTCAACG
541 CCGACCCCTG GCACGCCTGG AACGGT
   OP-S10

```

그림 52. 대조구와 구별되는 2502×2539 저온적응성 계통에 특이적인 PCR band의 염기서열

저온적응성 계통 특이 band의 염기서열을 근거로 하여 random primer의 염기서열에 10-12 bp의 염기서열을 추가하여 SCAR marker로 사용할 specific primer를 디자인하였다(표 55).

표 55. SCAR marker primer의 염기서열

번호	이름	염기서열
1	2539-scar-A01-F	5 '-CAG GCC CTT CCC TTG ACG TC-3'
2	2539-scar-A01-R	5 '-CGA AGC TGA CTA GCT GCC CG-3'
3	2539-scar-A16-F	5 '-AGC CAG CGA AGG TGG GTA AC-3'
4	2539-scar-A16-R	5 '-CAA GCG ATG CTC GCC GAA G-3'
5	2539-scar-A18-F	5 '-AGG TGA CCG TAC TGA TCA AG-3'
6	2539-scar-A18-R	5 '-GGT ATC ACC AGA AAA CGG CC-3'
7	2539-scar-B05-F	5 '-TGC GCC CTT CTT TGC GGG AG-3'
8	2539-scar-B05-R	5 '-CGC CAG GTA CAG ATC CCG ATG C-3'
9	2539-scar-L08-F	5 '-AGC AGG TGG AGA TGT GGA GG-3'
10	2539-scar-L08-R	5 '-GAA CAA GGG AAG GCT GCA TCG-3'
11	2539-scar-L14-F	5 '-GTG ACA GGC TGG GGC AGC CC-3'
12	2539-scar-L14-R	5 '-GCT CCG GTT TTT AAG GCG TGC TC-3'
13	2539-scar-L17-F	5 '-AGC CTG AGC CAG ATG TAC GC-3'
14	2539-scar-L17-R	5 '-GGG TCG GGT ACA TCC ATT TCC C-3'
15	2539-scar-L20-F	5 '-TGG TGG ACC ATG GCA GCT CG-3'
16	2539-scar-L20-R	5 '-CCA CTG CCC ATT CCT GCC ATC-3'
17	2539-scar-P02-F	5 '-TCG GCA CGC ACT TAC CGT TG-3'
18	2539-scar-P02-R	5 '-GAA CTC CGG GAT AAG GCA GAT G-3'
19	2539-scar-P09-F	5 '-GTG GTC CGC AGG TCG GTG AA-3'
20	2539-scar-P09-R	5 '-GCA GGG TCT GGG TGG TCG AG-3'
21	2539-scar-P16-F	5 '-CCA AGC TGCC CAT CAA CAT T-3'
22	2539-scar-P16-R	5 '-GAG CTT CAC GAG TAC CGA ATA C-3'
23	2539-scar-R13-F	5 '-GGA CGA CAA GGA GCG CCA AG-3'
24	2539-scar-R13-R	5 '-GCC CAG TCG TTT TAT TGA GGA G-3'
25	2539-scar-S07-F	5 '-TCC GAT GCT GTG TCG AAC AT-3'
26	2539-scar-S07-R	5 '-CAG TGG TGG GCT GAT TTT GT-3'
27	2539-scar-S10-F	5 '-ACC GTT CCA GCA GGG TAG TC-3'
28	2539-scar-S10-R	5 '-CAC AGG GTC GGC GTT GAA C-3'
29	2539-scar-S11-F	5 '-AGT CGG GTG GGC GCC GAT AG-3'
30	2539-scar-S11-R	5 '-GGT AGT CGG GTG GCG GTG GAC-3'
31	2539-scar-S16-F	5 '-AGG GGG TTC CAC TCA TCC AT-3'
32	2539-scar-S16-R	5 '-GTG TCG ATA ATG CAA AGG TTG GG-3'

SCAR primer의 PCR 반응은 94°C에서 5분간 변성시킨 뒤 94°C에서 1분, 62°C에서 1분, 72°C에서 2분의 조건으로 30 cycle을 반복한 다음 마지막으로 72°C에서 10분 동안 수행하였다. 증폭된 PCR 산물은 1.5% agarose gel로 전기영동한 다음 대조구와 구별되는 저온적응성 계통의 특이적인 DNA band를 조사하여 SCAR primer를 검정하였다. SCAR primer 중 2539-scar 시리즈의 primer는 그림 53와 같이 대조구에서도 저온적응성 계통과 같은 위치에 PCR band(화살표)가 나타난 것을 확인할 수 있었으며 2540-scar 시리즈의 primer를 사용하여 PCR을 수행한 결과에서는 2540-scar-S03 primer에서 대조구와 구별되는 저온적응성 계통의 특이 band(480 bp)를 확인할 수 있었다(그림 54).

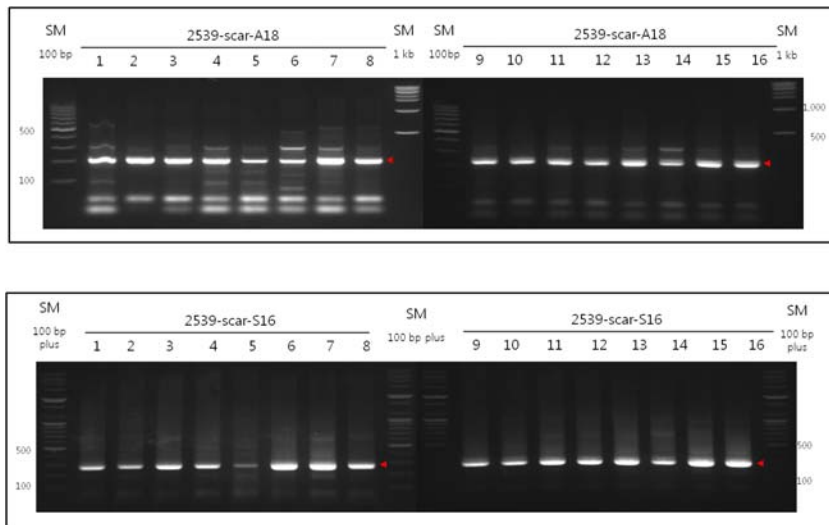


그림 53. 2539-scar-A18과 S 16 primer를 사용하여 2502×2539 저온적응성 계통과 대조구의 PCR 결과(1-8; 대조구, 9-16: 선발된 저온적응성계통)

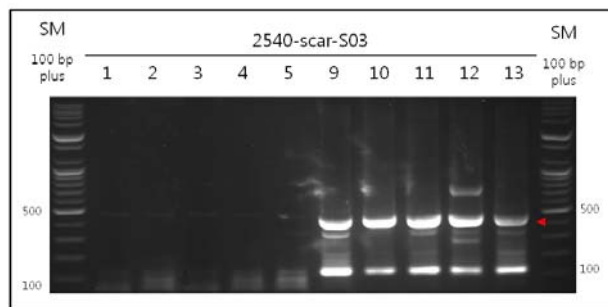


그림 54. 2540-scar-S03 primer를 사용하여 2502×2540 저온적응성 계통과 대조구의 PCR 결과 (1-5; 대조구, 9-13: 선발된 저온적응성계통)

SCAR primer는 operon사의 random primer를 이용하여 RAPD를 수행했을 때보다 재현성이 높고 진한 PCR band를 확인할 수 있으므로 저온적응성 계통의 큰느타리버섯을 구분할 수 있는 SCAR marker로써 이용될 수 있으며 저온적응성 계통의 큰느타리버섯을 재배를 거치지 않고 선발할 수 있어서 품종육종에 효과적으로 이용될 수 있을 것으로 기대된다.

