213009-05-5-CG600

수출용 단옥수수 품종개발 및 수출기반 조성

2022

농림식품기술기획평가원
농촌진흥청
농림축산식품부

보안 과제( ), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개( )발간등록번호(○)

Golden Seed 프로젝트 사업 2단계 최종 보고서

발간등록번호
11-1543000-003972-01

수출용 단옥수수 품종개발 및 수출기반 조성

2022. 3. 25.

프로젝트연구개발기관 / ㈜ 농우바이오
세부프로젝트연구개발기관 / 충북대학교

농림축산식품부 · 농촌진흥청

(전문기관) 농림식품기술기획평가원

제 출 문

농림축산식품부 장관, 농촌진흥청 청장 귀하

본 보고서를 "수출용 단옥수수 품종개발 및 수출기반 조성"(개발기간 : 2017. 01. ~ 2021. 12)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2022. 3. 25.

프로젝트연구개발기관명 : 농업회사법인 ㈜ 농우바이오 (인)
세부프로젝트연구개발기관명 : 충북대학교 산학협력단 (인)
참여기업명 : 농업회사법인 ㈜ 농우바이오 (인)

프로젝트연구책임자 : 최 순 호
세부프로젝트연구책임자 : 소 윤 섭
참여기업책임자 : 최 순 호

국가연구개발혁신법 시행령 제33조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

<보고서 요약서>

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>213009-05-5-CG600</td><td>해당단계 연구기간</td><td>2017.01.01~ 2021.12.31</td><td>단계구분</td><td>(2단계)/ (2단계)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구사업명</td><td>단위사업</td><td colspan="4">Golden Seed 프로젝트사업</td></tr>
<tr><td>사 업 명</td><td colspan="4">GSP식량종자사업단</td></tr>
<tr><td rowspan="3">프로젝트명</td><td>프로젝트명</td><td colspan="4">수출용 단옥수수 품종개발 및 수출기반 조성</td></tr>
<tr><td rowspan="2">세부프로젝트명</td><td colspan="4">(1세부) 수출용 단옥수수 품종개발</td></tr>
<tr><td colspan="4">(2세부) 품종개발(단옥수수) 지원체계 및 옥수수 종자시장 개척</td></tr>
<tr><td rowspan="2">프로젝트책임자</td><td rowspan="2">최 순 호</td><td>해당단계 참여연구원 수</td><td>총: 78 명
내부: 77 명
외부: 1 명</td><td>해당단계 연구개발비</td><td>정부: 1,960,000천원
민간: 1,200,000천원
계: 3,160,000천원</td></tr>
<tr><td>총 연구기간 참여연구원 수</td><td>총: 78 명
내부: 77 명
외부: 1 명</td><td>총 연구개발비</td><td>정부: 1,960,000천원
민간: 1,200,000천원
계: 3,160,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및 소속부서명</td><td colspan="3">충북대학교 식물자원학과
농업회사법인 ㈜ 농우바이오 R&D본부</td><td colspan="2">참여기업명
엠제이무역/메콩시드
농업회사법인 ㈜ 농우바이오</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명:</td><td colspan="2">상대국 연구기관명:</td></tr>
<tr><td>위탁연구</td><td colspan="3">연구기관명:
NONGWOO SEED INDIA(NSI)</td><td colspan="2">연구책임자:
유영권</td></tr>
</table>

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 갈음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설·장비	기술요약 정보	소프트웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁 번호	2										

국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설·장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)

- 동남아 적응형 초당옥수수 1대 교잡종 품종(PNH510) 개발 및 국내 품종 출원 (출원-2018-623 / 등록은 2022년 전반기에 진행될 예정)
- 후속사업 및 과제의 지속적 진행을 위한 열대 초당옥수수 composite 집단 (IMP410) 육성
- 열대 초당옥수수 자식계통 100여 계통 / 온대 초당옥수수 자식계통 40여 계통 육성
- 유전체 기반 DNA 마커를 이용한 자식계통의 유전자형을 확보하고 이를 이용하여 가상 F1 교배조합의 이형접합율을 추정하여 포장에서 평가할 시교 교배조합 선발 방법을 개발
- 현지 적응성시험 : 인도, 필리핀, 인도네시아, 베트남, 캄보디아, 중국, 도미니카 공화국, 중앙아시아 지역 등 45지역 실시
- 인도 전시포운영 및 홍보 : 5개 지역(인도)
- MITHAS 품종보호출원 : 한국(출원 2018-525), 인도(REG/2017/1469)
- 해외 수출판매 : 인도, 홍콩, 도미니카 공화국 658만불(21년 11월 현재)

보고서 면수

<요약문>

<table>
<tr><td>연구의
목적 및 내용</td><td>○ 제1세부 프로젝트
- 동남아(캄보디아, 베트남 등) 열대 환경 및 동북아시아의 온대 환경에 적응하는 수출용 초당옥수수 품종개발
○ 제2세부 프로젝트
- 농우인디아(NSI) 방갈로연구소를 이용한 계통 세대단축 및 육성
- 지역 적응성 검정 및 농가실증시험 실시
- 전시포 운영을 통한 홍보 및 마케팅 전략 수립
- 종자 생산, 가공 시스템 구축 및 종자 저장 체계 구축</td></tr>
<tr><td>연구개발성과</td><td>○ 육종거점 확보 : 베트남, 캄보디아, 인도 등 3곳
○ 생산거점 확보 : 인도 MS주 1곳
○ 열대, 온대 초당옥수수 자식계통 육성 : 140여 계통
○ 유전체 기반 DNA 마커를 이용한 자식계통의 유전자형을 확보, 가상 교배조합의 이형접합율을 추정하여 교배조합 선발 방법을 개발
○ 동남아적응형 열대 초당옥수수 품종개발 및 보호출원 : PNH510
○ 현지 적응성 검정 : 인도, 필리핀, 인도네시아, 베트남, 캄보디아, 중국, 도미니카공화국, 중앙아시아 지역 등 45지역 실시
○ 전시포 운영 및 홍보 : 인도 MS주 2회, KS주 2회, AP주 1회 등 5회
○ 품종보호출원
- PNH510 : 한국 국립종자원(출원 2018-623)
- MITHAS : 인도 PPV&FR(REG/2017/1469)
한국 국립종자원(출원 2018-525)
○ Mithas 품종의 현지 생산 및 종자 가공처리 기반 확보
○ 해외 수출판매 : 인도, 홍콩, 도미니카 공화국 : 658만불
<table><tr><th>구 분</th><th>2017</th><th>2018</th><th>2019</th><th>2020</th><th>2021 현재</th><th>합계</th></tr><tr><td>목표액(만$)</td><td>10</td><td>40</td><td>100</td><td>200</td><td>250</td><td>600</td></tr><tr><td>판매액(만$)</td><td>17.2</td><td>59.9</td><td>126</td><td>163</td><td>291.8</td><td>657.9</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>연구개발성과의
활용계획
(기대효과)</td><td>○ 개발된 자식계통 및 초당옥수수 1대 교잡종을 이용한 기술 산업화
○ 열대 및 온대 지역 적응형 초당옥수수 품종개발 계속
○ 초당옥수수 시장 확대 및 신작목의 육종기술 확보
○ 다양한 기후대에 적응하는 우수 자식계통 및 품종 확보
○ 육종 전문 인력 양성 및 기술적 know-how 습득
○ 현지 인프라 구축 및 네트워크 형성
○ 열대지역(인도)의 수출판매 증가 및 판매권역 확대</td></tr>
</table>

국문핵심어 (5개 이내)	단옥수수	옥수수 품종개발	옥수수 생산	옥수수 수출전략	육종
영문핵심어 (5개 이내)	Sweet corn	Development of corn varieties	Maize seed production	Corn export promotion strategies	Breeding

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

〈 목 차 〉

제 1 장 연구개발과제의 개요
제 1 절 연구개발 목적 및 성격 ····· 6
제 2 절 연구개발의 필요성 ····· 7
제 3 절 연구개발 범위 및 추진방향 ····· 8

제 2 장 연구수행 내용 및 결과
제 1 절 제 1세부과제 연구수행 내용 및 결과 ····· 10
제 2 절 제 2세부과제 연구수행 내용 및 결과 ····· 40
제 3 절 연구개발 결과 및 성과 ····· 111

제 3 장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도
제 1 절 목표 ····· 115
제 2 절 목표달성 여부 ····· 123
제 3 절 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성 등) 123

제 4 장 연구결과의 활용 계획 등
제 1 절 연구개발 결과의 기대효과 ····· 125
제 2 절 연구개발 결과의 활용방안 ····· 125

<별첨 1> 연구개발보고서 초록
<별첨 2> 현장실태조사 보고서 및 자체평가보고서
<별첨 3> 연구성과 활용계획서

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발 목적 및 성격

1. 연구개발의 목적

가. 목표시장의 품종 요구도에 맞는 품종개발

(1) 열대, 온대 국가의 단옥수수 시장은 생산성, 재배안정성, 당도, 내병성 등 품질향상이 요구되고 있어 이에 부합되는 우수 품종개발이 필요함.

(2) 상기 요구도를 충족하는 우수한 품종개발을 위해서는 계통육성의 효율성과 정확성이 필요함. 최근 과학기술의 발달은 계통육성 기간 단축과 선발의 정확성을 높이는데 많은 도움을 주고 있음. 이런 기술의 확대 적용으로 육성의 효율성을 높이고자 함.

(3) 특히 열대지역은 우리나라와 환경이나 재배방법이 매우 다르므로, 목표시장에서의 선발이 요구되며, 열대지역에서 육성, 선발할 수 있는 육성기지를 확보하여 적응성이 높은 품종을 개발하고자 함.

나. 마케팅인프라 구축을 위한 해외 거점 마련

(1) 각 국가 별 종자산업 보호정책에 의해 식량작물을 포함하여 국가 간 종자의 이동이 수월하지 않음. 이를 해결하기 위한 방안으로 현지화가 필요함.

(2) 현지 적응성검정, 홍보 및 판매 활동 등 해외 마케팅 인프라 구축을 통한 수출방안 모색

(3) 현지 종자의 생산, 보관, 가공 및 유통을 위한 종자처리 기반 확보

다. 육성 전문가 양성 및 전문기술 확립으로 경쟁력 확보

(1) 국내 옥수수 전문 기술체계 및 전문가 양성이 부족함

(2) 옥수수 육성기술 향상으로 경쟁력 확보가 필요함

2. 연구개발의 성격

가. 대학과 기업과의 협력에 의한 해외 적응형 단옥수수 품종개발

(1) 식가공용 단옥수수 품종개발을 위한 대학 및 기업과의 협력체계 구축

(2) 대학 및 기업에서 내병성과 유용형질 선발을 위한 연관 DNA마커 개발 체계를 구축하여 품종 육성팀이 효율적으로 진행될 수 있도록 지원함.

(3) 대학 및 기업에서 우량 품종을 개발 한 후 개발된 품종의 적응성을 검정 및 종합적인 검토를 통하여 현지 수출에 적합한 품종을 육성함

(4) 참여기업의 현지 법인 유통망을 이용한 개발품종의 신속한 시장보급으로 산・학・연의 공동 모델 시스템 구축

(가) 충북대 : 열대아시아 및 온대지역 적응 단옥수수 원종 및 교배조합 육성

(나) 농우바이오 : 남부아시아 적응 단옥수수 품종개발 및 충북대 교배조합 평가
개발된 교배조합의 적응성 시험을 통한 상업화 여부 결정
상업화된 품종의 생산 및 수출

나. 수출용 옥수수 품종개발을 위한 해외 현지 시험

(1) 국내의 환경은 온대기후지역으로 목표 시장인 열대지역과는 많은 차이가 있음

(2) 현지 환경에 적합한 옥수수 계통 및 품종을 육성하기 위해 현지 시험이 필수적임.

(3) 열대지역 현지에 육종기지를 구축하여 품종육성 및 해외현지 시험 실시

(4) 본 과제를 통하여 획득한 해외 시장 정보와 경험으로 세계시장 진입의 기반 확보

제 2 절 연구개발의 필요성

1. 세계 옥수수 시장 규모는 76억불(8조 4천억)이며, 그 중 아시아 지역의 생산량은 약 28%를 차지하고 있음. 최근 아시아권 옥수수 시장은 급성장하고 있으며, 이에 따라 우리나라에서도 아시아권을 목표로 한 옥수수 품종개발의 필요성이 대두되고 있음.

표 1. 연도별 아시아 단옥수수 시장규모 예상

목표 / 시장	연도별 시장규모 예상 (단위 : 억원)									
	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	성장률
중국	3,580	35,220	37,020	38,820	40,805	41,798	42,790	44,985	47,180	4.40%
베트남	2,059	2,197	2,357	2,518	2,705	2,799	2,892	3,111	3,329	6.30%
인도	7,897	8,130	8,377	8,625	8,888	9,019	9,150	9,429	9,707	2.70%
인도네시아	5,100	5,150	5,155	5,161	5,167	5,170	5,173	5,181	5,189	0.20%
필리핀	2,152	2,179	2,185	2,190	2,252	2,283	2,314	2,389	2,464	1.70%
기타	335,088	352,293	370,333	389,385	409,217	431,417	454,790	477,870	502,244	5.20%
소계	385,875	405,169	425,427	446,699	469,033	492,485	517,109	542,965	570,113	5.00%

자료 : ISF 총회 세계종자 시장 규모 자료, FAO 국가별 작물별 재배면적 (FAO홈페이지), 국가별 평균 경제 성장률 감안하여 3~5% 시장 확대 추정치, 주요 품목별 교잡종 전환율 (국가별 연평균 3~10% 내외 전환)

2. 세계의 옥수수 품종개발은 그동안 Monsanto, Syngenta 등 다국적 기업을 중심으로 이루어져 왔으며, 이들 기업들은 막대한 자금력과 축적된 품종육성 경험 그리고 그들이 보유한 최신의 유전체 정보, 유전자 교정기술 및 IT기술까지 접목하여 그 지배력을 더욱 강화하고 있음.
3. 전 세계 개발도상국들 중 많은 국가들이 점차 자국의 종자산업 특히 식량작물을 보호 또는 발전시키기 위해 보호정책을 펴고 있음. 아시아에서도 사회주의 국가인 중국이나 베트남뿐만 아니라 인도네시아, 말레이시아, 인도 등 다수의 국가들이 강력히 규제 강화를 하고 있음.
4. 우리나라의 옥수수 품종개발은 그동안 국가출연 연구기관인 농촌진흥청 산하기관에서 주도적으로 진행하여 왔으며, 최근 발전된 분자생물학적 기술과 IT기술을 품종개발에 접목하여 더욱 괄목할만한 성과를 보이고 있음. 그러나 품종개발의 목표를 우선적으로 국내시장에 두고 있음은 국가기관이 가지고 있는 한계로 보임.
5. 환경이나 재배 방법 등에서 상당한 차이를 보이는 열대 아시아권 국가에 적용하기 위한 옥수수 품종개발은 현지에서의 육성이 필수적이지만, 우리나라에서는 식량작물 분야에서 아직까지 이런 목적을 둔 시도는 거의 없었다고 해도 무방할 것임.
6. 채소작물 중심의 품종개발 인프라를 구축하고 있는 국내 종자회사들은 지금까지는 식량작물에 대해서는 거의 접근하고 있지 않은 실정이기 때문에 열대 아시아권의 식량작물에 대한 육성, 생산, 개발 및 유통과 관련된 정보는 거의 전무한 상태임. 하지만 채소종자 수출을 위해 아시아권에서는 폭넓은 생산, 유통망을 확보하고 있는 상황이므로 조금만 더 노력한다면 빠른 시간 내에 인프라를 구축할 수 있을 것으로 예상함.
7. 따라서 우수한 옥수수 품종개발 능력과 기술을 가진 우리나라 국가출연 연구기관과 각 대학들이 국내 종자회사들과 협업한다면 한국을 넘어 아시아로 확대 진출할 수 있는 기회가 될 것이며, 그런 의미에서 본 연구개발이 필요하다 할 것임.

제 3 절 연구개발 범위 및 추진방향

1. 연구개발 범위

가. 열대 단옥수수 원종 개발

(1) Illumina Maize SNP 50k kit을 이용한 원종의 genotyping

(2) Genotype 데이터를 이용하여 k-mean method를 통해 cluster analysis 실시

(3) Cluster analysis결과와 조합능력 검정을 통한 잡종강세 그룹 검정

(4) 여교잡에 의한 double & tripble mutant version(근동질계통) 개발

(5) 병 저항성 마커개발을 통한 계통선발

(6) 육성계통의 현지 적응성 검정을 통한 계통선발

나. 열대 단옥수수 품종개발

(1) 캄보디아와 베트남 단옥수수 시장 진출을 위한 품종개발 : 생산력 본시험 및 농가실증시험 실시

(2) 인도와 주변 열대국가에 적용할 수 있는 생산성과 환경 적응성이 우수한 열대용 단옥수수 품종 개발 : 인도, 인도네시아 등 열대국가에서 적응성 검정 및 유통체계 확립

다. 온대 단옥수수 품종개발

(1) 국내 환경과의 유사성을 최대로 이용하여 국내에서 품종육성 추진

(2) 세대촉진 및 교배조합 작성

(3) 생산력검정 예비시험(국내) 후 온대지역 현지 적응성 검정 시험(국내, 중국 등)

라. 옥수수 유전자원 수집 및 평가

(1) 수집지역 : 인도, 인도네시아, 태국, 중국 등

(2) 수집경로 : 종자회사, 옥수수 연구기관, 시장을 통한 자원 수집

(3) 자원평가 : 인도의 현지 시험을 통한 적응성 평가

마. 단 옥수수 품종개발 시 선발 기준 및 지표 설정(표 2, 그림 1)

(1) 선발지표 설정 및 지표에 맞는 조합 선발 실시

표 2. 단옥수수 선발 기준 및 지표

Each Ear Wt. (g)	Ear length (cm)	Ear width (cm)	No. of Rows	Tip fill score	Early maturity	Brix %
400g 이상	19~20cm 이상	5.6cm이상	16줄 내외	8~9	70~75일	17% 이상

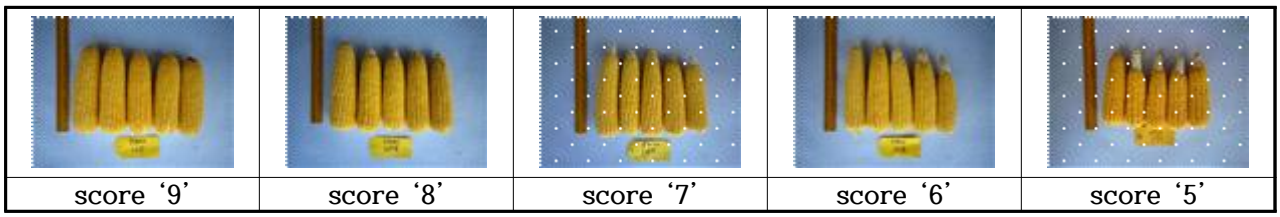


그림 1. Tip fill score 기준 사진

바. 남부아시아 위탁채종회사의 선정으로 고품질의 종자 생산체계 구축

사. 참여기업의 현지법인과 영업망을 통한 전시포 운영 및 홍보전력/마케팅 전략 수립

(1) 주요 고객의 소비성향, 품종요구도 등 니즈 분석을 통한 품종육성 전략 수립

(2) 전시포 운영과 농민 교육 및 홍보 프로그램 수립으로 시장 진입의 교두보 마련

(가) 전시포 적지 선정, 전시포 관리인 선정, 품종 특성표 및 홍보 브로셔 제작 및 배포, 전시포 초청 범위 선정(거래처 관계자, 농민, 생산 관계자, 마케팅 관계자)

2. 추진체계

가. 제 1세부과제(충북대)와 제 2세부과제(농우바이오)의 협업을 통해 생산성과 환경 정응성이 우수한 열대, 온대 적응형 단옥수수 품종을 개발

나. 제 1세부과제에서는 품종육성을, 제 2세부과제에서는 육성된 품종의 상업화, 생산 및 유통을 진행.

다. 해외 현지 옥수수 연구를 위한 참여기업의 현지법인의 연구농장 활용

(1) 현지 적응형 품종개발을 위해서는 현지에서 적응하는 계통을 선발하는 것이 필수적이며, 수집자원, 선발계통 및 생산종자의 보관을 위한 현지 시설 활용

(2) 제 2세부과제의 위탁과제 참여기관인 NSI 방갈로연구소에서는 제 1세부과제 육성종의 인도 적응성 시험 협업과 동시에 열대형(인도용) 품종개발 동시 진행

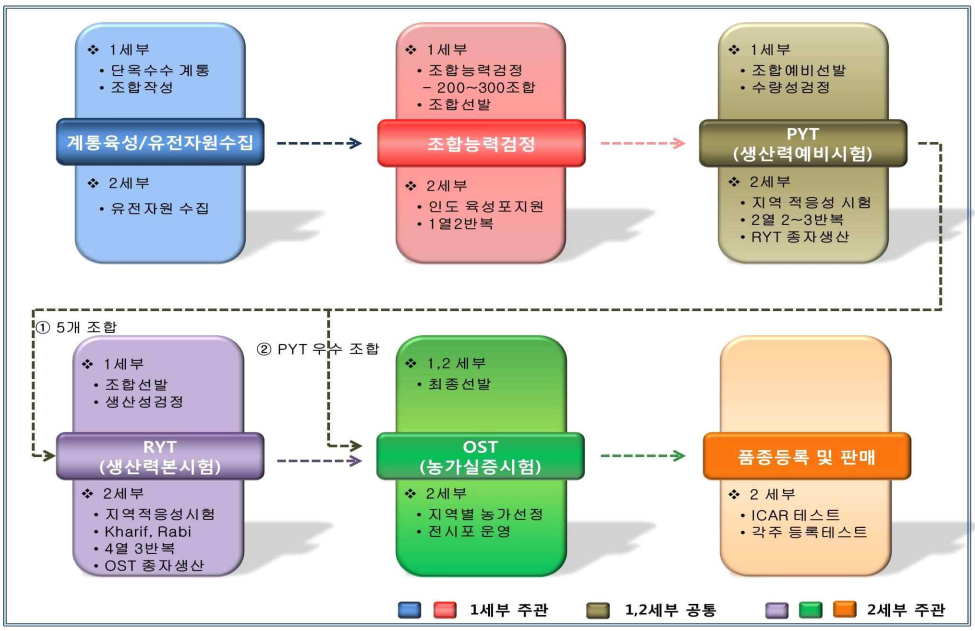


그림 2. 품종개발 모식도

라. 남부아시아 적응성 품종개발을 위한 전문가 확보 방안

(1) 대학의 석/박사 과정을 통한 옥수수 전문가 육성

제 2 장 연구수행 내용 및 결과

제 1 절 1세부과제 연구수행 내용 및 결과

□ 1차년도 연구수행 내용 및 결과

1. 열대 초당옥수수 교잡종 육성

가. 캄보디아 북부 Pailin 적응성 시험

(1) 캄보디아 북부 Pailin 적응성 시험의 총 공시계통 수는 64개 F1 교잡종으로 시교 61+대비3(Sugar75, Macho, Mithas)이었다. 시험구의 크기는 줄간 70cm, 주간 25cm 였으며, 4m × 2줄 시험구를 난괴법 4반복으로 배치하였다. 시교 61개 중 인도 적응성 시험에 들어간 8계통과 대비품종 3개를 반복당 한 번씩 더 넣어 11개 품종은 8반복으로 파종하였다. 따라서 75개 entry × 2줄 × 4반복으로 총 600줄을 2017년 5월 28일 파종하였으며, 2립씩 파종 후 솎아주었다.

(2) 2017년 캄보디아 북부지역은 파종 이후 개화기까지 비가 거의 오지 않아 가뭄피해가 매우 심각하였다. 이로 인하여 Silking은 파종 후 50~58일 사이(평균 54일), tasseling은 파종 후 45~53일(평균49.3일)에 이루어져 silking이 tasseling에 비해 약 5일 정도 늦게 출현하였다. (본 세부과제에서 다루고 있는 대부분의 육종재료는 Anthesis-Silking Interval(ASI)가 매우 우수한 재료임). 파종 후 68일 경 출장을 통해 풋 이삭의 평가를 실시하였다.

(3) PNH5×PNH10과 Mithas 등 2 품종이 선발(그림 3)되었는데, PNH5×PNH10은 품종 출원을 위해 준비 중인 교배조합이며, Mithas는 대비품종이었다. PNH5×PNH10은 캄보디아 남부 육종기지에서의 3년간의 적응성 시험을 통해 선발한 교잡종으로 64개 교잡종 중 대비품종인 Mithas와 함께 가장 좋은 것으로 나타났다. Mithas는 기존시험처럼 PNH5×PNH10보다 이삭의 길이는 길었지만 이삭 끝 달림이 상대적으로 좋지 못하였다.

그림 3. 파일린 적응성 시험 최종 선발 계통의 이삭 사진 (Red bar = 20cm)

나. 2017년 Kharif season(우기) 인도 방갈로 적응성 시험

(1) 2017년 Kharif시즌 인도 방갈로 적응성 시험에는 총 10개 교잡종(시교 8개, 대비품종 Sugar75, Mithas)을 이용하였으며, 2017년 6월 5일 시험구 크기를 줄간 60cm, 주간

20cm로 4m × 4줄 시험구를 난괴법 3반복으로 배치하였다.

그림 4. 인도 방가룰루 농우바이오 인도 법인 포장 현지 적응성 시험 파종, 생육, 포장 전경

(2) 표 3은 측정 형질에 대한 분산분석 결과를 정리한 표이다. 품종 간 유의성이 모든 측정형질에서 나타났으며, 대부분의 경우 block의 유의성은 인정되지 않았다. 이것은 재배관리가 매우 잘 되어 포장변이가 거의 없었다는 것을 뜻한다.

표 3. 2017년 Kharif 시즌 인도 지역적응성 시험 분산분석결과

	자수개화기	웅수개화기	초장	착수고	주수	수확이삭수	포엽제거전 수확 이삭전체무게	포엽제거후 수확 이삭전체무게	포엽제거한 한 개 이삭무게	이삭길이	이삭폭	열수	꼴달림	당도(Brix)
Entry	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Block	ns	ns	*	**	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns

(3) 표 4는 ANOVA 후 waller-duncan test를 실시하여 PNH5×PNH10 조합과 2개 대비 품종의 평균과 유의성 검정을 정리한 것이다. 이삭 사진과 데이터 정리 결과 캄보디아 Pailin에서의 결과와 동일하게 PNH5×PNH10이 시교 8개 중에서 가장 좋은 것으로 선발되었다.

표 4. Waller-Duncan에 의한 ad-hoc test of significance.

	자수개화기 (days)	웅수개화기 (days)	초장 (cm)	착수고 (cm)	주수 (주)	수확이삭수 (개)	포엽제거전 수확 이삭전체무게 (kg)	포엽제거후 수확 이삭전체무게 (kg)	포엽제거한 한 개 이삭무게 (g)	이삭길이 (cm)	이삭폭 (cm)	열수	꼴달림 (1-9) 1=worst, 9=best	당도 (Brix)
PNH5 x PNH10	55.0 b	54.4 de	237.7 cd	108.4 a	81.4 a	80.7 ab	30.2 a	21.3 a	264.1 a	19.3 bc	5.2 c	16.7 b	7.7 abc	14.0 ef
Sugar75	55.7 ab	54.7 dc	253.4 a	93.4 cd	76.0 a	74.4 c	26.7 abc	18.4 bc	247.1 bc	19.7 b	5.3 c	16.0 c	7.0 c	13.8 f
Mithas	53.7 c	53.7 f	245.4 b	98.0 ef	63.4 b	64.7 d	24.2 cd	18.6 bc	287.7 ab	20.5 a	5.8 a	16.0 c	8.4 a	14.1 ef

(4) 자수의 개화는 Mithas가 가장 빨랐으며, Sugar75와 PNH5×PNH10조합 간의 유의성은 없었다. Mithas가 1일 정도 빠른 것으로 나타났다. 초장은 PNH5×PNH10가 가장 짧았으나, 착수고는 108.4cm로 10개 품종 중 가장 높은 품종으로 나타났다. 또한 착수고율은 45.6%로 높은 착수고를 나타내었지만, 도복율은 크지 않을 것으로 판단하였다. Sugar75는 초장에 비해 착수고가 매우 낮은 품종이다.

(5) 수확 이삭 수는 10개 품종 중 PNH5×PNH10가 가장 많았고, Sugar75와 Mithas가 가장 낮았다. 종실수량과 달리 초당옥수수는 풋이삭 당 가격이 매겨지기 때문에 수확 이삭 수는 매우 중요한 형질인데, PNH5×PNH10이 수확 이삭수가 가장 많았다는 것은 매우 고무적이다. 품종 간 수확 이삭수가 다름으로 인해 이삭의 무게를 정확하게 측정할 수 없기 때문에 포엽을 제거한 후 수확한 이삭전체의 무게에서 전체 수확 이삭수로 나누어 이삭 하나당 풋 이삭의 무게를 계산하였는데, 이삭 1개의 무게는 Mithas가 가장 높았으며, 그 다음이 PNH5 x PNH10이었는데, 이 둘의 유의성은 인정되지 않아 PNH5×PNH10은 수확이삭이 15개 이상 많을 뿐 아니라 이삭 1개당 무게도 Mithas와 더불어 가장 높은 것으로 나타났다. 이외 끝 달림은 Mithas가 가장 좋았으며 당도는 3개 품종이 모두 동일한 것으로 나타났다. 그림 5는 PNH5×PNH10과 두 대비품종의 이삭을 비교한 것이다.

그림 5. 인도 적응성 시험 선발 품종(PNH5 x NH10)과 대비품종의 이삭 비교,

다. 캄보디아 남부 육종기지에서 실시한 적응성 시험

(1) 캄보디아 남부 Mekong Seeds사의 육종기지에서 적응성 시험(advanced yield trial + preliminary yield trial + demonstration trial)을 실시하였으며, 모든 파종은 2017년 5월 25일 실시하였다.

(2) Advanced yield trial에서는 대비품종 4개(Sugar75, Macho, Mathis, 캄보디아로컬(SunSweet))와 시교 46조합 등 총 50개를 4m×2줄×4반복으로 공시하였다. Preliminary yield trial은 2016-2017 동계에 작성된 신규 교배조합 72개를 3개 대비품종(Sugar75, Mithas, 캄보디아 로컬(SunSweet)과 함께 공시하였고, demonstration trial은 PNH5×PNH10과 캄보디아 로컬품종을 포함한 5개 교잡종을 4m×20줄 무반복 재배로 실시하였다. 하지만 2017년 8월의 캄보디아 남부지역은 폭우에 따른 피해가 극심하였는데, 특히 demonstration trial와 preliminary yield trial의 피해가 매우 커서 조사가

불가능하였다.

(3) Advanced trial의 경우도 생육이 매우 불량하였지만, 포장 평가에서 최대한 이삭크기와 초형이 우수한 시험구에서 8개 이삭/시험구를 수확하였고, 이들 이삭의 포엽을 제외한 풋이삭을 직접 보며 선발하였다. 그 결과 아래 그림 6과 같이 PNH5×PNH10이 가장 좋은 것으로 나타났다. 대비품종인 Sugar75와 Mithas는 PNH5×PNH10에 비해 이삭의 상품성이 좋지 않았다. 습해로 인한 전체적인 생육저조가 보인 상황에서 다시 한번 PNH5×PNH10의 가능성을 확인 할 수 있었다.

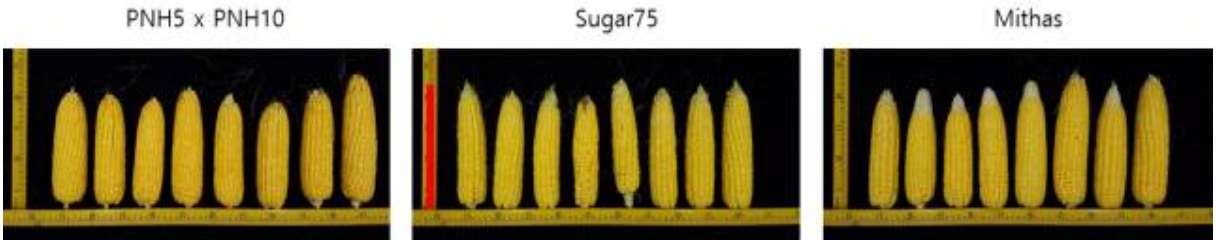


그림 6. 캄보디아 남부 Mekong Seeds에서 실시한 advanced yield trial 선발 이삭 사진

라. 온대 초당옥수수 교잡종의 국내 지역 우량 조합 선발 시험

(1) 경북기술원에서 2017년 하계에 실시한 우량 조합 1차 선발 시험 결과는 표 5와 같다.

표 5. 경북농업기술원에서 실시한 초당옥수수 우량 조합 1차 선발 시험 결과

연번	조합번호	발아율 (%)	분지 (개/주)	출웅기 (월.일)	출사기 (월.일)	간장 (cm)	착수고 (cm)	이삭장 (cm)	착립율 (%)	이삭폭 (mm)	이삭중 (g)	열수
1	7SC 1-05	67	1.4	6.25	6.28	149	50	20.9	91	48	190	14.3
2	7SC 1-08	67	1.4	6.21	6.25	164	48	19.3	91	48	170	15.7
3	7SC 1-09	36	0.7	6.23	6.26	160	63	20.0	90	43	168	12.1
4	7SC 1-14	43	0.8	6.21	6.24	159	58	19.5	93	48	186	16.4
5	7SC 1-21	58	1.0	6.20	6.22	150	54	20.1	92	45	158	14.2
6	7SC 1-36	53	1.2	6.21	6.25	140	45	20.5	92	50	223	19.4
7	7SC 2-03	85	1.6	6.23	6.25	195	67	19.1	94	46	174	16.8
8	7SC 2-17	91	2.5	6.23	6.25	191	70	20.9	85	44	193	13.9
9	7SC 2-21	94	2.0	6.17	6.20	150	50	17.9	99	46	154	14.5
10	7SC 2-23	54	2.7	6.23	6.25	163	55	19.2	97	46	178	13.2
11	7SC 2-24	100	2.0	6.19	6.22	183	72	18.7	95	46	152	14.4
12	7SC 2-28	100	2.3	6.21	6.22	172	61	17.4	96	47	143	14.7
13	7SC 2-39	79	1.8	6.25	6.27	163	65	21.9	95	47	219	16.1
14	7SC 3-27	78	1.8	6.25	6.26	179	75	19.0	88	42	154	13.6
15	7SC 3-04	80	2.3	6.19	6.22	188	58	21.1	93	46	180	13.7
16	7SC 3-07	68	2.2	6.24	6.26	192	63	20.2	99	49	227	16.9
17	7SC 3-11	48	1.8	6.22	6.24	182	68	22.8	95	50	241	16.0
18	7SC 3-27	62	2.8	6.20	6.22	161	40	20.6	97	49	206	15.4
19	7SC 3-38	99	1.8	6.18	6.19	155	57	18.4	98	49	187	16.4
20	7SC 4-04	77	1.8	6.17	6.21	155	48	19.6	99	45	161	13.1
21	7SC 4-16	37	2.2	6.25	6.26	181	70	17.7	99	48	198	13.4
22	7SC 4-24	54	1.8	6.22	6.24	190	71	21.4	96	46	188	14.8
23	7SC 4-27	37	2.5	6.22	6.24	158	63	20.0	99	47	183	15.1
24	check	78	1.4	6.19	6.23	158	49	21.0	96	51	218	16.8
	mean	69	1.8	6.21	6.24	168	59	19.9	95	47	185	**15.0**
	max	100	2.8	6.25	6.28	195	75	22.8	99	51	241	19.4
	min	36	0.7	6.17	6.19	140	40	17.4	85	42	143	12.1

(2) 우량조합 1차 선발과 동시에 실시한 생산력 검정시험을 통해 7YTSH1 등 10개 교잡종을 시험하여 특성이 우수한 7YT3 등 3개 교잡종을 선발하였으며 선발 교잡종의 특성은 표 6과 같다.

표 6. 경북농업기술원에서 실시한 초당옥수수 생산력 검정시험 결과 (3개 교잡종 선발)

조합명	출웅기 (월/일)	출사기 (월/일)	출사 일수 (일)	간장 (cm)	착수 고율 (%)	조명 나방 (0~9)	이삭 장 (cm)	착립 장률 (%)	이삭 직경 (mm)	열수 (개)	과피 두께 (um	평균 이삭중 (g)
6CSH45/6CSH46	6/24	6/27	67	187	34	5	21.4	95	47	14.0	47	248
6CSH27/6CSH28	6/24	6/27	67	178	41	3	21.6	93	53	15.6	46	288
6CSH41/6CSH42	6/23	6/25	66	195	37	3	21.9	96	47	14.0	48	265
CNY-12(check)	6/23	6/26	66	174	40	3	21.7	94	49	14.5	52	260
CNYW-12(check)	6/22	6/26	66	167	34	3	20.7	90	49	16.7	55	262

2. 원종의 Genotyping을 통한 우수 교배조합 예측

가. 열대 초당옥수수 원종 PNH 계통의 genotyping

(1) GSP 1단계를 통해 개발된 열대 초당옥수수 원종(PNH) 45개는 reference inbred B73과 이 원종의 원재료였던 단교잡종 Macho, Sugar75와 함께 Illumina 3K SNP kit을 이용하여 genotyping을 실시하였다(그림 7).

(2) Illumina 3K SNP kit은 Illumina 社에서 개발한 genotyping 플랫폼을 이용한 유전자형 판별 키트인데, 옥수수의 10개 염색체 전체에 3,000개의 SNP가 고루 분포되어 있다. 이를 통해 refernece inbred인 B73은 1.7%의 이형접합자율을 나타내 높은 동형접합자임을 확인할 수 있었다. 이를 기초로 하여 S6~S7세대인 PNH 원종의 이형접합체율을 비교하였다(그림 8).

(3) 이론적으로 S6~S7세대의 경우 동형접합자율이 99.2~99.6%에 이르지만, 연관으로 인해 이와 같이 높은 동형접합자율에 도달하기는 거의 불가능하다. 1970년대 개발된 B73이 지금까지 30년 넘게 자가수정으로 종자가 유지되었음에도 불구하고 이형접합자율이 1.7%로 동형접협자율이 99%가 되지 않았다. 그림 8에서 오렌지색으로 표시된 PNH8, PNH11, PNH17, PNH28, PNH31의 5개 원종은 모두 이형접합체율이 매우 높아 원종 개발 단계에서 의도치 않은 타가 수정이 이루어졌을 것이라 판단된다. 이들은 원종으로 사용하기보다 다시 inbreeding lines들에 포함시켜 세대촉진을 통한 이형접합자율을 5%이하까지 낮추어야 할 것이다.

(4) 이를 제외한 나머지 PNH 원종들의 평균 이형접합자율은 4.0%, 표준편차는 0.96%로 원종으로 불릴 만큼의 동형접합자율을 나타내고 있다. 이들 PNH계통의 원재료인 Macho와 Sugar75는 이형접합체율이 각 각 30.2%, 32.2%로 30%가 넘는 이형접합체율을 나타내었는데, 모두 상업용 품종임을 감안할 때 F1 교잡종의 이형접합체율은 최소 30% 정도는 되어야 할 것이라 판단된다.

(5) PowerMarker와 Structure를 이용하여 PNH 원종들 간의 유전관계를 조사한 결과 PNH 원종들 간의 sister line을 쉽게 파악할 수 있었다. 특히 육종과정에서 Sugar75와 Macho에서 direct selfing을 통해 개발된 원종이 아닌 Sugar75 x Macho의 복교잡종 유래 PNH원종들은 tester의 선정이 쉽지 않았는데 genotyping을 통한 cluster분

석 결과와 다음에 설명할 F1의 이형접합자율을 통해 포장에서의 교배조합작성이 매우 용이하게 되었다.

그림 7. PNH 계통의 illumina 3K SNP kit을 통한 genotyping 결과

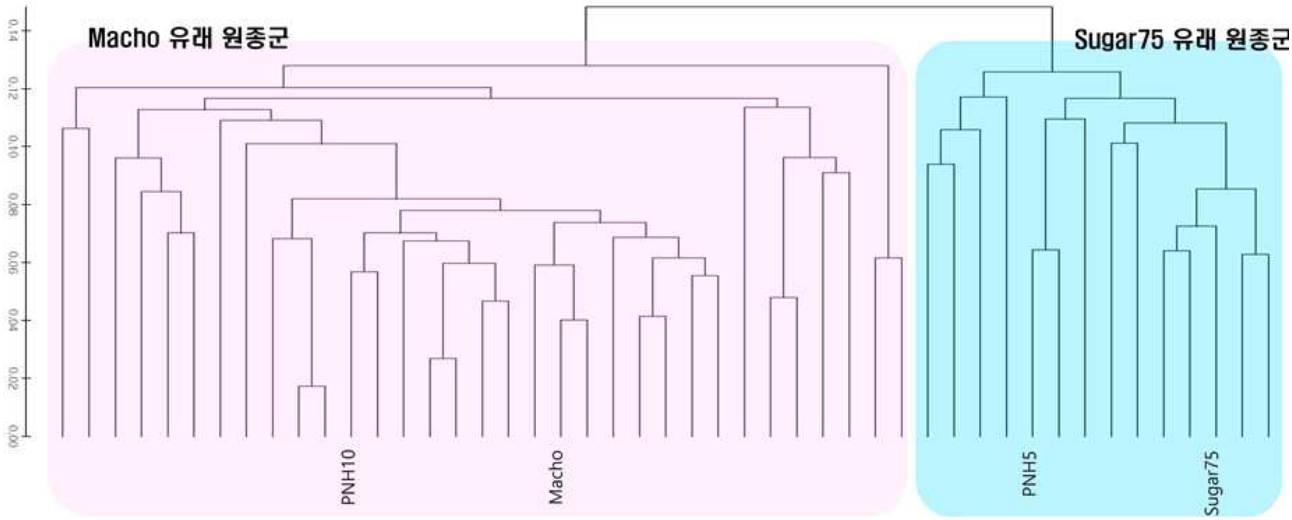


그림 8. Genotype 정보를 이용한 PNH 원종의 cluster 분석 결과

나. PNH 계통의 genotype 정보를 이용한 F1 교배조합의 선발

(1) 45개 PNH 원종의 genotype 정보를 이용하여 이들 45개 원종으로 만들 수 있는 990개의 가상의 F1 교배조합을 작성하고 이들의 genotype을 분석하였다(그림 9).

(2) 45개 PNH 원종으로 만들 수 있는 모든 990 교배조합(정역교배 제외)의 이형접합체율은 그 평균이 13.7%, 표준편차가 4.4%로 크게 높지 않은 것을 알 수 있었다. 최소값은 0.6%로 PNH11 x PNH17 조합으로 결국 PNH11과 PNH17은 근동질계(near isogenic line) 또는 동일 원종이라고도 할 수 있을 정도로 그 유사도가 높은 것을 알 수 있었다.

(3) 2017년 적응성시험 포함 지난 3년간의 F1 선발을 통해 최종 선발된 PNH5 x PNH10 조합의 경우 19.9%의 이형접합자율을 나타내 상업용 품종인 Macho와 Sugar75보다 1/3정도의 이형접합자율이 떨어졌다. 그럼에도 불구하고 Macho, Sugar75를 대비품종으로 시험하였을 때 이들과 유사한 정도의 우수성을 나타내어 선발된 것을 볼 때 원종간의 교배조합 작성에서 이형접합자율의 최소치를 약 20%로 하여 교배조합을 선정하여야 할 것이라 판단되었다.

그림 9. 990개 가상 F1의 이형접합자율

3. 초당옥수수 자식계통 개발

가. 열대 초당옥수수 자식계통 개발

(1) PNH 원종 45개 이외 새로운 교배조합 작성에 사용할 우수 자식계통을 개발하기 위하여 세대촉진 및 선발을 계속 진행 중에 있었으며, 2017년 캄보디아 Mekong Seeds 사의 포장에서 현지 육종기지를 운영하였다.

(2) 2017년 캄보디아 Mekong Seeds의 현지 육종기지에 파종하였던 육종 재료들은 표 7과 같다. IMP cycle 2는 육종모집단 육성을 위해 진행 중인 wide genetic variation을 가진 OP 집단을 격리시켜 방임수분 시킨 후 이삭 선발을 진행 중인 집단이며, F2-F7 집단은 자가 수분하여 세대 진전시키고 있으며, 특히 F7 세대 41계통의 경우 새로운 PNH 원종의 후기단계에 진입하여 illumina 3K SNP kit으로 genotyping을 진행 중에 있다.

표 7 . 2017 캄보디아 하계 파종 육종 재료

세대	내용	집단/계통수
OP	IMP310 cycle 2 (wide genetic variation)	1
S0	초당F1 유래 집단	3
S1	(사료용 옥수수 x 초당옥수수) 선발 집단	406
S2	터키, 나이지리아 수집 초당 F1 유래 집단	28
S3	New 초당복교잡 유래 집단	60
S4	New 초당단교잡 유래 집단	46
S5	New 초당단교잡OP 유래 집단	41

나. 온대 초당옥수수 자식계통 개발 (경북농업기술원)

(1) 중국 북부 온대지역 품종 개발을 위하여 경북농업기술원에서 수행중인 계통 육성은 2017년 하계 총 485계통을 전개하였고 유망한 228계통을 선발하였다.

표 8. 2017년 하계 경북농업기술원 계통 육성

구분(Entry)	전개	유지	선발	그룹특성	특성/활용
7DM1~116	116	110	25	자식9세대 이상	선발계통 조합능력 검정
7JB11~120	120	85	35	자식7~8세대	내병성, 초형 등 개량용
7DC1~226	226	189	145	자식6~7세대	품질관련 형질선발, 조합능력 검정
예비원종	23	23		고정계통	교배 양친으로 활용
계	485	407	228		

□ 2차년도 연구수행 내용 및 결과

1. 열대 초당옥수수 품종 개발

가. 1차년도까지 캄보디아에서 수행된 열대 초당옥수수 품종 개발은 2차년도인 2018년부터 베트남 남부지역으로 육종 기지를 옮겨 실시하게 되었다(그림 10). 이는 육종 기지의 운영을 담당하고 있는 Mekong Seeds 사의 사정에 의한 것으로 캄보디아 보다 경제규모가 더 큰 베트남으로의 이동은 시장 확대를 위해 바람직하다고 판단되지만, 새로운 환경에 노출됨에 따라 캄보디아에서 적응하던 자원의 적응성을 평가하여 그 환경에 다시 적응하는 자원들에 대한 선발이 불가피 하다. 따라서 육종과정 전반이 다소 지체되었음을 부인할 수 없다. 새로 옮긴 베트남 남부지역(동나이)은 캄보디아에 비해 우기가 시작되는 4월부터 비바람이 다소 강하여 초기 근도복이 많이 발생하고 노균병 감수성 자원에서는 병 발생이 심각하게 나타나고 있었으며 개화기 전후로 캄보디아에서는 나타나지 않았던 호마엽고병의 출현도 많았다.