(나) 저온대조 KNR2502와 저온우수 KNR2540 교배 집단에서 저온적응성 형질 관련 marker 탐색 및 MAS 시스템 개발

선발된 대립 계통과

저온적응성 계통의 genomic DNA는 DNeasy plant mini kit(Qiagen)를 이용하여 분리하였고 분리된 genomic DNA는 동일한 농도로 희석한 다음 각각 혼합하여 총 DNA 농도가 30 ug/ml 이 되도록 하였다(Paran and Michelmore, 1991). RAPD를 위한 primer(10 mer)는 operon 사의 OPA(20개), OPB(20개), OPL(20개), OPP(20개), OPR(20개), OPS(20개) 등 총 120개를 사용하였다(표 49).

PCR은 bioneer premix kit(Bioneer, Korea)에 각 RAPD primer(20 pmole) 3 ul에 선발된 계

통별 (대립 계통 8종, 저온적응성 계통 8종) bulked genomic DNA 2 ul와 증류수 15 ul를 첨가하여 다음과 같은 조건으로 수행하였다. PCR 반응은 94℃에서 4분간 변성시킨 뒤 94℃에서 1분, 37℃에서 1분, 72℃에서 1분 30초의 조건으로 40 cycle을 반복한 다음 마지막으로 72℃에서 2분 동안 수행하였다. 증폭된 PCR 산물은 1.5% agarose gel(Intron, Korea)에 전기영동한 후 ethidium bromide로 염색하여 UV light로 확인하였다. 대립 계통과 고온적응성 계통에서 polymorphic한 밴드를 보이는 primer만을 선발하여 RAPD를 반복한 후 각 계통별로 BSA와 동일한 조건으로 PCR을 수행하여 계통 간의 polymorphism을 확인하였다. 그 결과 대조구와 구별되는 특이적인 밴드를 나타내는 26개의 후보 primer를 선발하였다(그림 55). 대조구와 구별되는 저온적응성 계통의 특이적인 band를 나타낸 primer는 OP-L, OP-P, OP-S primer 시리즈였으며 이 중에서 OP-L18, OP-P9, OP-S3을 사용한 저온적응성 계통의 PCR 산물들이 대조구와 가장 뚜렷한 차이를 나타내었다(그림 2에서 그림 17).

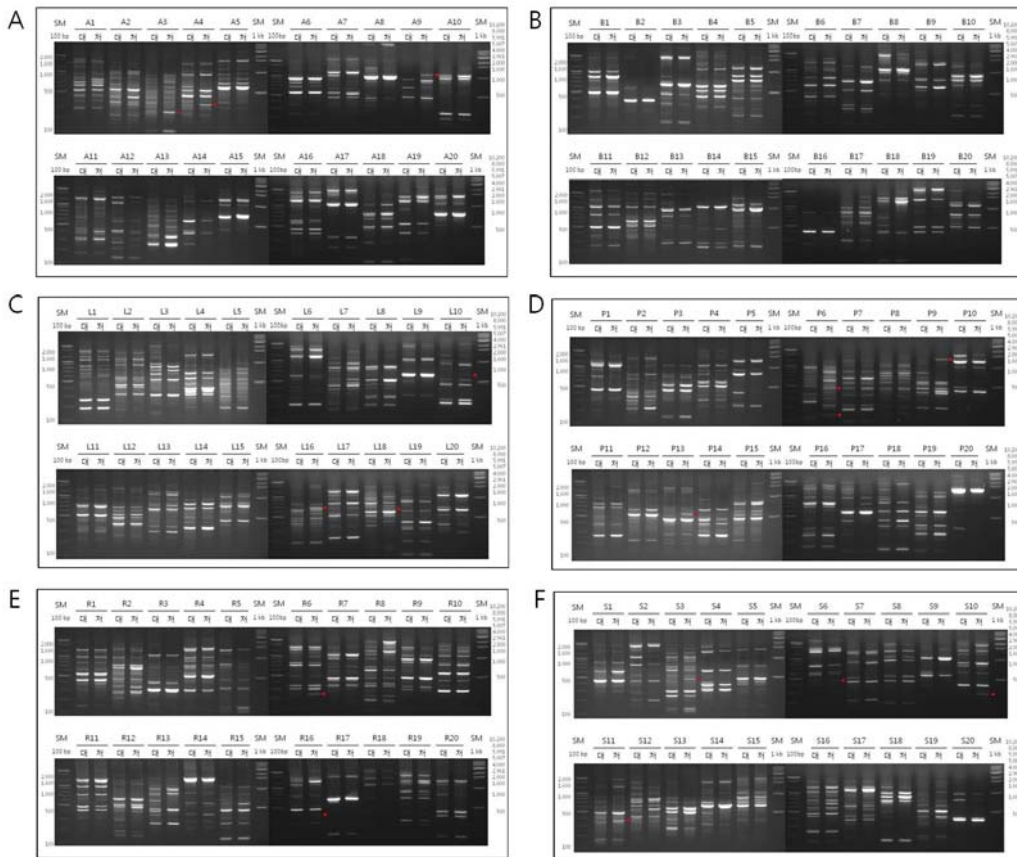


그림 55. Operon사의 random 프라이머 시리즈를 사용하여 2502×2540 저온적응성 계통과 대조구의 RAPD 결과(대; 대조구, 고: 선발된 저온적응성계통, A: OP-A 프라이머, B: OP-B 프라이머, C: OP-L 프라이머, D: OP-P 프라이머, E: OP-R 프라이머, F: OP-S 프라이머)

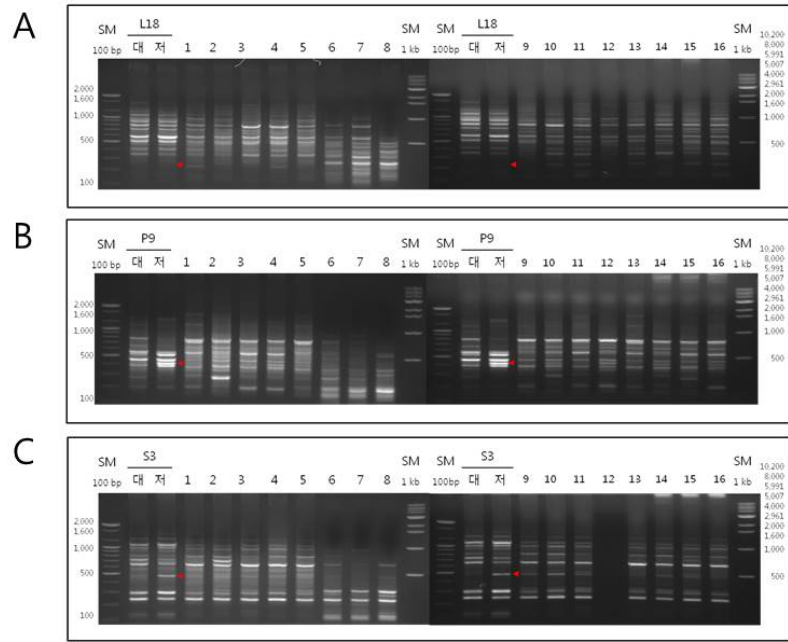


그림 56. Operon사의 프라이머를 사용한 2502×2540 저온적응성 계통과 대조구의 RAPD.
 (대; 대조구, 고; 선발된 저온적응성계통, A: OP-A 프라이머, B: OP-B 프라이머, C:
 OP-L 프라이머, D: OP-P 프라이머, E: OP-R 프라이머, F: OP-S 프라이머)

대조구와 구별되는 저온적응성 계통에 특이적인 band는 gel extraction kit(Bioneer, Korea)를 이용하여 DNA를 추출하였으며 추출한 DNA는 T-blunt PCR cloning kit(SolGent, Korea)를 이용하여 cloning하였다. cloning이 정확히 되었는지 확인하기 위해서 선발된 clone은 액체배양한 후 Plasmid isolation kit(Intron, Korea)를 이용하여 plasmid를 분리하였으며 분리된 plasmid는 제한효소인 EcoRI(Promega, USA)으로 절단한 다음 전기영동하여 cloning 여부를 확인하였다. 선발된 clone은 Macrogen(Daejeon, Korea)에 의뢰하여 염기서열을 분석하였으며 그 결과의 일부를 그림 32에 나타내었다. 분석된 염기서열의 상동성은 NCBI에서 제공하는 BLAST 프로그램을 이용하여 GeneBank database에 등록된 균주들의 염기서열과 계통학적 유연관계를 비교·분석하였다.

```

1 ACCACCCACC CAACCATGCC TTGAGCTGTT CACAAGCCTA AGTGAACAAA TTAGACAAGT
   OP-L18
61 ACAAGTAACT GAGTAGTATA ATCACTTACC TGAGTGTGTA AGGCCCTCTT GTAGTAAGGT
121 CTCCCTCCTT TGCTTTCATC AACTACCACT AGGTTGGGGG TATCTCCATT GAGTGGTGCT
181 GGGTTGCACC AAGTCTGGCA GAGGTGGTCA GTGACCTGGT GATTGATGTA GTGGTAGGAG
241 TCAACAATGA TCTGAGTGGT GGGTGGT
   OP-L18
  
```

1	<u>GTGGTCCGCA</u> CGTCGAGTGC CGCAAACGCG ACGGTTAGGA GTGACGGAGT TCGAATATAC
	OP-P9
61	AAACCGAGCG CCCATAGAGC GCTTATGTAG TCACAACCTG TCACAGTAAA TAGTTATCGT
121	TGAATCAGAG TTGCATCATT GATTCTCTC TCGATAAGCT GTCATTGCTG CGTGAAAGAA
181	TCGAAGGGGA TAGAAGCGAG AGGTGGGAGA TGGAAAGCAA AGGAGCAAGT GAGGCGCGC
241	TAACACTGAC ACCATTGCGT GACAAACCTA CCCCACCCC ACGAAATGCA GCGGACCAA
301	CATCCGGTTT GATTACCGAC TCCAAACGGG CGGGTTTTGA TTTTGGCGGA GAGCGATCTC
361	CAAACCTAC CCCGAGGGGC <u>TGTGGGACC AC</u>
	OP-P9

1	<u>CAGAGTCCC</u> GGTGAGCACT ATTCGGTCG CGTTGTGATG CGTGATCGTT GTCGGAGAGT
	OP-S3
61	GACGATAAGC TCGGCATAGG AGTCCGGTCA GAGTTAGATA CAGGCGGCCG CGCCCCAAGC
121	CTATACCTCA GTCCGTCGCT TCCTGATCCT GCTAGCGAAA TGTCCGCCGT GCCTCCGTGA
181	AGAGTGACCT CTGCCCGGT GTGGCTTGA CGGTAGTCGT CAGGTCGATC GAGAGAACCG
241	TCCGGAGGGA AGGCGAAGT GAATGGTGAC GTCAAAGACG CAGATGAGGA GGACGAGGGA
301	GTAGAGGAGG GTGAGAGTGA TCGGCTGTTT GAGAAAACGT ACGGCGCGCT CTCCAGCGCA
361	CTCAAAGGCA CTTTCTGTTC ATCGACTTGG TATCGGTTCA CGAAGGACAT GTCTGCGGAT
421	GTCATGGTCG GCGACTCTGT GTAACCTGGA GAGTGGGACG AATGGGCGCT <u>GGGACCTCTG</u>
	OP-S3

그림 57. 대조구와 구별되는 2502×2540 저온적응성 계통에 특이적인 PCR band의 염기서열

저온적응성 계통 특이 band의 염기서열을 근거로 하여 random primer의 염기서열에 10-12 bp의 염기서열을 추가하여 SCAR marker로 사용할 specific primer를 디자인하였다(표 56).

표 56. SCAR marker한 primer의 염기서열

번호	이름	염기서열
1	2540-scar-L18-F	5 '-ACC ACC CAC CCA ACC ATG CC-3'
2	2540-scar-L18-R	5 '-CCA CCC ACC ACT CAG ATC ATT G-3'
3	2540-scar-P09-F	5 '-GTG GTC CGC ACG TCG AGT GC-3'
4	2540-scar-P09-R	5 '-GCC CCT CGG GGT AGG GTT TG-3'
5	2540-scar-S03-5F	5 '-CAG AGG TCC CGG TCA GCA CT-3'
6	2540-scar-S03-5R	5 '-CAG CGC CCA TTC GTC CCA CTC-3'

SCAR primer의 PCR 반응은 94℃에서 5분간 변성시킨 뒤 94℃에서 1분, 62℃에서 1분, 72℃에서 2분의 조건으로 30 cycle을 반복한 다음 마지막으로 72℃에서 10분 동안 수행하였다. 증폭된 PCR 산물은 1.5% agarose gel로 전기영동한 다음 대조구와 구별되는 저온적응성 계통의 특이적인 DNA band를 조사하여 SCAR primer를 검정하였다. SCAR primer 중 2539-scar 시

리즈의 primer는 그림 24와 같이 대조구에서도 저온적응성 계통과 같은 위치에 PCR band(화살표)가 나타난 것을 확인할 수 있었으며(일부의 결과만 나타냄) 2540-scar 시리즈의 primer를 사용하여 PCR을 수행한 결과에서는 2540-scar-S03 primer에서 대조구와 구별되는 저온적응성 계통의 특이 band(480 bp)를 확인할 수 있었다(그림 58).