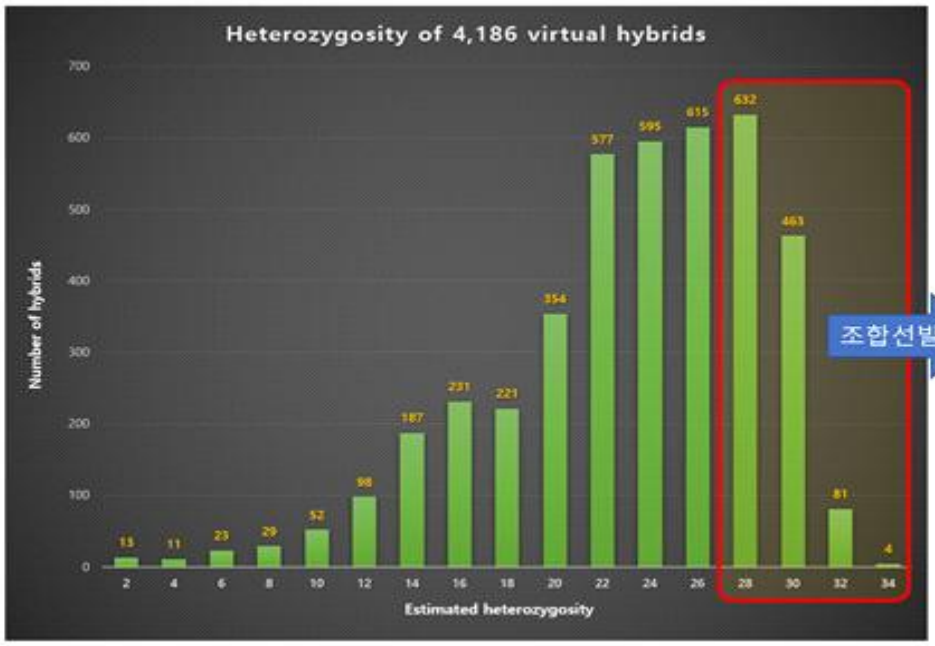
그림 10. 베트남 남부 육종기지 위치 및 포장 항공사진

2. 2018년 베트남 F1 적응성 시험

가. 적응성 시험은 36개 조합과 2개의 대비종(Mithas, 캄보디아 로컬품종)으로 2018년 4월 21일 파종하였다. 시험구 및 재식밀도는 4m 4줄, 70cm × 25cm이며, 시험구 배치는 Row-Column Block Design 3 반복으로 공시하였다.

나. 36개 교배조합의 선발은 다음과 같다. 우선 2018년 Illumina 3K SNP kit으로 92개 PNH 원종을 genotyping 하였고, 이를 통해 92개의 PNH계통을 이용하여 작성할 수 있는 총 4,186개의 가상 F1조합들의 유전자형을 추정하여 heterozygosity를 파악하였다. 다음으로 heterozygosity율이 가장 높은 조합들 중에서 양친의 포장적응성이 높은 36개의 교배조합만 추려낸 것이다(그림 11).

다. 이러한 genome-wide genotype 결과에 따른 교배조합의 선정은 그림 12에서 보는 것처럼 공시된 모든 조합들이 마치 미리 예비선발을 거친 것처럼 대비품종과 비교에서도 결코 뒤지지 않는다는 것을 확인하였다. 즉, 계통육성에 있어서 genotype 데이터를 이용할 경우, 굳이 기존의 잡종강세 그룹을 나누지 않고 가상 F1 조합의 이형접합자율만 이용하더라도 포장에서 우수한 결과를 나타내는 조합을 선정할 수 있다는 가능성을 보여주었다.



No	Entry	Heterozygosity
1	18VST_01	30.3%
2	18VST_02	30.8%
3	18VST_03	29.0%
4	18VST_04	29.8%
5	18VST_05	29.1%
6	18VST_07	29.8%
7	18VST_09	29.9%
8	18VST_10	29.8%
9	18VST_11	28.6%
10	18VST_12	29.8%
11	18VST_13	30.4%
12	18VST_14	29.7%
13	18VST_15	-
14	18VST_16	30.0%
15	18VST_17	29.1%
16	18VST_18	30.4%
17	18VST_19	27.3%
18	18VST_20	29.0%
19	18VST_21	28.1%
20	18VST_22	28.9%
21	18VST_23	28.2%
22	18VST_24	29.1%
23	18VST_25	31.3%
24	18VST_26	29.3%
25	18VST_27	28.5%
26	18VST_28	28.4%
27	18VST_29	28.5%
28	18VST_30	29.1%
29	18VST_31	30.8%
30	18VST_32	28.0%
31	18VST_33	29.2%
32	18VST_34	27.9%
33	18VST_35	28.5%
34	18VST_36	28.5%
35	18VST_37	29.3%
36	18VST_38	28.6%
37	Mithas	29.7%
38	Cambodia Local	-

그림 11. 추정 F1 heterozygosity를 통한 교배조합 선발

그림 12. 베트남 F1 적응성 시험 이삭사진. 대비품종 및 선발품종 중심.

라. 표 9는 베트남 2018년 하계 적응성 시험 결과, 최종 선발된 18VST_02와 18VST_30의 주요형질에 대한 성적을 대비품종인 Mithas와 PNH510(Cambodia Best)와 함께 나타낸 것이다. 캄보디아에서 최종 선발되어 본 시험 2차까지 거친 PNH510은 본 시험에서 선발된 2개 조합에 비해 이삭길이는 비슷하였으나 포엽을 제거한 풋 이삭의 평균 무게는 다소 낮았다. 특이한 것은 인도 Mithas 품종은 베트남 남부에서는 노균병에 매우 감수성인 것으로 나타났다.

표 9. 베트남 2018년 하계 적응성 시험 결과 선발 교잡종의 성적

Selected Entries	도복(1-9) (1=저항성) (9=감수성)	노균병(1-5) (1=저항성) (5=감수성)	당도(1-5) (1=좋음) (5=나쁨)	부드러움(1-5) (1=부드러움) (5=딱딱함)	포엽제거한 5개 이삭 평균 무게(g)	이삭길이(cm)	이삭둘레(cm)
18VST_02	4 ± 1.73	3 ± 1	1.5 ± 0.5	2.7 ± 0.58	144.7 ± 2.31	19.4 ± 0.85	16.7 ± 0.65
18VST_30	6 ± 1	2.3 ± 1.15	1.8 ± 0.58	2.7 ± 0.76	149.3 ± 2.89	19.6 ± 1.23	16.3 ± 0.65
Cambodia Best	5.7 ± 3.06	2.7 ± 0.58	2.3 ± 0.29	3.2 ± 0.76	136.7 ± 3.06	19.3 ± 0.76	16.4 ± 0.75
Mithas	5.3 ± 0.58	4.7 ± 0.58	3.8 ± 0.29	3.5 ± 0.5	125 ± 30.32	20.3 ± 1.66	16 ± 1.14
Overall	**5.2 ± 2.14**	**2.9 ± 0.97**	**2.6 ± 0.92**	**2.8 ± 0.77**	**137.1 ± 12.79**	**19.3 ± 1.89**	**16.1 ± 0.98**

그림 13. 베트남 시험에서 선발된 18VST-02

그림 14. 베트남 시험에서 선발된 18VST-30

표 10. 베트남 2018년 하계 F1 적응성 시험의 주요농업형질 3반복 평균/표준편차

Entry	도복(1-9) (1=저항성) (9=감수성) / 순위		노균병(1-5) (1=저항성) (5=감수성) / 순위		당도(1-5) (1=좋음) (5=나쁨) / 순위		부드러움(1-5) (1=부드러움) (5=딱딱함) / 순위		열수 /순위		포엽제거한 5개 이삭 평균무게 (g) / 순위		이삭길이(cm) / 순위		이삭둘레(cm) / 순위	
18VST_01	7.3 ± 0.58	34	2.7 ± 0.58	9	2.3 ± 1.04	13	2.7 ± 0.58	13	16.7 ± 2.31	18	136.7 ± 3.06	23	18 ± 0.21	31	15.9 ± 0.17	22
18VST_02	4 ± 1.73	7	3 ± 1	21	1.5 ± 0.5	2	2.7 ± 0.58	13	17.3 ± 1.15	24	144.7 ± 2.31	6	19.4 ± 0.85	15	16.7 ± 0.65	10
18VST_03	4 ± 1	7	2.7 ± 0.58	9	2.2 ± 0.76	10	2.7 ± 0.58	13	16.7 ± 1.15	18	142.3 ± 13.87	10	19.9 ± 0.79	12	16.1 ± 1.11	18
18VST_04	3 ± 1	3	2.7 ± 0.58	9	2.3 ± 0.76	13	2.5 ± 0.87	9	20.7 ± 1.15	38	138.7 ± 3.51	18	18.5 ± 0.6	24	15.2 ± 0.62	37
18VST_05	4.7 ± 0.58	16	3 ± 0	21	2.3 ± 0.58	13	2.2 ± 0.29	5	15.3 ± 1.15	5	143.7 ± 8.5	7	19.9 ± 0.4	11	16.9 ± 0.35	8
18VST_07	4.7 ± 2.31	16	4 ± 1	36	2.2 ± 0.29	10	2.5 ± 0.5	9	16 ± 0	11	146 ± 14	3	21.7 ± 0.78	3	17 ± 1.14	7
18VST_09	5.7 ± 3.06	25	2.7 ± 0.58	9	2.3 ± 0.29	13	3.2 ± 0.76	26	16.7 ± 1.15	18	136.7 ± 3.06	23	19.3 ± 0.76	16	16.4 ± 0.75	12
18VST_10	6.7 ± 2.31	30	3 ± 0	21	2.3 ± 0.76	13	3.2 ± 0.29	26	17.3 ± 1.15	24	140.7 ± 5.03	12	18.6 ± 0.75	23	17.4 ± 1.1	1
18VST_11	5 ± 2.65	19	3 ± 0	21	2.3 ± 0.76	13	3 ± 1	24	17.3 ± 1.15	24	138.7 ± 4.16	18	18.5 ± 0.55	27	15.6 ± 0.92	27
18VST_12	4.3 ± 2.08	12	3 ± 1.73	21	1.3 ± 0.58	1	2.7 ± 0.58	13	19.3 ± 1.15	35	139.3 ± 4.93	17	17.3 ± 0.81	37	16 ± 0.3	21
18VST_13	7.3 ± 1.15	34	2 ± 1	2	2 ± 0	8	2 ± 0.5	4	16 ± 2	11	140.3 ± 7.64	14	20.9 ± 0.82	6	16.2 ± 0.5	15
18VST_14	6.7 ± 0.58	30	3.7 ± 1.15	34	3.3 ± 0.58	33	2.7 ± 0.58	13	16 ± 0	11	121.7 ± 44.75	37	17.4 ± 2.19	36	17.3 ± 0.79	2
18VST_15	4.3 ± 2.08	12	3 ± 1	21	3 ± 0	28	3.7 ± 0.58	35	14.7 ± 1.15	1	143.3 ± 2.89	8	21.1 ± 0.36	5	15.3 ± 0.62	35
18VST_16	4.3 ± 2.52	12	3 ± 1.73	21	2.8 ± 0.29	25	3.8 ± 0.29	36	17.3 ± 1.15	24	140 ± 0	15	18.9 ± 0.38	19	17.1 ± 0.46	5
18VST_17	8.3 ± 0.58	37	2.7 ± 0.58	9	3.5 ± 0.87	34	3.3 ± 0.58	28	16.7 ± 1.15	18	135.3 ± 10.02	27	17.9 ± 0.56	33	16.4 ± 0.23	12
18VST_18	5.7 ± 1.53	25	2.7 ± 0.58	9	2.7 ± 0.58	23	2.7 ± 0.58	13	17.3 ± 1.15	24	138.3 ± 1.53	20	17.2 ± 0.31	38	16.7 ± 0	9
18VST_19	6.7 ± 1.53	30	2.3 ± 0.58	7	2.8 ± 0.29	25	2.7 ± 0.29	13	17.3 ± 2.31	24	128.7 ± 6.03	33	18.5 ± 0.46	24	15.7 ± 0.85	25
18VST_20	3.7 ± 2.89	5	2.7 ± 0.58	9	2.2 ± 0.29	10	3 ± 0.5	24	19.3 ± 1.15	35	126 ± 2	34	17.6 ± 1	34	16.1 ± 1.4	16
18VST_21	5 ± 3	19	2.7 ± 1.53	9	2.7 ± 0.58	23	2.3 ± 0.58	6	16 ± 0	11	129.3 ± 2.89	32	18.3 ± 0.25	29	16.5 ± 0.4	11
18VST_22	5 ± 2	19	3 ± 1	21	2.8 ± 0.76	25	3.3 ± 0.29	28	16 ± 0	11	131.7 ± 15.7	29	18.2 ± 1.19	30	17.3 ± 0.3	2
18VST_23	7.7 ± 1.53	36	3.7 ± 0.58	34	3 ± 1	28	3.8 ± 0.29	36	18.7 ± 1.15	34	142.7 ± 6.11	9	18.5 ± 0.7	28	15.6 ± 0.62	28
18VST_24	6 ± 0	27	2.7 ± 0.58	9	2.5 ± 0.87	19	3.3 ± 0.29	28	18 ± 0	32	135.7 ± 6.66	26	18.6 ± 0.62	22	15.7 ± 1.14	25
18VST_25	2.7 ± 0.58	2	4.7 ± 0.58	37	4 ± 0	36	4 ± 0	38	15.3 ± 1.15	5	130.7 ± 32.65	31	20.9 ± 2.72	7	15.3 ± 2.35	34
18VST_26	4 ± 1.73	7	2.7 ± 0.58	9	1.7 ± 0.58	4	2.7 ± 0.58	13	17.3 ± 1.15	24	137 ± 20.22	22	17.5 ± 0.61	35	17.2 ± 0.87	4
18VST_27	4 ± 2.65	7	2.7 ± 0.58	9	1.8 ± 0.76	6	1.7 ± 0.76	2	16.7 ± 1.15	18	145.7 ± 8.14	4	18.9 ± 0.79	18	16.1 ± 1.27	16
18VST_28	5 ± 3	19	1.7 ± 0.58	1	1.7 ± 0.29	4	1.5 ± 0.5	1	16 ± 0	11	137.3 ± 4.62	21	18.8 ± 1.01	20	17.1 ± 0.92	6
18VST_29	6.7 ± 1.53	30	3 ± 0	21	1.5 ± 0	2	1.7 ± 0.58	2	16.7 ± 1.15	18	145.7 ± 3.79	4	18.5 ± 0.81	27	15.9 ± 0.46	22
18VST_30	6 ± 1	27	2.3 ± 1.15	7	1.8 ± 0.58	6	2.7 ± 0.76	13	17.3 ± 1.15	24	149.3 ± 2.89	2	19.6 ± 1.23	14	16.3 ± 0.65	14
18VST_31	6 ± 1	27	2 ± 1	2	3.2 ± 0.29	31	2.5 ± 0.87	9	18 ± 0	32	141.7 ± 11.06	11	18.8 ± 0.85	21	16.1 ± 0.81	18
18VST_32	4 ± 1.73	7	3 ± 1	21	3.2 ± 0.76	31	3.3 ± 0.58	28	14.7 ± 1.15	1	140.7 ± 9.02	12	21.7 ± 0.36	4	15.3 ± 1.19	33
18VST_33	4.7 ± 2.08	16	2 ± 1	2	2.5 ± 0.87	19	2.5 ± 0.5	9	15.3 ± 1.15	5	135 ± 7.94	28	20.1 ± 0.47	10	15.3 ± 0.35	35
18VST_34	5.3 ± 1.15	23	2 ± 0	2	2 ± 0	8	2.3 ± 0.58	6	16 ± 2	11	125.7 ± 3.51	35	17.9 ± 0.71	32	14.6 ± 0.97	38
18VST_35	4.3 ± 2.08	12	3 ± 1	21	3 ± 1	28	3.5 ± 0.5	32	15.3 ± 1.15	5	140 ± 9.17	15	19.7 ± 1.44	13	15.4 ± 0.3	32
18VST_36	2.3 ± 0.58	1	3.3 ± 1.53	33	2.5 ± 0.87	19	2.3 ± 0.76	6	14.7 ± 1.15	1	150.7 ± 7.77	1	24.2 ± 0.68	2	15.6 ± 0.69	28
18VST_37	3.3 ± 2.31	4	3 ± 1	21	2.5 ± 0.5	19	2.8 ± 0.29	23	20 ± 2	37	136.7 ± 6.43	23	20.2 ± 0.6	9	15.6 ± 0.17	28
18VST_38	3.7 ± 2.89	5	2.7 ± 0.58	9	4.3 ± 0.58	37	3.5 ± 0.87	32	14.7 ± 1.15	1	131 ± 7.55	30	25 ± 0.91	1	15.6 ± 0.75	28
Mithas	5.3 ± 0.58	23	4.7 ± 0.58	37	3.8 ± 0.29	35	3.5 ± 0.5	32	15.3 ± 2.31	5	125 ± 30.32	36	20.3 ± 1.66	8	16 ± 1.14	20
캄보디아 로컬품종	8.7 ± 0.58	38	2 ± 1	2	4.7 ± 0.58	38	2.7 ± 0.58	13	15.3 ± 1.15	5	119 ± 4.58	38	19 ± 1.42	17	15.9 ± 0.46	22
Overall	5.2 ± 2.14		2.9 ± 0.97		2.6 ± 0.92		2.8 ± 0.77		16.7 ± 1.81		137.1 ± 12.79		19.3 ± 1.89		16.1 ± 0.98	

3. 2018년 인도 적응성 시험

가. ㈜농우바이오 인도법인 현지 포장에서는 캄보디아에서 채종한 3개 열대 초당옥수수 시교조합에 대한 현지 적응성 시험을 실시하였다. 2개 대비품종(Mithas, Sugar75)과 함께 2018년 6월 15일 파종하여 재배한 결과, 포엽 제거 전후의 수확이삭 무게, 이삭의 길이, 이삭의 두께, 끝 달림 정도 및 당도(brix)에서 모두 시판 품종인 Mithas보다 다소 좋지 않은 결과를 나타내어 캄보디아에서 선발된 품종이 인도에서 대비품종을 능가할 수 있는 성능을 보이지 않는 것으로 판단되었으며(표 11), 이는 같은 열대국가라 할지라도 초당옥수수 생육에 미치는 환경적인 영향이 크다는 것을 의미하는 것이다.

표 11. 인도 적응성 시험 성적

E.No.	Varieties	Plot No.	No. of ears	Ear Wt with husk (kgs)	Ear Wt without husk (kgs)	Ear length (cm)	Ear width (cm)	No.of Rows	Tip fill Score	Brix %
26	18VST_01	126	36	12.63	8.26	19	4.8	16	6	15.8
27	18VST_09	127	37	10.9	7.18	18	5	18	6	15.9
28	18VST_17	128	35	13.06	8.21	18	5	16	8	16.6
31	MITHAS	131	40	14.59	10.76	20.5	5.5	18	8.5	17.8
32	SUGAR75	132	27	10.41	7	19.5	5	16	7	16

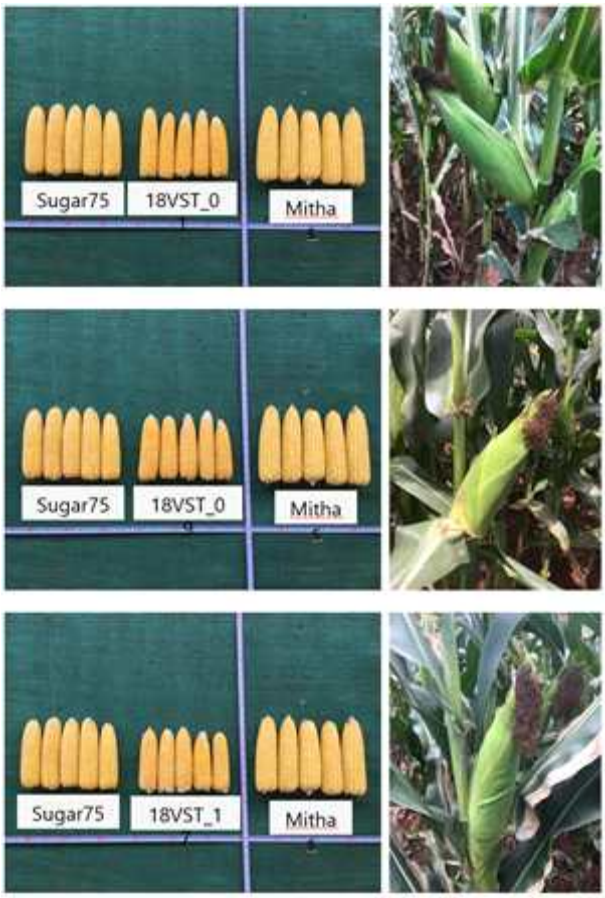


그림 15. 인도 적응성 시험 이삭 사진

4. 열대 초당 옥수수 자식계통 육성

가. GSP 1단계를 통해 육성한 51개 계통과 2단계 1년차에서 신규로 육성된 41개 PNH 계통에 대한 Illunima 3K SNP kit을 통한 genotyping을 완료하여 이들의 inbreeding 정도와 이들 간의 유연관계를 조사하였고, 이에 대한 결과는 Plant and Animal Genomics(PAG)의 아시아지역 학술대회인 PAG Asia 2018에서 포스터 발표를 하였다.

나. Structure 프로그램을 통한 분석 결과, 92개 자식계통은 델타 K값이 각 각 K=2, K=4, K=6에서 높은 likelyhood값을 나타내어 크게는 2개 집단에서 자세히는 6개 다른 집단의 구조를 가지고 있는 것으로 나타내었다. 또한 powermarker에 의한 군집분석에서 크게 2개의 그룹으로 나눌 수 있고, 그 중 1개 그룹은 다시 3개의 소그룹으로 나눠지는 것을 볼 수 있었다.

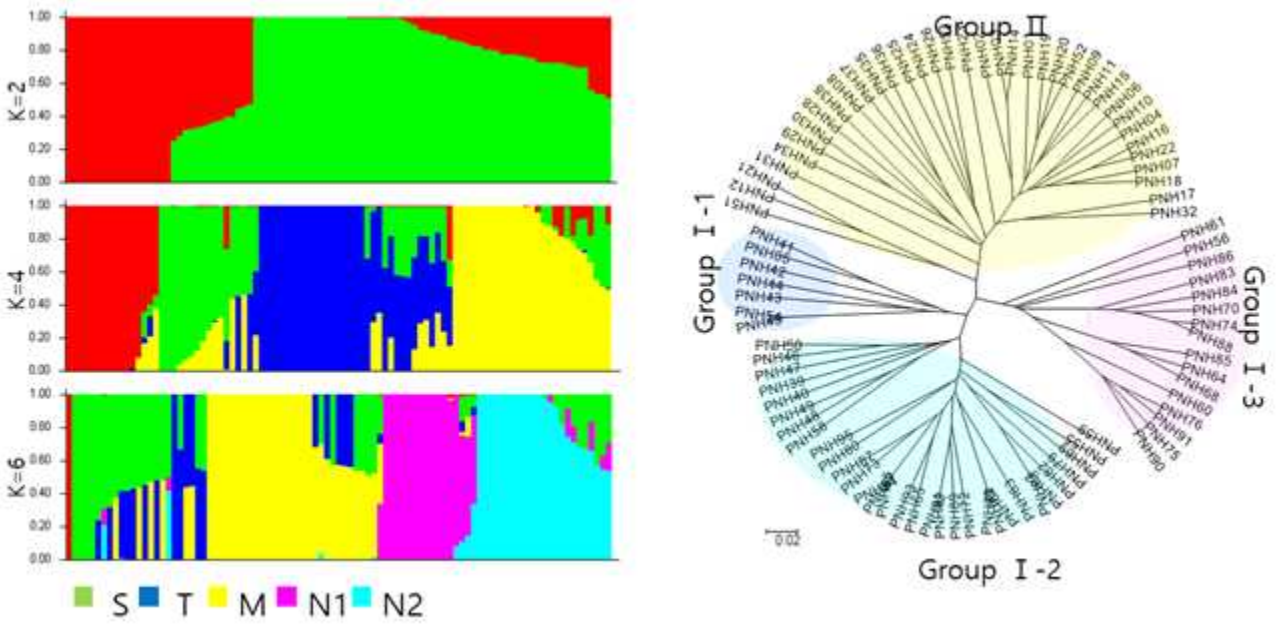


그림 16. Structure와 Powermarker를 이용한 92개 열대 초당옥수수 원종의 집단구조 및 군집

다. Powermarker의 phylogenetic tree를 바탕으로 하여 2개의 그룹으로 나누었을 때, Illumina 3K SNP kit을 통하여 확보한 계통들의 genotype 결과를 가지고 가상의 F1 조합을 만들고, 2개 그룹간 조합의 heterozygosity와 그룹내 조합의 heterozygosity를 비교하였다(표 12).

라. 그룹1 자식계통 간의 교배조합의 평균 헤테로율은 22.29%이고, 그룹2 자식계통 간의 교배조합의 평균 헤테로율이 19.76%인데 반해 그룹1과 그룹2에 속한 자식계통간의 교배조합의 평균 헤테로율은 27.69%로 매우 높았다. 이를 통해 군집분석에 의한 잡종강세 그룹 결정은 genotype에 의한 가상 F1의 헤테로율을 통한 교배조합 선정과 비슷한 결과를 줄 수 있을 것으로 판단하였다.

표 12. 군집분석에 의해 나눈 그룹의 F1 조합의 heterozygosity의 평균

Groups	Class	Combination	Means	STDV	Max.	Min.	N.
Main Groups	within Gorup	Ⅰ x Ⅰ	22.2948% ^{b}	0.056	32.4%	0.1%	1485
		Ⅱ x Ⅱ	19.7648% ^{c}	0.061	34.9%	1.0%	666
	between Group	Ⅰ x Ⅱ	27.6914% ^{a}	0.033	34.2%	10.6%	2035
Sub Groups	within Subgorup	Ⅰ-1 x Ⅰ-1	20.0252% ^{c}	0.051	25.0%	1.6%	21
		Ⅰ-2 x Ⅰ-2	17.7359% ^{d}	0.046	27.5%	0.1%	496
		Ⅰ-3 x Ⅰ-3	16.8381% ^{d}	0.062	26.8%	1.0%	120
	between Subgroup	Ⅰ-1 x Ⅰ-2	24.6131% ^{b}	0.024	29.7%	18.5%	224
		Ⅰ-1 x Ⅰ-3	29.2859% ^{a}	0.018	32.4%	23.7%	112
		Ⅰ-2 x Ⅰ-3	25.5398% ^{b}	0.023	31.5%	19.6%	512

5. 온대 초당옥수수 품종 개발

가. 신규도입 augmented supersweet corn 교잡종의 온대 적응성 검정

(1) 2018년 미국 및 일본으로부터 도입한 삼중돌연변이(su, se, sh2) 교잡종 28 계통과 2개 국내 상업용 품종을 대비품종으로 한 적응성 시험을 청주 인근 옥산에서 2018년

4월 21일 직파하여 실시하였다. 시험구의 크기 및 재식밀도는 2m 2줄, 70cm×25cm 였으며, 난괴법 3반복으로 실시하였고 각 품종의 특성은 아래 표에서 3반복의 평균으로 나타내었다.

표 13. 옥산포장에서 실시한 온대 신규 도입 초당옥수수 자원의 적응성 평과 결과

Entry	Days to Tassel (Days)	Days to silk (Days)	Niking (Days)	Plant Height (cm)	Ear Height (cm)	EH/PH Ratio(%)	No. of Tillers	Single Ear Avg. Wt (g)	No. of Rows	Sweetness (1-5)	Toughness (1-5)	Tenderness (1-5)
18ST_01	55.7	57.0	1.3	112.7	39.0	34.8	1.7	253.0	14.7	1.8	2.6	2.6
18ST_02	55.3	57.0	1.7	119.0	40.3	34.0	2.0	270.4	16.7	3.8	4.1	3.9
18ST_03	56.0	58.0	2.0	129.3	47.7	36.9	1.7	249.3	16.0	1.6	2.4	2.9
18ST_04	57.3	59.3	2.0	101.0	36.0	35.7	1.7	234.1	15.3	3.9	3.7	3.6
18ST_05	54.7	57.0	2.3	123.7	43.0	34.5	2.1	247.8	14.7	2.5	3.0	3.2
18ST_06	56.0	57.7	1.7	107.7	30.3	28.3	1.9	234.4	14.0	3.3	3.2	2.7
18ST_07	57.3	59.0	1.7	123.7	39.0	31.5	2.1	192.6	16.0	3.2	3.6	3.4
18ST_08	55.7	57.3	1.7	103.3	30.0	29.5	2.1	206.6	17.3	3.5	3.4	3.6
18ST_09	56.3	57.7	1.3	106.0	35.3	33.6	1.7	231.3	16.0	2.2	3.1	3.2
18ST_10	55.3	57.7	2.3	91.7	33.0	36.1	2.2	227.2	16.3	3.8	3.9	3.7
18ST_11	55.3	57.3	2.0	104.7	42.7	41.6	2.0	254.6	14.7	3.1	3.3	3.6
18ST_12	58.0	63.3	5.3	124.0	60.0	48.0	2.1	213.8	16.0	2.8	3.5	3.2
18ST_13	55.7	59.0	3.3	131.3	52.7	40.4	2.6	212.2	15.3	2.6	3.2	3.1
18ST_14	57.3	59.3	2.0	118.0	58.3	49.4	2.1	230.7	18.0	2.7	3.5	2.9
18ST_15	55.3	57.3	2.0	120.7	42.3	35.2	1.8	263.9	18.0	3.3	3.3	3.6
18ST_16	55.0	57.0	2.0	118.5	41.7	35.9	2.2	287.8	16.0	3.1	3.6	3.5
18ST_17	55.0	57.7	2.7	108.3	37.7	34.4	2.1	217.3	16.0	3.3	3.8	3.6
18ST_18	55.0	58.3	3.3	106.0	42.7	40.5	2.1	212.0	16.0	2.9	3.1	3.2
18ST_19	59.0	65.0	6.0	114.3	54.3	48.0	1.9	190.0	15.0	3.0	3.5	3.4
18ST_20	58.7	61.3	2.7	125.0	52.3	42.3	2.6	188.9	17.3	2.7	3.1	3.3
18ST_21	59.7	64.0	4.3	112.3	45.0	40.0	2.9	234.1	16.7	2.8	3.6	3.2
18ST_22	55.7	57.0	1.3	109.3	35.3	33.9	1.7	197.0	16.7	1.8	2.1	2.8
18ST_23	57.7	62.3	4.7	99.7	40.7	40.8	1.2	195.6	14.7	2.4	3.1	3.2
18ST_24	58.0	60.7	2.7	107.7	35.3	32.7	2.0	206.0	15.7	2.3	2.6	2.9
18ST_25	57.7	59.7	2.0	124.3	50.7	40.9	1.5	240.6	17.0	3.3	3.1	3.4
18ST_26	57.3	59.0	1.7	130.8	58.3	45.1	1.9	226.0	16.7	1.9	2.9	2.8
18ST_27	58.0	63.0	5.0	129.0	62.3	48.4	2.3	212.5	17.0	3.1	3.3	3.1
18ST_28	58.0	62.0	4.0	115.3	46.0	39.8	2.3	269.3	17.3	2.6	3.3	3.1
18ST_29	60.7	64.3	3.7	123.0	61.7	50.2	1.9	220.4	15.3	3.9	3.6	3.8
18ST_30	59.0	64.3	5.3	113.3	51.0	45.1	2.0	234.5	17.3	2.4	3.3	3.4
전체평균	56.9	59.7	2.8	115.1	44.8	38.9	2.0	228.5	16.1	2.9	3.3	3.3

나. 온대 초당옥수수 자식계통 육성

(1) 1년차에 개발 완료된 38개의 초당옥수수 자식계통(PNS 계통) 중 22개에 대해 Illumina 3K SNP kit으로 genotyping을 완료하였으며, 2018년 충북대 포장에 2m 1줄 3반복으로 파종하였다(표 14). 2018년의 결과를 바탕으로 5개의 종자친과 7개의 화분친을 선발하였다.

그림 17. 선발 종자친의 이삭모습 (PNS06) - 인공 교배하여 끝달림이 불량

표 14. 2018년 온대 초당옥수수 자식계통 특성 관찰 및 선발

Line	Genotyped	이삭 형질 관측	포장관찰	Ear diameter	Ear length	Seed color	이삭선별	포장선별
PNS01		ear rot, double headed cob otherwise thin but a bit long cob	전체적으로 긴 타셀, 2개 정도의 분얼	thin	a bit long	orange		OOO
PNS02		kernel이 꽉 찬듯 함	다소 짧고 굵은 타셀, 분얼이 다소 적음	thin	medium short	yellow		OO
PNS03	O	top tassel, ear rot	다소 짧고 굵은 타셀, PNS02와 비슷하게 생김. 개화기가 PNS02보다 다소 늦음. 잎이 길	medium	a bit short	bright dark yellow	OO	OOO
PNS04	O		다소 짧고 굵은 타셀, 타셀 가지가 짧음. 잎이 짧고 좁은 모양	medium thin	long	orange	OO	O
PNS05	O		Less tassel erect branch. Erect a bit thin. 화분친으로 더 좋을 듯	medium	long	dark yellow	OO	OOO
PNS06	O	Kernel이 꽉 찬 듯 함	다소 짧은 타셀, 다른 것에 비해 빠른 듯	medium thick	medium	bright dark yellow	OOO	O
PNS07	O		전체적으로 긴, 가는 타셀, less tassel branch, extended top stem, 화분친으로 좋을 듯. Thin, lodged	thin	a bit long	pale yellow. white?	OO	OO
PNS08		ear rot, double headed cob, sharp edge	짧고 굵은 타셀, 타셀 보현적가 짧음. 작은편임. 타셀이 가지악엽에서 꼭 빠져나오지 않음	thick	medium short	yellow	OO	OO
PNS09	O	ear rot, round edge	Less tillers, less tassel branches.	thin	medium long	orange	O	OO
PNS10		just one tiny ear	다소 긴 c.tassel, 2-3 tillers, long leaf. Many tassel branches	thin	very short	yellow		OO
PNS11	O	18S-0185를 제외한 나머지는 매우 부실함	droopy leaves, many tassel branches, lodged. Ugly.	thin	short	yellow		X
PNS12	O	sharp edge	Many tillers, cTassel 굵고 보현적인 다소 가늘	medium	medium	bright. a bit pale yellow	OO	OOO
PNS13		only one ear. Sharp edge	not impressive, droopy leaves	medium thick	medium	yellow	O	X
PNS14		no ear	No picture available. Maybe due to no plants in the field					
PNS15	O	Cont check -> 동쪽 long ear인듯, ear rot	Thick tassel = cont?	medium thin	very long	orange	O	
PNS16		ear rot	Thick tassel. Less leaves above ear. Cont 외인 것 같음	thin	medium long	yellow	O	O
PNS17		no ear	No picture available. Maybe due to no plants in the field					
PNS18	O	sharp edge	thick tassel, less tassel branch. Lodged. 2-3 tillers, a bit erect	medium	short	yellow	O	OO
PNS19	O	similar to PNS18, sharp edge	extended top stalk, less tassel branches. thick cT. lodged. a bit tall	medium	medium short	yellow	O	OO
PNS20	O	round edge	Wavy leaves, somewhat variable. if ears look the same, select with two OO.	medium thin	medium long	orange	O	OO
PNS21		very poor set	many tassel branches, thick cT. 2-3 full tillers, sweet corn look, less LAI above ear	thin	medium	yellow		
PNS22	O	very tiny but looks healthy	lodged, long leaves. A bit late	thin	short	yellow		O
PNS23		almost no set, only one ear	lodged. Long leaves	thin	short	yellow		
PNS24		no ear	No picture available. Maybe due to no plants in the field					
PNS25			extended top stalk, big tassel, less tassel branches	medium thin	long	orange	O	
PNS26		only one ear	lodged, thick tassel. a bit late	thin	medium long	yellow		
PNS27		no ear						
PNS28		no ear	No picture available. Maybe due to no plants in the field					
PNS29	O	ear rot, sharp edge	many tassel branches. lodged, cont? if not, may be good for pollen parent. less tillers.	thick	short	yellow	O	OO
PNS30	O		very tall plant. thick stalk, thin tassel. erect narrow leaf.	thin	medium	bright dark yellow	O	OO
PNS31	O	sharp edge	muy tassel branches, erect top leaves, a bit high EH, 2 tillers, long cT	medium thin	short	yellow	OO	OO
PNS32	O	round edge	short top leaves, short cT, thick tassel	medium thin	medium short	yellow		
PNS33	O		erect top leaves, variable across rows	very thin	medium short	bright dark yellow		
PNS34	O	only two ears	very erect plant, short cT	thin	short	yellow		OO
PNS35	O		very thin plant, no tillers, thin tassel, less tassel, less LAI, a few tassel branches	medium thin	medium short	white		O
PNS36	O	ear rot	droopy tassel branches, no tillers, central tassel leaning	medium	medium	white		
PNS37	O	poor ear	thin tassel, extended top stalk, narrow leaves, thin plant	thin	medium			
PNS38			no tiller, long leaves, long cT. flat tassel branches, thick stalk	medium	medium short	bright yellow	O	OOO

□ 3차년도 연구수행 내용 및 결과

6. 열대 초당옥수수 원종 및 F1 품종 개발

가. 2019년 베트남 F1 적응성 시험(건기)

(1) 2018년 초에 캄보디아에서 베트남 남부의 동나이 현지 육종기지로 이동 후 건기에 실시된 2번째 적응성 시험으로 2019년 1월 14일에 파종하였다. 2차 검증시교 8개, 신규시교 21개 및 대비 3개 품종(Mithas, Sugar75, PNH510) 등을 공시하였고, 시험구 및 재식밀도는 4m 3줄, 70cm×25cm이며, 난괴법 3반복으로 배치하였다.

(2) 건기 시험임에도 캄보디아보다 병해충과 바람의 영향으로 생육이 저조하였고, 농업용수 확보도 용이치 못해, F1 적응성 시험 결과는 만족스럽지 못했다. 그런 가운데도 PNH510은 Mithas(농우 인디아)나 Sugar75(신젠타)와 비교하였을 때 이삭무게가 약 20g 정도 무거운 것으로 나타나 PNH510은 베트남 남부 열대지역에서는 경쟁력이 있을 것으로 판단되었다.

(3) 2019년 1차 적응성시험에서 재시험 필요성이 있다고 판단한 시교 8개에 대한 2차 시험에서, 18VST_11과 18VST_12가 PNH510보다 이삭중이 다소 높게 나타나서 가능성을 재확인하였으며, 21개의 신규 조합들 중에서는 18VWT_02와 18VWT_05가 PNH510에 비해 비슷하거나 다소 높은 이삭중을 보였다. 신규시교는 기 개발한 원종 92개의 genotype data를 이용한 4,186개의 가상 F1 교잡종들 중 헤테로율 상위

5%(>28%) 수준에서 선발한 시교이기 때문에 대비품종과 경쟁할 만한 잡종강세를 나타낼 가능성이 있을 것으로 기대된다.

표 15. 2019년 베트남 F1 적응성 시험(건기) 결과

비고	순번	F1시교	hetero율	초장 (cm)	열수	착수고 (cm)	평균 암꽃개화기	이삭당 무게(g)
2차 검증 시교	1	18VST_02	30.8%	120.6	18.5	55.4	2019-03-09	176.6
	2	18VST_10	29.8%	122.7	16.8	60.4	2019-03-09	171.5
	3	18VST_11	28.6%	102.3	17.5	48.8	2019-03-11	200.1
	4	18VST_12	29.8%	104.8	16.5	47.4	2019-03-09	185.8
	5	18VST_21	28.1%	135.6	16.0	61.4	2019-03-13	169.3
	6	18VST_27	28.5%	109.4	17.0	43.2	2019-03-12	167.0
	7	18VST_29	28.5%	122.0	18.0	59.3	2019-03-10	164.5
	8	18VST_30	29.1%	110.5	15.0	47.8	2019-03-13	124.9
신규 시교	9	18VWT_01	29.8%	108.6	15.5	50.3	2019-03-11	171.8
	10	18VWT_02	29.8%	131.2	16.7	60.6	2019-03-12	225.7
	11	18VWT_03	30.3%	129.6	16.0	60.4	2019-03-13	168.8
	12	18VWT_04	30.5%	137.8	16.0	67.8	2019-03-11	157.9
	13	18VWT_05	30.5%	119.3	16.0	54.3	2019-03-11	188.5
	14	18VWT_06	29.9%	115.4	18.0	49.8	2019-03-10	168.5
	15	18VWT_07	30.2%	117.0	17.0	53.7	2019-03-10	177.3
	16	18VWT_08	30.3%	151.5	16.0	74.2	2019-03-13	160.7
	17	18VWT_09	29.9%	89.7	..	39.3	2019-03-13	..
	18	18VWT_10	30.2%	130.1	16.0	60.4	2019-03-13	182.1
	19	18VWT_11	31.0%	106.1	14.0	49.9	2019-03-10	167.7
	20	18VWT_12	30.2%	105.2	15.0	42.7	2019-03-12	159.4
	21	18VWT_13	30.1%	155.9	12.0	66.7	2019-03-11	164.5
	22	18VWT_14	29.8%	140.3	17.6	46.5	2019-03-11	141.2
	23	18VWT_15	30.3%	135.4	14.0	61.6	2019-03-16	136.4
	24	18VWT_16	30.1%	128.0	16.0	58.0	2019-03-11	144.2
	25	18VWT_17	30.3%	130.3	18.0	58.8	2019-03-09	152.8
	26	18VWT_18	30.5%	110.3	18.0	47.8	2019-03-11	180.7
	27	18VWT_19	29.8%	140.8	19.0	61.8	2019-03-10	155.2
	28	18VWT_20	30.2%	110.5	15.5	47.0	2019-03-11	136.0
	29	18VWT_21	29.8%	115.4	14.0	50.3	2019-03-13	142.3
대비	30	Mithas		105.6	14.7	46.9	2019-03-13	162.4
	31	PNH510		128.7	17.3	60.6	2019-03-11	188.8
	32	Sugar75		123.5	15.7	53.5	2019-03-12	168.5

나. 2019년 베트남 F1 적응성 시험 / 자식계통 개발 (우기)

(1) 2019년 베트남 하계 시험은 현지의 계속되는 폭우로 인해 시험포장의 침수 등을 고려하여 계획보다 늦은 10월 10일 우기가 끝난 후에 현지에 파종하였다.

구분	Remark
PNH 원종 종자 증식 및 세대진전	92계통 x 3줄
F1 검정용 시교 종자 증식	PNH510 증식, 시교 100개 종자 생산 목표
자식계통 개발	NGS&TK88 (S5) 15계통 / NewSX (S7/8) 46계통/ 사료x초당 및 SunTopDX (S4)17계통/ 사료x초당 (S3) 150계통/2017년도 inbreeding계통
실험용 F1 시교	헤테로율에 따른 잡종강세 확인 시험
열대 sh2 population (IMP310c4)	Mass selection을 통한 현지적응 집단 개량(사이클4)

다. 베트남 북부지역 적응성 검정

(1) 베트남은 남북으로 매우 길게 늘어져 있는 국가이며 북부 산간지역은 아열대지역이라 할 만큼 겨울철 기온이 10도 이하로 떨어지기도 한다. 본 세부프로젝트는 베트남 남부에 위치한 육종기지를 운영하고 있지만, 차후 종자 판매를 위해서는 남부지역 뿐 아니라 북부지역의 적응성도 검증해야 할 필요성이 있다고 판단되었다.

(2) 베트남 옥수수연구소 연구원인 Mr. Gioi Ha Van의 도움을 받아 8월 7일 PNH510을 파종하여 조사한 결과, PNH510은 파종 후 약 50일 후 개화가 시작되었고, 이후 초당옥수수 풋이삭 수확 적기의 이삭 크기는 평균 20cm 이상, 이삭 무게는 약 250g 정도로 양호하였으며, 특히 가장 큰 장점인 끝달림이 매우 우수하게 나타나, 베트남 북부에서도 경쟁력이 있을 것으로 판단되었다(그림 18). GSP 1단계 육종기지였던 캄보디아 남부뿐만 아니라 현 육종기지인 베트남 남부에서 좋은 성적을 보였던 PNH510이 베트남 북부지역에서도 적응성이 우수한 것으로 확인함에 따라, 2020년부터는 본격적으로 베트남 옥수수연구소와의 계약을 통해 현지 지역적응성 시험을 실시함과 동시에 연구소를 통한 품종의 기술이전 가능성에 대해서도 협의하였다.

그림 18. PNH510의 베트남 북부지역 생육 검정

라. 열대 초당옥수수 우량계통 선발

(1) 아래 그림은 현재까지 개발된 95개의 열대 초당옥수수 원종의 Illumina 3K SNP kit genotype 데이터를 이용하여 이들 95개 원종 간 가상의 교배조합(총4,186 조합)을 작성하고 이 가상의 교배조합의 이형접합율을 조사한 결과를 히스토그램(그림 19)으로 나타낸 것이다. 지역적응성시험에 이용되는 상업용 F1 품종인 Macho와 Sugar75의 헤테로율은 각 각 29.5%, 31.3%이며, PNH510은 32.5% 였다.

(2) 헤테로율이 가장 낮은 Macho의 헤테로율 29.5%를 기준으로 가상의 F1 중 헤테로율이 29.5%이상인 것은 792개 조합이었으며, 이는 전체의 18.9%에 해당하는 조합이었다. 이 792개 조합을 만들기 위해 이용된 모,부본을 조사하여 92개 원종이 헤테로율이 높은 F1 조합 생성에 이용된 횟수를 조사하였다(그림 20). PNH51은 792개 가상 F1 조합 중 총 72개의 교배조합에 이용되었으며, 그 다음으로는 PNH06이 41회, PNH10이 40회로 이용되었다. PNH10은 품종출원 중인 F1 교잡종 PNH510의 부본으로 다른 많은 교배조합에서도 높은 헤테로율을 보여 새로운 우량 자식계통 선발에 있어 좋은 tester로써의 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다.

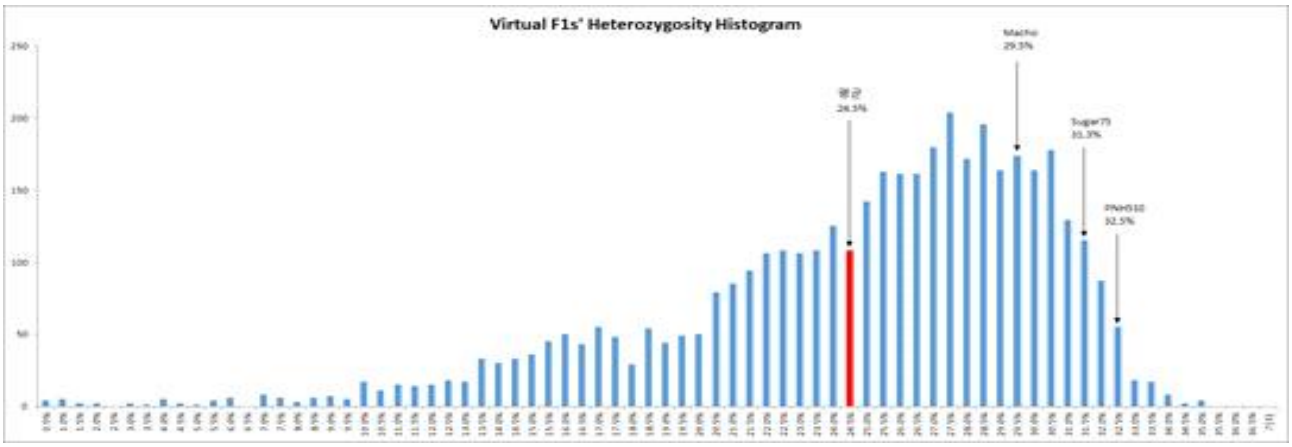


그림 19. Illumina 3K SNP kit의 genotype 분석에 따른 가상조합 이형접합율 분석

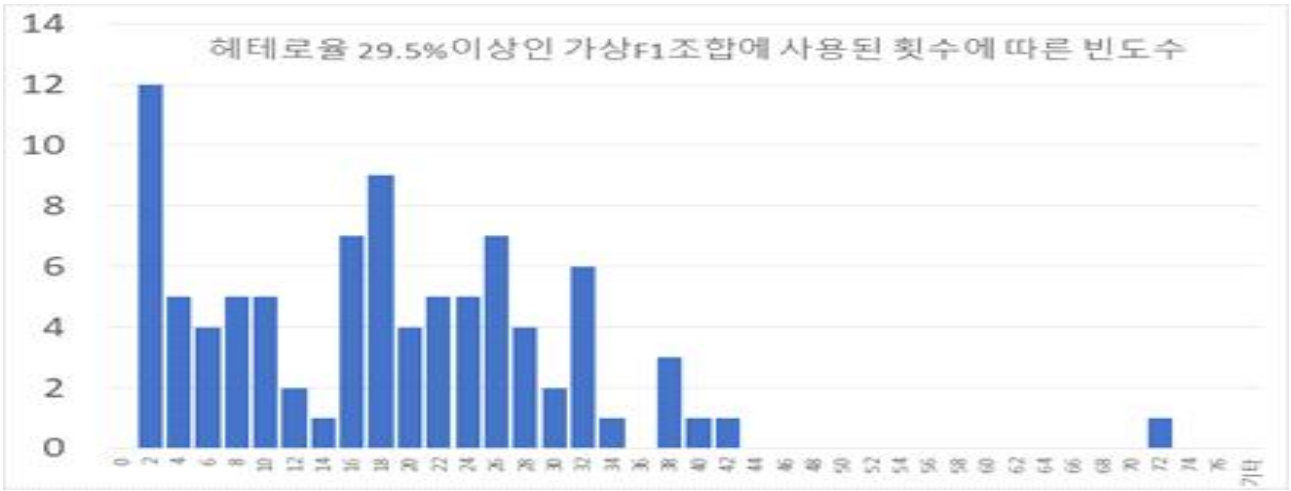


그림 20. 헤테로율 29.5% 이상 조합에 사용된 계통의 빈도수

(3) 우량 자식계통의 선발은 조합능력 뿐만 아니라 선발된 교배조합의 종자생산 또한 함께 고려하여야 한다. 따라서 헤테로율 29..5% 이상인 F1 조합에 이용된 횟수를 고려하고 이삭 길이, 폭 그리고 색깔 등이 우수하여 향후 교배조합 작성에 집중적으로 이용할 가치가 있다고 판단되는 2개 자식계통을 선발하였으며, 이삭의 특성은 다음 그림 21과 같다.

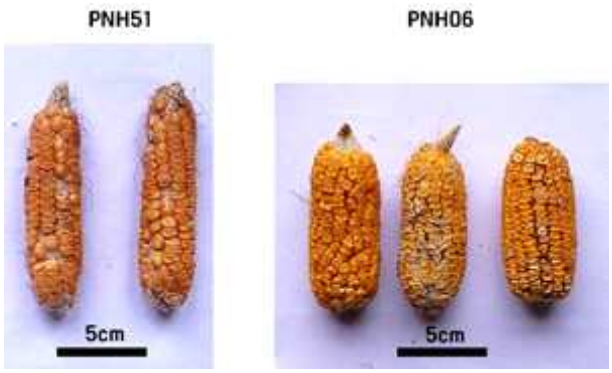


그림 21. 향후 이용가치가 높은 유망 자식계통

(4) 이 중 PNH06은 2019년 베트남 남부에서 실시한 조합능력검정/적응성 시험에서 우수

조합으로 1차 선발된 2개 F1 시교인 18VWT_02(PNH06×PNH43)와 18VWT_05(PNH06×PNH59)조합의 모본이다.

7. 극동 아시아지역 초당옥수수 원종 및 F1 품종 개발

가. 2019년 하계에는 조합능력검정 및 지역적응성을 동시에 검정하기 위하여 충북 옥산, 충북대학교 포장 및 전남 해남지역에 시험포장을 마련하고, 초당옥수수 41개 F1 시교와 14개의 대비품종을 공시하였다. 4월 중순에 파종하고, 포장변이를 최소화하기 위하여 row-column block design 3반복으로 전개하였다. 공시한 F1 시교와 대비품종 그리고 자식계통의 genotyping을 통한 가상의 F1 헤테로율 정보는 표 16과 같다.

나. 하계 풋이삭 발생 시기에 맞춰서 3개 지역 포장 평가를 실시하였으나, 모든 F1 시교의 이삭장이 20cm 이하이거나 이삭폭이 5cm 이하로 나타나서 도태되었다. 14개 대비품종 중에서도 지역마다 약간 상이하지만 2-3개 품종만이 이 기준을 만족하였다.

다. 온대적응형 초당옥수수 F1 시교 조합은 열대초당옥수수와 마찬가지로 원종의 Illumina 3K SNP kit을 통한 genotype에 기반하여 가상의 F1 조합을 만들고, 가상 F1조합의 헤테로율에 기반하여 포장시험용 시교조합을 선발한 것이다. 선발 최소 헤테로율을 파악하기 위하여 전 세계에서 상업용으로 시판 중인 열대/온대 품종을 수집하여 이들 F1의 헤테로율을 파악한 결과, 열대초당옥수수는 평균 약 30%의 헤테로율을 나타내었으며, 온대초당옥수수는 약 24%의 헤테로율을 나타내었다. 이를 토대로 열대초당옥수수에서는 28% 이상의 헤테로율을 보이는 조합을 선발하였고 온대초당옥수수에서는 20% 이상인 조합을 선발하여 종자를 증식하고 공시하였는데, 열대초당옥수수에서는 많은 공시 조합이 대비품종과 경쟁할 만한 우수한 특성을 가진데 반해, 온대초당옥수수에서는 이렇지 못하였다. 이는 단맛과 높은 식미등 고품질을 요구하는 온대 초당옥수수 시장(미국 및 일본) 등지에 특화된 품종을 선발하기 위하여 기존에 개량된 육종재료에 새로운 유전자들을 도입하지 않음으로 인해 유전적인 다양성이 상대적으로 낮은 것으로 추정된다.

라. 따라서 유전적 다양성이 낮은 온대 초당옥수수 자원 내에서 각종 농업적 형질, 이삭특성 및 품질과 식미관련 형질을 동시에 만족하는 우수한 품종을 개발하기 위해서는 온대 초당옥수수 육종 재료의 유전적 다양성을 먼저 넓혀야 한다고 판단되며, 개발된 자식계통과 2019년 하계 세대촉진 후 거의 고정된 자식계통들 간의 새로운 교배조합 선발을 통해 2020년 조합능력검정시험 준비를 위한 종자 증식을 베트남의 겨울 작기를 이용하여 진행하였다.

표 16. 2019년 온대적응형 초당옥수수 조합능력검정 및 적응성 시험 시교 리스트

순번	Entry_ID	가상교배조합번호	Hetero율	검정지역수
1	19SH_01	PNS_VF1H_0019	33.40%	3
2	19SH_02	PNS_VF1H_0039	21.21%	3
3	19SH_03	PNS_VF1H_0058	23.09%	3
4	19SH_04	PNS_VF1H_0076	31.97%	3
5	19SH_07	PNS_VF1H_0230	20.32%	3
6	19SH_08			3
7	19SH_10	PNS_VF1H_0002	21.80%	3
8	19SH_11	PNS_VF1H_0003	20.22%	3
9	19SH_16	PNS_VF1H_0021	34.01%	3
10	19SH_18	PNS_VF1H_0022	12.28%	3
11	19SH_19	PNS_VF1H_0023	19.47%	3
12	19SH_21	PNS_VF1H_0037	28.63%	3
13	19SH_22			3
14	19SH_25			3
15	19SH_26	PNS_VF1H_0042	18.19%	3
16	19SH_27			3
17	19SH_28	PNS_VF1H_0056	31.51%	3
18	19SH_29			3
19	19SH_31	PNS_VF1H_0060	26.06%	3
20	19SH_32			3
21	19SH_33			3
22	19SH_34	PNS_VF1H_0074	32.92%	3
23	19SH_35			3
24	19SH_36	PNS_VF1H_0077	32.33%	3
25	19SH_37	PNS_VF1H_0078	33.87%	3
26	19SH_41	PNS_VF1H_0231	28.13%	3
27	19대비01			3
28	19대비04			3
29	19대비05			3
30	19SH_09	PNS_VF1H_0001	21.36%	2
31	19SH_12			2
32	19SH_13	PNS_VF1H_0017	33.97%	2
33	19SH_15	PNS_VF1H_0020	34.68%	2
34	19SH_17			2
35	19SH_38			2
36	19SH_39	PNS_VF1H_0225	29.01%	2
37	19대비03			2
38	19SH_05			1
39	19SH_06			1
40	19SH_24	PNS_VF1H_0041	26.36%	1
41	19SH_30	PNS_VF1H_0059	29.90%	1
42	19대비02	대비품종		3
43	19대비06	대비품종		3
44	19대비07	대비품종		3
45	19대비08	대비품종		3
46	19대비09	대비품종		3
47	19대비10	대비품종		3
48	19대비11	대비품종		3
49	19대비12	대비품종		3
50	19대비13	대비품종		3
51	19대비14	대비품종		3
52	19대비15	대비품종		3
53	19대비16	대비품종		3
54	19대비17	대비품종		3
55	19대비18	대비품종		3

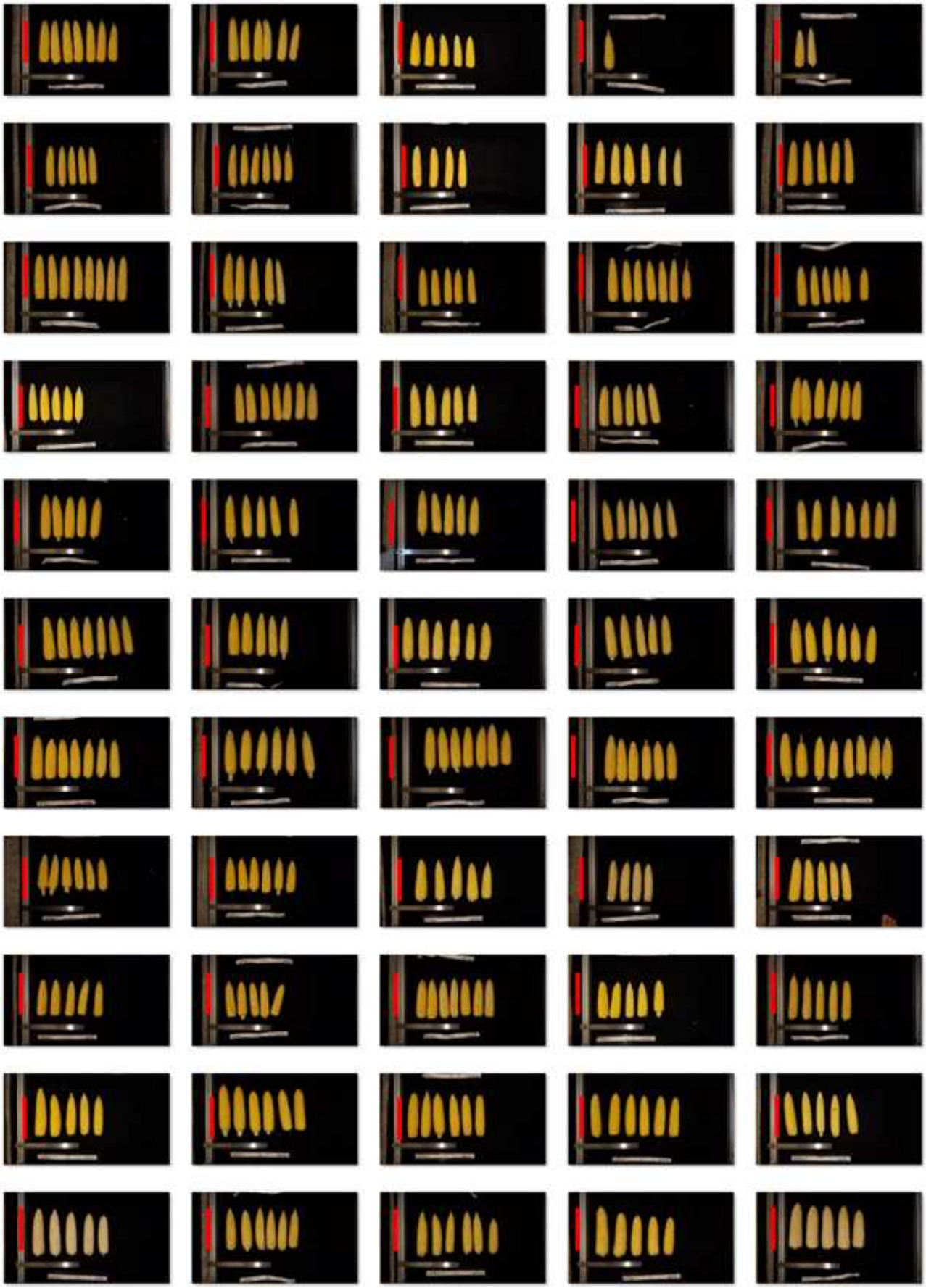


그림 22. 충북대 포장 수확 온대 적응형 초당옥수수 F1 시교 샘플 이삭 (붉은선 = 20cm)

□ 4차년도 연구수행 내용 및 결과

1. 열대 초당옥수수 품종 개발

가. PNH510 교잡종 모/부본 종자 채종

(1) PNH510 교잡종의 모,부본 증식을 위해 2020년 3월 23일 모본(PNH10)과 부본(PNH05)을 베트남 남부 동나이 지역에 파종하였다. 모본인 PNH05의 발아율이 약 30%(PNH10 약 75%)로 저조하여 방임수분에 의해 종자생산을 하지 못하고 5월 18일 이후부터 인공교배에 의한 증식을 실시하고자 하였으나, 코로나 사태로 인해 관리가 용이하지 못하였다. 등숙 과정에서도 계속 된 강우로 인해 수확 후 상태가 매우 좋지 않았으며, 이로 인해 발아율이 떨어질 것으로 우려되었다.

그림 23. 2020년 동나이 증식포장 파종(3월 23일), 증식포 개화(5월 18일), 부본의 수확후 건조 모습(7월 3일)

나. 베트남 북부지역(하노이 인근) 육종기지 운영을 통한 품종 개발 계속

(1) 2019년 하노이에서 작은 규모로 테스트해 본 경험으로 2020년부터는 북부 하노이 지역의 베트남 농업과학원(VAAS) 산하 베트남옥수수연구소(MRI)를 육성에 이용코자 2020년 1월 21일 총 1,000줄에 F1 적응성 시험 및 육종재료를 파종하였다. 우선, 적응성 시험을 위해서는 2018/19년 베트남 남부 동나이 지역에서 시험하였던 총 25개 조합을 난괴법 3반복으로 파종하였으며(표 17), 육종재료는 동일 포장에 열대 초당옥수수 PNH 자식계통 91계통들과 IMP집단(cycle4)을 파종하여 2019년도에 선발한 F1 시교의 종자 생산과 자식계통의 종자증식을 동시에 도모하고, mass selection을 통해 개량하고 있던 IMP집단에서의 inbreeding을 시도하였다.

(2) 하지만 2-3월부터 시작된 COVID19 팬데믹 영향으로 베트남 또한 전 지역의 이동을 제한하여 연구원들의 이동이 제한되었으며, 이로 인해 개화기 등 매우 중요한 농업형질들의 측정이 불가능하였다. 결국 베트남 옥수수연구소에 개화시기 자가수분을 통한 자식계통의 종자 증식만을 요청하였으며, PNH 자식계통의 종자 증식과 IMP집단에서의 인공자가수분 이삭 259개를 확보하였다.

그림 24. 2020년 3월 27일 베트남 하노이 포장 생육상황

표 17. 베트남 북부 하노이 적응성 시험

Entry No.	Female	Male	Comination	Estimated Heterozygosity
18SH_13	PNH48b1	PNH67	PNH48b1 x PNH67	18%
18SH_10	PNH48b1	PNH32	PNH48b1 x PNH32	21.8%
18SH_05	PNH48b1	PNH35	PNH48b1 x PNH35	24.3%
18SH_08	PNH48b1	PNH54	PNH48b1 x PNH54	19.7%
18SH_26	PNH09	PNH18	PNH09 x PNH18	9.1%
18SH_09	PNH48b1	PNH45	PNH48b1 x PNH45	18.5%
18SH_02	PNH48b1	PNH14	PNH48b1 x PNH14	29.1%
18SH_16	PNH09	PNH54	PNH09 x PNH54	27.9%
18SH_03	PNH48b1	PNH06	PNH48b1 x PNH06	29.0%
18SH_15	PNH48b1	PNH08	PNH48b1 x PNH08	10.9%
18SH_22	PNH09	PNH79	PNH09 x PNH79	21.1%
18SH_27	PNH09	PNH08	PNH09 x PNH08	9.6%
18SH_12	PNH48b1	PNH63	PNH48b1 x PNH63	18.3
18SH_24	PNH09	PNH35	PNH09 x PNH35	15.6%
18SH_25	PNH09	PNH06	PNH09 x PNH06	10.6%
18SH_18	PNH09	PNH45	PNH09 x PNH45	27.8%
18SH_01	PNH48b1	PNH25	PNH48b1 x PNH25	29.0%
18SH_14	PNH48b1	PNH79	PNH48b1 x PNH79	13.5%
18SH_06	PNH48b1	PNH18	PNH48b1 x PNH18	26.8%
18SH_23	PNH09	PNH14	PNH09 x PNH14	14.4%
18SH_17	PNH09	PNH43	PNH09 x PNH43	27.9%
18SH_07	PNH48b1	PNH43	PNH48b1 x PNH43	21.6%
18SH_04	PNH48b1	PNH70	PNH48b1 x PNH70	24.5%
18SH_21	PNH09	PNH70	PNH09 x PNH70	20.7%
18SH_11	PNH48b1	PNH73	PNH48b1 x PNH73	16.5%

2. 온대 초당옥수수 품종 개발

가. 국내 초당옥수수 육종 환경은 주작기인 4월~7월까지의 재배환경이 매우 불량한데, 특히 교배 후 등숙 기간인 7월 장마가 지속되면 교배봉투를 덮어 씌워둔 이삭에서 이삭썩음병이 대량 발생할 수 있어 종자의 증식 및 유지가 힘들다. 이를 해결하기 위하여 2020년부터는 온대 초당옥수수 개발을 중부지역인 충북대학교에서 전라남도 해남으로 옮겨 진행하였다.

나. 온대초당옥수수 PNS 자식계통 30 계통을 종자증식과 동시에 per-se performance 파악하기 위하여 계통당 1줄 4반복으로 2020년 4월 17일 트레이 파종 후 5월 6일 비닐하우스에 이식 완료하였다. 이와 함께 inbreeding lines의 파종 및 이식을 완료하였다.

다. Inbreeding lines은 augmented 초당옥수수(sh2/sh2, su/+, se/+) F5 및 F4 세대 각 각

24계통과 42계통, 전통 초당옥수수(sh2/sh2 only) F4 26계통, synergestic 단옥수수(sh2/+, su/su, se/se) F4 61계통과 함께 F3세대는 집단육종법으로 사료용 옥수수와의 교배를 통해 얻은 집단과 상업용 품종 간의 교배를 통해 확보한 집단을 함께 파종하였다.

라. 또한 흰색초당옥수수 F4 집단 (총 133개 F3 이삭의 balanced bulk seeds)도 파종하였으며 타가 불화합성 유전자 Ga의 치환을 위하여 F4 흰색초당옥수수 F4 집단의 자가수정과 함께 Ga 유전자가 sh2 유전자와 함께 분리하는 분리세대를 함께 파종하였다.

마. 이후 교배기간 중 초형을 고려하여 1차 선발하고, 선발한 계통의 이삭을 수확하여 건조 후 이삭의 전체적인 모양을 통해 2차 선발하여 최종 6개의 우량계통을 선발하였다(그림 25 및 26).

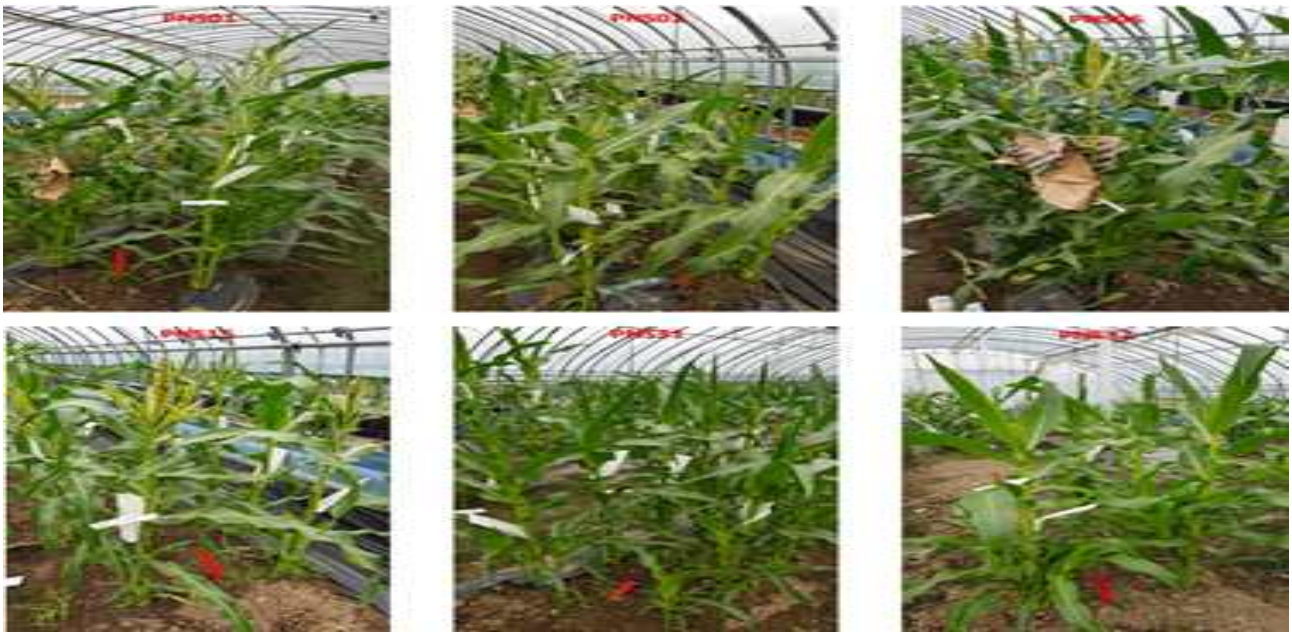


그림 25. 전남해남 육종포 6개 선발 우량자식계통의 초형 사진

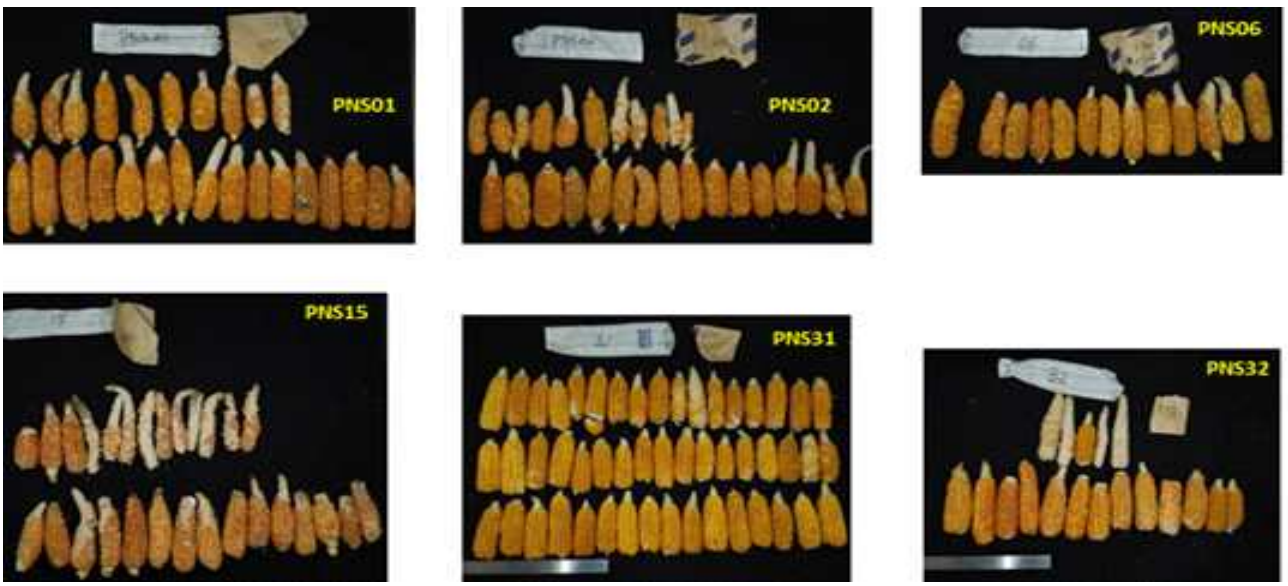


그림 26. 선발된 계통 이삭모양 (모든 사진은 동일 scale. Seed set이 불량한 이삭은 잘못된 인공수정의 결과로 선발과정에 영향을 미치지는 않음.)

□ 5차년도 연구수행 내용 및 결과

1. 열대 초당옥수수 품종 개발

가. 전반기 베트남 북부 하노이 지역적응성 시험

(1) 2021년 전반기 베트남 북부 하노이에서 86개 신규 조합과 PNH510과 Hybrix58을 대비품종으로 지역적응성 시험을 실시하였다. 3.6m 시험구에 줄간 0.7m, 주간 25cm로 하여 재식밀도는 헥타르 당 57,000주로 하였으며 난괴법 5반복으로 2021년 3월 9일 파종하여 2021년 6월 2일 수확하였다. 단, COVID19로 인한 베트남 현지의 통행 통제로 인해 현지에서 보내준 사진으로 포장성능을 대략 확인할 수 있었다(그림 27).

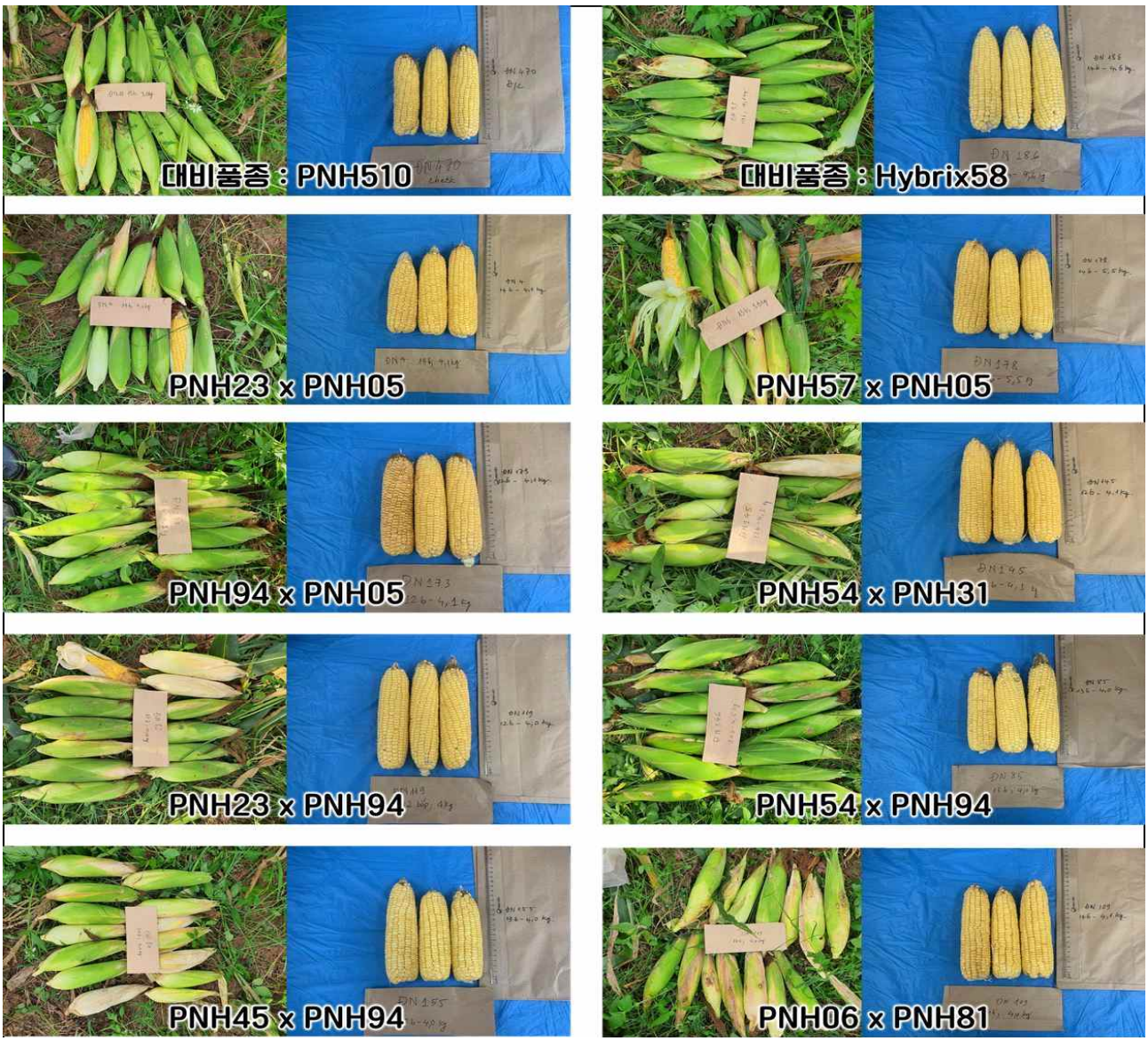


그림 27. 2021년 전반기 베트남 북부 하노이 적응성 시험 우수 조합 선발

나. PNH510의 성능 검정 시험

(1) 본 과제를 통해 개발한 초당옥수수 교잡종 PNH510의 종자 판매를 위해 베트남 하노이를 중심으로 활동하는 개인 seed dealer와 초당옥수수 가공 사업장을 통해 성능검정 시험을 실시하였다. 두 업체에 PNH510 종자 600g을 제공하였으며, seed dealer의

경우 베트남 북부 하노이 인근 red river delta 지역의 포장에 2021년 03월 20일에 파종하였으며, 옥수수 가공업체는 베트남 북서부의 해발 약 700미터에 위치한 Son La province에 2021년 4월 30일 파종하였으나, 모두 베트남 지역 통행금지 조치로 인해 수확시기에 포장 방문이 불가능하여 시험성적 확보를 하지 못하였다. 결국 2021년 하기에 PNH510 종자를 다시 생산한 후 2022년 재시험할 계획인데, seed dealer의 경우 PNH510의 기술이전 및 종자판매에 매우 적극적으로 임하고 있다.

다. 하반기 베트남 북부 하노이 선발 우량 교잡종 종자 생산

(1) 전반기 하노이에서 선발된 10개의 우량 교잡종에 대한 지역 적응성용 종자 채종을 위해 2021년 9월 30일 paired row로 파종하였다. 2021년 12월 현재 교배가 모두 끝나 등숙 과정 중에 있으며, 12월 말~2022년 1월 초 수확 후 2월에 성능검정시험을 실시할 예정이다. 이것은 COVID19로 인해 2020~2021년 동안 제대로 진행되지 못하였던 품종개발 업무를 완료하기 위한 것이며, GSP과제 종류 후에라도 성과를 도출할 예정이다.

라. PNH510 조합의 양친 원종증식과 교잡종 종자생산

(1) GSP에서 개발된 PNH510의 양친 원종증식과 교잡종 생산은 베트남 남부 동나이 지역에서 진행되었다. COVID-19 여파로 인해 증식에 어려움이 있었으나, 모본인 PNH05 계통은 약 21kg, 그리고 부본인 PNH10 계통은 약 24kg 확보하였다.

(2) 전반기에 증식한 양친으로 진행한 PNH510조합 교잡종 종자생산은 2021년 11월 초 농가 포장을 이용하여 모본 PNH10 4줄, 부본 PNH05 2줄의 비율로 파종하였으며, 12월 중순 현재 계속 진행되고 있는 상황이다. 개화 시 모본의 제웅작업을 실시하여 종자를 채종할 예정이며, 1월 말 수확 후 건조, 탈종, 정선 작업을 진행하여 베트남에서 관심을 보이는 종자회사들을 접촉하여 공급할 예정이다.

2. 온대 초당옥수수 품종 개발

가. 온대 초당옥수수 교잡종 적응성 시험

(1) 온대 초당옥수수 교잡종의 적응성 시험을 위하여 충북대 시험포장(신규조합 77개 시교와 수집 상업용 품종 25개), 전남 해남 농가 포장(신규조합 77개 시교+수집 상업용 품종 23개), 경북 기술원 포장(신규조합 49개)의 3개 지역에서 적응성 시험을 실시하였다. 모든 지역은 4월 중순에 육묘 파종하여 이식하였으며, 충북대 및 전남 해남은 난괴법 3반복, 경북기술원 포장에서는 난괴법 2반복으로 시험구를 배치하였다.

(2) 시험성적은 표 18과 같으며, 각 지역의 종합적인 검토를 통해 6개 조합을 우수 교잡종으로 선발하였다(그림 28). 이들 선발조합들은 2022년도에 재시험하여 가능성을 타진할 계획이다.

표 18. 2021년 충북대 포장 온대 초당옥수수 교잡종 적응성 시험 성적 (3반복 평균)

Entry_No	조합/품종	출웅일수	출사일수	분얼수	간장(cm)	착수고(cm)	착수고율(%)	이삭길이(cm)	이삭폭(cm)
21S_SWF1_001	PNS29 x PNS01	71.3	72.7	2.0	161.3	71.7	44.5	18.5	4.7
21S_SWF1_002	PNS12 x PNS31	70.3	71.0	3.3	168.3	74.3	44.0	15.8	3.7
21S_SWF1_003	PNS35 x PNS12	66.7	67.7	2.7	145.0	34.3	23.4	15.8	4.0
21S_SWF1_004	PNS35 x PNS06	68.0	67.3	1.7	138.7	71.0	50.9	16.9	4.0
21S_SWF1_005	PNS35 x PNS01	70.0	69.3	2.0	166.0	69.7	42.1	16.8	4.1
21S_SWF1_006	PNS01 x PNS31	73.0	74.0	2.7	191.0	60.0	31.8	14.8	3.9
21S_SWF1_007	PNS15 x PNS31	72.0	72.7	3.0	184.3	89.3	48.8	17.8	3.9
21S_SWF1_008	PNS20 x PNS31	71.7	72.0	2.0	177.3	81.0	45.7	17.2	3.9
21S_SWF1_009	PNS20 x PNS01	72.0	72.3	1.7	163.0	83.0	51.1	17.7	4.2
21S_SWF1_010	PNS12 x PNS01	69.3	70.7	2.7	157.0	52.7	33.5	17.9	4.2
21S_SWF1_011	PNS06 x PNS12	69.7	71.0	2.0	146.3	49.7	33.8	16.1	4.0
21S_SWF1_012	PNS06 x PNS15	71.0	72.0	2.3	169.0	74.0	43.7	19.2	4.3
21S_SWF1_013	PNS30 x PNS01	72.3	73.3	2.0	178.0	78.7	44.1	16.8	3.9
21S_SWF1_014	PNS30 x PNS05	74.0	73.0	1.0	713.7	85.0	31.2	16.8	3.7
21S_SWF1_015	PNS35 x PNS20	71.0	71.5	1.0	179.0	60.0	33.4	18.4	4.0
21S_SWF1_016	PNS30 x PNS06	71.5	73.0	2.0	179.0	95.0	53.1	16.7	4.1
21S_SWF1_017	PNS05 x PNS15	71.4	71.9	1.4	163.5	62.8	38.5	19.8	4.3
21S_SWF1_018	PNS05 x PNS20	72.0	72.7	1.7	151.0	69.7	25.4	18.6	3.9
21S_SWF1_019	PNS05 x PNS01	72.7	73.0	1.7	160.0	71.7	45.0	16.8	3.7
21S_SWF1_020	PNS30 x PNS15	72.0	72.3	2.0	192.7	100.7	52.2	20.2	4.1
21S_SWF1_021	PNS15 x PNS20	72.7	74.3	1.0	147.0	70.0	47.6	19.3	3.7
21S_SWF1_022	PNS06 x PNS05	70.7	70.0	1.0	154.0	60.0	38.7	16.6	4.3
21S_SWF1_023	PNS35 x PNS05	70.7	71.3	2.3	169.3	65.3	38.6	17.3	3.9
21S_SWF1_024	PNS01 x PNS02	72.3	73.0	1.7	179.7	94.3	52.4	13.9	3.7
21S_SWF1_025	PNS01 x PNS06	71.0	72.0	3.0	173.0	94.0	54.3	15.0	3.7
21S_SWF1_026	PNS01 x PNS15	71.0	71.3	2.0	165.0	71.0	43.1	17.6	4.5
21S_SWF1_027	PNS01 x PNS32	71.7	72.0	1.7	169.0	88.3	52.0	15.1	4.0
21S_SWF1_028	PNS02 x PNS06	73.0	74.3	0.3	171.7	79.3	46.2	15.4	4.1
21S_SWF1_029	PNS02 x PNS15	71.7	72.0	0.7	165.0	61.7	37.5	17.2	3.9
21S_SWF1_030	PNS02 x PNS31	72.7	74.0	2.3	181.3	94.7	52.1	14.4	3.6
21S_SWF1_031	PNS02 x PNS32	72.3	73.7	1.7	181.0	94.3	51.8	13.9	3.9
21S_SWF1_032	PNS32 x PNS06	72.0	72.0	1.3	174.3	91.3	52.4	16.2	4.0
21S_SWF1_033	PNS15 x PNS32	72.3	73.0	2.0	181.3	78.3	43.1	18.5	3.7
21S_SWF1_034	PNS31 x PNS32	74.0	73.7	2.0	165.3	90.0	54.4	11.5	3.3
21S_SWF1_035	20S-0269 x PNS01	71.7	72.3	2.3	182.3	75.7	41.8	18.8	4.5
21S_SWF1_036	PNS01 x 20S-0276	71.0	71.3	2.0	125.0	56.7	45.2	17.0	4.0
21S_SWF1_037	PNS01 x 20S-0279	70.3	70.0	1.7	146.7	53.0	36.2	18.2	4.0
21S_SWF1_038	20S-0282 x PNS01	29.7	69.7	1.0	158.3	64.7	40.6	17.9	4.2
21S_SWF1_039	20S-0298 x PNS01	71.5	72.5	1.0	157.5	73.5	46.7	17.1	4.1
21S_SWF1_040	20S-0332 x PNS31	70.5	70.5	2.0	145.5	49.0	33.8	15.5	4.2
21S_SWF1_041	PNS31 x 20S-0276	72.5	73.5	2.0	197.0	90.0	45.9	17.8	4.0
21S_SWF1_042	PNS31 x 20S-0279	71.3	70.7	1.7	162.3	68.0	41.9	16.3	4.1
21S_SWF1_043	PNS31 x 20S-0282	71.0	71.7	1.3	175.0	74.3	42.6	18.0	3.8
21S_SWF1_044	20S-0297 x PNS31	74.0	75.0	3.0	187.0	90.0	48.1	14.8	3.6
21S_SWF1_045	PNS31 x 20S-0298	71.0	70.0	2.0	150.7	73.7	48.9	15.6	3.7
21S_SWF1_046	PNS31 x 20S-0310	73.5	73.5	2.0	186.5	82.5	44.4	15.6	4.1
21S_SWF1_047	20S-0269 x 20S-0279	69.3	70.7	0.0	141.3	32.0	22.7	18.0	4.2
21S_SWF1_048	20S-0269 x 20S-0282	70.7	72.0	1.0	160.0	62.3	39.2	19.2	4.0
21S_SWF1_049	20S-0290 x 20S-0269	71.5	73.0	0.0	158.0	53.5	33.7	17.0	4.2

표 18. 2021년 충북대 포장 온대 초당옥수수 교잡종 적응성 시험 성적 (3반복 평균) - 계속

Entry_No	조합/품종	출웅일수	출사일수	분얼수	간장 (cm)	착수고 (cm)	착수고율 (%)	이삭길이(cm)	이삭폭 (cm)
21S_SWF1_050	20S-0298 x 20S-0269	72.0	75.0	0.0	100.0	18.0	18.0	13.6	3.9
21S_SWF1_051	20S-0269 x 20S-0310	71.7	72.7	1.3	165.3	68.3	41.1	17.6	4.5
21S_SWF1_052	20S-0269 x 20S-0332	69.7	71.0	0.7	147.0	50.0	33.4	17.6	4.2
21S_SWF1_053	20S-0276 x 20S-0279	71.3	71.3	1.0	140.7	45.7	32.3	15.6	4.3
21S_SWF1_054	20S-0276 x 20S-0282	71.0	73.0	0.3	119.3	29.0	23.2	17.7	4.1
21S_SWF1_055	20S-0276 x 20S-0290	71.5	72.5	1.5	132.5	36.0	27.1	16.6	4.0
21S_SWF1_056	20S-0276 x 20S-0294	67.3	68.7	0.7	146.0	35.7	24.1	17.4	4.2
21S_SWF1_057	20S-0276 x 20S-0297	70.3	70.3	0.7	160.3	44.7	27.4	17.6	4.4
21S_SWF1_058	20S-0276 x 20S-0298	67.0	69.5	2.0	142.5	42.0	28.5	17.7	4.0
21S_SWF1_059	20S-0276 x 20S-0310	70.7	71.3	2.3	153.7	248.7	155.5	17.9	4.6
21S_SWF1_060	20S-0276 x 20S-0332	69.7	72.3	1.7	131.0	37.7	28.6	17.7	4.3
21S_SWF1_061	20S-0279 x 20S-0290	71.0	72.0	0.3	131.3	32.0	24.1	14.3	3.8
21S_SWF1_062	20S-0279 x 20S-0294	71.0	71.5	0.0	137.0	28.5	20.4	17.9	4.1
21S_SWF1_063	20S-0279 x 20S-0297	70.7	71.7	0.7	163.7	51.7	31.4	17.5	4.3
21S_SWF1_064	20S-0279 x 20S-0298	72.0	72.0	1.0	125.0	23.0	18.4	18.4	4.1
21S_SWF1_065	20S-0279 x 20S-0310	71.3	72.3	0.7	145.7	44.7	30.5	16.3	4.6
21S_SWF1_066	20S-0279 x 20S-0332	70.7	72.3	0.0	137.7	44.3	31.9	16.6	4.1
21S_SWF1_067	20S-0282 x 20S-0297	70.3	72.0	1.3	182.0	64.0	35.2	17.8	4.3
21S_SWF1_068	20S-0282 x 20S-0310	70.7	72.7	1.3	138.3	42.7	31.2	17.2	4.5
21S_SWF1_069	20S-0282 x 20S-0332	71.7	73.0	1.7	158.3	50.3	30.8	18.2	4.2
21S_SWF1_070	20S-0290 x 20S-0298	72.3	74.0	1.3	158.0	35.0	21.9	17.3	4.0
21S_SWF1_071	20S-0310 x 20S-0290	72.0	75.0	0.0	172.0	70.0	40.7	17.2	4.1
21S_SWF1_072	20S-0290 x 20S-0332	71.0	72.3	1.3	166.3	52.7	31.3	17.4	4.2
21S_SWF1_073	20S-0310 x 20S-0294	68.0	68.7	2.3	132.7	41.0	31.2	16.8	4.3
21S_SWF1_074	20S-0332 x 20S-0294	68.7	70.3	0.7	141.7	41.7	29.3	15.9	3.7
21S_SWF1_075	20S-0298 x 20S-0310	71.0	72.3	2.3	171.0	56.3	32.9	17.3	4.0
21S_SWF1_076	20S-0298 x 20S-0332	69.7	70.3	1.7	113.3	31.7	26.9	15.1	3.7
21S_SWF1_077	20S-0332 x 20S-0310	69.3	70.3	1.3	148.3	49.3	33.1	16.8	4.2
21S_SWF1_078	3572 V x	68.0	71.3	2.0	136.3	33.0	24.1	17.9	4.3
21S_SWF1_079	Moonshine	72.0	72.7	2.7	161.7	63.3	39.2	17.6	4.2
21S_SWF1_080	2182 MR	72.7	73.7	1.3	142.3	51.0	35.8	17.9	4.4
21S_SWF1_081	7401 IMP	70.7	71.7	1.0	140.3	45.3	32.0	18.2	4.3
21S_SWF1_082	SS Packout	72.0	73.3	1.3	149.0	51.7	34.9	16.0	4.3
21S_SWF1_083	3511R	69.7	72.0	3.0	154.7	56.7	35.8	16.7	4.4
21S_SWF1_084	Kickoff	69.2	69.2	1.5	145.0	31.5	21.2	17.9	4.5
21S_SWF1_085	Over Land	73.3	73.3	1.7	157.0	67.3	42.9	18.2	4.4
21S_SWF1_086	GSS3951	73.3	73.7	2.0	185.0	56.7	30.7	17.9	4.2
21S_SWF1_087	Takeoff	68.6	68.9	1.4	151.1	44.1	29.1	18.2	4.4
21S_SWF1_088	Nicole	69.3	69.7	1.8	142.8	42.7	29.9	18.1	4.6
21S_SWF1_089	Elle	73.0	73.7	0.7	122.7	46.0	37.5	16.7	4.1
21S_SWF1_090	골드러시 84	71.3	72.3	1.7	144.7	57.7	39.8	17.7	4.7
21S_SWF1_091	유메노콘	72.0	71.3	1.7	154.7	50.0	32.3	17.2	4.4
21S_SWF1_092	JNS-C01	71.0	72.0	0.5	143.5	51.5	36.0	19.3	4.3
21S_SWF1_093	메가골드 080	69.3	70.7	0.3	128.7	35.7	27.8	17.3	4.3
21S_SWF1_094	메가골드 085	69.2	71.0	2.0	168.8	45.0	26.6	18.4	4.4
21S_SWF1_095	카보	70.3	71.7	2.7	159.7	44.7	28.0	17.8	4.4
21S_SWF1_096	GSS1170	71.0	72.0	2.0	173.7	58.3	33.5	16.3	4.1
21S_SWF1_097	골드러쉬 90	72.8	74.0	1.7	176.8	62.3	35.4	17.6	4.1
21S_SWF1_098	Jenong Sample	73.7	74.3	2.0	187.7	98.7	52.5	17.4	4.2
21S_SWF1_099	VSC03	72.0	72.3	1.7	162.3	57.0	35.1	18.0	4.5
21S_SWF1_100	킹왕짱	72.0	74.0	1.7	163.0	67.3	41.3	20.3	4.4
21S_SWF1_101	21SCON-777	72.7	74.7	1.3	192.0	67.3	35.0	20.8	4.3
21S_SWF1_102	DHS-11	68.3	69.7	1.3	135.3	36.3	26.7	17.3	4.3