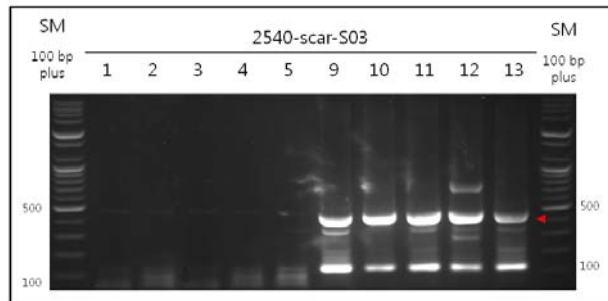


그림 58. 2540-scar-S03 primer를 사용하여 2502×2540 저온적응성 계통과 대조구의 PCR 결과 (1-5; 대조구, 9-13: 선발된 저온적응성계통)

동종의 타계통에 대한 SCAR primer의 적용여부를 조사하기 위하여 2540-scar-S03 primer를 사용하여 2502×2540 저온적응성 중간계통, 2502×2539 저온적응성 계통과 대조구, 2502×2539 저온적응성 중간계통에 대한 PCR을 수행하였다. 2502×2540 저온적응성 중간계통과 2502×2539 저온적응성 중간계통에서는 PCR 밴드를 확인할 수 없었으며(그림 59, 그림 61) 2502×2539 저온적응성 계통과 대조구에서는 저온적응성 계통에서 대조구와 약간의 차이를 나타내는 밴드(그림 60)가 확인되어 이 밴드의 염기서열을 분석 중에 있다.

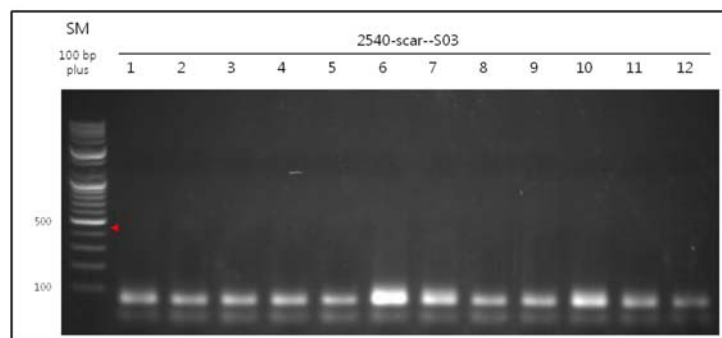


그림 59. 2540-scar-S03 primer를 사용하여 2502×2540 저온적응성 중간계통의 PCR 결과

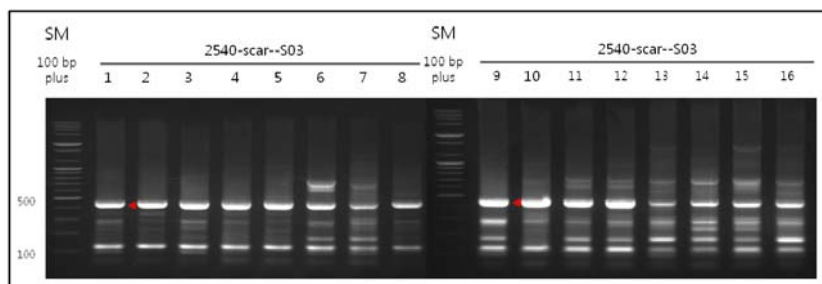


그림 60. 2540-scar-S03 primer를 사용하여 2502×2539 저온적응성 계통과 대조구의 PCR 결과 (1-8; 대조구, 9-16: 선발된 저온적응성계통)

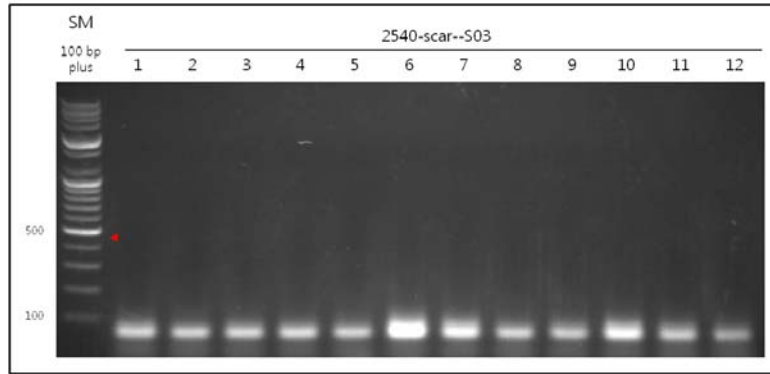


그림 61. 2540-scar-S03 primer를 사용하여 2502×2539 저온적응성 중간계통의 PCR 결과(1-5; 대조구, 9-13: 선발된 저온적응성계통)

SCAR primer는 operon사의 random primer를 이용하여 RAPD를 수행했을 때보다 재현성이 높고 진한 PCR band를 확인할 수 있으므로 저온적응성 계통의 큰느타리버섯을 구분할 수 있는 SCAR marker로써 이용될 수 있으며 저온적응성 계통의 큰느타리버섯을 재배를 거치지 않고 선발할 수 있어서 품종육종에 효과적으로 이용될 수 있을 것으로 기대된다.

다. 베타글루칸 형질 관련 marker 탐색 및 MAS 시스템 개발

(1) 베타글루칸 계통과 대립형질 간의 교배를 통한 F1-Fx 집단 육성

표 57. β-glucan 고함량 큰느타리 교배모본의 글루칸 함량(%)

계통명	총글루칸	알파글루칸	베타글루칸
KNR2510	42.44	8.36	34.08
KNR2521	36.16	10.19	25.96

(2) 베타글루칸 형질 관련 marker 탐색 및 MAS 시스템 개발

표 58. 큰느타리 교배계통(KNR2521×KNR2510) 중 마커개발을 위해 선발된 계통의 글루칸 함량(%)

대립계통				β-glucan 고함량 계통			
계통명	총글루칸	알파글루칸	베타글루칸	계통명	총글루칸	알파글루칸	베타글루칸
5-4	37.04	7.12	29.93	1-11	44.84	7.82	37.03
5-9	36.69	8.15	28.54	6-8	44.73	9.19	35.54
9-2	43.42	13.38	30.04	12-9	45.64	10.03	35.62
9-7	38.13	13.22	24.90	16-18	39.26	3.52	35.74
11-13	33.97	7.14	26.83	17-11	41.99	4.76	37.23
15-8	35.06	7.19	27.87	17-12	41.30	5.02	36.27
17-13	36.87	7.66	29.21	18-20	42.40	5.04	37.36
21-5	41.74	12.33	29.41	24-12	44.36	7.45	36.91
21-10	41.09	12.17	28.93	25-2	45.92	5.83	40.09

Bulked segregant analysis(BSA)를 위해 선발된 대립 계통과 β-glucan 고함유 계통의 genomic DNA를 동일한 농도로 희석한 다음 각각 혼합하여 총 DNA 농도가 30 ug/ml이 되도록 하였다(Paran and Michelmore, 1991). RAPD를 위한 primer(10 mer)는 operon 사의 OPA(20개), OPB(20개), OPL(20개), OPP(20개), OPR(20개), OPS(20개) 등 총 120개를 사용하였다(표 49).