표 19. 2021년 온대 초당옥수수 교잡종 적응성 시험 경북 성적 (2반복 평균)

Entry_No	조합/품종명	출웅일수	출사일수	간장 (cm)	착수고 (cm)	이삭장 (cm)	착립장 (cm)	이삭폭 (mm)	이삭무게(g)	열수 (개)
21S_SWF1_001	PNS29xPNS01	69	69.5	150.5	71.25	19.5	18	50	252	18.5
21S_SWF1_002	PNS12xPNS31	68	69.5	156.1	73.8	17.85	17.55	43.5	195.8	14.8
21S_SWF1_003	PNS35xPNS12	66	67.5	161.4	60.05	19.05	17.8	45.55	215.7	18.2
21S_SWF1_004	PNS35xPNS06	68	69	165.65	71.25	19.4	17.35	44.9	207.65	19.25
21S_SWF1_005	PNS35xPNS01	67	67.5	179.65	73.6	19.8	17.6	46.2	221.4	16.8
21S_SWF1_006	PNS01xPNS31	69.5	69	178.85	98.8	16.6	15.1	41.35	154.8	14.8
21S_SWF1_007	PNS15xPNS31	69.5	69.5	175.05	87.35	19.95	18.6	43.85	204.6	16.8
21S_SWF1_010	PNS12xPNS01	67	69	140.65	67.6	20.45	18.6	45.9	233.6	16.6
21S_SWF1_011	PNS06xPNS12	67.5	68	165.4	73.6	20.05	18.65	44.8	225.8	18
21S_SWF1_012	PNS06xPNS15	68	72	163.8	84.15	20.95	19.05	47.7	224.6	17.8
21S_SWF1_013	PNS30xPNS01	69.5	70	165.15	91	18.3	16.9	46	192.4	15.4
21S_SWF1_017	PNS05xPNS15	67	68.5	169.9	76.6	21.05	19.65	48.65	253.4	18.6
21S_SWF1_018	PNS05xPNS20	68	69	185.85	78.95	22.05	19.55	42.2	228.8	14.4
21S_SWF1_019	PNS05xPNS01	67	67	171.2	74.8	20.05	18.2	41.05	184	14.4
21S_SWF1_020	PNS30xPNS15	68.5	69	185.8	90.65	24.05	21.1	44.35	254.6	16.4
21S_SWF1_021	PNS15xPNS20	69.5	71	140	70.6	19.7	17.8	40	158.9	16.15
21S_SWF1_022	PNS06xPNS05	68	68.5	170.85	61.8	20.1	18.1	47.25	227	15.6
21S_SWF1_023	PNS35xPNS05	69	69	180.3	69.6	19.1	18.45	43.9	206.4	15.8
21S_SWF1_024	PNS02xPNS01	69	69	166.85	87.55	16.6	15.2	43.05	160.8	16.4
21S_SWF1_026	PNS15xPNS01	67	68	146.45	79.15	24.65	21.5	47.45	287.6	19.65
21S_SWF1_027	PNS01xPNS32	68.5	68.5	186.55	97.35	18.5	16.4	45.3	189.6	14.4
21S_SWF1_028	PNS02xPNS06	71	71	168.5	83.25	18.95	15.55	45.4	191.2	16.8
21S_SWF1_029	PNS02xPNS15	69.5	71.5	163.1	81.15	23.25	20	49.05	263	19.6
21S_SWF1_030	PNS31xPNS02	69.5	72	175	97.75	17.25	15.95	43	172.2	14.4
21S_SWF1_031	PNS02xPNS32	67.5	70.5	170.75	98.1	16.95	16.3	48.1	192.2	16
21S_SWF1_032	PNS32xPNS06	68.5	69	174.3	84.4	18.75	18.4	44.05	213.8	14.6
21S_SWF1_033	PNS15xPNS32	67.5	69	174.15	91.55	24.75	21.9	43.1	247.8	17.2
21S_SWF1_034	PNS31xPNS32	69	69	177	94.95	16.05	15.2	42.15	167.8	14.6
21S_SWF1_035	20S-0269xPNS01	68	69	175.6	82.1	21.05	18.6	46	253	19.4
21S_SWF1_038	20S-0282xPNS01	67	67	170.55	65.9	21.45	19.9	47.05	254.8	17.6
21S_SWF1_043	20S-0282xPNS31	68.5	69	162.4	79.85	19.2	18.2	44.1	205.6	15.4
21S_SWF1_046	PNS31x20S-0310	69	69	169.8	86.4	19.05	18.55	44.95	216.6	14.2
21S_SWF1_047	20S-0279x20S-0269	67.5	67.5	158.4	61.25	20.45	17.1	47.4	227.2	19
21S_SWF1_048	20S-0269x20S-0282	68	71	169.05	69.15	22.3	20.05	45.1	245.8	17.6
21S_SWF1_051	20S-0269x20S-0310	70	71.5	171.7	76.75	21.7	20.35	48.5	255.2	17.2
21S_SWF1_053	20S-0276x20S-0279	70	71.5	133.85	49.15	16.95	15.1	46.9	175	16.2
21S_SWF1_054	20S-0276x20S-0282	67	69	119.15	42.5	18	16.45	46.5	196.2	17.8
21S_SWF1_056	20S-0294x20S-0276	67	67	151	53.5	20	19	45.65	216.8	16.2
21S_SWF1_057	20S-0276x20S-0297	67	67	164.35	67.9	19.35	18.5	48.05	240	16
21S_SWF1_060	20S-0276x20S-0332	67	68	142.8	54.2	20.95	19	46.2	232.6	16.8
21S_SWF1_061	20S-0290x20S-0279	68.5	71	114.65	36.15	17.2	16.45	42.6	183.95	16.75
21S_SWF1_063	PNS297xPNS279	69	69	181.85	61.2	19.7	17.4	46.6	226.2	16.2
21S_SWF1_065	20S-0279x20S-0310	67	68	148.15	57.1	19.15	18.5	49.75	234	18.65
21S_SWF1_067	20S-0282x20S-0297	68	69	176.3	64.95	20.5	19.05	45.9	232.4	16.4
21S_SWF1_068	20S-0282x20S-0310	68.5	69.5	171.6	65.4	20.2	19.9	47.75	250.35	18.4
21S_SWF1_069	20S-0332x20S-0282	67	68	149.2	56.55	20.4	19.9	45.3	226.6	15.2
21S_SWF1_072	20S-0332x20S-0290	68	71.5	155.7	53.3	20.75	18.45	47.95	234	16.6
21S_SWF1_075	20S-0298x20S-0310	69	69	176.1	76.25	18.9	18.1	44.95	213	16.6
Check	3511R	67	69.5	154.65	71.25	20.2	20	48.65	249.8	17.4

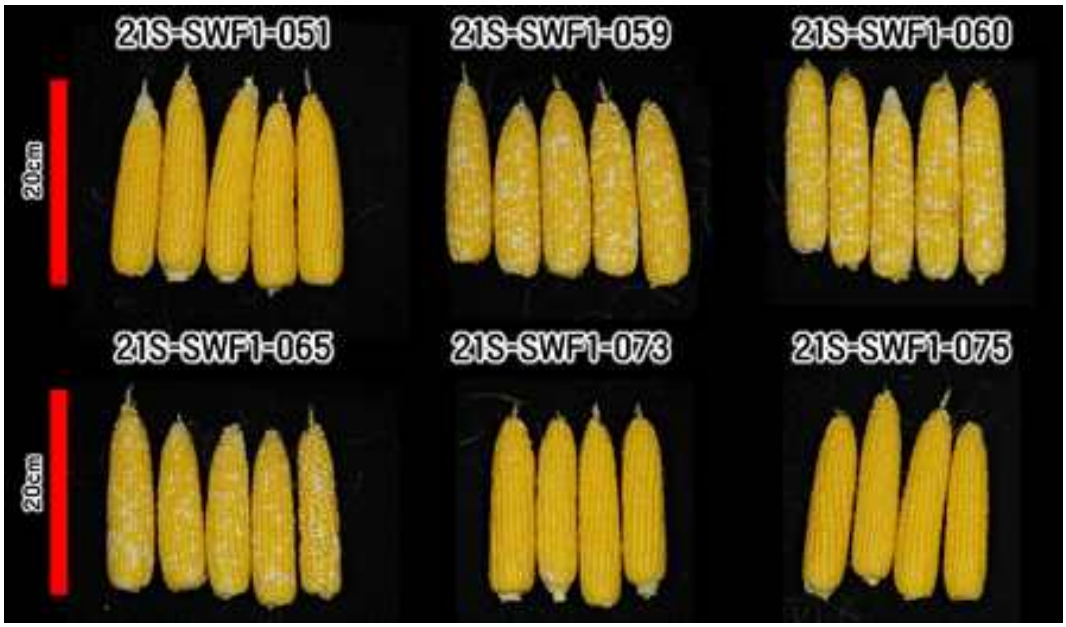


그림 28. 2021년 하계 전국 3개지역 시험을 통해 선발된 최종 우량 교잡종

나. 온대 초당옥수수 우량 자식계통 선발 및 선발 우량 교잡종 종자 생산

(1) 3개 지역 적응성 시험을 통해 선발된 6개 우량 교잡종에 이용된 계통은 봄 작기 세대 진전 후 S5~S6세대에 해당되는 6개 계통이었다. 이들 계통은 모두 inbreeding line nursery에서도 초형 및 이삭 특성이 우수한 것으로 나타나, 2021년 8월 충북대학교 포장에 파종하여 이들 간의 이면교잡을 실시함으로써 선발 우량교잡종 6개 뿐 아니라 우수 자식 계통간 신규 교배조합의 종자를 생산하였다.

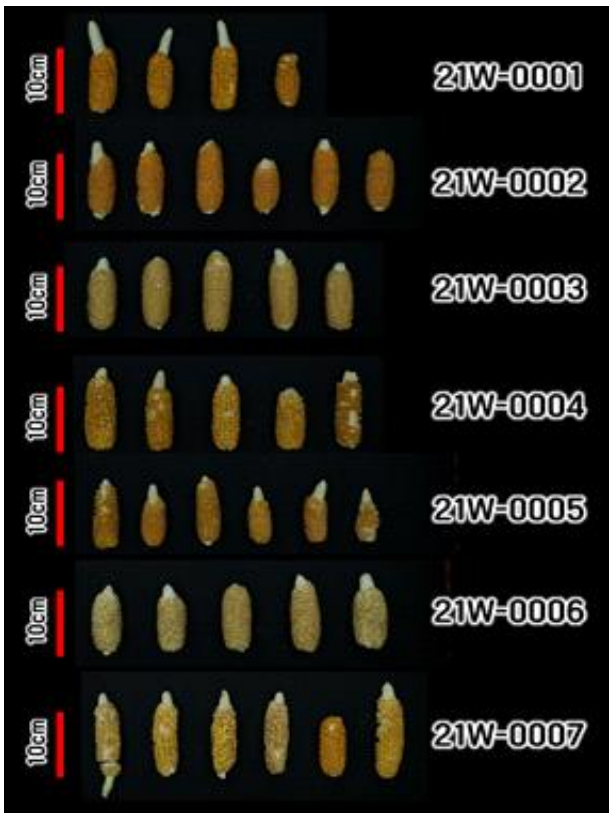


그림 29. 선발 우량 자식계통의 자가 수정 이삭

제 2 절 2세부과제 연구수행 내용 및 결과

1. 단옥수수 시장조사

GSP 2단계 연구기간 동안에도 아시아권을 중심으로 시장조사를 지속적으로 실시하였다. 이는 옥수수 품종개발에는 많은 시간이 소요되므로 시장조사를 통해 미리 시장변화를 예측하고, 적절한 품종개발을 위해 반드시 필요한 것이다.

가. 인도시장

(1) GSP 1단계 시작 전(2012년)에 조사한 인도 단옥수수 시장은 약 200ton 정도로 알려졌으나, 2단계에서 확인한 결과 시장크기가 300~400ton으로 증가한 것을 확인하였다. 이는 인도에서 유럽, 아시아로의 가공용 단옥수수 수출량이 증가하고 있고. 최근 가공용 뿐만 아니라 식용 단옥수수 비중이 높아지는 등 단옥수수 수요량이 크게 증가하고 있기 때문이다. 단옥수수 시장이 커짐에 따라 East-West, CP, Advanta(UPL), Nuziveedu 등 육성전문회사들의 단옥수수 육성프로그램이 인도에서 시작되어 향후 경쟁이 심해질 것으로 예상된다.

(2) 인도에서의 지역별 단옥수수 재배량을 보면 MAHARASHTRA(MS주) → GUJARAT(GR주) → ANHRA PRADESH(AP주) → KARNATAKA(KA주) → 기타지역 순으로 나타났다.

(3) 이에 따라, GSP를 통해 개발된 MITHAS 품종은 1차로 MS주, KA주에 판매하고, 2차로 AP주, GR주로 판매 확대하는 것을 목표로 하였다. 그 이유로는 KA주는 현재 ㈜농우바이오 인도법인(NSI)이 위치한 곳으로 판매에 있어 수월함이 있고, MS주는 확보된 거래처가 다수 있어 해당 거래처를 통해 판매를 진행할 수 있었기 때문이다.

표 20. 인도 지역별 단옥수수 시장 현황

State	tons	Area of Growing	Varities Grown	Map
Maharashtra (MS)	110 - 130	Western Maharashtra / Scattered in Vidarbha	Sugar 75 (Syngenta), Hi Bricks –51 (Advanta) UD 80 (US Agri), Sakata 16 (Sakata), Nuziveedu-Misti (Nuz.)	
Gujarath (GA)	50	Ahmadabad / Badodra / Surat		
Madhya Pradesh (MP)	25	Indore / Ujjain		
Karnataka (KA)	50	Kolar / Belgaum / Chikballapur		
Andhra Pradesh (AP)	50	Hyderabad / Vijaywada		
North India	15	Delhi Surrounding / Scarttered In North		
Total	300 – 400ton (식용및 잠재 가공용 단옥수수시장 포함) ※ Mithas주 판매지역 – MS주, KA주, AP주			

나. 중국 운남 종자시장

(1) 중국 운남의 단옥수수 재배면적은 300,000畝(6,000만평)로 노랑색 단옥수수 100,000畝, 노랑+흰색(bi-color) 단옥수수 200,000畝가 재배되고 있다. 주요품종은 syngenta의 庫普拉, 双色先蜜 품종이다. 庫普拉품종의 판매가격은 45~50元/450g으로 대략 18,000원에 거래가 되고 있는데, 인도 20,000원~35,000원/kg, 인도네시아 25,000원선/kg 보다 낮게 형성되고 있었다. 이밖에 동남아지역에서 판매가 되고 있는 Sugar 75는 先甜이라는 이름으로 판매가 되고 있었다.

(2) 찰옥수수의 재배가 중국 중북부지역에서 이루어지고 있으며, 단옥수수 품종은 운남지역 등 남부지역에서 재배가 되고 있었으며, 단옥수수 선호 특성은 노랑색 낱알으로만 이루어진 품종보다 노랑색 낱알+흰색 낱알이 섞인 bicolor 품종을 선호하며, 흰색 단옥수수는 선호하지 않았다.

(3) 동남아시아 지역에서의 단옥수수 품종특성과 달리 중국의 선호품종은 초장이 낮은 왜성종을 선호하며, 착수고 또한 100cm 이하의 품종을 선호하였다. 선도품종인 庫普拉, 双色先蜜 품종역시 왜성종이다. 단옥수수 껍질 끝에 달린 leafy에 대하여 인도네시아, 인도는 leafy가 없는 품종 선호하지만 중국에서는 크기 문제시 삼지 않고 있었다.

그림 30. 중국 남부 선도품종

그림 31. 중국 선호품종 특성(왜성종)

다. 인도네시아 종자시장

(1) 인도네시아 전체시장은 약 800ton 정도이며, 식량자원 보호조치에 의해 외국에서의 종자 수입이 불가하여 인도네시아에서 직접 생산, 판매만 가능하다. 고지대와 저지대에 따라 품종선호도가 다른데, 고지대 선도품종은 Jambore, Afandas 등이며, 초세가 매우 강항 특성을 보이며, 저지대 선도품종은 Talenta로 고지대 품종보다 초세가 약한 특성을 나타낸다. 또한 가공용, 식용 시장이 모두 형성되고 있으나, 주로 가공용 시장이 주를 이루고 있다.

표 21. 인도네시아 단옥수수 시장 현황

company	Varieties	Market share(%)	Production(MT)
East West	Bonanza, Scada, Bonanza 2, Bonanza 9	57	456
Pertiwi	Exotic, Paragon, Talenta, Jambore	20	160
Bisi	Master Sweet, Sweet Boy, Sweet Lady	15	120
Local	OP	5	40
Others	Government Project	3	24
	total	100	800

	LEADING VARIETY: BONANZA F1 (EW/ADVANTA) **- Transplant Area: Low land** **- Size: length: 20-22 CM, diameter: 5.3-5.5 CM** **- Plant Heigh: 220-250 CM** **- Weight/fruit: 300-325 gram, 1-2 fruits/plant** **- Strong point: sweet until 5 days** **- Market Size: 2,500-3,500 ton** **- Price: IDN 103.000/200 gram**
	LEADING VARIETY: EXCOTIK (PERTIWI) **- Transplant Area: Low land** **- Size: length: 18-19 CM, diameter: 4.8-5 CM** **- Plant Heigh: 200-225 CM** **- Weight/fruit: 350-375 gram, 1-2 fruits/plant** **- Strong point: low price** **- Market Size: 1,500-1,800 ton** **- Price: IDN 50.000/250 gram**

그림 32. 인도네시아 선도품종 특성표

라. 필리핀 종자시장

(1) 필리핀 종자시장은 약 150ton 내외로 주로 가공용 시장이다. 주요 선도품종은 Sweet Grande, Sugar Max, Sugar Star로 East-West에서 선점하고 있으며, 필리핀 내 현지 생산이 아니라 종자를 수입하여 판매를 하고 있다. 하지만 현재 단옥수수 시장이 계속 증가하고 있어 단가 경쟁력 확보를 위해 현지에서 생산, 판매하는 추세로 바뀔 것으로 예상하고 있다.

(2) 필리핀, 인도네시아의 시장진입을 위해 현지에 맞는 단옥수수 선발지표를 설정하여

적응성 검정을 실시하였으나, 다른 열대권 국가와 달리 매문병, 녹병이 빈번하게 발생하여 내병성 품종이 필요하고, 인도네시아의 경우 수량성이 우수하여도 husk leaf가 있는 품종을 선호하지 않아 2단계에서 선발한 조합의 적응성 시험결과 선발된 조합이 없었다. GSP과제 종료 후 필리핀, 인도네시아 등 시장 진입을 위해서는 내병성 품종개발이 필요할 것이다.

표 22. 인도네시아, 필리핀 품종선호 특성

구 분	인도네시아	필리핀
공 통	고 생산성, 이삭 맺힘, 조숙종, 당도, 이삭크기, 전분화 속도, 탈립성	
차이점	husk leaf가 없는 품종을 선호	husk leaf 상관없음

마. 온대권 : 카자흐스탄, 키르기즈스탄, 우즈베키스탄, 동유럽

(1) 온대권 단옥수수 시장 규모는 열대권 국가보다 크진 않지만 kg당 종자가격이 50~60$/kg로 열대국가보다 2배 정도 높게 형성되어 있다. 중앙아시아는 HM Clause사의 Megaton이 주요 품종으로 고 수량성 품종이고, 키르기즈스탄의 경우 F1시장 규모는 3ton이나 OP종 시장이 100ton으로 향후 F1시장으로 전환될 가능성이 큰 것으로 나타났다. 동유럽은 단옥수수 F1시장이 최근 급속도로 성장하고 있고, 재배안정성이 뛰어나며, 당도가 높고, 수량성이 높은 품종을 선호하고 있다.

표 23. 중앙아시아, 동유럽 단옥수수 시장 규모

구 분		종자시장 규모		선도품종
중앙 아시아	카자흐스탄	12,000kg	700,000$	Megaton(Clause) Trophy(Seminis)
	키르기즈스탄	3,000kg (OP 100ton)	180,000$	Megaton(Clause) Trophy(Seminis)
	우즈베키스탄	6,200kg	310,000$	Megaton(Clause)
동유럽	세르비아	5,000kg	·	Super Sundance, Mint(Clause)
	러시아	20,000kg	·	Megaton(Clause), Spirit(Syngenta), Noa(Pop Vriend)
	우크라이나	10,000kg	·	Jubili, Overland, Spirit(Syngenta)

2. 유전자원 수집

현지 시장의 재래종이나 선도품종을 수집함으로서 재배정보를 수집하거나 시장 변화를 예측하며, 또한 수집한 유전자원을 분리시켜 유용한 형질의 새로운 계통으로 고정시켜 나가는 것은 우수한 신품종 개발을 위해 반드시 필요한 일이다. 2세부 프로젝트에서는 GSP 2단계 연구기간에도 꾸준히 주요 품종들을 수집하여 육성소재로 활용하였다.

가. 중국 출장을 통해 현지 전시포 내 단옥수수, 찰옥수수 우수 품종 및 조합 등 23개 품종을 수집하였다. 표 24 및 그림 33과 같이 흰색 찰옥수수, 흑색 찰옥수수, bicolor 단옥수수, 노랑단옥수수 등 다양한 자원들이 포함되어 있다.

표 24. 중국 유전자원 수집 목록

구분	품종명	구분	품종명	구분	품종명	구분	품종명
1	双萃85	7	广黑甜糯	13	晋糯20号	19	双色先蜜
2	번외품종	8	번외품종	14	桂黑糯118	20	库普拉
3	粤鲜糯6号	9	万糯2000	15	曾白糯5号	21	南國佳人
4	红宝石	10	桂W1518	16	孰美糯1号	22	加甜糯28号
5	芭比娃娃	11	顶欣2号	17	华耐甜玉307	23	紅寶石
6	华耐甜糯101	12	渝糯930	18	德福		

그림 33. 중국 유전자원 수집 품종사진

나. 온대용 단옥수수 육성을 위해 터키, 미국 등에서의 유전자원을 수집하였다. sh2 type Mirza 등 총 7점, su type : Silver Queen 등 총 4점, se type : Sugar Buns 등 총 4점, high quality 1점을 확보하였다.

표 25. 터키, 미국 등 유전자원 수집 목록

회사(구입처)	품종명	구분			병저항성*
		이용	색	유전자	
Abbott&Cobb	Tenacity(1801)	Fresh	Yellow	High .Quality	Ps
Twilley Seed	1434 Jubilee F1	All	Yellow	su	Ps, Bm
	1370 Bodacious RM F1	Fresh	Yellow	se	Ps,MDMV, Pst
	1442 Kandy Korn EH F1	Fresh	Yellow	se	Ps, Pst
	1599 Summer Sweet® 6800R F1	Fresh	Yellow	sh2	Ps, Et, Pst
Johnny`s Seeds	Sugar Buns	Fresh	Yellow	se	Et, Pst
	Silver Queen	Fresh	White	su	Et, Pst, Ps Bm
	Vision MXR	Fresh	Yellow	sh2	MDMV, Et, Ps
Crookham	Early Sunglow	Fresh	Yellow	su	
West Coast	Earlivee	Fresh	Yellow	su	
Hm Clause	Colorow TSW	Fresh	Yellow	se	Et
터키	Mirza	Fresh	Yellow	sh2	Ps
	Khan	Fresh	Yellow	sh2	Ps, MDMV
	Vega	Fresh	Yellow	sh2	
	Baron	Fresh	Yellow	sh2	
	Caramelo	Fresh	Yellow	sh2	

* Bm : Southern corn leaf blight(Bipolaris maydis), Et : Nouthern corn leaf blight(Exserohilum turcicum)
MDMV : Maize dwarf mosaic virus, Ps : Common rust(Puccinia sorghi), Pst : Stewart's wilt(Pantoea stewartii

(1) 수집한 온대용 유전자원의 유전자별 구별마커 개발을 위해 연관마커를 통해 마커검정을 실시하였으나, 연관마커와 시료 간의 정보가 일치하지 않았다.

표 26. 유전자별 연관마커를 통한 마커검정 결과

No.	품종	gene	sh2 마커					su 마커				se 마커					
			umc2174	dupssr33	umc1257	umc2277	sh2_F2R2	phi95450	phi08090	phi0079	phi0076	umc1551	bnlg1520	phi27434	umc2077	su_w	su_m
1	MIRZA	sh2	AA	AB	AA	AB	AA	BC	BB	AB	AB	AB	AA	AA	AA	AA	AA
2	KHAN	sh2	AA	AB	AA	AA	AA	AC	AB	AA	AB	AB	AA	AA	AB	AA	AA
3	VEGA	sh2	AA	AB	AA	AA	AA	AC	AA	AA	AB	AA	AA	AB	AA	-	AA
4	BARON	sh2	AA	AB	AA	AA	AA	AA	BB	AA	AC	AA	AA	AB	AA	-	AA
5	CARAMELO	sh2	AA	AA	AA	BB	AA	AA	BB	AA	AC	AA	AA	BC	AB	-	AB
6	VISIONMXR	sh2	AA	AB	AA	BB	AA	AA	BB	AB	AC	AA	AA	AA	AA	AA	AA
7	BSS1075	sh2	AA	AB	AA	AB	AA	AC	AA	AA	AC	AA	AA	AA	AB	-	AB
8	GSS1170	sh2	AA	AA	AA	AB	AA	AC	AA	AB	AC	AA	AA	AA	AA	AA	BB
9	EARLIVEE	su	AB	AC	AA	AB	BB	BC	AB	AA	CC	AA	AA	DD	AB	-	BB
10	SILVERQUEEN	su	AA	AB	AA	AB	AB	AB	AA	AA	BC	AB	AB	AD	AB	-	AB
11	COLOROWTSW	se	AA	AA	AA	AB	BB	AC	AA	AA	AB	BB	AC	AA	AA	AA	BB
12	SUPERSUNDANCE	se	AA	AB	AA	BB	BB	CD	BB	AA	BC	AB	AA	AD	AB	-	AB
13	SUNDANCE	se	AA	AB	AA	BB	BB	CD	BB	AA	BC	AB	AA	AD	AB	-	AB
14	PRIMUS	se+sh2	AB	AA	AA	AB	AB	BC	AB	AA	BC	BB	AD	AA	AA	AA	BB

3. 단옥수수 계통육성

단옥수수는 형질 발현에 있어 환경의 영향을 많이 받기 때문에 적정 환경에서의 육성이 절대적으로 필요하다. 열대용 단옥수수 품종개발을 담당하고 있는 본 연구기관에서도 이런 환경적인 영향을 고려하여 농우인디아(NSI) 방갈로연구소를 육성기지로 활용하였다.

특히 열대지역의 기후가 kharif(우기), Rabi(건기)로 구분되고 이에 따른 품종요구도도 달라짐을 감안하여 계통육성도 우기와 건기 등 2차례에 걸쳐 실시하여 환경적응성이 우수한 계통을 선발하고자 했을 뿐만 아니라, 연 2세대 진전으로 품종개발 기간을 단축하고자 하였다. 또한, 열대지역에 많이 발생하는 매문병을 중심으로 내병성 품종을 육성하기 위한 연구를 진행하였고, 세대단축을 통한 옥수수 품종개발을 위하여 DH-식물체 생산을 위한 배양연구도 함께 추진하였다.

가. 모, 부계 계통육성

(1) 모, 부계 계통육성은 kharif(우기), Rabi(건기)로 나누어 진행하였다. 우기에는 내병성, 수량성 등이 우수한 계통 선발에 중점을 두었으며, 건기에는 세대진전에 중점을 두었다.

(2) 분리세대(S0~S5)에서는 육성 목표에 따른 개체선발을 하면서 연 2세대 진전하여 품종육성 기간을 단축하고자 하였으며, S6세대부터는 우량 계통과의 교배조합을 작성하여 각 계통의 조합능력을 검정함과 동시에 우수한 조합들을 선발하고자 하였다.

(3) NSI 방갈로연구소에서 진행한 각 연도별 계통육성 현황은 표 27과 같다.

표 27. GSP 2단계 연구기간 연도별 계통육성 현황

Sweet corn breeding material planted in 2017 Kharif, Bangalore	
Generation	**No. progenies**
S0 - S3	356
S4 - S5	111
S6 - S9	414
Backcrossing	18
Total	899

Sweet corn breeding material planted in 2018 Kharif, Bangalore	
Generation	**No. progenies**
S0 - S3	371
S4 - S5	111
S6 - S9	411
Backcrossing	10
Total	903

Sweet corn breeding material planted in 2019 Kharif, Bangalore	
Generation	**No. progenies**
S2 - S3	79
S3 - S4	86
S4 - S6	143
Downy Mildew Res.	65
TLB Res.	101
Conversion (Field corn to Sweet corn)	134
Advanced generations	89
Parents of AET & TCN Hybrids	162
Mithas Female improvement	63
Seed increase	115 rows

SWEET CORN R & D ; Bangalore	
Sweet corn breeding material planted in 2020 Kharif, Bangalore	
Following progenies are planted for inbred development & Seed increase program.	
Generation	**No. progenies**
S3-S4	111
S5-S6	125
TLB Resistance(S3s)	153
Conversion(Field corn to Sweet corn); S3s	134
Other Material (S3s)	73
Advance generations	88
Downy mindew resistance	54
Ear to row selections and parents of 2020 K test hybrids.	273 rows
Mithas Female improvement	63 rows

<1차 옥수수 파종 작업>

<점적 관수 실시>

그림 34. 파종 및 육성포장 사진

나. 매문병 저항성 계통선발

(1) 인도의 kharif season(우기)에는 고온다습 조건 하에 매문병이 빈번히 발생하며, 인도 내 유통되고 있는 단옥수수의 모든 품종은 매문병에 취약하다. 생육 후기에 매문병이 발생하는 것은 단옥수수 생산성과 크게 연관되진 않지만, 유묘기의 매문병 발생은 생산성과 크게 연관될 수 있어 향후 품종개선을 위해서는 저항성 품종개발이 동반되어야 할 것이다.

(2) 저항성 소재 확보를 위해서 2017년에는 일차적으로 기 보유 계통들을 우기에 재배하여 포장발병 유무를 바탕으로 저항성 여부를 탐색하였고(그림 35), 이후에는 터키와 미국 등에서 수집한 유전자원들을 screening하여 저항성 소재를 확보하고자 하였다.

(3) 접종방법은 매문병 균주를 PDA에 25℃에서 14일간 배양해 둔 것을 Plate 1개당 200ml의 멸균수에 마쇄하여 접종 준비한 후 접종원을 옥수수의 생장점(파종하여 초장 80~100cm 정도 되었을 때)에 5ml씩 피펫으로 주입하였다(그림 36). 매문병은 고온 다습조건에서 발병율이 높기 때문에 병 접종 후에는 스프링클러를 설치하여 주간 15min/hr의 간격으로 가습하여 습도를 높게 유지하였다. 접종 후 옥수수가 등숙되면 병의 발현이 본격적으로 시작되므로 주기적으로 병의 발생을 관찰하였다. 조사는 반점의 개수를 기준으로 조사하여 무병징일 경우 이병지수 1, 병반의 개수 또는 면적이 잎의 1~5%일 경우 이병지수 2, 6~20%일 경우 이병지수 3, 21~50%일 경우 4, 50% 이상이면 이병지수 5로 조사하였다.

(4) 기 보유계통에 대한 screen 시험 결과(표 28), S75Ta 연관 계통들이 중도저항성을 나타내었으나 저항성 수준이 높지 않았고, 그 외 유전자원에서는 이병성을 나타내었다. 또 고정계통과는 달리 F2에서는 내병성/이병성의 구분이 모호한 경우가 많이 발생하여 저항성 소재로 활용하기에는 부적합한 것으로 판정하였다. 터키와 미국의 수집자원들도 F1품종들은 중도저항성 수준을 나타내었으나, F2 분리세대에서는 저항성 개체 선발이 어려울 정도로 모호한 경향을 보였다(표 29, 30).

(5) 이처럼 계통이나 품종들은 저항성과 이병성의 구분이 비교적 명확하게 나타났지만, 분리세대인 F2세대 부터는 저항성과 이병성의 분리가 명확하지 않고 전체적으로 이병지수 3 전후의 비교적 높은 발병율을 나타냄으로서 다수의 유전자가 저항성에 관여하는 것으로 예측되며, 결국 매문병 저항성 선발을 위해서는 저항성에 관여하는 인자를 탐색하기 위한

대량의 개체 접종 및 선발을 통해 DNA마커 개발이 필요한 것으로 사료된다.

그림 35. 매문병 포장 발병시험 및 증상

그림 36. 균 현탁액 접종 모습

그림 37. 옥수수 매문병 증상 및 저항성, 이병성 자원
(1) 옥수수 매문병의 병징, (2) 저항성 선발자원 (3) 이병성 자원

표 28. 기보유 계통들에 대한 매문병 포장검정 결과

No.	품종명	종자수	정식주수	접종주수	이병지수 7.24					
					1	2	3	4	5	Avr.
1	S75Ta	30	26	24		24				2.0
2		30	17	17		9	8			2.5
3		30	28	27		26	1			2.0
4		30	30	30		12	18			2.6
5		30	25	9		7	2			2.2
6		30	26	24		11	13			2.5
7		30	21	21		15	6			2.3
8		30	4	3		3				2.0
9		30	25	25		25				2.0
10	S75Ta	30	20	19		19				2.0
11		30	15	15		15				2.0
12	S75Ma	30	30	30				30		4.0
13		30	13	10				10		4.0
14	MaTa	30	27	25				25		4.0
15		30	27	21				21		4.0
16	16IS5104	150	100	F2 분리						
17	16IS5104	150	74							
18	FITO	150	125							
19	YELLOW	150	94							
20	ASIA	150	88							
21	SUGAR STAR	150	122							
22	DONG	150	83	83				83		4.0
23	BD	150	128	128			118	10		3.1
24	15IS1213	150	107	107			99	8		3.1
25	15IS4165	150	119	119			119			3.0

표 29. 터키 수집 유전자원들이 매문병 검정 결과

BN	품종명	파종립수	정식주수	이병지수 avr.	비고
20DM-1	MIRZA	50	44	2.9	
20DM-2	KHAN	50	41	3.0	
20DM-3	BARON	50	46	3.1	
20DM-4	Summer Sweet 6800R	50	46	3.0	
20DM-5	MIRZA	250	177	3.1	
20DM-6	KHAN	250	195	3.1	
20DM-7	BARON	200	148	3.3	
20DM-8	Summer Sweet 6800R	200	187	3.2	

표 30. 미국 수집자원의 매문병 검정

No.	품종명	종자수	접종주수	이병지수 7.19						비 고
				1	2	3	4	5	Avr.	
1	NW001	30	30	25	5				1.2	저항
2	NW002	30	27	7	18	2			1.8	저항
3	NW003	30	28	17	11				1.4	저항
4	NW004	30	30	8	22				1.7	저항
5	NW005	30	9	4	5				1.6	저항
6	NW006	30	27	11	15	1			1.6	저항
7	NW007	30	27	11	16				1.6	저항
8	NW008	30	21	3	18				1.9	저항
9	NW009	50	45		2	32	11		3.2	이병
10	NW010	50	44		16	28			2.6	이병
11	NW011	50	41		14	16	11		2.9	F2
12	NW012	50	42		12	12	18		3.1	F2
13	NW013	50	48			42	6		3.1	F2
14	NW014	50	47		1	34	12		3.2	F2
15	NW015	50	48		5	21	22		3.4	F2
계		590								

다. 옥수수 DH 식물체 생산기술 연구

(1) 2020년, 2021년도에는 옥수수 배가반수체 생산을 위한 조건을 확립하고자 하였다. 옥수수는 6월 중순경부터 꽃대 올라오기 시작하므로, 이때부터 약을 채취하여 배양 조건을 확보하기 위한 실험을 실시하였다.

(2) 먼저 배양조건을 확보하기 위하여 꽃대가 올라오면서 화지 및 꽃봉오리의 시기별 조건 시험을 하고자 포영(glume)이 벌어지기 전 화지를 잘라 위쪽 부분과 아래쪽 부분을 나누어 배양 반응을 조사하였으며, 배지종류와 생장조절제 종류 및 농도를 조절한 4가지 배지에 배양하였다. 또한 약 배양 및 화아 분화에 전처리가 효과적이라고 알려져 있어 약배양전 화지를 잘라 계통별 저온(7C', 10C'), 고온(30C') 처리를 하여 배양 반응을 조사하였다.

그림 38. 옥수수 재배 및 꽃대 유기

(3) 식물체의 상태 및 화지에 따라 최대 14,385개 최소 5,931개의 약을 치상하였다.

(4) 모든 꽃봉오리는 포영이 벌어지기 전에 화지에서 분리하여 2% sodicum hypochlrorite에 10min 소독 후 배지 치상하였다. 전처리에 따른 약배양 효과는 저온 7C' 7일 처리한 처리구에서 약이 부풀어 오르고 약벽이 벌어지는 경향을 나타내었다(그림 39). 전처리 저온 처리구에서 약간의 캘러스가 생성되는 것을 확인하였다. 하지만 생장조절제 농도가 공기재료 계통들의 최적 조건을 확립하지 못하여 더 이상의 캘러스 분화 및 신초 유도는 확인할 수 없었다. 이 계통들에 따른 추가적인 생장조절제 종류 및 농도 처리가 필요한 것으로 사료되었다.

표 31. 옥수수 계통별 약 배양

Genotype	No. anther
1	14,85
2	14,063
3	5,931
4	6,974
총 계	41,353

표 32. 전처리 온도

Genotype	7C'	15C'	32.5C'
1	***	**	*
2	***	***	*
3	***	**	**
4	***	*	*

*: 반응정도를 나타냄

(5) 전처리 처리 후 배지 2종류에 사이토키닌과 오옥신 농도를 조합하여 계통별 약 배양 반을을 조사하였다. 사이토키닌에 오옥신 종류인 IAA 처리 조합이 IBA와 2,4-D 조합 처리구 보다 약이 부풀어 오르거나 약벽이 터지는 반응이 나타났으며, 갈변억제에 더 효과적이었다. 하지만 추가 계대배양을 실시한 후에도 더 이상의 생장이나 신초 유도가 보이지 않았다. 계통별 생장조절제 농도에 대한 최적 조건 확립이 필요하다.

그림 39. 7C' 전처리 후 절편체 반응

그림40. 옥수수 약 배양

4. 단옥수수 성능검정

가. 1차년도 성능검정(1차)

(1) 인도 방갈로연구소와 한국 여주연구소에서 16IS6004조합 등 총 23조합과 대비품종 Mithas(Nongwoo), Sugar 75(Syngenta)에 대하여 성능검정을 실시하였다(표 33).

표 33. 1차년도(1차) 성능검정 경종개요

공시조합	시험지역	파종	조사	시험결과	비 고
16IS6004, 16IS6149, 16IS6158, 16IS6161 16IS6163, 16IS6191, 16IS6192, 16IS6223 16IS7004, 16IS7005, 16IS7006, 16IS7012 16IS7022, 16IS7024, 16IS7029, 16IS7045 16IS7047, 16IS7054, 16IS7055, 16IS7108 16IS3324, 16IS5417, 16IS2338, 16IS2288	한국	5.25	8.26	3조합 예비선발	16IS7029 16IS7054 16IS7055
	인도	6.22	9.13	3조합 예비선발	16IS6149 16IS7045 16IS7055

(2) 한국 시험결과 Mithas를 대비로 했을 때, 특성이 우수한 3조합(16IS7029, 16IS7054, 16IS7055)을 예비선발하였다. 선발조합은 대비품종에 비해 이삭 맺힘이 우수하며, 생산성이 높았고, 이삭장/이삭폭 등에서 대비품종 보다 우수한 결과를 나타났으며, 숙기가 빠르며, 재배안정성이 우수하였다(그림 41).

(3) 한국 시험성적과 달리 인도에서의 시험에서는 모든 조합들이 대비품종인 Mithas, Sugar 75보다 이삭크기(생산성)가 높지 않았다. 하지만 16IS6149, 16IS7045, 16IS7055 등 3조합은 이삭 맺힘과, 당도, 재배안정성이 우수하여 예비선발하였다(그림 42).

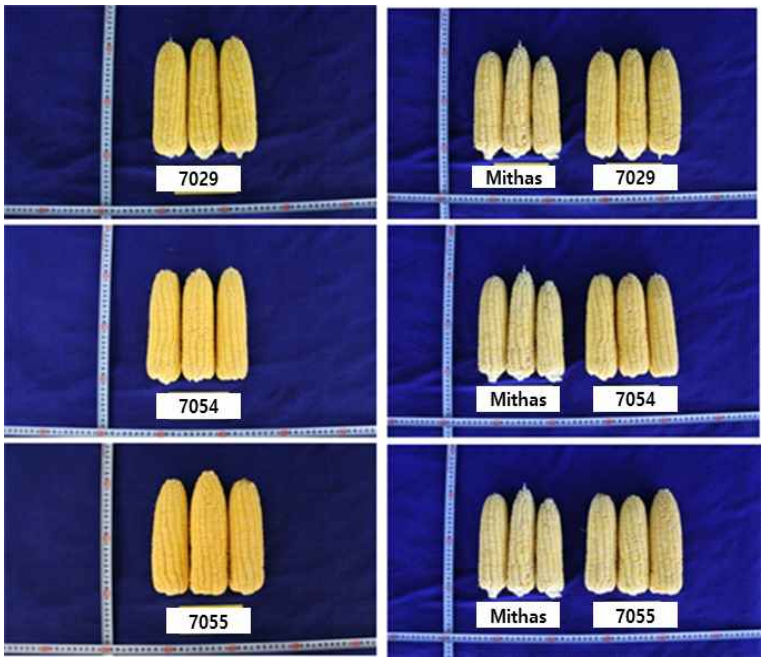


그림 41. 1차년도 단옥수수(한국) 선발조합 사진

그림 42. 1차년도(1차) 단옥수수(인도) 선발조합 사진

나. 1차년도 성능검정(2차)

(1) 인도 방갈로연구소에서 2차 성능검정을 우기에 실시하였다(표 34). 대비품종은 Mithas, Hibrix54, Sugar 75, Golden Sweet 등 4개 품종을 사용하였다.

(2) 16IS1301, 16IS1113, 16IS1114, 16IS1206 등 4개 조합은 Mithas보다는 생산성은 높지 않고, 낱알 배열이 곧지 않은 단점이 있었으나, Mithas 외 타 대비품종에 비해서는 생산성이 높으며, 이삭(낱알)맺힘이 우수하였고, 초세가 안정적인 것으로 확인되어 선발하였다(그림 43).

표 34. 1차년도 우기 성능검정 경종개요

공시조합	시험지역	파종	조사	시험결과	비 고
16IS1011, 16IS1109, 16IS1301, 16IS1111, 16IS1112, 16IS1113, 16IS1114, 16IS1206, 16IS1226, 16IS1233, 16IS1302, 16IS1238, 16IS1241, 16IS1243,	인도	6.22	9.11	3조합 선발	16IS1301 16IS1113 16IS1114 16IS1206

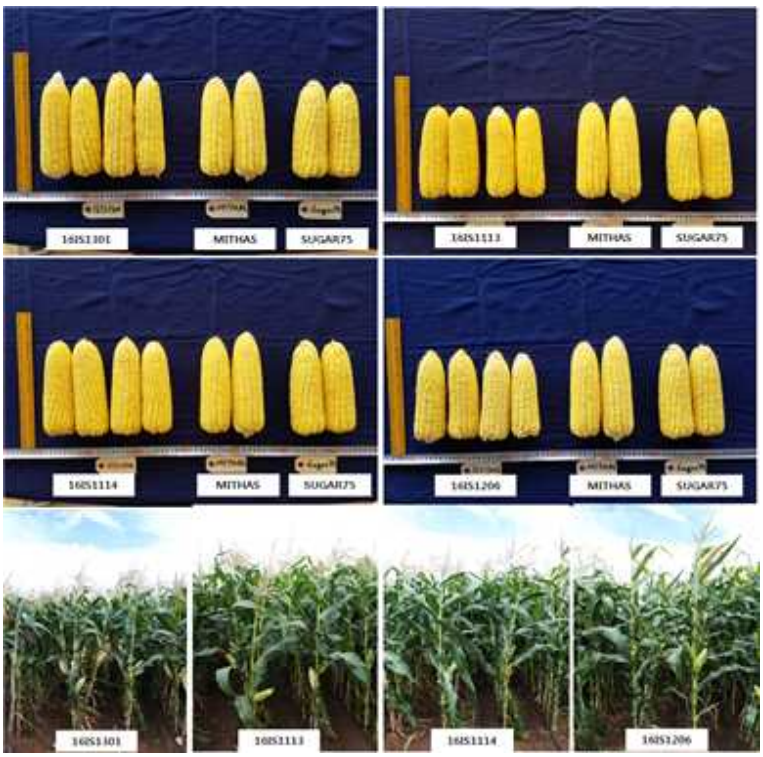


그림 43. 1차년도 2차 성능검정 선발조합 사진

다. 1 세부과제(충북대) 인도현지 조합능력검정(1차년도)

(1) 1 세부과제 작성한 17BLR-01 등 총 8조합에 대하여 인도 방갈로연구소에서 조합능력검정(성능검정)을 실시하였다. 파종은 2017년 6월 5일하였고, 조사는 8월 28일에 진행하였다.

(2) 시험결과 대비품종은 Mithas에 비해 공시조합 모두 이삭크기가 작게 나왔으며, 이삭맺힘이 좋지 않고, 낱알이 작은 특성을 보였다. 당도는 14~16brix로 가공용 단옥수수

에 적합하였으나, 생산성이 우선시되는 인도 단옥수수 시장에 공시조합 모두 적합하지 않은 것으로 판단하였다.

표 35. 1차년도 1세부과제 단옥수수 시험결과 파종 2017.06.05, 조사 : 017.08.28

	Davsto 50% SLK	Davsto 50% PS	Plant Hgt (cm)	Ear Hgt (cm)	Ear Wt with husk (kgs)	Ear Wt without husk (kgs)	Ear len. (cm)	Ear width (cm)	No.of Rows	Tipfill Score	Brix %
17BLR-01	53	53	236.3	98.7	28.0	20.3	18.7	5.5	17.7	7.0	14.7
17BLR-02	53	53	241.7	94.3	25.3	18.2	19.3	5.2	16.0	7.7	15.1
17BLR-03	55	54	223.3	87.7	25.6	17.7	19.0	4.8	16.7	7.7	15.4
17BLR-04	56	55	244.3	104.3	24.9	18.9	18.7	5.1	16.0	8.0	15.8
17BLR-05	56	56	244.3	100.0	19.0	14.5	16.4	4.7	16.0	8.0	16.6
17BLR-06	56	55	244.3	101.7	21.0	16.0	19.0	4.9	16.0	7.3	15.5
17BLR-07	56	54	234.7	90.0	26.7	19.2	19.5	5.0	17.7	7.0	16.0
17BLR-08	55	54	237.7	108.3	30.2	21.3	19.3	5.2	16.7	7.7	14.0
Sugar75	56	55	253.3	93.3	26.7	18.4	19.7	5.3	16.0	7.0	13.8
Mithas	54	54	245.3	98.0	24.2	18.6	20.4	5.8	16.0	8.3	14.1

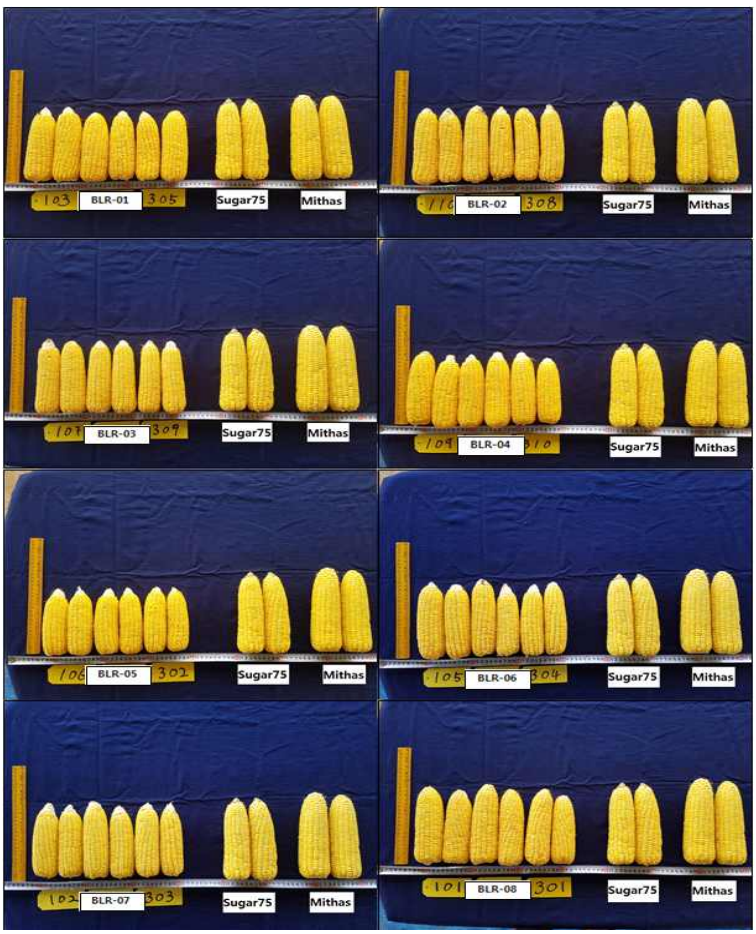


그림 44. 제 1세부과제 단옥수수 이삭사진

라. 2차년도 단옥수수 성능검정(인도)

(1) 2017년 건기에는 인도 방갈로연구소에서 2016년 선발조합 등 총 11개 조합에 대하여 성능검정을 실시하였다. 대비품종은 Mithas, Sugar 75, 16IS3237, Misthi, Hibrix 53,

Golden Sweet Super로 하였으며, 파종은 12월 1일 직파로 하였고, 특성조사는 2018년 3월 2일에 실시하였다(표 36).

(2) 건기의 이상고온에 의해 생육이 전반적으로 좋지 않았고, 이삭 맺힘이 잘 이루어지지 않았으나, 고생산성을 보이는 16IS1301, 16IS1113, 16IS1114 등 3조합을 선발하였다. 선발조합은 대비품종 보다 숙기가 2~4일 빠른 조숙종이며, 이삭 맺힘(tip fill)이 상대적으로 우수하고, 줄기마름병에 일부 저항성을 나타났다. 또한 생산성이 높고 이삭의 크기가 큰 특성을 보였으나, 순도가 다소 떨어지며, 초세가 약한 단점이 나타났다(그림 45).

표 36. 2차년도 건기 시험조합 리스트

E.No	Combinations	E.No	Combinations	E.No	Combinations	E.No	Combinations
1	16IS1301	5	16IS1007	9	16IS3217	13	16IS3237
2	16IS1113	6	16IS1010	10	16IS1796	14	Hibrix 53
3	16IS1114	7	16IS7405	11	MITHAS	15	Golden Sweet Super
4	16IS1114-2	8	16IS2288	12	SUGAR 75	16	MISTHI

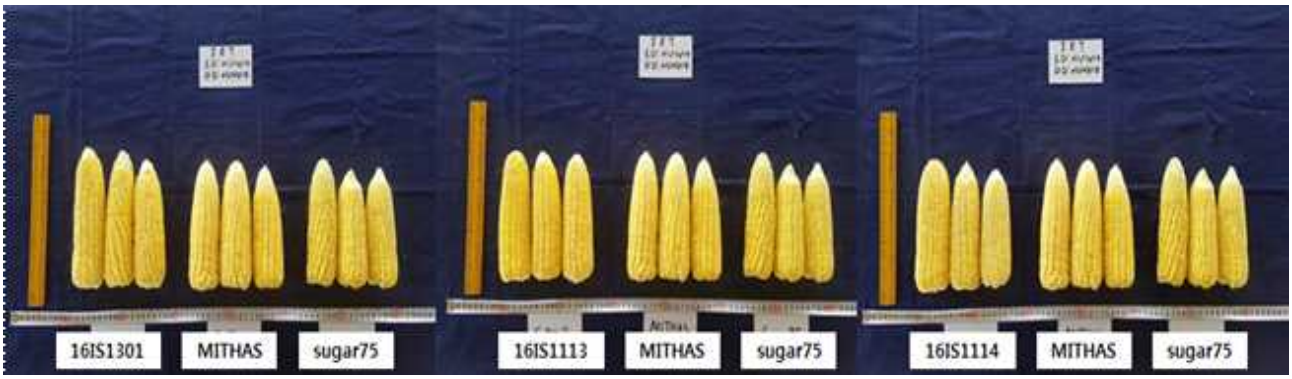


그림 45. 2차년도 건기시험 이삭사진

(3) 또한 2018년(2차년도) 우기에 새롭게 작성된 조합에 대하여 방갈로연구소에서 성능검정을 실시하였다. 공시조합은 18IS2363 등 총 30개 조합이며, 대비품종은 인도에서 판매되고 있는 9개 품종이었다. 파종은 2018년 6월 15일 직파로 하였고, 특성 조사는 2018년 9월 4일에 실시하였다(표 37).

표 37. 2018년 우리 성능검정 공시재료

E.No	Combinations	E.No	Combinations	E.No	Combinations	E.No	Combinations
1	16IS3237	9	18IS2374	17	18IS2414	25	18SIS432
2	16IS1796	10	18IS2399	18	18IS8429	26	CBNU-1
3	16IS2288	11	18IS2401	19	18IS2418	27	CBNU-2
4	16IS3217	12	18IS2402	20	18IS2420	28	CBNU-3
5	16IS7405	13	18IS2403	21	18IS2423	29	16IS1113
6	18IS2363	14	18IS2410	22	18IS2425	30	16IS1114
7	18IS2367	15	18IS2411	23	18IS2427		
8	18IS2406	16	18IS2413	24	18IS2431		
대비품종	Mithas(Nongwoo), Sugar 75, Tang 75(Syngenta), Misthi(Nuzveedu), Golden Sweet(CP), Atimadhur(JK), Hi-brix 53(UPL), Golden Cob(East-West), Sweet Glory(Indus Seeds)						

(4) 성능검정 결과 2017년부터 시험 중인 16IS1114조합을 1순위로 선발하였다. 선발 조합은 초세가 안정적이고, 그동안 문제되었던 순도가 향상되었으며, 시험포장에서는 TLB(매문병), Late wilt(줄기마름병)의 이병도 적게 나타났다. 하지만 Mithas 대비 낱알은 다소 작은 결과를 얻었다. 16IS1114조합 외에 모양, 생산성, 낱알 맺힘 등이 비교적 양호한 18IS2411, 18IS2414, 18IS8429 등 3개 조합에 대하여도 예비 선발하였다(그림 46, 47).

그림 46. 2018년 우기 성능검정 선발조합(16IS1114) 이삭 및 식물체 사진

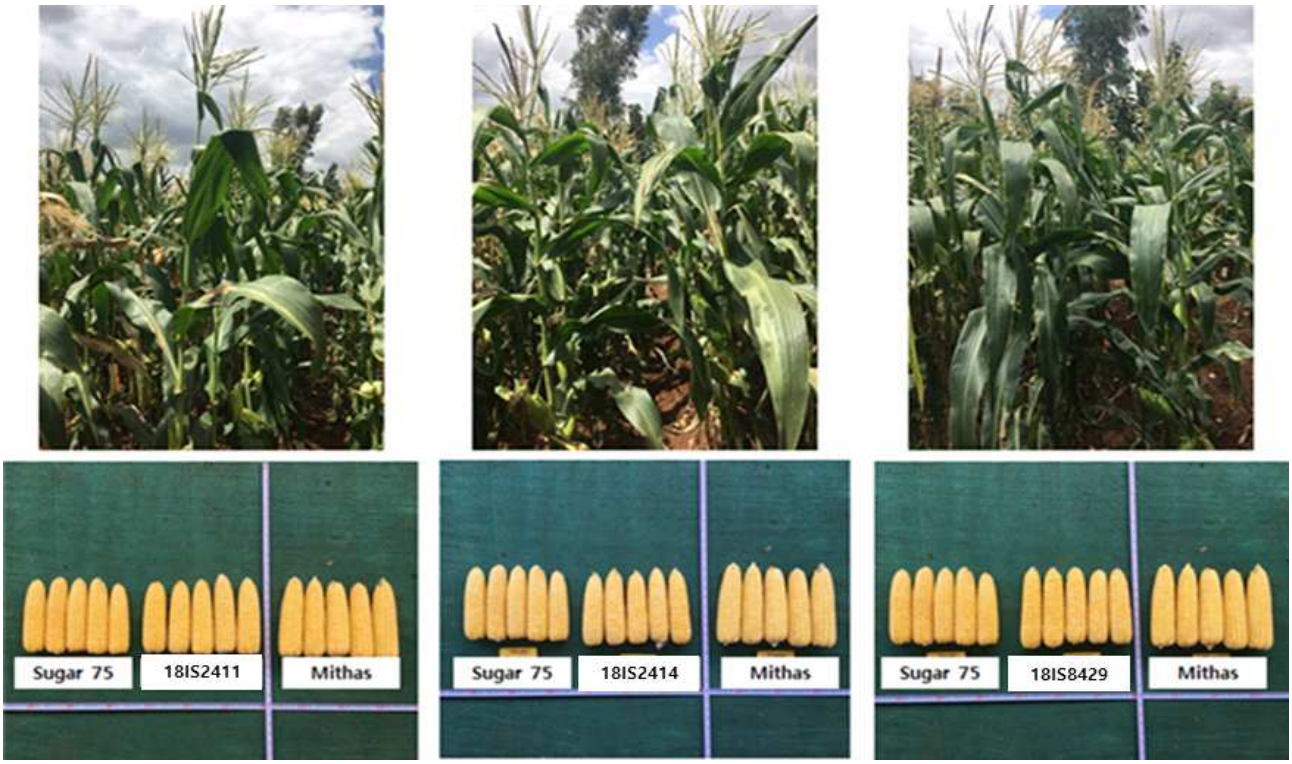


그림 47. 2018년 우기 성능검정 선발조합(18IS2411, 2414, 8429) 이삭 및 식물체 사진

마. 3차년도 성능검정

(1) 3차년도 성능검정(18년도 조합-재시험)은 기존 선발조합인 16IS1113, 16IS1114조합을 포함하여 총 11개 조합을 Mithas, Sugar 75, SN, Misthi, Ati Madhur, GSS, Thanaphone, Hibrix 53 등 7개 품종을 대비로 시험하였다. 파종은 2019년 5월 31일

직파로 하였고, 특성조사는 2019년 8월 20일에 실시하였다(표 38).

(2) 시험결과, 총 2조합(18IS022, 18IS159)을 예비선발하였다. 선발된 조합은 이삭장은 짧으나 이삭 끝까지 낱알이 맺혀 생산성이 뛰어나고, 줄기마름병에 내성을 보였다. 초장은 작으나 초세가 강해 재배안정성이 뛰어났으며, 당도는 15%내외로 가공용 시장에 적합한 특성을 보였다(그림 48).

표 38. 3차년도 인도 성능검정 공시재료

E.No	Combinations	E.No	Combinations	E.No	Combinations	E.No	Combinations
1	18IS 021	5	18IS 070	9	18IS 132	13	16IS 1114
2	18IS 022	6	18IS 090	10	18IS 159		
3	18IS 023	7	18IS 100	11	18IS 174		
4	18IS 047+049	8	18IS 106	12	16IS 1113		

그림 48. 2019년 성능검정(18년 조합-재시험) 선발조합

(3) 2019년도의 신조합들에 대한 성능검정은 공시조합 19IS001조합 등 총 90개 조합이며, 대비는 Mithas, Sugar 75품종을 사용하였다. 시험결과, 19IS003조합 등 11조합을 예비선발하였다. 선발된 조합은 가공용 시장에 맞게 생산성이 우수하고, 이삭 맺힘이 뛰어난 특성을 보였다.

그림 49. 2019년 성능검정(19년 신조합) 예비선발 조합

바. 4차년도 성능검정

(1) 인도 방갈로연구소에서 20IS001조합 등 총 72개 신조합들에 대하여 성능검정을 실시하였으며, 시험 결과 20IS009 등 5개 조합 선발을 선발하였다. 20IS009, 010, 019, 025, 027조합은 숙기는 기존 품종대비 비슷하지만, 낱알 맺힘과 균일성이 우수하고 생산성이 높게 나타났다. 20IS065조합은 생산성은 다소 떨어지나 숙기가 기존품종대비 1주일 정도 빨라 조생시장에 적합할 것으로 판단되었다.

그림 50. 2020년(신조합) 성능검정 선발조합

(2) 2018년과 2019년 성능검정에서 1차 선발한 조합들에 대하여 2차 성능검정을 실시하였다(표 39). 공시조합은 18IS022조합 등 총 15개 조합이며, 성능검정 결과 18IS022 등 5개 조합을 선발하였다. 선발된 조합은 이삭 맺힘과 생산성이 우수하며, 당도가 높은 특성을 보였다.

(3) 4차년도는 COVID19 팬데믹 영향으로 연구농장 내 출입 가능한 인력이 극히 제한된 관계로 성능검정 업무도 예년과 같은 정상적으로 진행되지 못하였다.

표 39. 2020년 성능검정(구조합) 공시재료

E.No	Combinations	E.No	Combinations	E.No	Combinations	E.No	Combinations	E.No	Combinations
1	18IS 022	5	19IS 006	9	19IS 007-4	5	19IS 015	13	19IS 075
2	18IS 159	6	19IS 007-1	10	19IS 009	6	19IS 041	14	16IS 1114
3	18IS 159(R)	7	19IS 007-2	11	19IS 011	7	19IS 047	15	
4	19IS 003	8	19IS 007-3	12	19IS 014	8	19IS 051	16	

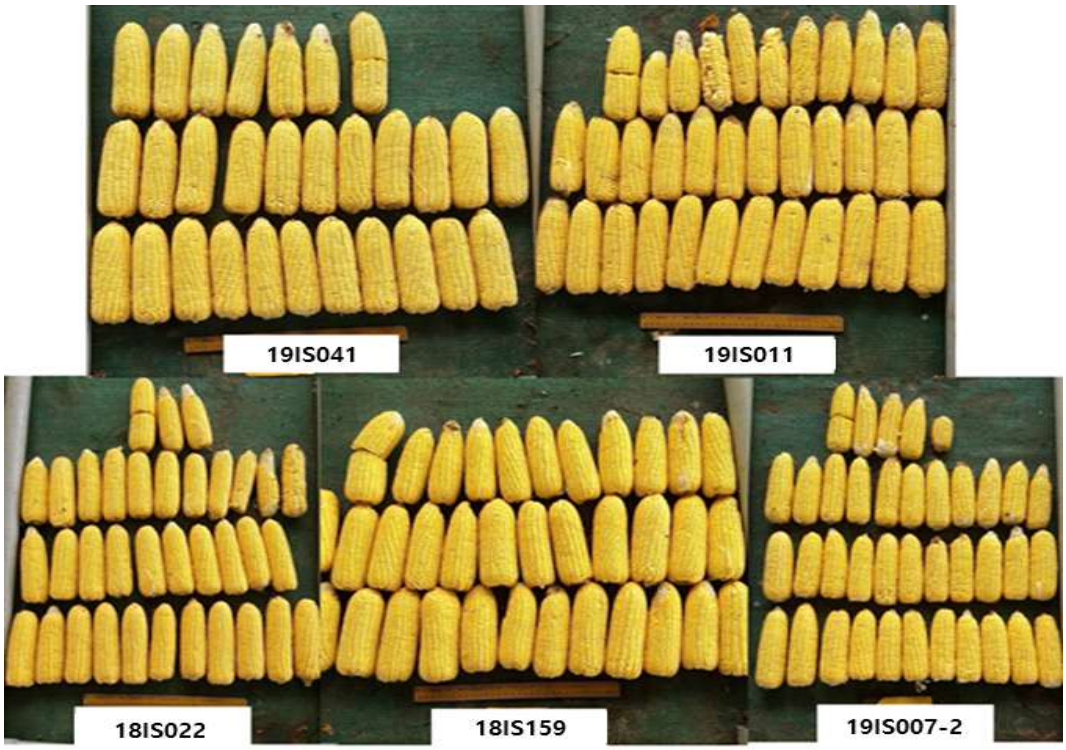


그림 51. 2020년 성능검정(구조합) 선발조합

5. 단옥수수 적응성시험

대부분 작물들의 품종개발에 있어 적응성 시험은 필수적이라 할 수 있다. 이는 작물이 생육하는데 있어 환경이나 재배방법 등의 영향이 매우 크기 때문이다. 특히, 품종육성 장소와 주 재배단지가 다르기 때문에 나타나는 특성 발현의 차이나 리스크를 없애기 위해서는 다양한 지역, 다수의 재배농가에서 적응성 시험을 거쳐야 한다.

본 세부프로젝트의 적응성 시험은 크게 3가지로 구분할 수 있다. 첫째, GSP 1단계 연구기간 동안 선발하고 상업화한 Mithas의 판매 확대를 위해 인도의 다양한 주와 인도 외 다른 국가에서 적응성 검정을 실시하였다. 둘째, NSI 방갈로연구소의 성능검정에서 선발된 조합들의 성능을 파악하고 시장 런칭 가능성을 타진하고자 인도 주요 재배단지에서 적응성 시험을 진행하였다. 셋째, 제 1세부과제에서 선발된 조합들의 인도 내 적응성 검정을 실시하는 것이다.

가. Mithas 해외 적응성시험 실시

(1) Mithas의 시장 확대를 위해 중앙아시아(우즈베키스탄, 키르기즈스탄), 러시아, 도미니카공화국, 필리핀 등에서 적응성 시험을 실시하여, 인도 외 다른 국가로 판매권역 확대를 도모하고자 하였다.

(2) 도미니카공화국에서는 선도품종은 FITO社의 SF-201품종으로 Mithas의 현지 시험결과 대비품종 보다 숙기가 2주정도 느린 결과를 얻었다. 하지만 SF-201품종보다 이삭 무게 및 이삭장이 크며, 식물체당 2개를 수확할 수 있는 장점을 보여 생식용 시장에 적합한 것으로 보여 졌으며, 대비품종보다 초세, 초장이 큰 특성은 이삭 수확 후 옥수수 건초를 동물용 사료로 활용할 수 있다고 판단하였다(표 40, 그림 52).

표 40. 도미니코공화국 Mithas 시험결과표 파종 '17. 2. 22

	cycle time (days)	size (inches)	weight (pounds)	color	brix(%)	fruits/plant
Mithas	75	10	0.95	yellow	14	2
SF-201	60	8	0.73	yellow	16	1

그림 52. 도미니카공화국 적응성 시험 이삭비교사진(左 Mithas, 右 SF-201)

(3) 그 외 중앙아시아, 러시아의 경우 온대권기후로 열대품종인 Mithas의 적응성이 우수하지 못한 것으로 확인되었다(그림 53). 반면, 필리핀은 열대국가 임에도 불구하고 Mithas의 이삭 균일성이 고르지 못하고, 이삭무게가 대비품종과 비교하여 40g정도 낮은 특성을 보이는 등 인도와는 다른 양상을 보였다. 또한 당도도 10brix로 대비품종인 Sugar Max보다 2brix 낮게 나와 선발하지 못하였다(표 41, 그림 54).

그림 53. 러시아 시험결과 사진

표 41. 필리핀 시험결과표 파종 : '17. 7. 22

	Mithas	Sweet Grande	Sugar Max
Plant Growth Uniformity	uniform	moderately uniform	uniform
Vigor at Harvest	vigorous	vigorous	vigorous
Plant Height(cm)	220.60	225.50	212.00
Maturity	75 DAS*	75 DAS	75 DAS*
Ear Uniformity	moderately uniform	uniform	moderately uniform
Kernel Color	dark yellow	dark yellow	yellow
Cob Length(cm)	22.67	23.30	20.33
Cob Diameter(cm)	5.50	5.23	5.63
Rows	14	14	14
Ear Weight with Husk(g)	380.77	395.83	425.00
Brix(%)	10	13	12

*DAS : days after sowing

그림 54. 필리핀 Mithas 시험

나. 인도 외 열대국가 적응성 시험(1차년도)

(1) Mithas는 상업화되어 판매가 시작되었으나, 후속품종 개발 및 새로운 단옥수수시장 개척을 위해 2단계 시작과 동시에 필리핀, 인도네시아, 중국, 한국 등 국가에서 적응성 검정을 실시하였다. 1단계 연구기간 동안 NSI에서 육성한 다양한 F1조합들을 이들 국가에 공시하여 우선적으로는 Mithas 후속품종의 선발 가능성을 타진하고, 아울러 다양한 환경 하에서 조합들의 형질발현을 조사하여 양친 계통들의 환경적응성 여부 등을 역추적 검토하여 향후 육성을 위한 기초자료로 활용하고자 함이다. 시험조합 및 지역 리스트는 아래 표와 같다.

표 42. 1차년도 적응성시험 내역

	시험조합	장소	파종	선발조합
필리핀	16IS7405, 3217, 1796, 2288, 2338, 5417, 3324, 5104	Antipolo, Bongabon 등	`17. 11. 8	없음
인도네시아	16IS7405, 3217, 1796, 2288, 2338, 5417, 3324 15IS1201, 1293, 0420, 4165, 3666	Sayung	`18. 1. 29	없음
한국	16IS7405, 3217, 1796, 2288	여주연구소	`17. 5. 25	없음
중국	15IS1201, 1293, 0420, 4165	广西玉林市	`17. 4. 10	없음

(2) 필리핀, 인도네시아의 경우 품종요구도가 다른 열대나라보다 높고, 무엇보다 재배환경이 고온다습한 지역으로 병 발생이 빈번하여 내병성 품종이 요구되었다. 하지만 시험조합의 적응성 시험 결과 대부분의 조합들이 내병성에 매우 취약했으며(매문병, 녹병), 이

삭의 Husk Leaf가 발생하여 상품성이 떨어지는 문제점이 발생하였다. 무엇보다 각국의 선도품종 대비 생산성에서 크게 뒤지는 것으로 나타났다. 중국에서는 내병성은 특별히 문제가 되지 않았으나 이삭이 선도품종들에 비해 작고 수량성이 떨어지는 경향이었고, 한국에서는 열대용 품종의 적응성이 떨어지는 것으로 확인되었다.

(3) 결론적으로 Mithas의 후속품종 선발은 어려웠으며, 금번 시험결과로 현지 국가에서의 다양한 유전자원 수집으로 체계적인 육성을 하지 않는다면, 인도 외 국가로의 확대 적용은 당분간 어려울 것으로 확인하였다.

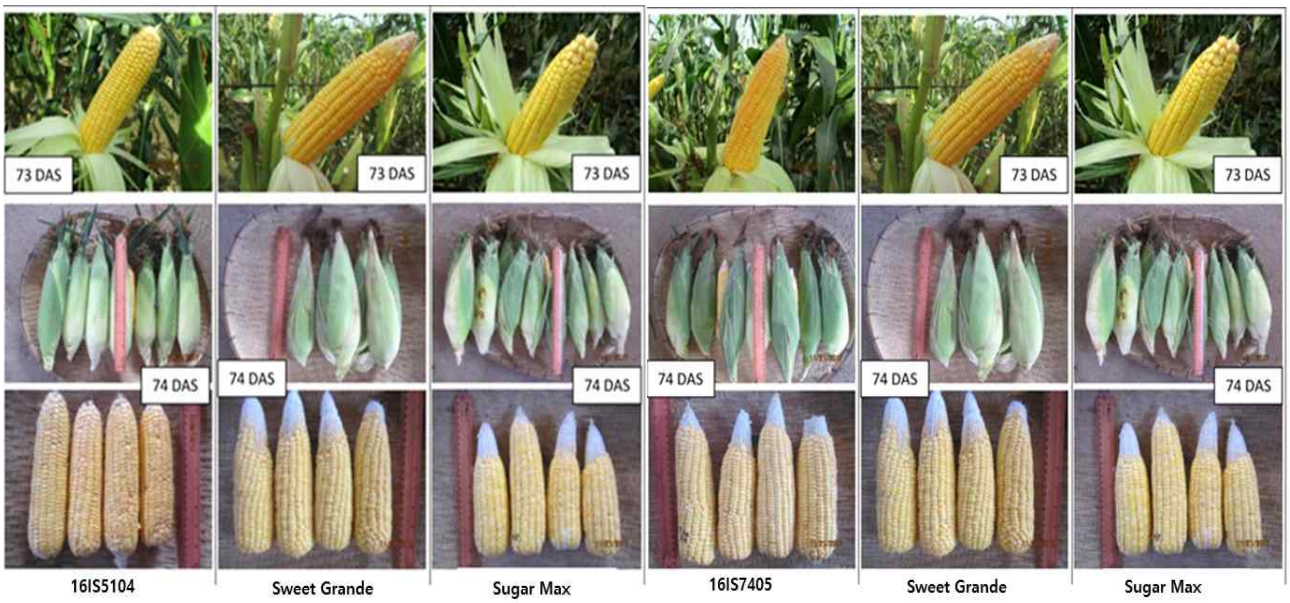


그림 55. 필리핀시험 시험조합 이삭사진

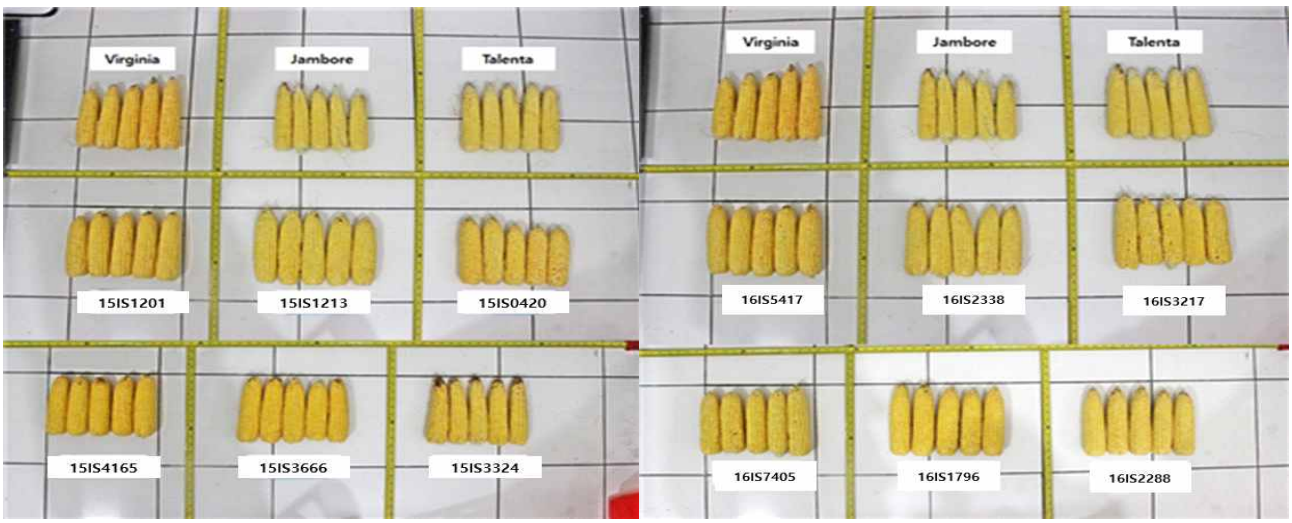


그림 56. 인도네시아 시험조합 이삭사진

그림 57. 한국 시험조합 이삭사진
(Sugar 75, 16IS7405, 16IS1796, 16IS2288, 16IS3217, Mithas)

표 43. 한국 적응성 시험 결과

	No. of ears	PL. Hgt (cm)	PL. Hgt (cm)	Ear length (cm)	Ear width (cm)	No. of Row	Ear Wt. with husk (g)	Ear Wt. with husk (g)	Tip Fill	brix (%)
16IS7405	16.3	356.3	180.7	22.4	5.0	16.4	356	240	6	14.9
16IS1796	14.0	334.3	139.0	21.8	5.0	15.6	358	260	6	15.4
16IS2288	23.7	316.7	174.3	21.6	5.1	16.0	363	260	7.5	14.4
16IS3217	13.0	322.7	143.0	21.5	4.9	15.6	323	240	5.5	16.6
Mithas	16.3	336.7	141.0	22.2	5.1	15.1	350	240	8	14.8
Sugar 75	11.0	308.7	135.7	20.1	4.5	14.7	290	200	5.5	15.1

표 44. 필리핀 적응성 시험 결과

	Plant Uniformity	Vigor	Stem Size	Plant Height (cm)	Ear Uniformity	Husk Color	Husk Cove	Kernel Color	Row	Ear Length (cm)	Ear Diameter (cm)	Brix (%)	Remarks
16IS7405	uniform	vigorous	medium	260	moderately uniform	dark green	tip fill	dark yellow	14	19.52	5.5	14.4	selected
16IS5104	uniform	vigorous	medium	253.5	uniform	green	more tip fill	dark yellow	16	20.48	5.18	12.0	selected
16IS2338	uniform	vigorous	medium	256.3	uniform	dark green	tip fill	yellow	14	18.74	5.3	14.0	
16IS3217	uniform	vigorous	large	250.2	uniform	green	tip fill	dark yellow	16	20.3	5.6	13.1	
16IS5417	moderately uniform	vigorous	medium	242.5	moderately uniform	green	more tip fill	dark yellow	18	19.98	5.4	14.3	
16IS3324	uniform	vigorous	medium	243.5	moderately uniform	green	exposed tip	dark yellow	14	22.32	5.3	13.0	
16IS1796	uniform	moderately uniform	medium	258.5	uniform	dark green	more tip fill	dark yellow	16	20.96	5.7	13.3	
16IS2228	uniform	vigorous	medium	240	moderately uniform	green	tip fill	dark yellow	16	19.94	5.5	11.8	
Sweet Grande	uniform	vigorous	medium	252.5	moderately uniform	green	more tip fill	yellow	14	20.18	5.4	14.8	check
Sugar Max	uniform	vigorous	medium	237.1	moderately uniform	dark green	more tip fill	dark yellow	16	20.24	5.7	15.3	check

표 45. 인도네시아 적응성 시험 결과

Parameter	Virginia	Jambore	Talenta	15IS1201	15IS1213	15IS0420	15IS4165	15IS3666	16IS3324
Stem color	Strong Yellow green	Moderate Yellow Green	Moderate Yellow Green	Moderate Olive Green	Moderate Olive Green	Moderate Olive Green	Moderate Olive Green	Moderate Yellow Green	Moderate Yellow Green
Leaf color	Greyish Olive Green	Greyish Olive Green	Greyish Olive Green	Greyish Olive Green	Greyish Olive Green	Greyish Olive Green	Greyish Olive Green	Greyish Olive Green	Greyish Olive Green
Plant height (cm)	221.8	227.0	201.1	215.5	178.8	211.7	227.7	206.7	193.8
Stem diameter (cm)	3.07	3.38	3.41	3.04	3.17	3.55	2.9	3.5	3.3
Cob shape	Silindris	Silindris	Silindris	Silindris	Silindris	Silindris	Silindris	Silindris	Silindris
Cob length with husk leaves	29.8	31.1	29.8	25.6	30.3	27.8	28.1	27.1	28.5
Cob diameter with husk leaves	6.8	5.8	6.2	6.5	6.8	6.2	6.4	6.7	6.5
Cob length without husk leaves	23.3	22.1	23.5	21.7	23.4	19.9	21.8	21.2	22.8
Cob diameter without husk leaves	5.3	4.5	4.9	5.5	5.7	5.3	5.2	5.5	4.9
Amount of kernel line	14.0	16.0	16.0	14.0	16.0	16.0	16	16	14
Sugar levels (°brix)	14.1	15.7	15.3	14.2	13.9	14.4	15.6	14.1	15.4
Cob weight with husk leaves	521.4	463.4	535.0	455.0	568.0	457.9	465.5	474.6	468.9
Cob weight without husk leaves	348.3	279.3	345.8	365.1	381.9	308.8	333.9	351.1	325.7
Results per plot (kg)	31.44kg (66 cobs)	26.70kg (67 cobs)	40.59kg (80 cobs)	22.61kg (52 cobs)	33.05kg (65 cobs)	29.74kg (72 cobs)	33.12kg (75 cobs)	34.9kg (76 cobs)	36.26kg (82 cobs)
Results per hectare (ton/ha)	10.91	9.13	11.62	9.96	11.65	9.46	10.11	10.52	10.13

표 45. 이어서

Parameter	Virginia	Jambore	Talenta	16IS5417	16IS2338	16IS3217	16IS7405	16IS1796	16IS2288
Stem color	Strong Yellow Green	Moderate Yellow Green	Moderate Yellow Green	Moderate Yellow Green	Moderate Olive Green	Moderate Olive Green	Dead plants	Moderate Yellow Green	Moderate Yellow Green
Leaf color	Greyish Olive Green	Greyish Olive Green	Greyish Olive Green	Greyish Olive Green	Greyish Olive Green	Greyish Olive Green		Greyish Olive Green	Greyish Olive Green
Plant height (cm)	221.8	227.0	201.1	233.1	209.2	237.3		254.2	205.5
Stem diameter (cm)	3.07	3.38	3.41	2.9	3.6	3.2		3.2	3.4
Cob shape	Silindris	Silindris	Silindris	Silindris	Silindris	Silindris			
Cob length with husk leaves	29.8	31.1	29.8	28.8	27.1	29.1		29.5	28.4
Cob diameter with husk leaves	6.8	5.8	6.2	6.6	7.1	6.6		6.7	6.8
Cob length without husk leaves	23.3	22.1	23.5	21.9	22.2	20.8		22.2	21.6
Cob diameter without husk leaves	5.3	4.5	4.9	5.6	5.3	5.5		5.5	5.6
Amount of kernel line	14.0	16.0	16.0	16	16	16		14	16
Sugar levels (°brix)	14.1	15.7	15.3	12.1	13.0	15.6		13.5	13.6
Cob weight with husk leaves	521.4	463.4	535.0	505.1	582.1	493.5		507.4	508.8
Cob weight without husk leaves	348.3	279.3	345.8	378.9	358.2	338.1		360.1	374.9
Results per plot (kg)	31.44kg (66 cobs)	26.70kg (67 cobs)	40.59kg (80 cobs)	19.52kg (44 cobs)	42.8kg (77 cobs)	25.3kg (54 cobs)		39.29kg (79 cobs)	40.60kg (81 cobs)
Results per hectare (ton/ha)	10.91	9.13	11.62	10.16	12.73	10.74		11.39	11.48

그림 58. 단옥수수 중국 적응성 시험 주요조합 사진

다. 1차년도 인도 건기 적응성 시험

(1) 2017년 건기 Vijayawada, Andhra Pradesh주 등 1개 지역에서 기존 성능검정에서 선발한 16IS1113, 16IS1114 등 조합들에 대하여 적응성시험을 실시하였다. 파종은 2017년 11월 7일에 직파하여 조사는 이듬해인 1월 22일과 2월 28일에 실시하였다.

(2) 시험결과 16IS1113, 16IS1114 2조합을 예비선발하였다. 선도품종 대비 생산성이 높고 이삭 맺힘이 우수하고, 숙기가 빠른 조숙종으로 나타났다. 하지만 초세가 다소 약하며, 순도가 떨어지는 단점을 보여 추가시험을 통해 선발하기로 결정하였다.

표 46. 1차년도(2017년) Vijayawada지역 시험조합 데이터

Variety	Company	Maturity	Plant vigor	Ear Size			Brix %	Tip fill score*	PlantHgt. (cm)	Ear Hgt. (cm)	Ear Wt with husk	Ear Wt without husk
				Length (cm)	Width (cm)	No.of Rows						
16IS1113	Nongwoo	조	중	20.5	5.8	18	13.5	9	265	95	600g	456g
		조	중	24.0	5.5	18		9	210	55	.	310g
16IS1114	Nongwoo	조	중	22.0	6.0	20	12.8	9	270	95	670g	496g
		조	중강	23.0	5.8	16		9	214	65	.	378g
MITHAS	Nongwoo	조중	상	22.0	5.8	17	13.0	9	290	110	640g	476g
		조중	강	23.5	5.5	16		9	248	80	.	400g
SUGAR75	Syn.	조중	상	20.5	5.5	17	14.2	9	285	100	590g	420g
		조중	강	21.5	5.6	16		9	235	75	.	385g
Golden Super Sweet	CP	조중	상	21.5	5.6	15	13.9	7	285	110	540g	406g
		조중	강	21.5	5.2	16		7	235	75	.	360g

* Tip Fill Score : 9(Very good) ~ 1(Bad)

그림 59. Vijayawada지역 선발조합 이삭

라. 2차년도(2018년) 인도 우기 지역적응성 시험

(1) 2017년 건기 시험결과 선발된 2개 조합(16IS1113, 16IS1114)에 대하여 총 4개 지역(Devanahalli, Warangal, Manchar, Pune, Tadepalli, Guntur) 6곳에서 확대 시험을 진행하였다(표 47).

표 47. 2차년도(2018년) 적응성 시험 내역

No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8
16IS1113	16IS1114	Mithas	Sugar75	Tang75	Misthi	Golden Sweet	Golden Cob

시험지역	Singhahalli, Devanahalli	Athmakur, Warangal	Manchar, Pune(2곳)	Tadepalli, Guntur(2곳)
파종	6. 5	6. 13	6. 06 / 5. 28	6. 10 / 6. 04
조사	8. 28	8. 24	8. 20 / 8. 15	8. 19 / 8. 19

(2) Devanahalli지역 시험결과, 2개 조합 모두 TLB(매문병) 발병은 없었으며, 대비품종인 Mithas보다 초장이 짧고, 이삭 크기가 작게 나타나는 등 세력과 수량성에서 약점을 나타내었다. Warangal에서는 2 조합 모두 선도품종에 비해 조생이며 이삭이 큰 강점을 나타내었고, 특히 16IS1114조합은 이삭 맺힘도 우수하였다. 하지만 당도는 Mithas보다 낮게 나왔으며, 시험조합 모두 short husk의 형태를 나타나 상품성에 문제가 있어보였다. Pune지역 시험에서도 두 조합은 모두 숙기가 빠르고, TLB, Wilt에 강한 특성을 보였지만, 대비인 Mithas에 비해 수량성과 당도에서 약점을 보였다. Vijayawada지역은 16IS1114조합이 이삭 직경이 넓으며, 대비품종보다 생산성이 높게 나왔고, Pune지역과 마찬가지고 TLB, Wilt에 강한 특성을 보였다. 하지만 낱알 열이 곧지 않고 약간 휘는 특성을 보이는 단점을 보였다.

(3) 적응성 시험을 하였던 16IS1113, 16IS1114는 모두 지역별로 특성발현에 있어 편차를

나타내어 대비종인 Mithas에 비해 확실히 우수하다는 평가를 내리기 어려웠다. 결국 3차년도에 한번 더 재시험하는 것으로 결론내렸다.