PCR은 bioneer premix kit(Bioneer, Korea)에 각 RAPD primer(20 pmole) 3 ul, 계통별 (대립 계통 9종, β-glucan 고함유 계통 9종) bulked genomic DNA 2 ul, 증류수 15 ul를 첨가하여 다음과 같은 조건으로 수행하였다. PCR 반응은 94℃에서 4분간 변성시킨 뒤 94℃에서 1분, 37℃에서 1분, 72℃에서 1분 30초의 조건으로 40 cycle을 반복한 다음 마지막으로 72℃에서 2분 동안 수행하였다. 증폭된 PCR 산물은 1.5% agarose gel(Intron, Korea)에 전기영동한 후 ethidium bromide로 염색하여 UV light로 확인하였다. 대립 계통과 β-glucan 고함유 계통에서 polymorphic한 밴드를 보이는 primer만을 선발하여 RAPD를 반복한 후 각 계통별로 BSA와 동일한 조건으로 PCR을 수행하여 품종 간의 polymorphism을 확인하였다. 그 결과 OPR primer들로부터 대립 계통과 β-glucan 고함유 계통을 구별할 수 있는 마커들이 검색되었으며(그림 62) 그 중에서도 OP-R03 primer에서 대립 계통과 가장 뚜렷한 차이를 나타내고 반복성이 있는 우수한 RAPD 밴드(약 100 bp)를 찾을 수 있었다(그림 63).

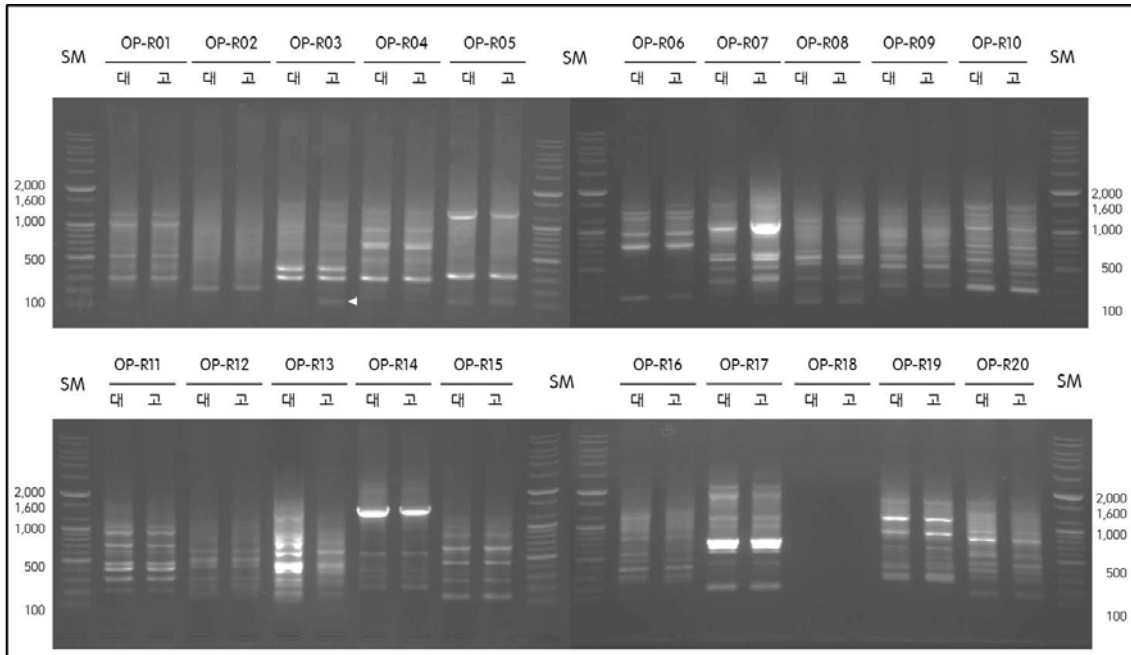


그림 62. OP-R primer를 사용한 대조 계통과 β -glucan 고함유 계통의 RAPD.
Standard Molecular weight marker (SM)는 Bioneer사의 100 bp plus DNA ladder임.
(Lanes 1: 대립계통의 bulked DNA, Lanes 2: β -glucan 고함유 계통의 bulked DNA)

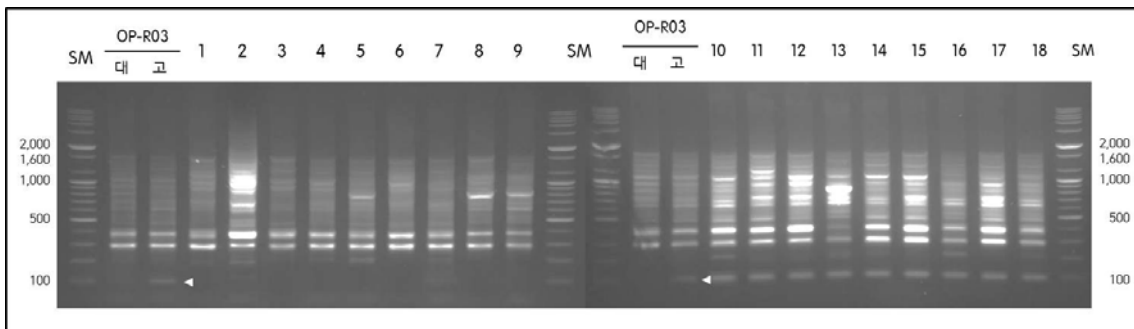


그림 63. OP-R03 primer를 이용한 대조 계통과 β -glucan 고함유 계통의 RAPD
Standard Molecular weight marker (SM)는 Bioneer사의 100 bp plus DNA ladder임.
(Lanes C; 대립계통의 bulked DNA, Lanes P; β -glucan 고함유 계통의 bulked DNA, Lanes 1-7;
대립계통, Lanes 8-14; β -glucan 고함유 계통)

OP-R03 primer를 이용한 RAPD 결과, 약 100 bp 부근에서 대립 계통에서는 증폭되지 않고 β -glucan 고함유 계통에서만 증폭되는 특이적인 RAPD 밴드가 관찰되었으며 이 밴드를 β -glucan 고함유 계통 큰느타리버섯 선발에 유용한 RAPD 마커로 간주하고 단일 PCR 밴드를 증폭시킬 수 있는 SCAR 마커로 전환하였다. SCAR 마커로 전환하기 위해 RAPD 밴드의 DNA는 gel extraction kit(Bioneer, Korea)를 이용하여 agarose gel로부터 추출한 다음 T-blunt PCR cloning kit(SolGent, Korea)를 이용하여 cloning하였다. cloning 여부는 액체배양한 clone의 plasmid를 plasmid isolation kit(Intron, Korea)를 이용하여 분리한 다음 제한효소인 EcoRI(Promega, USA)을 처리하여 확인하였고 선발된 clone은 MacroGen(Daejeon, Korea)에 의뢰하여 염기서열을 분석하였다(그림 64).