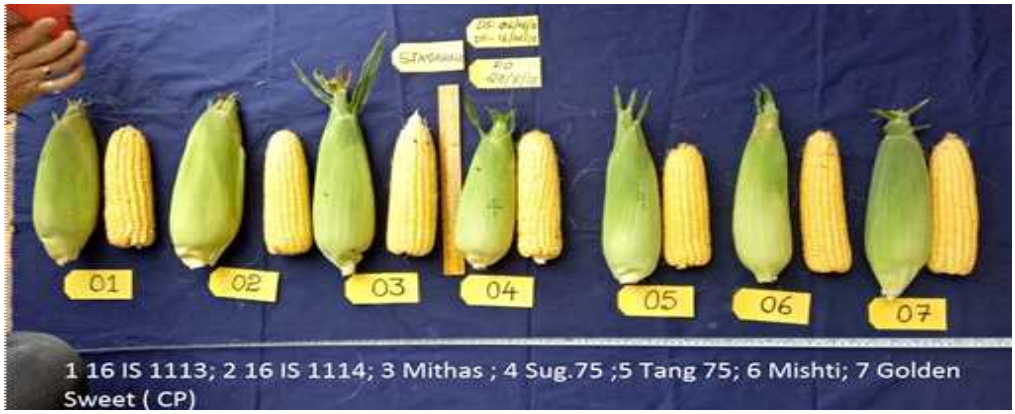


그림 60. Devanahalli지역 시험 이삭 사진

그림 61. Warangal지역 시험 이삭 사진

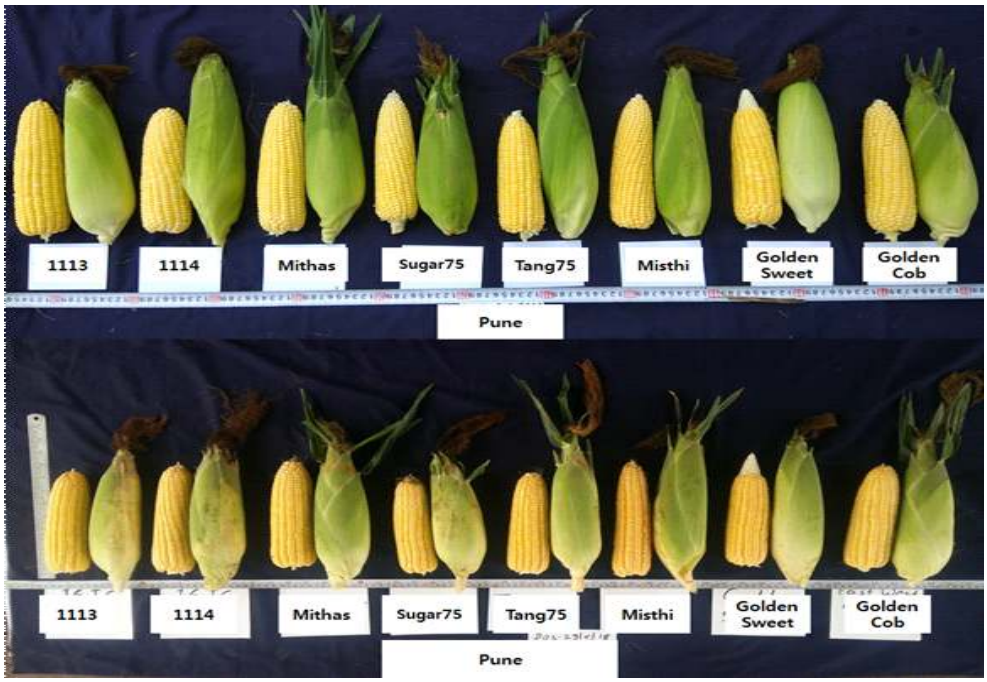


그림 62. Pune지역 시험 이삭 사진

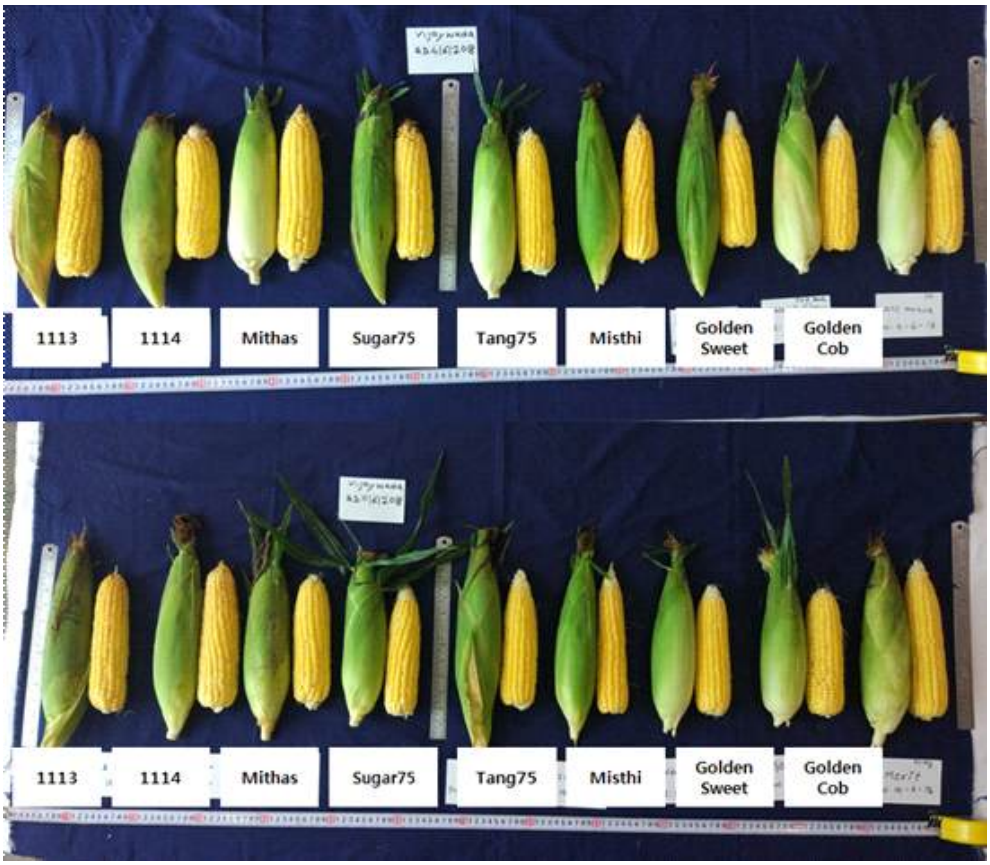


그림 63. Vijayawada 시험조합 이삭 사진

표 48. Devanahalli지역 시험 결과

S.D 2018. 6. 5 / T.D 2018. 6. 16 / O.D 2018. 8. 28											
E. No	Hybrid	Pl.Hgt (cm)	Ear Hgt. (cm)	Husk cover	Ear Wt. With husk (gms)	Earwt. without husk (gms)	Ear length (cm)	Ear Dia. (cm)	No.of rows	Tip fill score	Remarks
1	16IS 1113	170-180	45-50	Good	485	380	20	5	16	9	No TLB
2	16IS 1114	175-180	55-60	Good	604	410	20	5.5	20	9	No TLB
3	Mithas	205-210	65-70	Good	615	450	23	6	16	9	Less TLB
4	Sugar 75	175-180	45-50	Good	600	380	20	5	18	9	TLB Sus.
5	Tang 75	215-220	60-65	Good	470	360	19	5.2	16	9	Sus.to TLB
6	Mishti (Nuz)	180-185	50-55	Good	485	350	22	4.9	16	8	Less TLB
7	Golden Sweet (CP)	185-190	60-65	Good	465	360	21	5	16	8	Sus.to TLB

표 49. Warangal지역 시험 결과

Characters	16IS1113	16IS1114	Mithas	Sugar 75	Tang 75	Mishti Nujiveedu	Golden Sweet CP seed	Golden Cob East West
Plant Vigour	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good
Days to matyrity	Early	Early	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium
Wt. of Ear with husk	0.46	0.52	0.48	0.45	0.49	0.41	0.42	0.44
Carnel colour	Golden Yellow	Golden Yellow	Golden Yellow	Golden Yellow	Golden Yellow	Golden Yellow	Golden Yellow	Golden Yellow
Carnel size	21.5	22.0	20.5	20.5	21.0	22.5	21.5	20.8
Avg no. of rows	16	14	16	14	14	14	16	14
Wt. of Ear without husk	0.35	0.38	0.34	0.31	0.35	0.30	0.30	0.31
Shank Dia	2.50	2.30	2.00	2.00	2.00	1.90	2.30	2.00
Husk Colour	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Husk tightness	Short Husk	Short Husk	Good	Good	Good	Good	Good	Good
Easy for shelling	Easy	Easy	Easy	Easy	Easy	Medium	Medium	Easy
TSS %	14.9	13.7	16.1	14.9	15.2	16.4	14.2	14.5
Tip filling	Very Good	Very Good	Very Good	Very Good	Very Good	Medium	Less	Less
Disease tol.	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good

표 50. Pune-1 지역 시험 결과

Characters	16IS1113	16IS1114	Mithas	Sugar 75	Tang 75	Mishti Nujiveedu	Golden Sweet CP seed	Golden Cob East West
Plant Vigour	Moderate strong	Moderate strong	Strong	Strong	Strong	Strong	Very Strong	Strong
Days to matyrity	68-70 days	68-70 days	80-82 days	80-82 days	80-82 days	80-82 days	80-82 days	80-82 days
Wt. of Ear with husk(g)	440	470	520	467	478	465	415	470
Carnel colour	Super Golden	Golden	Golden	Moderate Golden	Golden	Golden	Super Golden	Golden
Carnel size	Bold	Bold	Bold	Bold	Bold	Medium Bold	Bold	Bold
Avg no. of rows	16	18	18	18	16	18	14	14
Wt. of Ear without husk(g)	320	330	420	311	340	255	306	360
Ear Length (cm)	20	19	20	20	19	20	21	20
Ear Width (cm)	5.2	5.3	5.6	5.2	5.2	5.0	5.2	5.1
Husk tightness	Good	Good	Very good	Good	Good	Moderate	Moderate	Good
Easy for shelling	Easy	Slight hard	Easy	Easy	Easy	Moderate easy	Easy	Easy
TSS %	13.6	13.5	14.5	14.3	13.9	15.2	13.7	14.9
Tip filling	Very good	Very good	Very good	Slight less	Good	Good	Poor	Good
Disease tol.	Good	Good	Slight Blight	Slight Blight	More Blight	Slight Blight	Slight Blight	Slight Blight

표 51. Pune-2 지역 시험 결과

Characters	16IS1113	16IS1114	Mithas	Sugar 75	Tang 75	Mishti Nujiveedu	Golden Sweet CP seed	Golden Cob East West
Plant Vigour	Moderate strong	Moderate strong	Strong	Strong	Strong	Strong	Very Strong	Strong
Days to matyrity	68-70	68-70	72-75	75-78	75-78	70-72	70-72	72-75
Wt. of Ear with husk(g)	400	520	530	470	490	480	420	540
Wt. of Ear without husk(g)	330	360	410	320	350	270	310	350
Carnel colour	Super Golden	Golden	Golden	Moderate Golden	Golden	Golden	Super Golden	Golden
Carnel size	Bold	Bold	Bold	Medium Bold	Bold	Medium Bold	Bold	Bold
Avg no. of rows	16	18	16	16	16	12	16	14
Ear Length (cm)	20	19	20	20	19	20	21	20
Ear Width (cm)	5.2	5.3	5.6	5.2	5.2	5.0	5.2	5.1
Husk tightness	Good	Good	Very good	Good	Good	Moderate	Moderate	Good
Easy for shelling	Easy	Slight hard	Easy	Easy	Easy	Moderate easy	Easy	Easy
TSS %	12.8	12.6	13.6	13.4	12.8	13.8	12.8	13.8
Tip filling	Yes	Yes	Yes	Slight less	Yes	Yes	No	Yes
Disease tol.	Good	Good	Slight Blight	Slight Blight	More Blight	Slight Blight	Slight Blight	Slight Blight

표 52. Vijayawada-1 지역 시험 결과

Characters	16IS1113	16IS1114	Mithas	Sugar 75	Tang 75	Mishti Nujiveedu	Golden Sweet CP seed	Golden Cob East West
Plant Vigour	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good
Days to maturity	Early	Early	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium
Wt. of Ear with husk(g)	430	470	480	460	470	370	390	400
Wt. of Ear without husk(g)	330	380	360	350	360	280	320	340
Carnel colour	Golden Yellow	Golden Yellow	Golden Yellow	Golden Yellow	Golden Yellow	Golden Yellow	Golden Yellow	Golden Yellow
Carnel size	21.5	21.8	22.3	22.2	21.0	21.7	22.0	21.0
Avg no. of rows	16	18	14	14	18	14	16	16
Husk Colour	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Husk tightness	Short Husk	Short Husk	Good	Good	Good	Good	Good	Good
Easy for shelling	Easy	Easy	Easy	Easy	Easy	Medium	Medium	Easy
TSS %	Very Good	Good	Very Good	Good	Very Good	Good	Good	Good
Tip filling	Very Good	Very Good	Very Good	Very Good	Very Good	Medium	Less	Less
Disease tol.	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good

표 53. Vijayawada-2 지역 시험 결과

Characters	16IS1113	16IS1114	Mithas	Sugar 75	Tang 75	Mishti Nujiveedu	Golden Sweet CP seed	Golden Cob East West
Plant Vigour	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good
Days to maturity	Early	Early	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium
Wt. of Ear with husk(g)	390	460	480	460	450	430	390	370
Wt. of Ear without husk(g)	330	350	330	330	350	290	290	290
Carnel colour	Golden Yellow	Golden Yellow	Golden Yellow	Golden Yellow	Golden Yellow	Golden Yellow	Golden Yellow	Golden Yellow
Carnel size	21.8	21.3	22.0	21.0	20.2	21.3	20.5	21.3
Avg no. of rows	16	18	16	16	16	16	16	16
Husk Colour	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Husk tightness	Short Husk	Short Husk	Good	Good	Good	Good	Good	Good
Easy for shelling	Easy	Easy	Easy	Easy	Easy	Medium	Medium	Easy
TSS %	Very Good	Good	Very Good	Good	Very Good	Good	Good	Good
Tip filling	Very Good	Very Good	Very Good	Very Good	Very Good	Medium	Less	Less
Disease tol.	Excellent	Excellent	76% Infection	3% Infection	26% Infection	2% Infection	16% Infection	92% Infection

마. 3차년도(2019년) 인도 지역적응성 시험

(1) 2차년도 우기 성능검정에서 선발한 18IS2411 등 5조합(대비종 : Mithas, Sugar 75)에 대하여 인도 Pune Narayangaon에서 적응성 시험을 실시하였다.

공시조합, 품종	시험지역	파종	조사	비 고
18IS2406, 18IS2411, 18IS2414, 18IS2420, 18IS8429, Mithas, Sugar75	인도 Pune	2019. 5. 15.	2019. 8. 6.	직파재배

(2) 시험 결과 Pune지역에서는 18IS2411, 2414, 8429 등 3개 조합을 예비선발하였다. 선발조합은 대비품종 대비 초세는 비슷한 경향이나 도복에 더 강한 것으로 판단되었으며, 생산성이 우수하였다. 또한 줄기마름병이나 Short husk가 발생하지 않았다. 다만, 당도에서는 대비에 비해 떨어지는 경향이었다.

표 54. 3차년도(2019년) 인도 Pune 적응성시험 결과

E.No.	Varieties	Plant height (cm)	Ear length (cm)	Ear width (cm)	No.of Rows	Tip fill Score	Brix %	Selling
1	18IS2406	190-200	21.0	5.0	14/48	9	14.4	7
2	18IS2411	190-200	19.5	5.2	16/44	9	13.4	7
3	18IS2414	210-220	19.5	5.0	14/45	9	12.4	8
4	18IS2420	190-200	21.0	5.2	18/42	9	14.4	7
5	18IS8429	210-220	21.5	5.3	18/38	9	10.8	8
6	MITHAS	210-220	19.0	5.3	16/41	9	13.7	8
7	SUGAR75	200-210	17.5	5.5	18/36	9	13.4	7

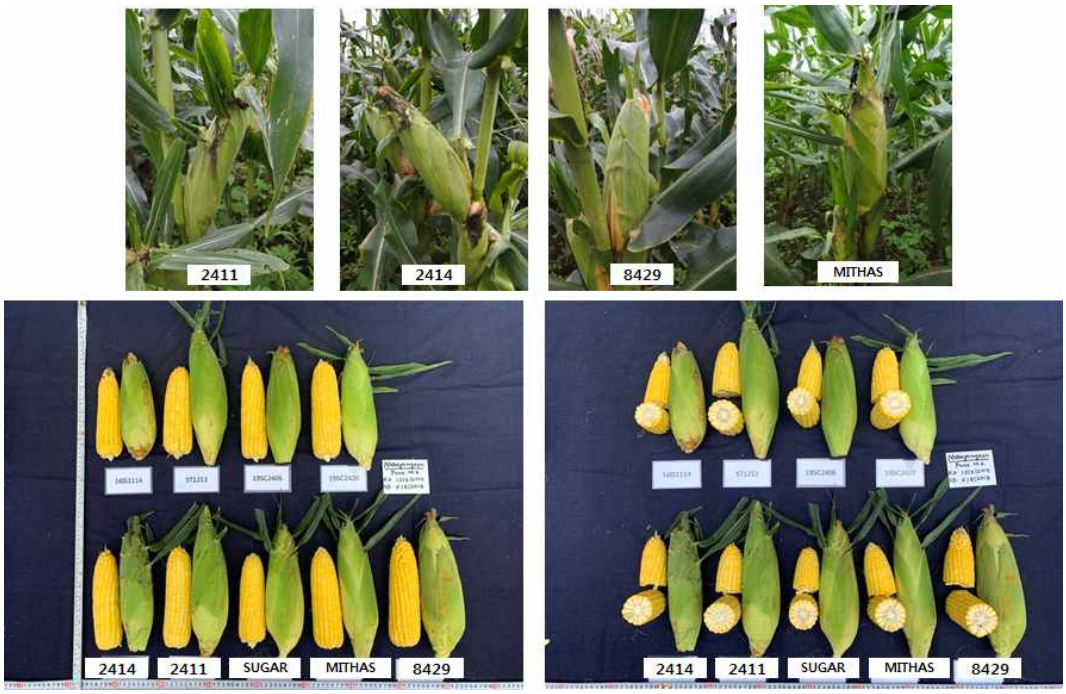


그림 64. Pune 선발조합 사진

(3) 한편, 16IS1113, 16IS1114조합에 대하여 MS주, AP주, KA주, MP주 등 7개 지역에서 확대 적응성 시험을 실시하였다. 그 결과 이들 조합들은 조생이며 내병성에 대해서는 안정적인 결과를 보였으나, 초세가 약하고 Short husk가 발생하여 상품성이 떨어지는 결과가 나와 최종적으로 조합을 선발하지 않았다.

표 55. 3차년도(2019년) 16IS1113, 1114 적응성 시험 내역

주	지역	시험조합	파종	특이사항
Maharashtra	Pune Narayangaon(1)	15IS1213, 16IS1114, Mithas	`19.6.8	short husk 다량 발생
	Pune Narayangaon(2)	15IS1213, 16IS1113, 16IS1114, Mithas	`19.6.8	short husk 다량 발생
	Pune Manchar	16IS1114, 16IS1113, 15IS1213, Mithas, Sugar 75	`19.5.24	선발보류
Andhra Pradesh	Vijayawada Vuyyuru	16IS1113, 16IS1114, Mithas	`19.5.23	short husk 다량 발생
Karnataka	Maddur	16IS1113, 16IS1114, Mithas	`19.6.2	short husk 다량 발생
	Devanhalli	16IS1113, 16IS1114, Mithas	`19.6.14	short husk 다량 발생
Madhya Pradesh	Indore	16IS1113, 16IS1114, Mithas	`19.5.19	16IS1114선발

그림 65. short husk 모습

그림 66. Indore지역(MP) 이삭사진

그림 67. Manchar지역(MS) 이삭사진

표 56. Narayangaon 시험포 성적

Characters	16IS1113	16IS1114	Mithas	Sugar 75
Plant Vigour	Moderate strong	Moderate strong, M dense	Very Strong & Dense	Very Strong & Dense
Days to maturity	70-72 days	70-72 days	78-80 days	78-80 days
Plant height (cm)	160-170 cm	190-200	210-220	200-210
Ear height (cm)	50	60	70	70
Wt. of Ear with husk (g)	418	410	577	560
Wt. of Ear without husk (g)	344	320	445	390
Karnels wt (g)	249	250	366	300
Shank /Cob wt	92	70	78	90
Grain Recovery	59.56% (WithhusK) 72.38% (Without husk)	60.97% (With husK) 78.12 % (Without husk)	64.43% (With husK) 82.24% (Without husk)	53.57% (With husK) 76.92 % (Without husk)
Karnel colour	Golden Yellow	Golden Yellow	Golden Yellow	Golden Yellow
Karnel size	Medium size	Medium size	Big & Bold size	Long & Bold size
Avg no. of rows	16	16	16	18
Avg No Carnels per Row	46	39	41	36
Ear Length(cm)	20	19	19	17.5
Ear Width (cm)	5.0	4.7	5.3	5.0
Husk Colour	Green	L-Green	Green	Dark Green
Husk tightness	Good	Good	Very good	Good
Easy for shelling	Easy	Easy(7)	Easy(9)	Easy(9)
TSS %	14.7% (Early maturity)	13.6% (Early maturity)	13.7% (Late maturity)	13.4% (Late maturity)
Tip filling	Yes	No(7)	Yes(9)	Yes(9)
Disease tol.	Good	Good	Good	Good
Strength	Early, easy shelling, Golden yellow colour, good tol to blight/wilt.	Early maturity, easy shelling, Golden yellow colour, good tol to blight/wilt.	Strongvigor,Densefoliage,Bigcob,boldcarnel, golden yellow carnel, easy shelling, good cob wt & carnel wt	Strongvigor,Densefoliage,Bigcob,boldcarnel, golden yellow carnel, easy shelling, good cob wt & carnel wt
Weakness	Small cob, less wt.	M strong, m dense, small cob, less wt., short husk (Get open at tip)	————	Short husk get open at tip of cob

표 57. Indore 시험포 성적

Characters	16IS1113	16IS1114	Mithas	Sugar 75
Plant Vigour	Moderate strong	Moderate strong	Strong	Strong
Days to maturity	72-74 days	72-74 days	80-82 days	80-82 days
Wt. of Ear with husk (g)	418	388	470	456
Wt. of Ear without husk (g)	344	268	363	310
Karnels wt (g)	249	184	279	210
Shank/Cob wt (g)	92	81	83	100
Karnel colour	Golden Yellow	Golden Yellow	Golden Yellow	Golden Yellow
Karnel size	Medium size	Medium size	Bold size	Bold size
Avg no. of rows	16	16	16	18
Avg No Carnels per Row	46	46	40	42
Ear Length (cm)	20	21	20	21
Ear Width (cm)	5.0	4.8	5.0	5.0
Husk Colour	Green	L Green	Green	Dark Green
Husk tightness	Good	Good	Very good	Good
Easy for shelling	Easy	Easy	Easy	Easy
TSS %	14.7% (Early maturity)	15.5% (Early maturity)	14.2% (Late maturity)	14.5% (Late maturity)
Tip filling	Yes	No	Yes	Yes
Disease tol.	Good	Good	Good	Good
Strength	Early, easy shelling, Golden yellow colour, good tol to blight/wilt.	Early, easy shelling, Golden yellow colour, good tol to blight/wilt.	M late, easy shelling,Bold Carnel , Golden yellow, good cob wt & carnel wt	M late, easy shelling,Bold Carnel , Golden yellow, good cob wt & carnel wt
Weakness	Small cob, less wt.	Small cob, less wt., short husk (Get open at tip)	_____	_____

바. 3차년도(2019년) 한국, 브라질 지역적응성 시험

(1) 인도 방갈로연구소에서 2차년도 성능검정을 통해 선발한 18IS2420 등 5조합(대비종 : Mithas)에 대하여 한국에서 시험을 실시하였다. 시험결과 공시조합 모두 숙기가 느리고, 초장이 크며 초세가 강할 뿐만 아니라 당도가 낮고, 이삭모양이나 낱알 맺힘이 고르지 못하게 나타나는 등 온대지역에서는 적합하지 않아 선발하지 않았다.

표 58. 2019년 한국 적응성시험 결과

조합	초장 (cm)	착수고 (cm)	무게 (g/개)	이삭장 (cm)	이삭폭 (cm)	이삭맺힘	당도 (%)
18IS2420	292	124	328	19.1	4.2	7	12.3
18IS2414	287	145	201	19.3	4.1	6	11.5
18IS2406	288	130	421	20.8	4.2	6	13.2
18IS2411	321	151	465	21.0	4.3	7	12.5
18IS8429	252	135	311	19.2	4.4	7	11.6

그림 68. 한국 여주연구소 조합 이삭사진

(2) 남미권 열대지역 국가로의 판매확대를 위해 브라질에서 15IS3666외 3조합(대비종 GSS41243 등 3품종)에 대하여 시험을 실시하였다. 시험 결과 시험조합 모두 대비품종 대비 숙기는 120일 정도 비슷하였고, 낱알크기는 대비품종과 비슷하였으나, 이삭크기와 이삭중이 작아 생산성이 낮게 나왔다. 초세가 약하고, 내병성이 부족하여 재배안정성이 좋지 않은 결과를 얻었다. 최종적으로 모든 조합이 탈락하였다.

표 59. 브라질 적응성 시험 결과

	Maturity	Ear Size (mm)	Kernel Size (mm)	Ear Wt. (g)	Productivity (T/ha)	Plant Ht. (cm)	Taste	Excellent Ears/Plant (%)	Number of Rows of Kernals	Total Points
GSS 41243	117	202X58	14X10	342	20,8	245	3	60	16,2	13
SV 0006	118	183X56	12X11	339	21,7	246	3	57	15,7	14
GSS 41490	120	205X52	13X10	311	21,5	264	4	55	16,2	17
15IS3342	120	175X57	14X11	361	15,5	230	3	28	16,0	9
15IS4165	120	163X51	13X10	315	19,2	237	3	18	18,0	10
15IS3666	120	157X53	12X10	290	18,6	211	3	34	16,0	10

그림 69. 브라질 적응성 시험 이삭사진

사. 4차년도(2020년) 지역적응성 시험

(1) 3차년도 적응성시험에서 예비선발한 18IS2411, 18IS2414, 18IS8429조합과 15IS1213, 16IS1114 조합을 (대비종 : Mithas, Sugar 75) 인도 Pune, Warangal, HD kote 지역에서 적응성 시험을 실시하였다. 15IS1213, 16IS1114은 3차년도(2019년) 시험에서 short husk 문제로 도태되었던 조합이지만, 양친의 특성과 환경적인 문제에 대한 재검정 요청(NSI 방갈로연구소 옥수수육성가 Dr. Chidley 요청)에 의해 재공시하였다.

(2) 시험 결과 18IS2411, 18IS2414, 18IS8429 등 3개 조합들은 대비품종인 Mithas와 비슷한 특성을 나타냈고, 진노랑 낱알이며, 맺힘이 우수하고, 숙기가 빠른 특성을 보였다. 또한 초세가 다소 강하며 생산성이 우수하며, Short husk가 발생하지 않으며, 이삭모양이 우수하였다.

(3) 15IS1213과 16IS1114는 대비종인 Sugar75나 CP2와 short husk가 비슷하거나 약하게 발생하는 경향을 보였지만, Mithas에 비해서는 대부분의 지역에서 강하게 발생되는 것으로 재확인하였다. 이는 3차년도에 확인한 결과와 동일한 것이며, 결국 양친의 특성과 상관없이 환경에 민감한 것으로 결론지었다.

(4) 한편, COVID19 팬데믹의 영향으로 인도 내에서 확진자가 급증하여 적응성 시험 결과 조사를 위한 출장이 이루어지지 못하여, 인도의 Dr. Chidley와 현지 마케터가 현장을 방문하여 조사하는 수준으로 마무리하였다. 또한 연구농장 내 업무에 대해서도 출입가능 인력이 극히 제한되어, 일부 제한된 내용의 결과만 공유되었다.

표 60. 4차년도(2020년) 인도 적응성시험 내역

주	지역	시험조합	파종	조사일	비고
Maharashtra	Pune Vadgaon(1)	15IS1213	6.6	8.25	short husk 검증
	Pune Vadgaon(2)	16IS1114, 15IS1213	6.24	9.8	short husk
	Pune Vadgaon(3)	16IS1114	6.24	9.8	short husk
	Pune Kashibeg	18IS2411, 18IS2414, 18IS8429	6.24	9.8	
Andhra Pradesh	Warangal	16IS1114	6.6	8.18	short husk
Karnataka	HD Kote	16IS1114	6.10	8.25	short husk

그림 70. 2020년 적응성 시험 선발조합 사진

그림 71. Short husk에 대한 재검정. 환경에 민감한 것으로 최종확인하고 1213, 1114조합은 최종 도태.

표 62. 인도 Vadgaon-1(MS주) 적응성시험 결과

Characters	15IS1213	Mithas	East West-Golden Cob	Syngenta -Sugar 75
Plant Vigour	Strong with green foliage	Strong vigor dark green foliage	Strong with green foliage	Strong vigor dark green foliage
Days to maturity	78-79	76-78	78-80	75-76
Plant height (cm)	210-220	210-220	210-220	210-220
Ear height (cm)	80	80	80	80
Wt. of Ear with husk (g)	519	564	512	560
Wt. of Ear without husk (g)	447	494	440	488
Karnel colour	Golden Yellow	Golden Yellow	Golden Yellow	Golden Yellow
Karnel size	Bold size	Bold size	Bold size	Bold size
Avg no. of rows	16	18	16	16
Avg No Carnels per Row	44	44	40	41
Ear Length (cm)	21	22	21	21
Ear Width (cm)	5.5	5.5	5.3	5.5
Husk Colour	Green	Green	Green	Dark Green
Husk tightness	Good	Very good	Very good	Good
Husk open at tip	Slight open	Full coverd	Slight open	Full coverd
Easy for shelling	Easy	Easy	Easy	Easy
TSS %	14.0	14.4	14.2	14.5
Tip filling	Yes	Yes	No	No
Disease tol.	Good	Good	Good	Good
Strength	Strong vigor, Medium maturity, bold Kernels, golden yellow, easy shelling, good cob wt.	Strong vigor, Med early maturity, bold kernel, golden yellow, easy shelling, good cob wt & recovery.	Strong vigor, Medium maturity, bold carnel, golden yellow kernel, easy shelling, good cob wt.	Strong vigor, M early maturity, bold carnel, golden yellow carnel, easy shelling, good cob wt & carnel wt
Weakness	M dense, Cob slight open in maturity	M dense.	M dense, Cob slight open in maturity, No tip filling	No tip filling

표 63. 인도 Vadgaon-2(MS주) 적응성시험 결과

Characters	15IS1213	16IS1114	Check Variety : CP Sweet -2	Hy Veg Merit
Plant Vigour	Moderate strong	Good	Good	Strong
Days to maturity (days)	78-80	75-76	80-82	78-80
Wt. of Ear with husk (g)	388	410	365	580
Wt. of Ear without husk (g)	268	305	275	380
Karnel colour	Golden Yellow	Golden Yellow	Golden Yellow	Moderate Golden
Karnel size	Bold	Medium size	Medium size	Bold
Avg no. of rows	16	16	16	18
Avg No Carnels per Row	46	48	42	44
Ear Length (cm)	21	19.4	20	21
Ear Width (cm)	5.2	4.8	5.0	5.5
Husk Colour	Light Green	Light green to green colour	Light green to green colour	Green
Husk tightness	Tight	Good	Tight	Good
Easy for shelling	Easy	Medium	Medium	Easy
TSS %	15.0	15.0	15.0	15.0
Tip filling	No	Medium	Medium	Yes
Disease tol.	Good	Good	Good	Slight Blight
Strength	Early, easy shelling, Golden yellow colour, good tol to blight/wilt.	Earliness, Wilt resistant	Tip filling is good	M late,easy shelling,Bold Carnel Golden
Weakness	Small cob, less wt., short husk (Get open at tip)	Husk open at tip	Husk covering is complete- up to tip	M Late maturity, Blight/Wilt

표 64. 인도 Vadgaon-3(MS주) 적응성시험 결과

Characters	18IS2411	18IS2414	18IS8429	Mithas
Plant Vigour	Strong dense vigor	Strong dense vigor	Strong dense vigor	Very Strong dense vigor
Days to maturity (days)	78-80	78-80	78-80	78-80
Plant height (cm)	200-210	200-210	200-210	210-220
Ear height (cm)	80-90	80-90	80-90	80-90
Wt. of Ear with husk (g)	480	510	540	557
Wt. of Ear without husk(g)	390	415	447	462
Karnel colour	Golden Yellow	Golden Yellow	Golden Yellow	Golden Yellow
Karnel size	Bold size	Bold size	Bold size	Bold size
Avg no. of rows	14	14	16	16
Avg No Carnels per Row	47	46	44	46
Ear Length (cm)	20.8	21.3	21.5	21.3
Ear Width (cm)	5.0	5.5	5.5	5.3
Husk Colour	Green	Green	Dark Green	Dark Green
Husk tightness	Good	Good	Good	Very good
Easy for shelling	Easy	Very Easy	Very Easy	Very Easy
TSS %	14.4	15.3	15.4	15.4
Tip filling	Good	Very good	Very good	Good
Disease tol.	Good	Good	Good	Good
Strength	Strong vigor, M early maturity, bold carnel, golden yellow kerrnel, easy shelling, good cob wt.	Strong vigor, Dense foliage, bold carnel, golden yellow kernel, Very easy shelling, good cob wt.	Early maturity, Strong vigor, Dense, Very easy shelling, Bold Kernel, Golden yellow, very good cob wt.	Very strong vigor, Dense foliage, Big cob, bold kernel, golden yellow, Very easy shelling, good cob wt.
Weakness	Slight less cob wt	Slight less cob wt	___	_____

표 65. 인도 Kashibeg(MS주) 적응성시험 결과

Characters	16IS1114	Mithas Untreated	Mithas Treated	Sugar 75
Plant Vigour	Good	Strong	Strong	Strong
Days to maturity (days)	73-74	77-78	77-78	75-76
Wt. of Ear with husk (g)	410	510	500	480
Wt. of Ear without husk(g)	320	420	410	390
Kernel colour	Golden Yellow	Golden	Golden	Golden
Kernel size	Medium size	Bold	Bold	Bold
Avg no. of rows	16	14	16	14
Avg No Kernels per Row	48	44	41	44
Ear Length (cm)	19.2	20.4	21.0	20.4
Ear Width (cm)	4.8	5.3	5.5	5.3
Husk Colour	Light green to green colour	Dark green	Dark green	Dark green
Husk tightness	Good	Tight	Tight	Tight
Easy for shelling	Medium	Easy	Easy	Easy
TSS %	14.0	15.2	15.2	14.8
Tip filling	No	Yes	Yes	No
Husk cover	Open	Good	Good	Good
Disease tol.	Good	Good	Good	Good
Strength	Early maturity, Golden yellow kernels, Sweet, good disease tol.	Early,easy shelling,Bold kernel & Golden yellow, TSS good , Good cob wt.,good for prossesing	Early,easy shelling,Bold kernel & Golden yellow, TSS good, Good cob wt.,good for prossesing	Early,easy shelling,Bold kernel & Golden yellow, TSS good, Good cob wt.,good for prossesing
Weakness	Husk open at tip, Less wt, Medium kernels	Less vigor in early stage, Affected by FAW in early stage	_____	No tip filling

표 66. 인도 Warangal(AP주) 적응성시험 결과

Characters	16IS1114	Check Variety : CP Sweet -2	Mithas
Plant Vigour	Mod Good	Good	Strong
Plant height (cm)	190-200	200-210	210-220
Ear height (cm)	80	80-90	80-90
Days to maturity (days)	74	79	78-80
No of Cob / Plant	Single	Double (10-12% Double Cob matured)	Double (20-25% Double Cob matured)
kernel colour	Golden Yellow	Golden Yellow	Golden Yellow
kernel size	Medium	Medium	Bold
Avg no. of rows	16	16	20
Avg No Carnels per Row	48	41	45
Wt. of Ear with husk(g)	410	365	470
Wt. of Ear without husk(g)	305	275	363
Carnels wt (g)	215	195	279
Shank wt (g)	90	80	83
Husk Colour	Light green to green colour	Light green to green colour	Green
Husk tightness	Tight	Tight	Very good
Easy for shelling	Mod Easy	Mod Easy	Easy
TSS %	12.80	13.10	14.2% (Late maturity)
Tip filling	Moderate	Poor	Good
Disease tol.	Good	Good	Good
Husk cover	Get open at tip of the cob	Coverd	Covered
Strength	Earliness, Wilt resistant	Husk covering is complete-up to tip	Strong, Big Cob, Green, Husk cover, Good cob wt, Bold Kernel, Golden yellow, Easy shelling.
Weakness	Husk open at tip, Medium Kernel, Shelling mod easy	Tip filling is not good, Medium Kernel, Shelling mod easy	

표 67. 인도 HD Kote(KN주) 적응성시험 결과

Characters	16IS1114	Hy Veg Merit	CP Sweet 2
Plant Vigour	Moderate strong	Strong	Very Strong
Days to maturity (days)	72-73	76-78	75-76
Wt. of Ear with husk (g)	410	480	465
Wt. of Ear without husk (g)	317	384	370
Kernel colour	Golden yellow	Golden yellow	Golden yellow
Kernel size	Medium Bold	Bold	Medium Bold
Avg no. of rows	16	16	18
Avg No Carnels per Row	40	44	46
Ear Length (cm)	19.0	20.5	20.5
Ear Width (cm)	5.5	5.5	5.0
Husk Colour	Green	Green	Green
Husk tightness	Good	Good	Good
Easy for shelling	Moderate easy	Easy	Moderate easy
TSS %	14.5	15.0	15.0
Tip filling	Yes	Yes	Moderate
Disease tol.	Good	Good	Good
Strength	Early, Golden yellow colour, Good tol to wilt.	Bold kernels, Golden yellow colour, Good tol to wilt.	Early, Golden yellow colour, Good tol to wilt.
Weakness	Slight hard for shelling, Medium Kernel, Husk open at tip	M Late maturity	Slight hard for shelling, Medium Kernel, No tip filling.

아. 5차년도(2021년) 지역적응성 시험

(1) 3차년도, 4차년도 성능검정에서 기 선발되었던 18IS022, 18IS159, 19IS041, 19IS007, 19IS011 등 5개 조합들은 MS주, AP주에서 적응성 시험을 실시하였다.

(2) 한편, Mithas는 줄기마름병(Late wilt)에 대해 약점을 보이고 있어 현재 내병성 육성 중에 있다. 줄기마름병 내병성 선발을 위해 작성된 21IS001~21IS028 등 총 28개 조합들은 인도 내에서 줄기마름병 발생이 많은 KN주에서 지역적응성 시험을 실시하여 Mithas 대비하여 줄기마름병 출현 여부를 비교하고자 하였다.

표 68. 5차년도(2021년) 인도 적응성시험 내역

주	지역	시험조합	대비종	파종	조사일
KN주	Challakere	21IS001~21IS028 등 28조합	Mithas SWEET 2 Sugar75	7.15	10.6
MS주	Pune, Wadgaon	18IS022, 18IS159, 19IS041, 19IS007, 19IS011 등 5조합		6.9	8.31
	Pune, Kadewadi			6.4	8.31
	Pune, Gunjalwadi			7.9	9.30
AP주	Warangal			8.6	10.27

(3) AP주, MS주의 시험결과 공시된 5개 조합 중 18IS022, 18IS159, 19IS011 등 3개 조합은 생산성은 Mithas에 비해 다소 떨어지지만, 초세가 강하여 포장 내병성이 우수하고, Mithas와 같이 탈립성이 우수한 것으로 확인하여 선발하였다. 선발된 조합의 경우 지역별로 약간 다른 특성을 보였는데, MS주가 AP주보다 생산성이 높게 나왔으며, 낱알 맺힘도 우수한 결과를 보였다.

(4) KN주에서 시험한 줄기마름병 내병조합 선발시험에서는 Mithas품종을 대비로 하여 병저항성이며, 생산성 및 당도가 우수한 조합을 선발하였다. 시험 포장에서의 줄기마름병 저항성 정도를 보면 12개 조합이 저항성을, 3개 조합이 중도저항성을 보였다. 저항성을 보인 조합 중 21IS007조합의 경우 Mithas의 생산성(480g) 보다 높은 493g를 나타내 추가 생산성/내병성 시험을 통해 최종선발 할 것이며, 그 외 선발조합의 경우 생산성은 Mithas보다 낮게 나타났으나, 대비품종은 CP社의 Sweet 2, Sygenta의 Sugar-75보다 높게 나타나 선발하였다.

(5) 5차년도 적응성 검정에서 선발된 조합들은 GSP과제가 종료된 이후에도 확대시험을 통해 상업화 여부를 확정할 시험은 지속적으로 진행할 예정이다. 다만, 코로나19 팬데믹의 영향으로 연구농장 내 출입 인력이 극히 제한되고 있어, 확대시교용 종자생산과 같이 비교적 큰 규모의 업무 진행은 영향을 받을 수 밖에 없는 상황이다. 따라서 업무의 우선 순위를 두어 순차적으로 진행하고자 한다.

그림 72. AP지역 선발조합 이삭사진

그림 74. MS-1 지역 선발조합 이삭사진

그림 75. MS-1 지역 선발조합 이삭사진

그림 76. MS-1 지역 선발조합 이삭사진

그림 73. KN지역 선발조합 이삭사진(줄기마름병 내병성 선발)

표 69. KN지역 적응성검정 결과

Characters	Plant Vigour	Days to maturity (days)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Wt. of Ear with husk (g)	Wt. of Ear without husk (g)	Avg no. of rows	Avg No Carnels per Row	Ear Length (cm)	Ear Width (cm)	Easy for shelling	TSS (brix,%)	Tip filling	Wilt tolerance	Remarks
21IS001 (M1)	Strong vigor	76-78	160-170	70-80	495	391	16	38	20	5	Hard	14.7%	Yes	Mod tolerance	Rejected
21IS002 (M2)	Moderate strong	70-72	160-170	50-60	453	348	14	34	18.5	5.5	Hard	12.3%	Yes	No	Rejected
21IS003 (M3)	Strong vigor	74-76	180-200	60-70	485	387	16	36	19.2	5.4	Hard	13.8%	Yes	No	Rejected
21IS004 (M4)	Strong vigor	74-76	180-200	60-70	485	355	14	36	18.8	5.6	Easy	14.4%	Yes	Mod tolerance	Retrial
21IS005 (M5)	Moderate Strong	70-72	160-170	50-60	378	291	16	34	18.5	4.7	Mod Easy	12.4%	Yes	No	Rejected
21IS006 (M6)	Moderate Strong	70-72	160-170	50-60	385	298	14	34	18.1	4.6	Easy	13.1%	No Tip filling	No	Rejected
21IS007 (M7)	**Very strong**	**76-78**	**200-220**	**70-80**	**510**	**493**	**16**	**40**	**20.5**	**5.3**	**Mod easy**	**14.5%**	**Yes**	**Good tolerance**	**Retrial**
21IS008 (M8)	Moderate strong	70-72	160-170	50-60	386	300	16	34	18.1	4.6	Easy	12.8%	No Tip filling	Good tolerance	Rejected
21IS009 (M9)	Moderate strong	70-72	160-170	50-60	408	310	14	36	18	4.5	Easy	13.0%	Yes	No	Rejected
21IS010 (M10)	**Strong vigor**	**76-78**	**200-220**	**70-80**	**500**	**420**	**18**	**40**	**19.5**	**5.4**	**Easy**	**14.4%**	**Yes**	**Good tolerance**	**Retrial**
21IS011 (M11)	Strong vigor	74-76	180-200	60-70	485	405	16	38	19	5	Easy	13.6%	Yes	Good tolerance	Retrial
21IS012 (M12)	Moderate strong	74-76	180-200	60-70	478	416	16	38	18.5	4.8	Easy	14.4%	Yes	No	Rejected
21IS013 (M13)	Moderate strong	74-76	180-200	60-70	480	398	14	37	18.5	4.6	Easy	13.8%	Yes	Good tolerance	Rejected
21IS014 (M14)	Moderate strong	70-72	160-170	50-60	385	310	17	35	17	4.6	Easy	14.2%	Yes	No	Rejected
21IS015 (M15)	Moderate strong	70-72	160-170	50-60	388	317	16	37	18.5	5.5	Easy	12.8%	Yes	No	Rejected
21IS016 (M16)	Moderate strong	70-72	160-170	50-60	390	325	16	38	18.5	4.8	Easy	13.6%	Yes	No	Rejected
21IS017 (M17)	Moderate strong	70-72	160-170	50-60	366	230	12	38	19	4.5	Easy	11.6%	No Tip filling	No	Rejected
21IS018 (M18)	Moderate strong	70-72	160-170	50-60	390	310	12	37	17.5	5.3	Easy	13.4%	Yes	No	Rejected

이어서

Characters	Plant Vigour	Days to maturity (days)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Wt. of Ear with husk (g)	Wt. of Ear without husk (g)	Avg no. of rows	Avg No Carnels per Row	Ear Length (cm)	Ear Width (cm)	Easy for shelling	TSS (brix,%)	Tip filling	Wilt tolerance	Remarks
21IS019 (M19)	Moderate strong	70-72	160-170	50-60	398	297	14	36	17.8	4.8	Easy	13.4%	Yes	No	Rejected
21IS020 (M20)	Moderate strong	78-80	200-220	80-90	410	315	16	37	18.5	4.5	Easy	14.3%	Yes	No	Rejected
21IS021 (M21)	Moderate strong	76-78	200-220	70-80	422	334	16	36	18.5	4.4	Easy	14.3%	Yes	Good tolerance	Rejected
21IS022 (M22)	Moderate strong	70-72	160-170	50-60	395	304	12	32	17.5	4.8	Easy	11.8%	Yes	No	Rejected
21IS023 (M23)	Moderate strong	70-72	160-170	50-60	455	375	14	34	18	5.2	Easy	12.7%	No Tip filling	Good tolerance	Rejected
21IS024 (M24)	Strong vigor	74-76	180-200	60-70	480	390	14	32	17	4.7	Easy	13.6%	Yes	Good tolerance	Retrial
21IS025 (M25)	**Strong vigor**	**76-78**	**180-200**	**70-80**	**495**	**415**	**14**	**42**	**19**	**5**	**Easy**	**13.8%**	**Yes**	**Good tolerance**	**Retrial**
21IS026 (M26)	Strong vigor	74-76	180-200	60-70	490	378	14	38	17.5	4.8	Easy	14.4%	Yes	Mod tolerance	Retrial
21IS027 (M27)	**Very strong**	**76-78**	**200-220**	**70-80**	**512**	**405**	**16**	**40**	**18.5**	**5.2**	**Easy**	**14.3%**	**No Tip filling**	**Good tolerance**	**Retrial**
21IS028 (M28)	**Very strong**	**76-78**	**200-220**	**70-80**	**516**	**412**	**16**	**40**	**18.5**	**5.4**	**Easy**	**14.5%**	**Yes**	**Good tolerance**	**Retrial**
Mithas	Very strong	78-80	210-220	80-90	595	480	16	42	20	5.4	Easy	13.7%	Yes	Good tolerance	Less tolerance to Wilt
CP Sweet 2	Very strong	80-82	220-230	80-90	504	410	14	44	19	5	Easy	14.7%	Yes	Good tolerance	Good tolerance to Wilt
Sugar 75	Very strong	78-80	210-220	80-90	525	412	16	38	18	4.5	Easy	14.4%	Yes	Good tolerance	Moderately tolerance to Wilt

표 70. AP지역 적응성검정 결과

Characters	Plant Vigour	Days to maturity	Plant height (cm)	Ear Height (cm)	Wt. of Ear with husk (g)	Wt. of Ear without husk (g)	Avg no. of rows	Avg No Karnels per Row	Ear Length (cm)	Ear Width (cm)	Easy for shelling	TSS %	Tip filling	Disease tol. (Tarsicum Blight, Rust, Late Wilt)	Analysis
No 01 (18SC022)	**4 Good**	**68-70**	**170-180**	**52-60**	**301**	**225**	**14**	**36**	**17.5**	**4.5**	**Easy**	**good**		**Good tolerance**	**Retrial**
No 02 (18SC159)	**4**	**68-70**	**158-160**	**43-48**	**343**	**262**	**18**	**37**	**18**	**5**	**Easy**	**good**	**Slightly less**	**Good tolerance**	**Retrial**
No 03 (19IS041)	3 Medium	68-70	170-185	32-50	239	208	16	34	16	4.4	Hard	good		Moderate tolerance	
No 04 (19IS007)	3 medium	65 (Early)	145-174	35-44	214	165	12	36	16.5	4.4	Easy	medium		Moderate tolerance	
No 06 (19IS011)	**5**	**70-75**	**170-185**	**53-77**	**335**	**251**	**14**	**38**	**18**	**4.8**	**Easy**	**good**	**Yes**	**Good tolerance**	**Retrial**
No.10(CP Swwet 2)	5	68-70	166-182	45-59	348	277	14	40	18.3	4.7	Easy	good	Yes	Good tolerance	
Check- CP Sweet-2	5	68-70	175-192	58-77	376	275	16	42	18	5	Easy	good	Yes	Good tolerance	
Mithas	8	70-75	192-200	45-60	407	290	14	42	21	5	Easy	very good	Yes	Good tolerance	

표 71. MS-1지역 적응성검정 결과

Characters	Plant Vigour	Days to maturity	Plant height (cm)	Ear Height (cm)	Wt. of Ear with husk (g)	Wt. of Ear without husk (g)	Avg no. of rows	Avg No Karnels per Row	Ear Length (cm)	Ear Width (cm)	Easy for shelling	TSS %	Tip filling	Disease tol. (Tarsicum Blight, Rust, Late Wilt)	Analysis
No 01 (18SC022)	**Very strong vigor**	**78-80**	**200-210**	**70-90**	**495**	**339**	**14**	**38**	**20.7**		**Easy**	**15.2%**	**Yes filled**	**Good tolerance to TB & Rust**	**Retrial**
No 02 (18SC159)	**Strong**	**65**	**190-200**	**60-80**	**525**	**336**	**18**	**40**	**18**		**Easy**	**15.9%**	**Yes filled**	**Mod Rust & TB**	**Retrial**
No 03 (19IS041)	Strong	78-80	210-220	70-90	418	304	16	36	18.8		Easy	13.9%	Yes filled	More Rust & TB noticed	Rejected
No 04 (19IS007)	Open to Mod strong	78-80	210-230	60-80	394	266	14	40	19		Easy	15.4%	Yes filled	Mod tolerance	Rejected
No 06 (19IS011)	**Very strong broad leaf**	**78-80**	**220-225**	**70-90**	**432**	**353**	**16**	**40**	**19.6**		**Easy**	**15.5%**	**Yes filled**	**Good tolerance**	**Retrial**
No 10	Very strong	78-80	230-240	85-95	535	348	18	40	20.3		Easy	14.8%	Yes filled	Good tolerance	Internal check
Mithas	Very strong	75-78	200-210	70-80	580	410	16	40	21.7	5.5	Easy	14.6%	Yes filled	Slight Blight noticed	Internal check
CP Seed -Sweet 2	Very Strong	78-80	235-245	80-95	420	310	16	44	21.5	5.2	Easy	14.8%	Yes filled	Slight Blight noticed	Commercial

표 72. MS-2지역 적응성검정 결과

Characters	Plant Vigour	Days to maturity	Plant height (cm)	Ear Height (cm)	Wt. of Ear with husk (g)	Wt. of Ear without husk (g)	Avg no. of rows	Avg No Karnels per Row	Ear Length (cm)	Ear Width (cm)	Easy for shelling	TSS %	Tip filling	Disease tol. (Tarsicum Blight, Rust, Late Wilt)	Analysis
No 01 (18SC022)	**V strong**	**82-85**	**154**	**36**	**446**	**322**	**16**	**43**	**19.5**	**5**	**Easy**	**13.9%**	**Yes**	**Good tolerance to TB**	**Retrial**
No 02 (18SC159)	**Strong vigor**	**78-80**	**152**	**38**	**470**	**320**	**16**	**43**	**20**	**5.1**	**Easy**	**12.6%**	**Yes**	**Good tolerance to TB**	**Retrial**
No 03 (19IS041)	Mod strong	78-80	154	38	420	300	14	42	20	5	Easy	12.6%	Yes	Mod tolerance to T Blight	Rejected
No 04 (19IS007)	Mod strong	78-80	150	37	400	300	14	45	21	4.7	Easy	12.6%	Yes	Mod tolerance to T Blight	Rejected
No 06 (19IS011)	**Strong vigor**	**70-72**	**155**	**39**	**457**	**340**	**12**	**47**	**20**	**5**	**Moderate easy**	**13.8%**	**Yes**	**Good tolerance to TB**	**Retrial**
CP Seed - Sweet 2	Very strong	72-75	180	60	420	310	14	42	20	5.1	Easy	13.8%	Yes	Slight Blight	Commercial
Mithas	Strong	72-75	182	66	493	380	16	43	20	5.6	Easy	13.6%	Yes	Good tolerance to TB	Internal check

표 73. MS-3지역 적응성검정 결과

Characters	Plant Vigour	Days to maturity	Plant height (cm)	Ear Height (cm)	Wt. of Ear with husk (g)	Wt. of Ear without husk (g)	Avg no. of rows	Avg No Karnels per Row	Ear Length (cm)	Ear Width (cm)	Easy for shelling	TSS %	Tip filling	Disease tol. (Tarsicum Blight, Rust, Late Wilt)	Analysis
No 01 (18SC022)	**V strong**	**80**	**183**	**68**	**530**	**368**	**16**	**44**	**21**	**5**	**Easy**	**13.9%**	**Yes**	**Good tolerance to T Blight**	**Retrial**
No 02 (18SC159)	**Strong vigor**	**75**	**182**	**65**	**520**	**350**	**18**	**41**	**20.5**	**5.1**	**Easy**	**12.6%**	**Yes**	**Good tolerance to T Blight**	**Retrial**
No 03 (19IS041)	Mod strong	75	181	60	520	300	18	43	20	5	Easy	12.6%	Yes	Mod tolerance to T Blight	Rejected
No 04 (19IS007)	Mod strong	75	160	60	420	310	14	40	21	4.9	Easy	12.6%	Yes	Mod tolerance to T Blight	Rejected
No 06 (19IS011)	**Strong vigor**	**75**	**187**	**61**	**410**	**290**	**16**	**41**	**19**	**5**	**Easy**	**13.8%**	**Yes**	**Good tolerance to T Blight**	**Retrial to Reconfirmation of observation**
CP Seed - Sweet 2	Very strong vigor	80	183	64	516	380	19	40	21	5.1	Easy	13.8%	Yes	Good tolerance to T Blight	Internal check
Mithas	Strong	80	182	67	535	253	18	45	21.8	5.6	Easy	13.6%	Yes	Good tolerance to T Blight	Internal check
Cp Seed - Golden Sweet	Very Strong	78	181	69	420	343	16	45	20	5.4	Easy		Yes	Good tolerance to T Blight	Commercial

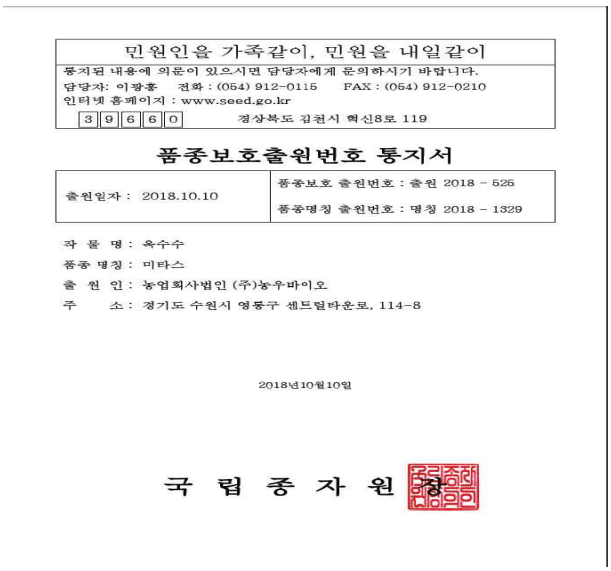
6. 품종보호출원 및 생산판매신고

가. 품종보호출원 현황

(1) 최종 목표는 품종보호출원 5건, 품종보호등록 5건이었으나, 1세부과제 1건(한국), 2세부과제 2건(인도, 한국) 등 총 3건에 대해서만 품종보호출원 성과를 달성하였다. 2세부과제에서 진행한 품종보호출원의 경우 2021년까지 아직 품종보호등록은 되지 않았으며, 현재 재배심사 중에 있다.

(2) 2017년 Mithas의 품종보호출원을 인도에서 실시하였다. 출원기관은 PPV&FR (Protection of Plant Varieties and Farmers Rights Authority)이며, 3~4년간 인도의 여러 지역에서 재배시험을 실시한 후 등록이 되지만, 마지막 해인 2021년까지 재배심사 중으로 GSP종료 후에 최종 등록이 가능할 것으로 판단된다.

그림 76. Mithas PPV&FR 품종보호출원



민원인을 가족같이, 민원을 내일같이

품종보호출원번호 통지서

출원일자 : 2018.10.10	품종보호 출원번호 : 출원 2018 - 525 품종명칭 출원번호 : 명칭 2018 - 1329

작 물 명 : 옥수수
품종 명칭 : 미타스
출 원 인 : 농업회사법인 (주)농우바이오
주 소 : 경기도 수원시 영통구 센트럴타운로, 114-8

2018년10월10일

국 립 종 자 원 장

그림 77. Mithas 국내 품종보호출원

나. 생산판매신고 현황

(1) 인도 내 판매시스템 상 생산판매신고를 하지 않고 판매할 수 있는 주(州)가 있고, 반드시 판매 허가를 맡아야 하는 주(州)도 있다. 위탁과제기관인 NSI에서 판매허가를 맡아야 하는 주에 생산판매신고를 실시하였다.

(2) MS주, AP주의 경우 2017년 생산판매신고를 하였으며, 2019년 갱신의 목적으로 추가 생산판매신고를 하였다. 2019년 TN주, 2020년 Jhakhand주의 생산판매신고를 완료하여 현재 Mithas의 인도 내 판매는 모든 주에서 가능하게 되었다.

표 74. 인도 내 생산판매신고 현황

국 가	출원			기 타
	출원일	지역	신고번호	
인도	2017	MAHARASHTRA	LCSD1010586	
인도	2018	Andhra Pradesh	SEED-CSL-180347	
인도	2019	Tamil Nadu	DSC-TN/PVT/ENRL/2019-19-2933	
인도	2019	Andhra Pradesh	RRD/0/ADDL.DA/CSL/2014/855	갱신
인도	2019	MAHARASHTRA	QC/Seed/QC-7/8/667/2019	갱신
인도	2020	Jharkhand	DA/S-1	

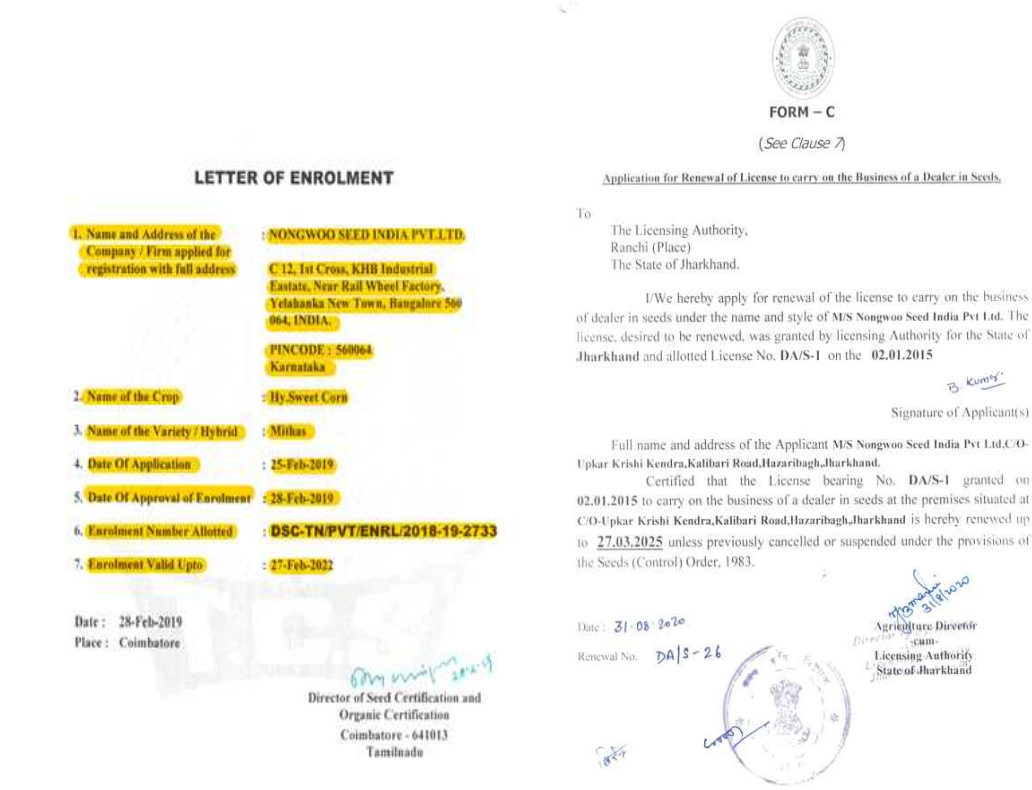
GOVERNMENT OF MAHARASHTRA
Department of Agriculture

Statement - I

List of the Crop & Varieties

그림 78. Mithas MS주 판매신고

그림 79. AP주 생산판매신고 신청서



LETTER OF ENROLMENT

1.	Name and Address of the Company / Firm applied for registration with full address	: NONGWOO SEED INDIA PVT.LTD. C 12, 1st Cross, KHB Industrial Eastate, Near Rail Wheel Factory, Yelahanka New Town, Bangalore 560 064, INDIA. PINCODE : 560064 Karnataka
2.	Name of the Crop	: Hy.Sweet Corn
3.	Name of the Variety / Hybrid	: Mithas
4.	Date Of Application	: 25-Feb-2019
5.	Date Of Approval of Enrolment	: 28-Feb-2019
6.	Enrolment Number Allotted	: DSC-TN/PVT/ENRL/2018-19-2733
7.	Enrolment Valid Upto	: 27-Feb-2022

Date : 28-Feb-2019
Place : Coimbatore

Director of Seed Certification and
Organic Certification
Coimbatore - 641013
Tamilnadu

FORM – C

(See Clause 7)

Application for Renewal of License to carry on the Business of a Dealer in Seeds.

To
The Licensing Authority,
Ranchi (Place)
The State of Jharkhand.

I/We hereby apply for renewal of the license to carry on the business of dealer in seeds under the name and style of **M/S Nongwoo Seed India Pvt Ltd.** The license, desired to be renewed, was granted by licensing Authority for the State of **Jharkhand** and allotted License No. **DA/S-1** on the **02.01.2015**

Signature of Applicant(s)

Full name and address of the Applicant **M/S Nongwoo Seed India Pvt Ltd.C/O-Upkar Krishi Kendra,Kalibari Road,Hazaribagh,Jharkhand.**

Certified that the License bearing No. **DA/S-1** granted on **02.01.2015** to carry on the business of a dealer in seeds at the premises situated at **C/O-Upkar Krishi Kendra,Kalibari Road,Hazaribagh,Jharkhand** is hereby renewed up to **27.03.2025** unless previously cancelled or suspended under the provisions of the Seeds (Control) Order, 1983.

Date : 31-08-2020
Renewal No. DA/S-26

Agriculture Director
-cum-
Licensing Authority
State of Jharkhand

그림 80. TN주, JH주 생산판매신고

7. Mithas 홍보 및 출원

가. 전시포 운영 및 홍보

(1) GSP 2단계 시작인 2017년의 인도 단옥수수 시장은 Syngenta의 Sugar 75가 80%이상 독점하고 있는 시장이어서 시장진입을 위해서는 Mithas의 특성이 Sugar 75보다 우수하다는 홍보활동을 통하여 농민, 거래처의 인식개선이 필요하였다. 전시포 운영은 Mithas 홍보활동의 첫 번째 단추로 실물을 직접 농민, 거래처에 보여줌으로써 그 우수성을 알릴 계기로 삼았다. 2017년 재배가 많이 이루어지는 지역인 MS주의 Pune 지역을 시작으로 매년 주요 지역을 대상으로 홍보활동을 하였다(표 75).

(2) Mithas 특성 설명

(가) 고생산성

① 농가 : 가공업체에 납품하는 가격은 5Rs./kg 이며, Sugar 75의 경우 kg당 2.5개(옥수수 껍질을 포함한 이삭)가 1kg이고, Mithas의 경우 2개의 이삭이 1kg 정도로 Mithas가 생산성이 높아 기존 선도품종대비 생산성이 향상됨을 집중 홍보하였다.

② 가공업체 : 껍질을 포함한 이삭무게에서 껍질을 제거하고 난 뒤 이삭무게를 측정하였을 때 무게비중이 Mithas는 50~60%이지만 Sugar 75는 40~50%로 Mithas가 우수함을 가공업체에 홍보하였다.

(나) 탈립의 우수성(shelling)

① 인도에서 단옥수수 가공 시 기계장치를 이용하는 것이 아닌 손으로 작업을 하기에 Mithas의 낱알 탈립성에 대해 적극적으로 홍보하였으며, 또한 가공과정에서의 전분화와 관련하여 당분의 전분화 속도가 느린 점을 홍보하였다.

(3) 마지막 연차인 2021년에는 AP지역에서 전시포를 운영하였다. AP지역은 MS주 다음으로 단옥수수 시장은 큰 지역이지만, 다른 MS주, KA주보다 Mithas 판매가 저조한 지역이었다. 이는 Mithas의 약점인 줄기마름병이 많이 발생되는 지역이다. 비교적 줄기마름병 발생이 적은 지역에서의 품종홍보를 실시함으로써 Mithas 시장점유율 향상을 기대하고 있다.

표 75. 2단계 전시포 운영

	일정	장소	초청인원
2017년	`17. 9. 20	Pune Manchar(MS주)	농민, 거래처 70여명
2018년	`18. 9. 5	Karnataka 지역	농민, 거래처 100여명 (품종 설명회 병행)
2019년	`19. 8. 8	Karnataka Devanahalli지역	농민, 거래처 30여명
2020년	`20. 8. 4	Maharashtra Pune지역	농민, 거래처 20여명
2021년	`21. 9. 15	AP주 Vijayawada지역	농민, 거래처 20여명

그림 81. 2017년 인도 Pune 전시포 운영사진

그림 82. 2018년 Karnataka 품종설명회 및 전시포 운영

그림 83. 2019년 Karnataka Devanahalli 지역 MITHAS 전시포 및 품종홍보

그림 84. 2020년 Maharashtra의 MITHAS 전시포 및 품종홍보

그림 85. 2021년 Andra Phradeshi주 전시포 운영

그림 86. Mithas 품종설명회

8. 종자생산

가. 원종증식

(1) 판매종자 생산을 위한 원종증식을 매년 NSI 방갈로연구소와 연구소 인근 포장을 임대하여 건기에 실시하였다. 원종증식 초기에는 포장임대가 수월하지 않고 관개수 확보 문제로 인해 계획된 생산량이 못 미치는 경우도 있었으나, 년차가 지날수록 목표계획에 맞게 증식을 할 수 있었다.

(2) 원종증식 후 발아율, 저장조건 등을 고려하여 수확 시 식물체 상태에서의 자연건조 후 수분함량이 20~30%일 때 수확을 실시하였다. 수확 후 수분함량을 13~15%로 낮춘 후 건조시설을 이용 최종 수분함량을 9~10%까지 낮춰 발아율을 확보하였다.

(3) 종자는 인도법인 QA시설에 입고되었으며, 수확된 모계, 부계 원종의 순도검정 후 최종적으로 F1생산에 이용되었다.

표 76. 연도 별 MITHAS 원종증식량

구 분	모계			부계			비고
	파종	면적	증식량	파종	면적	증식량	
2017~18년	11.9	800평	507kg	1.24	400평	174kg	
2018~19년	10~12월	2,760평	1,000kg	1월	1,000평	450kg	
2019~20년	11월	2,400평	981.5kg	1월	1,200평	607.5kg	

표 77. 원종증식 순도검정 결과표

SL.No	# lot	No.of seeds	No. of Hybrids	No. of Female	No. of Male	Failed reactions	Purity Percentage
1	female Madhu-1	100	0	99	0	1	100
2	female Krishnappa	100	0	100	0	0	100
3	'A' field	100	0	0	100	0	100

그림 87. 2017-18년 미타스 모계, 부계 증식포장 전경

그림 88. 2018-19년 미타스 모계, 부계 증식포장 전경

그림 89. 2019-20년 미타스 모계 생산포장 전경

그림 90. 2019-20년 미타스 부계 생산포장 전경

나. Mithas F1 종자생산 및 순도검정

(1) F1 종자 생산

(가) Mithas 종자 생산 내역은 표 78 및 그림 91과 같다.

(나) 주로 Eluru지역에서 진행되었으며, 2차년도에 Eluru지역 외 생산가능지역을 확보하고자 Aurangabad지역에서 시험 생산하였으나 그 지역의 온도가 낮고, 토양상태가 좋지 않아 생산량에 미치지 못하는 결과를 얻었다. 재배 방법은 지역별, 재배농가 별 약간씩의 차이는 있지만, 대체로 재식거리 20㎝ × 60㎝로 모, 부계 = 4 : 2비율로 파종(부계는 모계직파 3일 후 파종)하고 재배할 수 있도록 지도하였다.

표 78. 연도별 Mithas 종자 생산 내역

연도	생산지역	면적(ac)	계획량(ton)	생산량	비고
1차년도(16-17)	Eluru	20/10	10	10	
2차년도(17-18)	Eluru/Aurangabad	44	30	20	
3차년도(18-19)	Eluru	160	60	60	
4차년도(19-20)	Eluru	157	60	59	
5차년도(20-21)	Eluru	276	110	135	

그림 91. Eluru지역 MITHAS 종자생산

(2) 순도검정

(가) 생산된 종자는 타화분 혼입, 기계적 혼입 등 여러 가지 이유로 순도에 문제가 생길 수 있기 때문에, 매년 생산 lot별로 순도검정을 실시하였다.

(나) 처음에는 생산물량의 순도검정은 포장검정(NSI 방갈로연구소)과 IB-1769 SSR marker를 이용한 기내검정(NSI 종자관리실, 그림 92)을 병행하였는데, 그 이유는 기내검정을 위한 DNA마커의 활용 가능성을 확보하기 위한 것이며, 기내/포장 검정 결과가 일치하였기 때문에 이후부터는 기내검정 위주로 진행하였다.

(다) 예시(표 79)에서 볼 수 있는 것과 같이 생산된 종자는 순도율이 대부분 98% 이상의 우수한 상태를 보여 판매에 문제가 없었던 것으로 나타났다. 일부 종자 충실도가 떨어지는 lot는 정선과정에서 제거하여 발아에도 문제가 없도록 관리하고 있다.

Date of DNA extraction	Crop	Lot No	Date of PCR	No of seeds	Female	Male	others	Off type %	MGP code No
14.04.2020	Sweet Corn	219-1001	15.04.2020	94	2	0	0	2.12%	SCM - #001

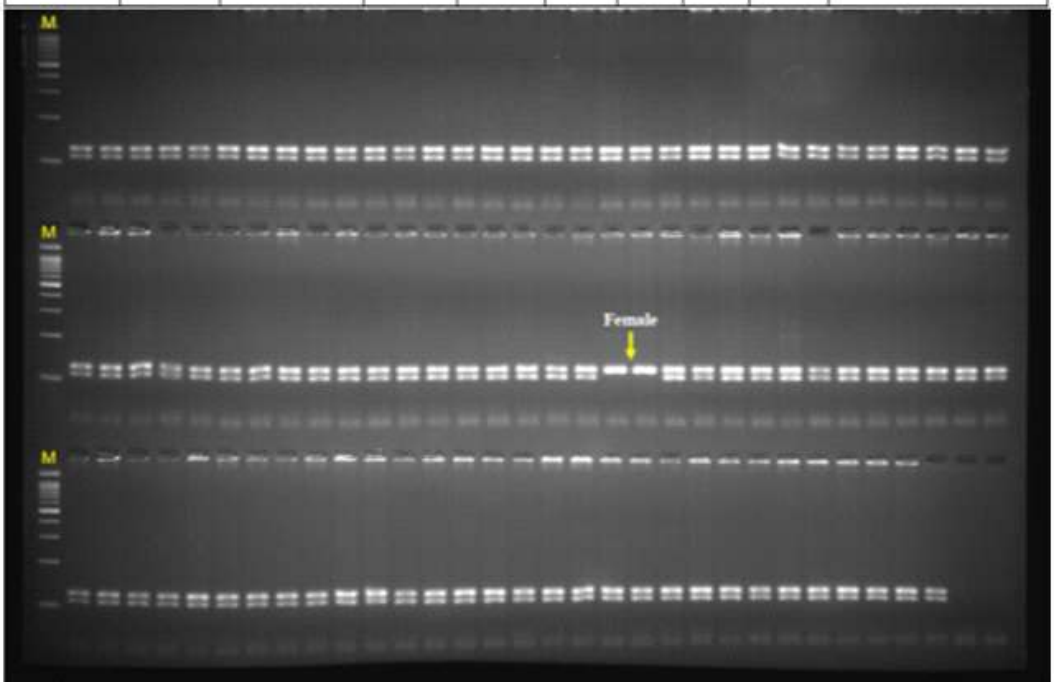


그림 92. IB-1769 SSR marker를 이용한 기내검정(화살표는 모계 자식주임)

그림 93. 생산종자의 종차충실도

표 79. 3차년도 Eluru지역 생산물량의 기내순도검정 결과(예시)

Sl. No	Lot No.	NO. of seeds	Female	Male	% Off-type	Genetic Purity %
1	219-1001	94	2	0	2.12	97.88
2	219-1001-2	94	0	0	0	100
3	219-1002	89	1	0	1.12	98.88
4	219-1002-2	94	0	1	1.06	98.94
5	219-1003	87	0	0	0	100
6	219-1003-2	94	0	0	0	100
7	219-1004	93	0	0	0	100
8	219-1005	92	0	0	0	100
9	219-1006	92	0	0	0	100
10	219-1008	94	1	0	1.06	98.94
11	219-1009	90	0	0	0	100
12	219-1009-2	93	0	0	0	100
13	219-1010	94	1	0	1.06	98.94
14	219-1010-2	94	0	0	0	100
15	219-1011	94	0	0	0	100
16	219-1011-2	94	0	0	0	100
17	219-1012	94	0	0	0	100
18	219-1013	94	1	0	1.06	98.94
19	219 – 1014	94	1	0	1.06%	98.94%
20	219 – 1015	94	1	0	1.06%	98.94%
21	219 – 1016	93	0	0	0	100%
22	219 – 1016-2	93	0	0	0	100%
23	219 – 1018	94	0	0	0	100%
24	219 – 1019	94	0	0	0	100%
25	219 – 1020	94	1	0	1.06%	98.94%
26	219 – 1021	94	0	1	1.06%	98.94%
27	219 – 1022	94	0	0	0	100%
28	219 – 1023	93	0	0	0	100%
29	219 – 1024	94	1	0	1.06%	98.94%
30	219 – 1024-2	94	0	0	0%	100%
31	219 – 1025	94	0	0	0%	100%
32	219 – 1026	93	0	0	0%	100%
33	219 – 1027	94	2	0	2.12%	97.88%
34	219-1028	94	0	0	0	100
35	219-1028–2	93	0	0	0	100%
36	219-1029	94	0	0	0	100%
37	219-1030	94	1	0	1.06%	98.94%
38	219-1031	94	1	0	1.06%	98.94%
39	219-1032	94	0	0	0	100
40	219-1033	94	0	0	0	100%
41	219-1033-2	94	0	0	0	100%
42	219-1034	94	0	0	0	100%
43	219-1034-2	93	0	0	0	100%
44	219-1035	93	0	0	0	100%
45	219-1036	93	0	1	1.07	98.93
46	219-1037	94	0	0	0	100
47	219-1038	94	1	0	1.06%	98.94%
48	219-1039	93	0	0	0	100
49	219-1040	93	0	0	0	100%
50	219-1041	94	0	0	0	100%
51	219 – 1041-2	94	1	0	1.06%	98.94%
52	219 – 1042	94	0	0	0%	100%
53	219 – 1043	94	1	0	1.06%	98.94%
54	219 – 1044	94	1	0	1.06%	98.94%
55	219 – 1045	94	0	0	0%	100%
56	219 – 102-2	94	0	0	0	100%

9. 거래처 확보

가. 인도에서는 단옥수수가 식량종자가 아닌 채소종자로 분류되기 때문에 단옥수수인 Mithas의 판매는 NSI의 영업망을 활용하여 진행하고 있다. 그 외 적응성 시험을 통해 상업화를 결정한 홍콩과 도미니카 공화국도 추가되어 총 3개국에 수출되고 있다.

나. 인도에서는 2단계 1차년도(2017년)에 42개 거래처를 통해 판매하였고, 2차년도에는 53곳의 거래처를 통해 판매하였다. 2차년도까지는 Mithas의 인도 내 인지도가 극히 낮아 소규모 거래처의 경우 소포장을 우선적으로 판매하였다. 하지만 2018년 이후부터 품종에 대한 인지도가 상승하면서 3차년도(2019년)에는 70여 거래처를 통해 대포장 판매도 진행하였다. 4차년도에는 인도 내 COVID-19팬데믹 영향으로 거래처 확보를 통해 판매가 쉽지 않았으나 79곳 거래처를 통해 판매를 실시하였다.

다. 마지막 연차인 2021년에 수출판매 목표 달성을 위해 거래처 확보에 만전을 기해 총 111 거래처를 확보하였다.

표 80. 거래처 확보 현황

	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년
판매국가	3	2	2	1	2
거래처 수	42	53	70	79	111

10. Mithas 수출실적

가. Mithas의 연차별 수출실적은 표 81과 같다.

나. 1차년도(2017년) 판매 계획은 10만$이었지만 실제 17만$을 판매하였고 이후로 매년 목표를 초과하는 판매 실적을 거두어, GSP 최종 해인 2021년 현재 총 658.3만불을 판매하여 108% 초과하는 성과를 거두고 있다.

표 81. 2단계 수출현황(판매량, 판매금액)

	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	총계
판매량(kg)	6,471	22,172	52,299	48,521	93,597	223,060
판매계획(만$)	10	40	100	200	250	600
판매금액($)	17.1	59.9	126.7	162.8	291.8	658.3

Tax Invoice

(ORIGINAL FOR RECIPIENT)

Nongwoo Seed India Pvt Ltd

UNITED DEVELOPMENT INTERNATIONAL LTD

INVOICE

NONGWOO SEED INDIA PVT LTD

UNITED DEVELOPMENT INTERNATIONAL LTD

그림 94. 2017년 홍콩 수출판매 송장

NONGWOO SEED INDIA PVT LTD.

C-12, 1st Cross, KHB Industrial Estate, (Near Rail Wheel Factory), Yelahanka New Town, Bangalore-560 064. Tel. No. 080-4224 2493, Fax : 080 4235 1599, Email : info@nongwooseedindia.com

그림 95. 2017년 인도 거래처 납품확인증 사본

그림 96. 2017년 도미니카공화국 수출 송장 사본

제 3 절 연구개발 결과 및 성과

1. 연구개발 성과

가. 품종개발

구 분	품종 명칭 (건별 각각 기재)	국 명	출원			등 록			기 타
			출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호	
출원	MITHAS	인도	농우인디아	2017.05.16	REG/2017/1469				PPV&FR
출원	MITHAS	한국	농업회사법인 (주) 농우바이오	2018.10.10	출원 2018-525				국립종자원
출원	PNH510	한국	충북대학교 산학협력단	2018.11.21	출원 2018-623				국립종자원

나. 논문(확인)

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCI여부 (SCI/비SCI)
1	시료 준비 방법에 따른 등숙 시기별 초당 및 찰옥수수 교잡종의 과피 두께 비교	한국작물학회지	한성진	64(2)	한국	한국작물학회	비SCI
2	도입 초당옥수수 교잡종의 포장 적응성 및 중요농업형질의 유전력	한국작물학회	이신영	66(2)	한국	한국작물학회	비SCI

다. 인력양성

번호	분류	기준년도	인력양성 현황										
			학위별				성별		지역별				
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
1		2017.2		1				1		1			
2		2020.2		1			1			1			
3		2020.8	1				1			1			
4		2021.8		1			1			1			

라. 생산판매신고

구 분	품종 명칭	국 가	출원				기 타
			출원인	출원일	지역	신고번호	
생판신고	MITHAS	인도	농우인디아	2017	MAHARASHTRA	LCSD1010586	
생판신고	MITHAS	인도	농우인디아	2018	Andhra Pradesh	SEED-CSL-180347	
생판신고	MITHAS	인도	농우인디아	2019	Tamil Nadu	DSC-TN/PVT/ENRL/2019-19-2933	
생판신고	MITHAS	인도	농우인디아	2019	Andhra Pradesh	RRD/0/ADDL.DA/CSL/2014/855	갱신
생판신고	MITHAS	인도	농우인디아	2019	MAHARASHTRA	QC/Seed/QC-7/8/667/2019	갱신
생판신고	MITHAS	인도	농우인디아	2020	Jharkhand	DA/S-1	

2. 기술적 성과

가. 동남아 적응형 초당옥수수 1대 교잡종 품종(PNH510) 개발

(1) 국내 품종보호 출원(등록은 2022년 전반기에 진행될 예정)

구분	수꽃 개화기 (일)	암수 개화기 (일)	초장 (cm)	착수고 (cm)	이삭 무게 (g/ear)	이삭 길이 (cm)	이삭폭 (cm)	열수	끝달림 (1-9)	당도 (Brix)
Sugar75 (대비품종)	55.7	54.7	253.4	93.4	247.1	19.7	5.3	16	7	13.8
Mithas (대비품종)	53.7	53.7	245	98	287.7	20.5	5.8	16	8.4	14.1
PNH510	55.0	54.4	237.7	108.4	264.1	19.3	5.2	16.7	7.7	14

나. 후속사업 및 과제의 지속적 진행을 위한 열대 초당옥수수 composite 집단(IMP410) 육성

다. 자식계통 육성 : 열대 자식계통 100여 계통, 온대자식계통 40여 계통 육성

라. 유전체 기반 DNA 마커를 이용한 자식계통의 유전자형을 확보하고 이를 이용하여 가상 F1 교배조합의 이형접합율을 추정하여 포장에서 평가할 시교 교배조합 선발 방법을 개발

마. 시료 준비 방법에 따른 등숙 시기 별 초당옥수수 교잡종의 과피 두께 변화를 연구하여 과피 두께가 얇은 초당옥수수 교잡종의 효율적 선발 방법 모색(계속 연구)

바. 디지털 이미지 분석을 통한 유묘의 저온저항성 측정 방법을 개발하여 육종자원의 저온저항성 스크리닝

사. 열대지역 적응형 MITHAS 품종개발

(1) 해외현지의 재배조건 등 열악한 환경에서 재배 안정성이 뛰어나고, 초세가 강한 품종으로 선도품종 대비 생산성이 뛰어남 (선도품종 400g/이삭, MITHAS 500g/이삭)

(2) 생산성 향상을 위해 이삭크기, 무게, 낱알 맺힘 등의 형질을 개선시켰으며, 개발품종의 우수한 낱알 탈립성은 기계화가 덜되어 수작업이 많은 후진국가에서 가공작업의 효율성을 높여줌

(3) 개발품종의 단위면적당 생산량 증가로 농가 선호도 및 소득증대

구분	출웅 (일)	출사 (일)	초장 (cm)	착수고 (cm)	무게 (껍질포함, g)	무게 (껍질제외, g)	이삭장 (cm)	이삭폭 (cm)	줄수	당도 (%)	이삭 맺힘*
MITHAS	54.7	53.7	287	90	500	330	20.3	5.5	16	14.1	9
Sugar 75	56.3	55.7	280	97	400	270	19.7	5.0	15	13.5	8

*나쁨(1)~좋음(9)

MITHAS 우수성(이삭 특성)
✓ 낱알맺힘과 끝맺음(tipfilling)이 우수 ✓ 단위면적당 생산성이 경쟁품종 대비 15~20%향상 ✓ 낱알의 탈립성이 우수하여 가공작업이 수월 ✓ 당도가 17brix(*sh2)로 높음* ✓ 이삭크기는 20cm내외로 선도품종 대비 큰 특성을 보임 ✓ 매문병, 녹병에 중도저항성 특성을 보임

3. 경제적 성과

가. 종자수출액

번호	수출품목	수출액		
		수출일	수출국	수출금액
1	Mithas	2017년	인도, 홍콩, 도미니카	171,857$
2	Mithas	2018년	인도, 홍콩	570,268$
3	Mithas	2019년	인도, 도미니카	1,267,726$
4	Mithas	2020년	인도	1,628,496$
5	Mithas	2021년 11월	인도, 도미니카	2,918,000$

(1) 수출국가 : 인도, 홍콩, 도미니카공화국 등

(2) 판매거래처 : 2021년 111개 거래처를 통해 판매 실시

(3) 수출금액 : 2017년 3월~2021년 11월 현재 658만불 수출 달성

나. 사업화성과

항목	세부항목			성 과
사업화 성과	매출액	개발제품	개발후 현재까지	658만불
			향후 3년간 매출	900만불
		관련제품	개발후 현재까지	-
			향후 3년간 매출	-
	시장 점유율	개발제품	개발후 현재까지	국내 : - % 국외 : 50%
			향후 3년간 매출	국내 : - % 국외 : 70%
		관련제품	개발후 현재까지	국내 : - % 국외 : - %
			향후 3년간 매출	국내 : - % 국외 : - %
	세계시장 경쟁력 순위	현재 제품 세계시장 경쟁력 순위(인도 내)		2 위
		3년 후 제품 세계 시장경쟁력 순위(인도 내)		1 위

다. 사업화 계획 및 매출실적

항 목	세부 항목		성 과		
사업화 계획	사업화 소요기간(년)		5년		
	소요예산(백만원)		3,160		
	예상 매출규모 (만불)		현재까지	3년후	5년후
			658	500	700
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년후	5년후
		국내	-	-	-
		국외	50	70	80
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		MITHAS 후속품종 개발(내병성 : 줄기마름병)		
무역 수지 개선 효과	(단위: 억원)		현재	3년후	5년후
	수입대체(내수)		-	-	-
	수 출		-	-	-

4. 종합 결과분석

가. 품종보호, 특허 : 성과 미달성 항목에 관해서는 과제 종료 후 현지 성능검정, 적응성 검정을 통해 우수 품종을 선발한 후 출원할 계획

나. 논문 : 과제수행 중 얻은 결과를 토대로 현재 논문을 작성 중에 있으며 연구과제 종료 2년 내에 모두 게재가 가능할 것임

목표논문	논문 제목	목표학회지	진행율(%)
SCI	Digital image analysis on low temperature response in sweet corn hybrid seedling	Agriculture	80%
SCI	Molecular genetic characterization and population structure aong commercial F1 maize hybrids of various endosperm and eco-type	Agronomy	70%
SCI	Genotypes of modern sweet corn varieties	Euphytica	50%
SCI	Estimated heterozygosity of commercial F1 hybrids and its implication to maize breeding	Agronomy	80%
SCI	Analysis of population structure and classification of heterotic pattern in tropical super sweet corn inbred lines using SNP markers	Plant breeding	70%

다. 그 외 성과의 경우 대부분 목표 달성을 하였으며, 1세부과제에서 개발한 PNH510는 종자확보가 되는 시점에 해외 시험을 통해 판매가능성 여부를 판단할 것임. 현재 판매가능 품종은 현재 MITHAS품종으로 인도 내 점유율을 높이기 위해 지속적인 홍보활동을 실시할 계획

라. 종자 생산거점을 통해 과제 종료 이듬해인 2022년 180ton 생산계획에 있음

마. 2단계 과제 수행기간동안 종자수출액은 총 658만불로 목표인 600만불을 초과 달성함. 이는 인도 전체시장에서 MITHAS가 차지하는 비중이 30~40%이며, 향후 50%이상 점유 할 수 있을 것이라고 기대함.

제 3 장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

제 1 절 연구개발 목표

1. 연구개발의 최종목표 및 주요내용

가. 연구개발의 최종 목표 : 열대형/고위도(극동아시아, 온대) 적응 단옥수수 옥수수 품종개발 및 이를 통한 종자수출(판매) 600만 불 달성

(1) 열대형/고위도(온대) 지역 식가공용 단옥수수 품종개발 : 5품종

(2) 옥수수 개발 품종의 현지 적응성 검정

(3) 농가실증시험/전시포 운영에 따른 농가, 거래처 품종 홍보

(4) 남부아시아 지역 종자 판매 확대를 위한 마케팅 인프라 구축 및 판매

표 . GSP 2단계 프로젝트 목표 설정

성과목표		품종개발		특허		논문		유전자원등록	계통육성		기반구축				마케팅기반확보	국내매출액	현지생산판매액	기술이전	인력양성
		출원	등록	출원	등록	SCI	비SCI		우량계통선발	우량교잡종선발	육종거점	적응성검정	전시/실증포	종자생산(채종)					
최종목표		5	5	2	1	2	4		8	13	10	29	5	5	5		600	2	3
1차년도	목표	1				1			1	2	2	5	1	1	1		10		1
2차년도	목표	2	1	1			1		1	2	2	6	1	1	1		40	1	
3차년도	목표	1	1	1		1	1		2	3	2	6	1	1	1		100		1
4차년도	목표	1	1		1		1		2	3	2	6	1	1	1		200	1	
5차년도	목표		2				1		2	3	2	6	1	1	1		250		1

2. 연구목표 달성을 위한 연구개발 추진일정

단계별 목표		2단계					최종목표
		- 남부아시아 수출용 단 옥수수 품종개발 - 열대 및 고위도 식가공용 단 옥수수 품종개발 - 종자생산 및 판매 기반 구축 - 수출시장 개척					옥수수 종자판매 600만불 달성
중점연구영역		2017	2018	2019	2020	2021	프로젝트 목표
옥수수 품종 개발	우량 계통 육성 우량 품종 육성	-계통분리를 통한 우량 계통육성 → -우량계통 종자 증식 및 생산 → -교잡종 적응성 평가위한 조합구성 → -우량 계통활용 교잡종 생산 → -적응성 검정에 의한 우량교잡종 선발 → -품종등록을 위한 교잡종 선발 및 출원 →					우량 품종개발
수출 개척 연구	우량 교잡종 적응성 평가	-남부아시아 적응 품종의 현지 적응성 검정 →					우수품종 수출을 위한 해외 인프라 구축
	종자판매 마케팅	-해외현지 법인 연계 유통망 구축 →					
	수출 촉진 연구	-브랜드 홍보 강화 및 마케팅 체계 구축 → (판매 촉진)					
	종자생산 보급 시스템 구축	-종자 생산 및 판매(보급) 시스템 구축 →					

3. 연차별 연구개발 목표 및 내용

가. 1세부과제

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용
1차년도	2017년	○ 열대 단옥수수 원종개발	- 세대촉진을 통한 원종 개발 - 원종의 잡종강세그룹 구분 - 여교잡 시작(su, se, GA1s)
		○ 열대 단옥수수 F1 품종개발	- 교배조합 작성 및 조합능력검정시험 - 지역적응성 예비/본시험 :인도, 캄보디아, 베트남, 중국남부
		○ 온대 단옥수수 품종개발	- 세대촉진 및 교배조합 작성(국내) - 생산력검정 예비시험(국내) - 현지 적응성 검정 시험(중국 북경)
2차년도	2018년	○ 열대 단옥수수 원종개발	- 세대촉진을 통한 원종 개발 - 잡종강세그룹의 조합능력검정 - 여교잡 계속(su, se, GA1s)
		○ 열대 단옥수수 F1 품종개발	- 교배조합 작성 및 조합능력검정시험 - 지역적응성 예비/본시험 : 인도, 캄보디아, 베트남, 중국남부 - 농가실증시험(캄보디아 등) - 채종시험 실시
		○ 온대 단옥수수 품종개발	- 세대촉진, 교배조합 작성, 생검 예비(국내) - 현지 적응성 검정 시험(중국 북경) - 중국 농가 실증 시험(본시험 통과시)
3차년도	2019년	○ 열대 단옥수수 원종개발	- 세대촉진을 통한 원종 개발 - 새로 개발된 원종의 잡종강세그룹 구분 - 여교잡 계속 (su, se, GA1s) -
		○ 열대 단옥수수 F1 품종개발	- 교배조합 작성 및 조합능력검정시험 - 지역적응성 예비/본시험 : 인도, 캄보디아, 베트남, 중국남부 - 농가실증시험(캄보디아 등) - 채종시험 실시
		○ 온대 단옥수수 품종개발	- 세대촉진, 교배조합 작성, 생검 예비(국내) - 현지 적응성 검정 시험(중국 북경) - 중국 농가 실증 시험
4차년도	2020년	○ 열대 단옥수수 원종개발	- 세대촉진을 통한 원종개발 - 새로 개발된 원종의 잡종강세그룹 구분 - 여교잡 계속(su, se, GA1s)
		○ 열대 단옥수수 F1 품종개발	- 교배조합 작성 및 조합능력검정시험 - 지역적응성 예비/본시험 : 인도, 캄보디아, 베트남, 중국남부 - 농가실증시험(캄보디아 등) - 채종시험 실시
		○ 온대 단옥수수 품종개발	- 세대촉진, 교배조합 작성, 생검 예비(국내) - 현지 적응성 검정 시험(중국 북경) - 중국 농가 실증 시험
5차년도	2021년	○ 열대 단옥수수 원종개발	- 세대촉진을 통한 원종개발 - 새로 개발된 원종의 잡종강세그룹 구분 - 여교잡 계속(su, se, GA1s)
		○ 열대 단옥수수 F1 품종개발	- 교배조합 작성 및 조합능력검정시험 - 지역적응성 예비/본시험 : 인도, 캄보디아, 베트남, 중국남부 - 농가실증시험(캄보디아 등) - 채종시험 실시
		○ 온대 단옥수수 품종개발	- 세대촉진, 교배조합 작성, 생검 예비(국내) - 현지 적응성 검정 시험(중국 북경) - 중국 농가 실증 시험