```

1 ACACAGAGGG GGGCACATTG GCTTTGGTGA TGTTTCGTGTC AGTGGTGCAT TCACAGTTTG
61 TGGTTTGTGG TTTGTTTCAGT GCCCTCTGTG T

```

그림 64. RAPD에 의한 OP-R03 단편의 염기서열
underline은 SCAR marker로 디자인한 OP-R03-1F and OP-R03-1R의 염기서열

그 결과 얻어진 염기서열 말단을 근거로 SCAR 마커로 사용할 specific primer인 OP-R03-1-F(5'-ACA CAG AGG GGG GCA CAT TG-3')와 OP-R03-1-R(5'-ACA CAG AGG GCA CTG AAC AAA C-3')를 디자인하였다. SCAR marker OP-R03-1-F/-R의 PCR 반응은 94℃에서 5분간 변성시킨 뒤 94℃에서 1분, 62℃에서 1분, 72℃에서 1분의 조건으로 30 cycle을 반복한 다음 마지막으로 72℃에서 10분 동안 수행하였으며 증폭된 PCR 산물은 1.5% agarose gel에 전기 영동한 다음 대립 계통과 구별되는 DNA 밴드를 β-glucan 고함유 계통에서 확인하였다. SCAR 마커인 OP-R03-1-F/-R primer를 이용한 PCR 결과 얻은 100 bp의 DNA 밴드는 β-glucan 고함유 계통에서만 확인할 수 있었으며 random primer인 OP-R03 primer를 이용하여 PCR을 수행했을 때보다 재현성이 높고 진한 DNA 밴드임을 확인할 수 있었다(그림 65). 따라서 OP-R03-1-F/-R primer는 대립 계통과 β-glucan 고함유 계통의 큰느타리버섯을 신속히 구분할 수 있는 SCAR 마커로써 이용될 수 있으며 β-glucan 고함유 계통의 큰느타리버섯 육종에 효과적으로 이용될 수 있을 것으로 기대된다.

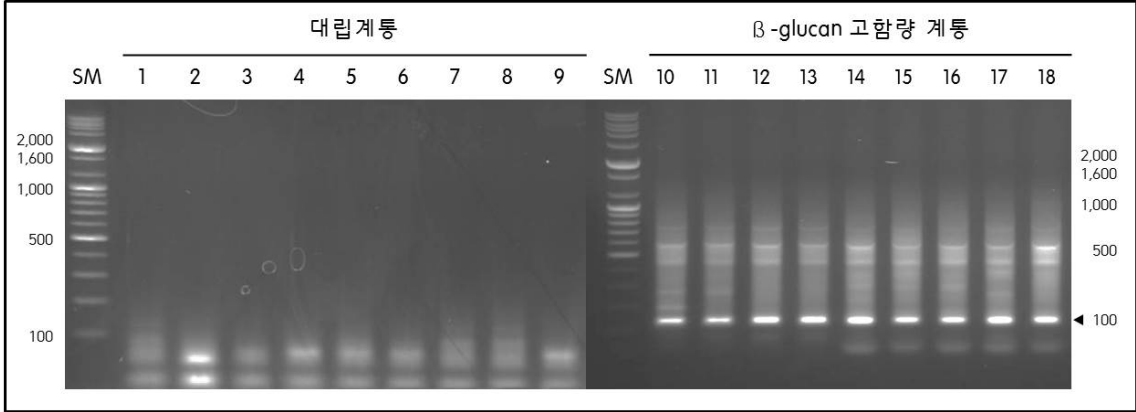


그림 65. SCAR 마커인 OP-A06-1-F/-R primers 이용한 대조 계통과 β-glucan 고함유 계통의 PCR

Standard Molecular weight marker (SM)는 Bioneer사의 100 bp plus DNA ladder임.
Lanes C; 대립계통의 bulked DNA, Lanes P; β-glucan 고함유 계통의 bulked DNA, Lanes 1-9; 대립계통, Lanes 10-18; β-glucan 고함유 계통

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

* 연도별 연구목표 및 평가착안점에 입각한 연구개발목표의 달성도 및 관련분야의 기술 발전에의 기여도 등을 기술

1. 기후변화 대응 환경적응성 베타글루칸강화 큰느타리버섯 품종육성

연차	년차별 연구목표	연구목표 달성도	기술발전 기여도
1년차 (2012)	고온적응성 큰느타리버섯 품종육성	-고온(20℃) 적응성이 우수한 “태양송이” 품종육성 및 특허출원 -고온적응성 유전자원 선별 및 육종모본 육성 -돌연변이를 이용한 우량품종개발	-세계최초로 고온적응성 큰느타리버섯의 품종육성 -유전자원의 고온에서의 적응성 평가 및 단핵군사은행 구축으로 다양한 고온적응성 품종 육성 체계 확립 -기후변화로 인한 냉방비용의 절감 및 국가적 전력부족 사태 완화 -감마선, UV를 이용한 돌연변이는 복귀가 빈번하여 품종으로 고정하기 어려움을 구명함
2년차 (2013)	저온적응성 큰느타리버섯 품종육성	-저온(12℃) 적응성이 우수한 “눈송이” 품종육성 및 품종보호출원 -저온적응성 유전자원 선별 및 육종모본 육성 -큰느타리버섯 유전지도 작성 및 군사생장 QTL 매핑	-세계최초로 저온적응성 큰느타리버섯의 품종육성 -유전자원의 저온에서의 적응성 평가 및 단핵군사은행 구축으로 다양한 저온적응성 품종 육성 체계 확립 -겨울철 난방비용이 절약되어 농가 경쟁력 향상 -큰느타리버섯의 유전지도를 작성하여 향후 주요농업형질에 대한 QTL mapping 가능성 제시
3년차 (2014)	큰느타리버섯 품종육성	-대조품종보다 베타글루칸이 30% 개선된 “애린이칸” 품종육성 및 품종보호출원 -베타글루칸 고함량 유전자원 선별 및 육종모본 육성	-세계최초로 베타글루칸 고함유 큰느타리버섯의 품종육성 -유전자원의 베타글루칸 함량의 측정 및 단핵군사은행 구축으로 다양한 베타글루칸 품종 육성 체계 확립 -세계적인 고령화와 소득증대로 건강기능성식품에 대한 관심이 증대되어 새로운 시장창출가능성

2. 환경적응성 및 베타글루칸 형질에 연결된 marker 탐색 및 MAS 시스템 개발

연차	년차별 연구목표	연구목표 달성도	기술발전 기여도
1년차 (2012)	큰느타리버섯 고온적응성 형질 선발마커 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 고온적응계통 대립형질 간의 F1-Fx 육성 - BSA방법을 적용한 RAPD로 고온적응성 형질과 관련된 유전자 탐색 - 고온적응성 특이 SCAR marker 디자인 및 적용성 검토 - 큰느타리버섯의 고온적응성 형질관련 DNA 마커에 관한 학술발표 2건, 논문 1편, 특허출원 1건 	<ul style="list-style-type: none"> - 고온적응성 큰느타리버섯 식별을 위한 primer 제시 - 육종 효율 증진
2년차 (2013)	큰느타리버섯 저온적응성 형질 선발마커 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 저온적응성×대립형질 단포자풀 F1-Fx육성 - BSA방법을 적용한 RAPD로 저온적응성 형질과 관련된 유전자 탐색 - 저온적응성 특이 SCAR marker 디자인 및 적용성 검토 - 저온 적응성 큰느타리버섯 식별용 SCAR 마커에 관한 학술발표 1건, 논문 1편, 특허출원 1건 	<ul style="list-style-type: none"> - 저온적응성 큰느타리버섯 식별을 위한 primer 제시 육종 효율 증진
3년차 (2014)	큰느타리버섯 베타글루칸고함유 형질 선발마커 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 베타글루칸×대립형질 단포자풀 F1-Fx육성 - BSA방법을 적용한 RAPD로 베타글루칸 형질에 관련된 유전자 탐색 - 베타글루칸 특이 SCAR marker 디자인 및 적용성 검토 - 베타글루칸 고함유 계통의 큰느타리버섯 선별을 위한 DNA 마커에 관한 학술발표 1건, 특허출원 1건 	<ul style="list-style-type: none"> - 베타글루칸 고함유 큰느타리버섯 식별을 위한 primer 제시 육종 효율 증진

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

제1절 연구개발 성과

(단위 : 건수)

구분	특허		신품종				유전자원 등록	논문		학술발표 (포스터)
	출원	등록	품종명 명칭등록	품종생산 수입판매 신고	품종보호			SCI	비SCI	
					출원	등록				
1차 년도	목표		1		1		5	2		
	달성						6	2	1	
2차 년도	목표	1	1		1		5	2		
	달성	2	1		1			2	3	
3차 년도	목표	1	1	1		1	1	5	2	
	달성	2	1	1		1		10	2	
계	목표	2	1	3		3	1	15	6	
	달성	4	1	2		2		16	6	

제2절 연구성과 활용 성과

(단위 : 건수)

구분	기술실시(이전)	상품화	정책자료	교육지도	언론홍보	기타
활용건수	목표	2	2		2	
	달성	1			3	

제3절 유형별 성과

1. 논문게재

게재연도	논문명	저자		학술지명	Vol.(No.)	국내외	SCI구분
		주저자	교신저자				
2012 (1차년도)	큰느타리(새송이)버섯에서 역교배를 통한 속성형질의 도입	임착한	류재산	한국버섯학회지	10(2)	국내	비SCI
2012 (1차년도)	큰느타리버섯 갯우수 품종 육종	임착한	류재산	한국균학회지	40(3)	국내	비SCI
2013 (2차년도)	큰느타리(새송이)버섯 다수확 속성 품종 육종 및 관능평가	임착한	류재산	한국균학회지	41(2)	국내	비SCI
2013 (2차년도)	새송이버섯의 저온 적응성 형질에 관련된 SCAR marker 개발	김수철	조수정	한국버섯학회지	11(3)	국내	비SCI
2014 (3차년도)	고온적응성 큰느타리(새송이)버섯 품종육성	임착한	류재산	한국버섯학회지	12(3)	국내	비SCI
2014 (3차년도)	큰느타리버섯의 고온적응성 형질에 관련된 SCAR Marker 개발	김수철	조수정	한국버섯학회지	12(3)	국내	비SCI

2. 학술발표

발표연도	제 목	발표자		학술대회명	장소	국내외
		주저자	교신저자			
2013 (1차년도)	Development and Characterization of Microsatellite Markers for <i>Pleurotus eryngii</i> .	임착한	류재산	한국미생물생명공학회국제 학술대회	부산벡스코	국내
2013 (2차년도)	환경변화 대응 큰느타리(새송이) 버섯 품종육성	임착한	류재산	한국균학회춘계 학술대회	배재대학교	국내
2013 (2차년도)	Development of SCAR marker associated psychrophilic strains of <i>Pleurotus eryngii</i> by bulked segregant analysis	김홍출	조수정	동아시아버섯 학회	상해	국외
2014 (3차년도)	Construction of a genetic linkage map and analysis of quantitative trait loci(QTL) associated with yield-related traits in <i>Pleurotuseryngii</i>	임착한	류재산	한국미생물생명공학회국제 학술대회	부산벡스코	국내
2014 (3차년도)	Development of SCAR marker associated thermophilic strains of <i>Pleurotus eryngii</i> by bulked segregant analysis	조윤진	조수정	한국버섯학회	순천향대학교	국내
2014 (3차년도)	Development of Strain-specific SCAR Marker for <i>Pleurotus eryngii</i> Strains Adaptable to High-temperature by bulked segregant analysis	조수정	조수정	한국미생물생명공학회국제 학술대회	일산킨텍스	국내
2014 (3차년도)	Development of Strain-specific SCAR Marker for High β -Glucan Producing Strains of <i>Pleurotus eryngii</i>	조수정	조수정	한국미생물생명공학회국제 학술대회	일산킨텍스	국내

다. 산업재산권(특허권, 품종보호권)

번호	출원연도	구분	명칭	출원인	출원국	출원번호
1	2013 (2차년도)	특허출원	신규한 고온적응성 새송이버섯 균주 32×15(KCCM11435P)	경상남도지사	한국	10-2013-00833 20
2	2013 (2차년도)	특허출원	저온 적응성 새송이버섯 식별용 SCAR 마커 및 이의 용도	경남과학기술대학교 산학협력단	한국	10-2013-00859 52
3	2013 (2차년도)	품종보호 출원	저온적응성 큰느타리버섯 (눈송이)	경상남도지사	한국	출원2013-370
4	2013 (2차년도)	품종명칭 출원	눈송이	경상남도지사	한국	명칭2013-1034
5	2014 (3차년도)	품종보호 출원	베타글루칸 고함유 큰느타리버섯 (애린이칸)	경상남도지사	한국	출원2014-507
6	2014 (3차년도)	품종명칭 출원	애린이칸	경상남도지사	한국	명칭2014-1425
7	2014 (3차년도)	특허출원	베타글루칸 고함유 계통의 큰느타리버섯 선별을 위한 DNA 마커	경남과학기술대학교 산학협력단	한국	10-2014-01420 47
8	2014 (3차년도)	특허출원	큰느타리버섯의 고온적응성 형질관련 DNA 마커	경남과학기술대학교 산학협력단	한국	10-2014-01420 59
9	2014 (3차년도)	특허등록	저온 적응성 새송이버섯 식별용 SCAR 마커 및 이의 용도	경남과학기술대학교 산학협력단	한국	10-1458518

라. 홍보실적

번호	보도명	내용	매체명	보도일자
1	기후변화와 새송이	전세계적인 기후변화에 대응하기 위하여 고온과 저온 적응성이 우수한 새송이버섯의 신품종 연구	경남일보	2013/5/27
2	기후변화와 새송이	전세계적인 기후변화에 대응하기 위하여 고온과 저온 적응성이 우수한 새송이버섯의 신품종 연구	귀농신문	2013/5/31
3	기후변화와 새송이	전세계적인 기후변화에 대응하기 위하여 고온과 저온 적응성이 우수한 새송이버섯의 신품종 연구	사천신문	2013/6/5

마. 기술이전

번호	이전기술명	내 용	이전업체명	기술료
1	새송이(큰느타리) 버섯 윈스톱품종판별기술	단시간에 군사상태의 큰느타리버섯 12품종을 동시에 판별할 수 있는 SSR유래 분자표지	지리산버섯영농조합 법인	면제 (농어업경영체 및 참여기업)

제4절 성과활용계획

1. 베타글루칸 고품유품종은 선도농가중심으로 기술이전을 추진하여 새로운 내수 및 수출시장 개척에 활용예정인데, 기능성버섯식품 가공용 버섯생산에도 10%정도의 새로운 시장이 생겨나서 약 150억 정도의 매출이 발생할 것으로 사료된다.
2. 신품종의 생육조건은 기존품종에 비해서 많은 차이를 보이므로 본 과제를 통하여 도출된 생육기술을 바탕으로 농가에 교육지도를 통하여 기술을 전파하여 원활하게 재배할 수 있도록 할 계획이다.
3. 개발된 유용형질 마커기술을 육종연구를 진행하는 농가에 기술이전을 하여 고온, 저온 적응성 및 베타글루칸 신품종의 육종효율성을 증진하는데 활용 할 계획이다.
4. 특허와 품종보호 등록은 특허청과 국립종자원의 규정에 의해 심사가 진행되고 있어 추후 추적평가지 실적을 등록할 예정이고, 이후 매체를 통하여 홍보할 예정이다.
5. 환경공조가 용이하지 못한 소규모 농가에도 신품종을 보급할 계획이다. 현재 큰느타리버섯의 시장규모는 약 1,500억 정도로 알려져 있는데, 대부분의 농가에서 큰느타리2호를 사용하고 있다. 본 과제로 도출된 태양송이, 눈송이는 여름철과 겨울철 냉난방비를 15%이상 절감할 수 있는 품종이므로 전체 큰느타리버섯시장에서 10-20%를 차지하여 매출액이 약 150-300억에 달할 것으로 사료된다.
6. 신품종의 특성상 품종에 맞는 새로운 재배법의 개발이 필요하므로 신품종의 재배를 원하는 농가와 공동으로 새로운 품종에 적합한 최적의 배지 혼합비와 공조환경을 도출하도록 할 계획이다. 이를 경우 신품종의 가치가 향상되고 다른 농가에서도 신품종 버섯을 재배하는데 어려움이 없을 것이다.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

큰느타리버섯의 육종에 관련하여 일본에서 포자 없는 품종의 분자마커를 개발하여 발표하였음(Okuda et al., 2012). 큰느타리버섯도 느타리버섯과 마찬가지로 수확기에 포자가 많이 발생되는데 이는 폐에 염증을 유발할 수 있어 문제시 되어 왔음. 이를 방지하기 위하여 포자없는 품종을 돌연변이방법으로 육성하였고, 이 품종에서 유래한 단핵균사를 교배를 통하여 유전지도를 작성하고 QTL mapping을 통하여 대략적인 위치를 찾아내었음. 그 유전자좌는 B mating type locus에 밀접하게 연관되어 있는 것으로 알려져 페르몬과 페르몬수용체와의 상호작용에 의해서 담자포자와 담자기 등의 생식세포가 생성되는 것으로 추정됨. 이를 이용하여 국내에서도 무포자큰느타리버섯 품종의 개발에 활용할 수 있을 것으로 사료됨.

제 7 장 연구시설·장비 현황

해당사항없음

제 8 장 참고문헌

- Forestry Agency of Japan (<http://www.rinya.maff.go.jp/>). (in Japanese).
- Ha, T. M., Ju, Y. C., Jeon, D. H., Choi, J. I. and Lee, T. S. 2011. Characteristics and breeding of a new variety *Pleurotus eryngii*, Gongi No.3. *J. Mushroom Sci Production* 9 : 22-26. (in Korean).
- Im, C. H., Kim, M. K., Je, H. J., Kim, K. H. and Ryu, J. S. 2012a. Introduction of a speedy growing trait into *Pleurotus eryngii* by backcrossing. *J. of Mushroom Sci. and Production*. 10: 49-56. (in Korean).
- Im, C. H., Kim, M. K., Je H. J., Kim, K. H., Kim, S. Y., Kim, K. J., Park, S. J., Ha, Y. A., Kim, M. J., Kim, S. H. and Ryu, J. S. 2012b. Breeding of king oyster mushroom, *Pleurotus eryngii* carrying good traits of cap. *Kor. J. Mycol.* 40: 145-151. (in Korean).
- Jang, M. J., Lee, Y. H., Kim, J. H. and Ju, Y. C. 2011. Effect of LED light on primordium formation, morphological properties, ergosterol content and antioxidant activity of fruit body in *Pleurotus eryngii*. *Kor. J. Mycol.* 39: 175-179. (in Korean).
- Lin-Zhi, K., Fei, H., Jun-Fang, L., Li-Qiong, G., & Wei-Fang, B. 2013. Breeding of new high-temperature-tolerant strains of *Flammulina velutipes*. *Scientia Horticulturae*, 151: 97-102.
- Kang, T. S. Jeong, H. S, Lee, M. L, Park, H. J, Jo, T. S, Ji, S. T., and Sin, M. G. 2003. Mycelial growth using the natural product and angiotensin converting enzyme inhibition activity of *Pleurotus eryngii*. *Kor. J. Mycol.* 31: 175-180. (in Korean).
- Kim, M. K., Ryu, J. S. and Yoo, Y. B. 2011. Characterization of a new cultivar "Dan Bi" by Mono-mono hybridization in *Pleurotus eryngii*. *Kor. J. Mycol.* 39 : 39-43. (in Korean).
- Korea Agricultural Trade Information (KATI). (<http://www.kati.net/>). (in Korean).
- Lewinsohn, D., Nevo, E., Hadar, Y., Wasser, S. P. and Beharav, A. 2000. Ecogeographical variation in the *Pleurotus eryngii* complex in Israel. *Mycological Research* 104: 1184-1190.
- Ministry for food, agriculture, forestry and fisheries. Republic of Korea. 2011. The actual putout of oil seeds and cash crops. pp. 10. Republic of Korea. (in Korean).
- Okuda, Y., Ueda, J., Obatake, Y., Murakami, S., Fukumasa, Y., & Matsumoto, T. 2012. Construction of a genetic linkage map based on amplified fragment length polymorphism markers and development of sequence-tagged site markers for marker-assisted selection of the sporeless trait in the oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*). *Applied and environmental microbiology*, 78(5): 1496-1504.
- Rajaratnam, R., and Bano, Z. 1987. *Pleurotus* mushrooms. Part 1A. Morphology, life cycle, taxonomy. breeding and cultivation. *CRC Critical in Food Science and Nutrition* 26: 157-222.
- Ryu, J. S., Kim, M. K., Kwon, J. H., Cho, S. H, Kim, N. K., Rho, C. W., Lee, C. H., Rho, H. S. and Lee, H. S. 2007. The growth characteristics of *Pleurotus eryngii*. *Kor. J. Mycol.* 35: 47-53. (in Korean).
- Ryu, J. S., Kim, M. K., Song, K. W., Lee, S. D., Lee, C. H., Rho, C. W. and Lee, H. S. 2006. The study of quality standard of *Pleurotus eryngii*. *J. of Mushroom Sci. and Production*. 4: 129-134. (in Korean).

- Shin, P.-G, Park, Y.-J., Yoo, Y.-B., Kong, W.-S., Jang, K.-Y., Cheong, J.-C., Oh, S.-J. and Lee, K-H. 2011. Characteristics and breeding of a new cultivar *Pleurotus eryngii*, Song-A. *J. of Mushroom Sci. and Production.* 9: 59-62. (in Korean).
- Synytsya A., Míčková K., Synytsya A., Jablonský I., Spěváček J., Erban V., Kovářková E. and Čopíková J. 2009. Glucans from fruit bodies of cultivated mushrooms *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus eryngii*: structure and potential prebiotic activity. *Carbohydrate Polymers* 76: 548-556.
- Venturella, G., Zervakis, G. and La Rocca, S. 2000. *Pleurotus eryngii* var. *elaeoselini* var. nov. from Sicily. *Mycotaxon* 76: 419-427.

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.