나. 2세부과제

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용
1차년도	2017	○ 인도 현지 육성 기반 구축 및 육성	○ 인도 기반 구축에 따른 계통육성 - NSI 방갈로연구소 내 2ac(8,000㎡) 확보 및 육종기지화 - 유전자원 평가 및 분리집단 형성 - 신규 계통을 이용한 조합 작성
		○ 단옥수수 매문병 저항성 계통 선발	○ 매문병 마커 개발 - 내병성, 이병성 유전자원 탐색 - F1 집단 형성 및 병리 검정
		○ F1 조합의 성능검정 (1세부, 2세부 작성 조합)	○ 신규조합에 대한 성능검정 - 방갈로연구소에서 1차 예비시험 및 선발
		○ 농가실증시험용 종자 생산	○ 농가실증시험용 F1종자 생산 - 방갈로연구소(조합당 1kg)
		○ 단옥수수 조합 지역 적응성 검정 (인도, 인도네시아)	○ 선발조합에 대한 지역적응성 시험 - 인도 중부, 남부 등 주 재배지 - 인도네시아 주 재배지
		○ 판매용 종자 생산	○ Mithas(F1) 종자 생산(인도) - 위탁생산 실시
		○ 품종보호출원	○ Mithas 품종보호출원/판매신고
		○ 홍보/마케팅 및 종자 판매	○ 거래처 확보 및 종자판매(10만불) - Mithas(F1) 인도 남부 종자 판매
2차년도	2018	○ 인도 현지 육성 기반 구축 및 육성	○ NSI 방갈로연구소 - 토지 3ac(12,000㎡) 확보 - 유전자원 평가 및 분리집단 형성 - 신규 계통을 이용한 조합 작성
		○ 단옥수수 매문병 저항성 계통 선발	○ 매문병 마커 개발 - F2집단 형성 및 병리검정 - 마커 다형성 검정 및 마커개발 진행
		○ F1 조합 성능검정 (1세부, 2세부 작성 조합)	○ 신규조합에 대한 성능검정 - 방갈로연구소에서 1차 예비시험 및 선발
		○ 농가실증/생산력 본시험용 종자 생산	○ 종자 생산 - 농가실증시험, 생산력 본시험용 (방갈로연구소) - 인도, 인도네시아 등 원종 생산(증식)
		○ 단옥수수 조합 지역 적응성 검정 (인도, 인도네시아)	○ 선발조합에 대한 지역적응성 시험 - 인도 중부, 남부 등 주 재배지 - 인도네시아 주 재배지
		○ 전시포 운영	○ 최종 선발 조합에 대한 전시포 운영 - 인도 KA주, MS주, AP주 등 3개소
		○ 종자 생산(F1)	○ 종자 생산 - Mithas(F1) 위탁생산 실시(인도)
		○ 품종보호출원/등록	○ 단옥수수 품종보호출원/판매신고
		○ 홍보/마케팅 및 종자 판매	○ 거래처 확보 및 종자판매(40만불) - Mithas(F1) 인도 남부 종자 판매

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용
3차년도	2019	○ 인도 현지 육성 기반 구축 및 육성 ○ 단옥수수 매문병 저항성 계통 선발 ○ F1 조합 성능검정 (1세부, 2세부 작성 조합) ○ 농가실증/생산력 본시험용 종자 생산 ○ 단옥수수 조합 지역 적응성 검정 (인도, 인도네시아) ○ 전시포 운영 ○ 종자 생산(F1) ○ 품종보호출원 및 등록 ○ 홍보/마케팅 및 종자 판매	○ NSI 방갈로연구소 - 유전자원 평가 및 분리집단 형성 - 신규 계통을 이용한 조합 작성 ○ 보유계통 스크리닝을 통한 계통 선발 - 매문병 저항성 계통 육성 ○ 신규조합에 대한 성능검정 - 방갈로연구소에서 1차 예비시험 및 선발 ○ 종자 생산 - 농가실증시험, 생산력 본시험용 (방갈로연구소) - 인도, 인도네시아 등 원종 생산(증식) ○ 최종 선발된 조합에 대한 지역적응성 시험 - 인도, 인도네시아 주 재배지 ○ 최종 선발 조합에 대한 전시포 운영 - 인도 KA주, MS주, AP주 등 3개소 ○ 종자 생산 - Mithas(F1) 위탁생산 실시(인도) ○ 신조합 품종 출원 1건, 등록 1건 /판매신고 ○ 거래처 확보 및 종자판매(100만불) - Mithas(F1) 인도 남부 종자 판매 - 선발 F1조합 인도네시아 판매
4차년도	2020	○ 인도 현지 육성 기반 구축 및 육성 ○ 단옥수수 병 저항성 계통 선발(매문병) ○ F1 조합 성능검정 (1세부, 2세부 작성 조합) ○ 농가실증/생산력 본시험용 종자 생산 ○ 단옥수수 조합 지역 적응성 검정 (인도, 인도네시아) ○ 전시포 운영 ○ 종자 생산(F1) ○ 품종보호출원 ○ 홍보/마케팅 및 종자 판매	○ NSI 방갈로연구소 - 유전자원 평가 및 분리집단 형성 - 신규 계통을 이용한 조합 작성 ○ 보유계통 스크리닝을 통한 계통 선발 - 매문병 저항성 계통 육성 ○ 신규조합에 대한 성능검정 - 방갈로연구소에서 1차 예비시험 및 선발 ○ 종자 생산 - 농가실증시험, 생산력 본시험용 (방갈로연구소) - 인도, 인도네시아 등 원종 생산(증식) ○ 최종 선발된 조합에 대한 지역적응성 시험 - 인도, 인도네시아 주 재배지 ○ 최종 선발 조합에 대한 전시포 운영 - 인도 KA주, MS주, AP주 등 3개소 ○ 종자 생산 - Mithas(F1) 위탁생산 실시(인도) - 인도네시아 판매 종자 생산(인니) ○ 품종보호출원 1건/판매신고 ○ 거래처 확보 및 종자판매(200만불) - Mithas(F1) 인도 남부 종자 판매 - 선발 F1조합 인도네시아 판매

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용
5차년도	2021	○ 인도 현지 육성 기반 구축 및 육성	○ NSI 방갈로연구소 - 유전자원 평가 및 분리집단 형성 - 신규 계통을 이용한 조합 작성
		○ 단옥수수 병 저항성 계통 선발(매문병)	○ 보유계통 스크리닝을 통한 계통 선발 - 매문병 저항성 계통 육성
		○ F1 조합 성능검정 (1세부, 2세부 작성 조합)	○ 신규조합에 대한 성능검정 - 방갈로연구소에서 1차 예비시험 및 선발
		○ 농가실증/생산력 본시험용 종자 생산	○ 종자 생산 - 농가실증시험, 생산력 본시험용 (방갈로연구소) - 인도, 인도네시아 등 원종 생산(증식)
		○ 단옥수수 조합 지역 적응성 검정 (인도, 인도네시아)	○ 최종 선발된 조합에 대한 지역적응성 시험 - 인도, 인도네시아 주 재배지
		○ 전시포 운영	○ 최종 선발 조합에 대한 전시포 운영 - 인도 KA주, MS주, AP주 등 3개소
		○ 종자 생산(F1)	○ 종자 생산 - Mithas(F1) 위탁생산 실시(인도) - 인도네시아 판매 종자 생산(인니)
		○ 품종보호등록	○ 해외현지 품종보호등록 2건
		○ 홍보/마케팅 및 종자 판매	○ 거래처 확보 및 종자판매(250만불) - Mithas(F1) 인도 남부 종자 판매 - 선발 F1조합 인도네시아 판매

4. 평가의 착안점 및 기준

가. 1세부과제

구분	연도	연차별 성과목표	연차별 성과지표
1차년도	2017년	1. 열대 단옥수수 원종개발	- 잡종강세 그룹 구분 정도 - 여교잡 구성 정도
		2. 열대 단옥수수 F1 품종개발	- 조합능력검정 및 생산력 예비/본시험 실시
		3. 온대 단옥수수 품종개발	- 세대촉진 정도 - 현지 적응성 시험 정도
		4. 품종개발 현지 기반구축	- 육종기반 구축 : 1건 - 적응성 검정 : 3건
		5. 품종보호출원	- 품종보호출원 : 1건 - 품종판매신고 : 1건
		5. 논문	- 비SCI논문 투고 : 1건
		6. 인력양성	- 옥수수 육성 전문인력 양성 : 1건
2차년도	2018년	1. 열대 단옥수수 원종개발	- 세대촉진 정도 - 잡종강세그룹의 검정 정도 - 여교잡 정도
		2. 열대 단옥수수 F1 품종개발	- 조합능력검정 및 생산력 예비/본시험 실시 - 농가실증시험 정도 - 채종시험 정도
		3. 온대 단옥수수 품종개발	- 세대촉진 정도 - 현지 적응성 시험 정도
		4. 품종개발 현지 기반구축/적응성검정	- 육종기반 구축 : 1건 - 적응성검정 : 3건
		5. 품종보호등록	- 품종보호등록 : 1건
		6. 논문 / 특허	- SCI논문 투고 : 1건 - 특허출원 : 1건
		7. 기술이전	- 개발품종의 기술이전 실시 : 1건

구분	연도	연차별 성과목표	연차별 성과지표
3차년도	2019년	1. 열대 단옥수수 원종개발	- 세대촉진 정도 - 새로 개발된 원종의 잡종강세 그룹 구분 - 여교잡 정도
		2. 열대 단옥수수 F1 품종개발	- 조합능력검정 및 생산력 예비/본시험 실시 - 농가실증시험 정도 - 채종시험 정도
		3. 온대 단옥수수 품종개발	- 세대촉진 정도 - 현지 적응성 시험 정도 - 농가실증시험 정도
		4. 품종개발 현지 기반구축/적응성검정	- 육종기반 구축 : 1건 - 적응성검정 : 3건
		5. 논문 / 특허	- 비SCI논문 투고 : 1건 - 특허출원 : 1건
		6. 인력양성	- 옥수수 육성 전문인력 양성 : 1건
4차년도	2020년	1. 열대 단옥수수 원종개발	- 세대촉진 정도 - 새로 개발된 원종의 잡종강세 그룹 구분 - 여교잡 정도
		2. 열대 단옥수수 F1 품종개발	- 조합능력검정 및 생산력 예비/본시험 실시 - 농가실증시험 정도 - 채종시험 정도 - 품종 등록
		3. 온대 단옥수수 품종개발	- 세대촉진 정도 - 현지 적응성 시험 정도 - 농가실증시험 정도
		4. 품종개발 현지 기반구축/적응성검정	- 육종기반 구축 : 1건 - 적응성검정 : 3건
		5. 논문 / 특허	- SCI논문/비SCI논문 투고 : 1건/1건 - 특허등록 : 1건
		7. 기술이전	- 개발품종의 기술이전 실시 : 1건
5차년도	2021년	1. 열대 단옥수수 원종개발	- 세대촉진 정도 - 새로 개발된 원종의 잡종강세 그룹 구분 - 여교잡 완료 여부
		2. 열대 단옥수수 F1 품종개발	- 조합능력검정 및 생산력 예비/본시험 실시 - 농가실증시험 정도 - 채종시험 정도
		3. 온대 단옥수수 품종개발	- 세대촉진 정도 - 현지 적응성 시험 정도 - 농가실증시험 정도
		4. 품종개발 현지 기반구축/적응성검정	- 육종기반 구축 : 1건 - 적응성검정 : 3건
		5. 논문	- 비SCI논문 투고 : 1건
		6. 인력양성	- 옥수수 육성 전문인력 양성 : 1건

나. 2세부과제

구분	연도	연차별 성과목표	연차별 성과지표
1차년도	2017	1. 매문병 저항성 선발마커 탐색 2. 인도 현지 육성/마케팅 기반 구축 3. 농가실증/생산력 본시험용 종자생산 4. 작성된 조합의 생산력 시험 5. 지역적응성 시험 6. 전시포 운영 7. 품종보호출원/판매신고 8. F1종자 판매	1. 매문병 저항성 후보마커 탐색 2. 현지 육성/마케팅 기반 구축 : 각각 1건 3. 시험용 F1종자 생산 및 거점 확보 4. 생산력시험을 통한 조합 검정 5. 지역적응성 시험 : 2개소 6. 홍보용 전시포 운영 : 1개소 7. 품종보호출원/판매신고 : 1건/1건 8. 10만불 목표달성 여부
2차년도	2018	1. 마커(매문병) 육성재료 분석 2. 인도 현지 육성/마케팅 기반 구축 3. 농가실증/생산력 본시험용 종자생산 4. 작성된 조합의 생산력 시험 5. 지역적응성 시험 6. 전시포 운영 7. 품종보호출원/판매신고 8. F1종자 판매	1. 육성재료 매문병 마커 다형성 검정 2. 현지 육성/마케팅 기반 구축 : 각각 1건 3. 시험용 F1종자 생산 및 거점 확보 4. 생산력시험을 통한 조합 검정 5. 지역적응성 시험 : 3개소 6. 홍보용 전시포 운영 : 1개소 7. 품종보호출원 : 1건 / 1건 8. 40만불 목표달성 여부
3차년도	2019	1. 매문병 저항성 계통 선발 2. 인도 현지 육성/마케팅 기반 구축 3. 농가실증/생산력 본시험용 종자생산 4. 작성된 조합의 생산력 시험 5. 지역적응성 시험 6. 전시포 운영 7. 품종보호출원 및 등록 8. 생산판매신고 9. F1종자 판매	1. 계통 스크리닝/표현형 상 계통 선발 2. 현지 육성/마케팅 기반 구축 : 각각 1건 3. 시험용 F1종자 생산 및 거점 확보 4. 생산력시험을 통한 조합 검정 5. 지역적응성 시험 : 3개소 6. 홍보용 전시포 운영 : 각 1개소 7. 품종보호출원 / 등록 : 1건 / 1건 8. 생산판매신고 : 1건 9. 100만불 목표달성 여부
4차년도	2020	1. 인도 현지 육성/마케팅 기반 구축 2. 농가실증/생산력 본시험용 종자생산 3. 작성된 조합의 생산력 시험 4. 지역적응성 시험 5. 전시포 운영 6. 품종보호출원 및 등록 7. 생산판매신고 8. F1종자 판매	1. 현지 육성/마케팅 기반 구축 : 각각 1건 2. 시험용 F1종자 생산 및 거점 확보 3. 생산력시험을 통한 조합 검정 4. 지역적응성 시험 : 3개소 5. 홍보용 전시포 운영 : 1개소 6. 품종보호출원 / 등록 : 1건 / 1건 7. 생산판매신고 : 1건 8. 200만불 목표달성 여부
5차년도	2021	1. 인도 현지 육성/마케팅 기반 구축 2. 농가실증/생산력 본시험용 종자생산 3. 작성된 조합의 생산력 시험 4. 지역적응성 시험 5. 전시포 운영 6. 품종보호등록 7. F1종자 판매	1. 현지 육성/마케팅 기반 구축 : 각각 1건 2. 시험용 F1종자 생산 및 거점 확보 3. 생산력시험을 통한 조합 검정 4. 지역적응성 시험 : 3개소 5. 홍보용 전시포 운영 : 1개소 6. 품종보호등록 : 2건 7. 250만불 목표달성 여부

5. 7-block 성과 목표 및 가중치

항목	세부평가 항목	최종 목표	1차(상용화)		2차(상용화)		3년(산업화)		4년(산업화)		5년(산업화)	
			목표	가중치	목표	가중치	목표	가중치	목표	가중치	목표	가중치
제품경쟁력 강화	논문 SCI	2	1	10			1	3				
	논문 비SCI	4			1	10	1	3	1	6	1	6
	학회발표											
	유전자원 등록											
	현지적응성 검정	29	5	15	6	15	6	8	6	5	6	6
	우량계통 선발	8	1	5	1	5	2	3	2	5	2	4
	우량 교잡계 선발	13	2	10	2	10	3	3	3	4	3	4
권리확보	특허출원	2			1	5	1	5				
	특허등록	1							1	5		
	품종출원	5	1	20	2	10	1	10	1	10		
	품종등록	5			1	5	1	5	1	5	2	20
생산역량 강화	기술이전(건)	2			1	4			1	1		
	육종기지 구축/운영	10	2	6	2	6	2	4	2	4	2	4
	인력양성	3	1	4			1	1			1	1
유통경쟁력 강화	품종판매신고	4	1	3	1	3	1	3	1	3		
	종자생산거점 확보/운영	5	1	3	1	3	1	4	1	4	1	5
	현지법인 설립/운영	5	1	4	1	4	1	3	1	3	1	5
홍보역량 강화	홍보물 제작건수											
	국내외 시범포/전시포 운영건수	5	1	10	1	10	1	10	1	10	1	10
	종자교역회 참여건수											
목표고객	판매국가수(누적)	8	1	2.5	1	2	2	5	2	2	2	1
	판매업체수(누적)	12	1	2.5	2	3	3	5	3	8	3	9
매출 및 수출	종자시장창출액(만달러)											
	종자수출액(만달러)	600	10	5	40	5	100	25	200	25	250	25
가중치 소계				100		100		100		100		100

제 2 절 목표 달성여부

성과목표		품종개발		특허		논문		유전자원등록	계통육성		기반구축				마케팅기반확보	국내매출액	현지생산판매액	기술이전	인력양성
		출원	등록	출원	등록	SCI	비SCI		우량계통선발	우량교잡종선발	육종거점	적응검정	전시/실증포	종자생산(채종)					
최종목표		5	5	2	1	2	4		8	13	10	29	5	5	5		600	2	3
1차년도	목표	1				1			1	2	2	5	1	1	1		10		1
	실적	1				0			68	35	2	7	6	2	1		17.2		1
2차년도	목표	2	1	1			1		1	2	2	6	1	1	1		40	1	
	실적	2	0	0			0		22	6	3	12	1	1	1		59.9	0	
3차년도	목표	1	1	1		1	1		2	3	2	6	1	1	1		100		1
	실적	0	0	0		0	1		2	16	2	11	1	1	1		126.7		0
4차년도	목표	1	1		1		1		2	3	2	6	1	1	1		200	1	
	실적	0	0		0		0		6	10	2	7	1	1	1		162.8	0	2
5차년도	목표		2				1		2	3	2	6	1	1	1		250		1
	실적		0				1		2	7	5	8	1	1	1		291.8		1
소계	목표	5	5	2	1	2	4		8	13	10	29	5	5	5		600	2	3
	실적	3	0	0	0	0	2		100	74	14	45	5	6	5		658	0	4
	달성율 %	60	0	0	0	0	50		100+	100+	100+	100+	100	120	100		110	0	133

제 3 절 성과 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요)

1. 품종출원 및 등록

가. (1세부과제) 본 과제를 통해 개발된 열대 초당옥수수 신품종 PNH510에 대한 품종 출원 신청서를 2018년 11월 21일에 접수하여 품종 보호출원이 완료됨(출원번호:출원-2018-623). 등록을 위해서는 2년간의 재배시험이 시행되는데 국립종자원은 출원 품종수에 너무 많아 2019년도에 재배시험에 포함되지 못함을 통보받았으며, 이에 따라 1차 재배시험이 2020년에 실시되었고 2021년에 2차 재배시험이 실시되었음. 국립종자원 품종출원 심사관과 전화통화를 통해 1,2차 재배시험 결과를 취합하여 2022년 전반기에 품종등록이 가능할 것임을 전달받았음. 따라서 품종 등록 1건에 대한 미달성 건은 과제가 종료된 후 바로 달성이 될 것임.

나. (2세부과제) 인도 위탁과제에서 열대 식가공용 단옥수수 조합을 계속 개발하고 있으나, 현지 적응성검정 결과 대비품종인 Mithas의 생산성에 크게 못 미쳐 최종 선발에서 탈락함. 특히 4차년도, 5차년도 적응성 시험은 코로나19 영향으로 적응성 시험용 종자생산이나 적응성 시험 포장 확보 및 결과 확인 등의 업무가 원활히 진행되지 못함. 따라서 4차년도 이후에 선발된 조합들은 이후 코로나 상황에 따라 시험용 종자를 생산하고 적지 포장을 선정하여 최종 선발여부를 결정할 예정

2. 특허출원 및 등록

가. 기존 7-block 목표에는 특허출원 2건 및 등록 1건이 있었으나 모두 연구기간 내 달성하지 못하였음. 제1세부과제 책임자는 “노균병 저항성을 갖는 열대 재배용 초당 옥수수 신품종”이라는 발명으로 2019년 10월 30일 신품종 열대 초당옥수수 PNH510에 대한 특

허출원을 실시하였음. 하지만 품종출원과 특허출원의 경험이 없어 이 두 가지의 우선순위를 제대로 파악하지 못하였고 품종 등록이전까지만 특허출원신청이 이루어지면 되는 것이라 파악하여 특허출원을 품종출원보다 늦게 실시하게 되었으며 이로 인해 2021년 특허청으로부터 특허출원한 PNH510(출원번호:10-2019-0136537)의 특허 출원 불가 판정을 받게 되었음. 이는 연구책임자의 경험부족에 인한 것임.

나. 과제를 통해 개발된 열대 및 온대초당옥수수 자식계통은 약 140여 계통이며, 2022년도에 개발 완료되는 새로운 자식계통도 20개 계통 정도임. 품종출원이나 특허출원에는 교잡종만 가능할 줄 알았으나 자식계통 또한 특허 출원이 가능하다는 것을 확인하였기에 기존 품종 출원한 PNH510의 모부본인 PNH10과 PNH05에 대한 시험평가 성적을 정리하여 특허출원을 실시할 예정이며, 앞으로 개발된 140여 계통에 대한 특허출원도 모두 가능할 것임.

3. 논문 목표

가. 논문 목표는 SCI 2건과 비SCI 논문 4건이었으며, 연구기간 내 비SCI 논문 2건을 게재 완료하였으나 목표치에는 많이 미치지 못하고 있음. 본 세부과제는 수출용 초당옥수수 품종개발을 주 목표로 년간 152백만원의 연구비를 활용하여 해외 현지 육종기지를 운영하며 과제를 수행하였음. 논문 게재를 위해서는 품종개발을 위한 육종활동 이 외 논문실험을 추가로 실시해야 하는데 제한된 육종포에서 논문실험을 위한 면적을 할애하는 것이 실제 쉽지 않은 상황이었음. 특히 포장시험이 동반된 데이터를 가지고 SCI논문을 투고하기 위해서는 데이터의 질이 확보되어야 하는데 SCI급 논문에 맞는 질 좋은 데이터(년간 반복시험, 다양한 재배환경 등)를 확보하기 쉽지 않았음. 현재 아래와 같은 논문(4. 연구결과의 활용계획 참조)을 준비 중에 있으며 연구과제 종료 후 2년 내에 목표치 이상을 달성할 수 있을 것으로 기대함.

나. 사업종료 후 목표 실적 달성 계획

(1) SCI 논문 3건 (2022년 1건, 2023년 2건)

(가) Molecular marker heterozygosity of commercial maize hybrids and its implication for hybrid breeding (Euphytica 투고 예정).

(나) Genotypes of modern sweet corn hybrids (MDPI-Agronomy 투고 예정)

(다) Genetic diversity of tropical super sweet corn inbreds. (PGR 투고 예정)

(2) 비 SCI 논문 1건 (2022년 1건)

(가) 초당옥수수 교잡종의 유묘기 저온저항성 검정 (작물학회 투고 예정)

4. 후속연구의 필요성

가. 그동안 국내에서 열대지역 품종개발은 진행된 적도 없었으며, 따라서 자원 또한 전무한 상태임. GSP 1~2단계 총 9년간 육종재료의 수집, 평가, 교배를 통한 자원의 변이 창출, 자식계통 및 신규 교잡종 개발이 이루어졌고, 이제부터 본격적인 신규조합의 평가를 통한 신품종의 개발에 가속도가 붙게 되는 상황에서 과제가 종료가 됨에 따라 성과창출이 어렵게 됨. 신품종개발에 8~10년의 장기간 투자가 필요하다는 것을 감안하면 GSP 1, 2단계는 교두보 역할을 충실히 수행하였다 판단되지만, 이후의 후속사업이 수반되어야 제대로 된 성과 창출이 가능할 것임. 9년간의 노력으로 개발된 140여 자식계통들이 과제 종료와 함께 사장되는 것이 매우 안타깝기에 이를 제대로 활용할 수 있는 후속사업이 절실함.

제 4 장 연구결과의 활용 계획

제 1 절 연구개발결과의 기대성과

1. 기술적 측면
   가. 내병성 검정기술로 효율적인 계통육성 및 품종개발 체계 확립
   나. 주요 형질 관련 분자마커를 이용한 선발로 내병성 고품질 품종육성 효율 증진
   다. 국외 옥수수 유전자원 수집 및 활용으로 유전자원 확보 증대
   라. 해외 연구기지를 활용한 연 2~3세대 세대진전 기술 확보
   마. 전통육종과 생명공학 기술의 결합에 의한 국내 옥수수 육종 기술의 도약 기대
   바. 열대 뿐만 아니라 아열대, 온대 적응형 단옥수수까지 개발 범위가 확장됨으로써 옥수수의 품종개발 연구 영역이나 연구 역량이 세계적 수준으로 향상될 것으로 기대
2. 경제적, 산업적 측면
   가. 유용형질 연관 분자마커 및 기술을 활용한 정확한 선발로 품종 육성 시간과 비용 절감
   나. 개발된 품종의 생산성 향상으로 옥수수 생산량 증대, 식량문제 해결 및 농가소득 기여
   다. 내병성 및 고기능성 품종의 해외시장에서의 경쟁력 강화
   라. 종자수출에 따른 외화획득 및 한국의 위상 제고
   마. 해외 유관기관 및 종자회사와의 협조체계 구축
   바. 한국 종자의 해외 진출과 더불어 농자재 등 관련 산업의 수요 증가로 동반 성장 기대
   사. 국내 기업의 해외 옥수수 종자시장 진출에 따른 경쟁력 확보 및 종자산업 발전
   아. 옥수수 육종 전문 인력 배출

제 2 절 연구개발결과의 활용방안

1. 확보 데이터를 이용한 논문 게재
   가. 수출용 단옥수수 품종 육종 및 선발 효율 제고를 위해 실시하였던 실험을 통해 현재 다음과 같은 논문을 작성 중에 있으며, 연구과제 종료 2년 내에 모두 게재 가능할 것으로 판단됨.

목표논문	논문 제목	목표학회지	진행율(%)
SCI	Digital image analysis on low temperature response in sweet corn hybrid seedling	Agriculture	80%
SCI	Molecular genetic characterization and population structure aong commercial F1 maize hybrids of various endosperm and eco-type	Agronomy	70%
SCI	Genotypes of modern sweet corn varieties	Euphytica	50%
SCI	Estimated heterozygosity of commercial F1 hybrids and its implication to maize breeding	Agronomy	80%
SCI	Analysis of population structure and classification of heterotic pattern in tropical super sweet corn inbred lines using SNP markers	Plant breeding	70%

2. 개발품종의 판매

가. GSP 과제를 통해 개발된 열대 적응형 초당옥수수 품종인 PNH510의 베트남 현지 종자 생산을 통해 계속해서 현지 seed dealer와 베트남 옥수수연구소(MRI)를 통한 베트남 재배 농가의 재배 시험을 실시하고 있음.

나. Mithas의 개발과정을 통해 확보한 열대권 단옥수수 종자생산, 저장, 유통과정 및 나라별 거래처 정보는 향후에 개발될 다른 품종의 확대 개발에도 적용이 가능할 것으로 예상됨.

3. 자식계통의 활용

가. 제 1세부과제를 통해 개발된 140여개의 자식계통은 포장 평가 및 종자 증식 후 국립농업유전자원센터에 입고하여 종자퇴화로 소실되는 자원이 없도록 할 것이며, 유전자원으로써의 활용 잠재도를 확보할 수 있을 것임.

나. 또한, 개발된 140개 자식계통을 이용하여 베트남 옥수수연구소와의 공동연구를 통해 아직까지 평가해 보지 못한 신규조합의 평가를 실시하여 신품종 개발을 계속 진행할 수 있을 것임.

다. 온대 아시아 지역 적응형 초당옥수수 자식계통 및 교잡종의 개발은 100% 수입에 의존하고 있는 국내 초당옥수수 시장에서 수입대체 효과를 거둘 수 있을 것으로 기대함.

4. 육성 기술 및 know-how를 통한 신규 품종개발

가. 남부 및 동남아, 온대의 기후 및 환경에 적응성이 높은 단옥수수 우량 계통 및 품종개발

나. 육성된 품종은 본 프로젝트를 통해 확보한 해외 원종증식, 종자채종 및 종자보급과 관련된 정보를 적극 활용하여 신품종 종자의 신속한 보급 추진

다. 신품종 옥수수 종자수출 뿐만 아니라 옥수수 생산에 기여할 수 있는 해외 진출 기업의 생산기지 구축

라. 국외에서 옥수수 품종의 현지 육성 과정을 통한 know-how 축적으로 제2, 제3의 시장 개척에 대한 기초 자료로 활용

5. 종자생산 거점 확보에 따른 시장 확대

가. 종자 생산체계 및 생산거점 확보를 통해 종자 생산(원종, F1종자), 공급, 판매까지 시스템을 구축하였으며, 향후에도 적용 가능함으로서 종자공급의 안정성을 높여줌

나. 생산 거점을 통해 인접 열대국가로 시장 확대

6. 해외현지 기반 구축에 따른 종자수출

가. 현지 품종출원을 통해 상업적 종자권리 확보 방법을 확인하였으며, 이후 개발된 품종에도 활용하여 지식재산권 확보 가능

나. 시장 진출 경험을 통한 주변 틈새시장 개척 및 판매 확대

다. MITHAS의 생산, 판매 경험과 이를 통해 획득한 유전자원과 시장정보 등을 활용하여 우수 품종개발 기반 및 기술 마련

라. 현지 기반을 활용한 옥수수 품종개발 인재 확보

마. 거래처 추가 확보 및 시장점유율 향상으로 국내기업 이미지 향상 및 국가위상 제고

바. 남부아시에서의 홍보/마케팅 및 판매 경험으로 동남아시아 등 열대국가 공략에 활용

[별첨 1]

연구개발보고서 초록

<table>
<tr><td rowspan="2">프로젝트명</td><td colspan="5">(국문) 수출용 단옥수수 품종개발 및 수출기반 조성</td></tr>
<tr><td colspan="5">(영문) Development of Sweet Corn Varieties and Establishment of Corn Export Foundation</td></tr>
<tr><td>프로젝트
연구기관</td><td colspan="2">농업회사법인 ㈜ 농우바이오</td><td rowspan="2">프로젝트연구
책임자</td><td colspan="2">(소속) 농업회사법인 ㈜ 농우바이오</td></tr>
<tr><td>참 여 기 업</td><td colspan="2">농업회사법인 ㈜ 농우바이오</td><td colspan="2">(성명) 최 순 호</td></tr>
<tr><td rowspan="4">총연구개발비

(3,160,000천원)</td><td>계</td><td>3,160,000</td><td>총 연 구 기 간</td><td colspan="2">2017. 01. ~ 2021. 12.(5년)</td></tr>
<tr><td>정부출연
연구개발비</td><td>1,960,000</td><td rowspan="3">총 참 여
연 구 원 수</td><td>총 인 원</td><td>78명</td></tr>
<tr><td>기업부담금</td><td>1,200,000</td><td>내부인원</td><td>77명</td></tr>
<tr><td>연구기관부담금</td><td>-</td><td>외부인원</td><td>1명</td></tr>
</table>

○ **연구개발 목표 및 성과**

- 연구개발의 최종 목표 : 열대형/고위도(극동아시아, 온대) 적응 단옥수수 옥수수 품종개발 및 이를 통한 종자수출(판매) 600만 불 달성
- 열대형/고위도 지역 식가공용 단옥수수 품종개발 : 5품종
- 현지 적응성 검정, 농가실증시험/전시포 운영에 따른 농가, 거래처 품종 홍보
- 남부아시아 지역 종자 판매 확대를 위한 마케팅 인프라 구축 및 판매

○ **연구내용 및 결과**

- 육종거점 확보 : 베트남, 캄보디아, 인도 등 3곳
- 생산거점 확보 : 인도 MS주 1곳
- 동남아 적응형 열대 초당옥수수 1대 교잡종 품종개발 및 신품종 PNH510
- 열대 초당옥수수 우량 자식계통 100여 계통 육성 및 육종집단(IMP310) 육성
- 온대 초당옥수수 우량 자식계통 40여 계통 육성
- 현지 적응성 검정 : 인도, 필리핀, 인도네시아, 베트남, 캄보디아, 중국, 도미니카공화국, 중앙아시아 지역 등 45지역 실시
- 전시포 운영 및 홍보 : 인도 MS주 2회, KS주 2회, AP주 1회 등 5회 실시
- 품종보호출원 - PNH510 : 한국 국립종자원
  - MITHAS : 인도 PPV&FR(REG/2017/1469)/한국 국립종자원(출원 2018-525)
- Mithas 품종의 현지 생산 및 종자 가공처리 기반 구축
- 해외 수출판매 : 인도, 홍콩, 도미니카 공화국 등 658만불 수출

구 분	2017	2018	2019	2020	2021 현재	합계
목표액(만$)	10	40	100	200	250	600
판매액(만$)	17.2	59.9	126.7	162.8	291.8	658.4

○ **연구성과 활용실적 및 계획**

- 신품종 PNH510의 판매를 위한 seed dealer를 통한 베트남 농가 실증 시험 실시
- 종자생산체계 및 종자생산거점 확보를 통해 종자 생산(원종, F1종자), 공급, 판매까지 시스템을 구축하였으며, 종자공급의 안정성을 높여줌
- 전시포 운영, 품종설명회 개최 등으로 품종 홍보 실시
- 해외 현지 마케팅 기반구축에 따른 Mithas 판매 확대

[별첨 2] **프로젝트별 현장실태조사보고서 및 자체평가보고서**

프로젝트별 현장실태조사표

20 . . .

1. 과제개요

과제번호	213009-05-5 -CG600	연구기간	2017.01.01. ~ 2021.12.31.	
사업단명	GSP식량종자사업단			
프로젝트명	수출용 단옥수수 품종개발 및 수출기반 조성			
세부프로젝트 연구기관	세부프로젝트명	연구기관	세부프로젝트 책임자	해당 연구개발비(천원)
	수출용 단옥수수 품종개발	충북대학교	소윤섭	760,000
	품종개발(단옥수수) 지원 체계 및 옥수수 종자시장 개척	㈜농우바이오	최순호	2,400,000

연구개발비총괄 (단위 : 백만원)	정부출연금	참여기업 부담금			합 계
		현금	현물	소계	
1차년도	392,000	36,000	204,000	240,000	632,000
2차년도	392,000	36,000	204,000	240,000	632,000
3차년도	392,000	36,000	204,000	240,000	632,000
4차년도	392,000	36,000	204,000	240,000	632,000
5차년도	392,000	36,000	204,000	240,000	632,000
합계	1,960,000	180,000	1,020,000	1,200,000	3,160,000

2. 연구추진실적(현재까지 추진실적)

가. 연구개발내용

연구기관	주요연구내용	연구개발비(천원)	가중치(%)
1세부과제(충북대학교)	○ Genotype 정보 활용 계속 : 새로이 개발되는 원종들의 genome wide genotype 데이터를 이용한 잡종강세 그룹 결정 및 교배조합 선발	100,000	7%
	○ 열대초당옥수수 계통 PNH 종자 증식 및 per-se performance 평가	100,000	7%
	○ 열대초당옥수수 자식계통 육성 및 집단 개량 계속	200,000	13%
	○ 우수 열대 초당옥수수 F1 품종 개발	400,000	26%
	○ PNH510 모부본 종자 증식 및 F1 종자 증식 및 평가	100,000	7%
	○ 온대 초당옥수수 품종 개발	620,000	41%
2세부과제(농우바이오)	○ 인도현지 육성기반 구축 및 육성	480,000	5%
	○ 단옥수수 병 저항성 계통 선발		5%
	○ 작성된 조합의 생산력 시험		10%
	○ 종자 생산		25%
	○ 단옥수수 조합 지역 적응성 검정		20%
	○ 품종보호출원 및 등록		5%
	○ 홍보 및 종자판매		30%

나. 연구계획대비 진도표

<1세부>

구분 / 개발내용	연 구 개 발 기 간(월)												진도 (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
○ Genotype 정보 활용 계속 : 새로이 개발되는 원종들의 genome wide genotype 데이터를 이용한 잡종강세 그룹 결정 및 교배조합 선발										→	→	→	40
○ 열대초당옥수수 계통 PNH 종자 증식 및 per-se performance 평가				→	→	→	→	→	→	→			90
○ 열대초당옥수수 자식계통 육성 및 집단 개량 계속			→	→	→						→	→	70
○ 우수 열대 초당옥수수 F1 품종 개발			→	→	→						→	→	70
○ PNH510 모부본 종자 증식 및 F1 종자 증식 및 평가				→	→	→	→	→	→		→	→	80
○ 온대 초당옥수수 품종 개발			→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	90
총 진도율													70

베트남의 현지 육종포 하반기는 11월부터 시작이기 때문에 2차 현지육종포 운영은 2022년 2~3월초까지 진행될 예정임. 재배환경을 바꿀 수 없는 부분이 있기 때문에 연구과제수행기간과 다소 맞지 않는 부분이 발생함.

<2세부>

구분 / 개발내용	연 구 개 발 기 간(월)												진도 (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
○ 기반 구축/육성	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	100
○ 병저항성 계통 선발					→	→	→	→	→				80
○ 조합능력검정(생산력시험)	→	→	→			→	→	→	→			→	100
○ 종자 생산	→	→	→			→	→	→	→			→	100
○ 지역적응성검정	→	→				→	→	→	→		→	→	100
○ 품종출원/등록	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	0
○ 종자 판매/홍보													
- 전시포 운영						→	→	→	→	→			100
- 종자판매	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	100
총 진도율													

* → 로 진도표기

3. 연구개발비 집행실적(연구개발비 기준)

(현재까지, 단위 : 천원)

<총괄>

비목	세목 \ 금액			계획금액	사용액	잔액	비고
직접비	내부인건비	미지급		108,840	108,840	0	
		지급	현금	58,320	58,320	0	
			현물	102,000	102,000	0	
	외부인건비	미지급		0	0	0	
		지급	현금	0	0	0	
			현물	0	0	0	
	연구 지원인력인건비			0	0	0	
	학생인건비			0	0	0	
	인건비 소계			**102,000**	**102,000**	**0**	
	연구시설장비비	현금	일반	84,409.996	61,623.996	22,786	
			통합관리	0	0	0	
		현물		51,000	51,000	0	
	연구활동비			55,524	24,828.5	30,695.5	
	연구재료비	현금		112,440.496	166,648.496	-54,208	
		현물		51,000	51,000	0	
	연구수당			26,084	26,084	0	
	위탁연구개발비			90,000	90,000	0	
	직접비 소계			630,778.492	631,504.992	-726.5	
간접비	간접비			34,151	33,151	1,000	
연구개발비 총액				664,929.492	664,655.992	273.5	

<1세부>

비목	세목 \ 금액			계획금액	사용액	잔액	비고
직접비	내부인건비	미지급					
		지급	현금	58,320	58,320		
			현물				
	외부인건비	미지급					
		지급	현금				
			현물				
	연구 지원인력인건비						
	학생인건비						
	인건비 소계						
	연구시설장비비	현금	일반	38,409.996	38,409.996		
			통합관리				
		현물					
	연구활동비			5,339	5,084.5	254.5	
	연구재료비			14,667.496	14,667.496		
	연구수당			5,000	5,000		
	위탁연구개발비						
	직접비 소계						
간접비	간접비			33,151	33,151		
연구개발비 총액				154,887.492	154,632.992	254.5	

<2세부>

비목	세목 \ 금액			계획금액	사용액	잔액	비고
직접비	내부인건비	미지급		108,840	108,840	0	
		지급	현금	0	0	0	
			현물	102,000	102,000	0	
	외부인건비	미지급		0	0	0	
		지급	현금	0	0	0	
			현물	0	0	0	
	연구 지원인력인건비			0	0	0	
	학생인건비			0	0	0	
	인건비 소계			102,000	102,000	0	
	연구시설장비비	현금	일반	46,000	23,214	22,786	
			통합관리	0	0	0	
		현물		51,000	51,000	0	
	연구활동비			50,185	19,744	30,441	
	연구재료비	현금		97,773	151,981	-54,208	
		현물		51,000	51,000	0	
	연구수당			21,084	21,084	0	
	위탁연구개발비			90,000	90,000	0	
	직접비 소계			509,042	510,023	-981	
간접비	간접비			1,000	0	1,000	
연구개발비 총액				510,042	510,023	19	이월, 이자 +)29,998.422

4. 참여기업 재무현황(현재기준)

사업자등록번호	124-81-16938	대 표 자	박동섭
설립년도	1990.07.01	주요생산품	채소종자,상토
실무책임자	박지호	연 락 처	031-883-6515
주 소	경기도 여주시 가남읍 양화로 113-141 ㈜농우바이오		

자 본 금			802천만원
연간 매출액	7,400천만원	수출액	2,308천만원
연구개발투자비용	1,254천만원	매출액대비 비율	16.9%
총 종업원수	424 명	연구가용인력	160명
재무상황	양호		
프로젝트 책임자의 종합의견			

5. 기타의견

가. 연구관리 규정 및 제도개선이 필요한 사항

- 위탁과제 수행과제의 경우 정부 전산 시스템 오류 다수발생.
- 연구수행에 있어 연구시설, 장비에 구입에 대한 집행의 유연함이 필요.
- 코로나19로 인한 연구활동 및 예산 집행 차질발생.
- 제도개선 건의: 국가연구과제 수행에서 피치못하게 발생하는, 육종재료를 해외 현지 육종포와 국내 연구시설 로의 옮겨다니는 shuttle breeding의 경우 해외 현지 검역증이 없어도 국내 반입 시 검역이 진행될 수 있도록 제도적인 개선이 필요함

나. 연구수행 중 애로사항 및 건의사항

- 주 수출대상국인 인도의 코로나 바이러스의 상황 악화로 인해 수출(판매), 적응성 시험 및 전시포 운영 등 홍보활동에 있어서 위탁과제에 전임시켜야 하는 어려움이 있었음.
- 후속품종개발이 미진하고 선발조합의 종자의 해외 반입, 반출에 제약이 있어 해외 적응성검정 실시가
미진하였고, 나아가 신규 해외시장 개척, 확대에 어려움이 있었음

다. 성과에 대한 홍보 요청사항

없음

6. 프로젝트 책임자의 종합의견

1. 5차년도 판매를 위해 종자 135ton을 생산하였으며, 1월~10월 현재 인도, 도미니카 공화국 등에서 277만불 판매를 달성하였음. 2021년 최종적으로 수출 290만불 정도 예상됨. 이는 2017년 17만불을 시작으로 5년동안 17배 시장점유를 확대시킨 우수한 성과임. 차년도 목표 생산량은 180ton으로 연간 500만불 판매를 목표로 하고 있음
2. 성과달성이 미비한 품종보호출원/등록의 경우 품종개발이 미진하여 출원이 제대로 이루어지지 않았으며, 인도에 출원한 MITHAS는 현지 사정으로 품종등록이 늦어지고 있음(현재 재배심사 중)
3. MITHAS 후속품종개발이 진행되고 있으나, MITHAS의 뛰어난 생산력을 뛰어넘지 못하고 있어 인도 MITHAS 품종의 판매 유지 및 확대에 초점을 맞추고 있음.
4. 코로나로 인해 열대국가에서의 육성기지 운영에 제약이 있어 신시장 개척을 위해 국내 육성기지를 운영해 온대형 단옥수수 품종을 개발하여 온대국가 시장진입을 고려하여야 함.

자체평가보고서

사업단명	식량종자사업단			과제번호	213009-05-5 -CG600
프로젝트명	수출용 단옥수수 품종개발 및 수출기반 조성				
프로젝트연구기관	농업회사법인 ㈜농우바이오				
연구담당자	프로젝트 연구책임자	최순호			
	세부프로젝트 연구책임자	기관(부서)	충북대학교	성 명	소윤섭
		기관(부서)	농우바이오	성 명	최순호
		기관(부서)		성 명	
		기관(부서)		성 명	
연구기간	총 기 간	2017.01.01.~2021.12.31		당해 연도 기간	2021.01.01.~2021.12.31
연구비(천원)	총 규 모	3,160,000		당해 연도 규모	632,000

1. 연구는 당초계획대로 진행되었는가?

□ 당초계획 이상으로 진행 ■ 계획대로 진행 □ 계획대로 진행되지 못함

○ 계획대로 수행되지 않은 원인은?

2. 당초 예상했던 성과는 얻었는가?

□ 예상외 성과 얻음 ■ 어느 정도 얻음 □ 얻지 못함

구분	품종개발		특허		논문		분자마커	유전자원		국내 매출액	종자 수출액	기술 이전	마케팅 전략수립 보고서	인력 양성
	출원	등록	출원	등록	SCI	비SCI		수집	등록					
최종목표	5	5	2	1	2	4					600			3
연구기간 내 달성실적	3					2					658			4
달성율(%)														

3. 연구개발 성과 세부 내용

3-1 기술적 성과

- 동남아 적응형 초당옥수수 1대 교잡종 품종 개발 : PNH510
- 열대 초당옥수수 composite 집단 육성 : IMP410
- 열대 초당옥수수 우량 자식계통 100여 계통 육성
- 온대 초당옥수수 우량 자식계통 40여 계통 육성

3-2 과학적 성과

- DNA 마커를 이용한 가상 교배조합의 이형접합율 추정을 통한 교배조합 선발 방법 개발
- 시료 준비 방법에 따른 등숙 시기별 초당옥수수 교잡종의 과피 두께 변화
- 도입 초당옥수수 교잡종의 농업형질 유전력 추정
- DNA 마커를 이용한 상업용 초당옥수수 1대 교잡종의 유전자형 추정
- 디지털 이미지 분석을 통한 유묘의 저온저항성 측정 방법 개발

3-3 경제적 성과

- 단옥수수 : 5차년도 10월현재 278만불 인도, 도미니카 공화국 수출 실시

구 분	2017	2018	2019	2020	2021 현재	합계
목표액(만$)	10	40	100	200	250	600
판매액(만$)	17.2	59.9	126	163	277	643.1

3-4 사회적 성과

- 식량작물에 대해 아시아권 시장으로의 수출확대에 다라 국내 종자기업 나아가 국가의 위상이 제고됨
- 산,학,연 협력에 따른 인력 양성, 육성연구의 인프라가 강화됨
- 초당옥수수 인지도 증가 및 국내 신작목 초당옥수수 재배면적 확대

3-5 인프라 성과

- 인도, 베트남 등 2곳의 육성기반을 구축하였으며, 인도/도미니카공화국/홍콩 등 단옥수수 판매 거래처를 확보하여 2017년부터 단옥수수 판매가 거래처를 통해 이루어 질 예정
- 인도 등 인프라 확충을 통해 해외 시험포 및 전시포 운영으로 신조합 선발 및 농민, 거래처에 신품종 홍보 실시

4. 연구과정 및 성과가 농림어업기술의 발전·진보에 공헌했다고 보는가?

■ 공헌했음 □ 현재로서 불투명함 □ 그렇지 않음

5. 경제적인 측면에서 종자산업의 수출증대와 수입대체에 공헌했다고 보는가?

■ 공헌했음 □ 현재로서 불투명함 □ 그렇지 않음

6. 얻어진 성과와 발표상황

6-1 경제적 효과

□ 기술료 등 수익 수 익 :

□ 기업 등에의 기술이전　기업명 :

□ 기술지도 등　　기업명 :

6-2 산업·지식재산권 등

■ 국내출원/등록　　출원 2 건,　등록　건

■ 해외출원/등록　　출원 1 건,　등록　건

6-3 논문게재·발표 등

■ 국내 학술지 게재　　2 건

□ 해외 학술지 게재　　건

■ 국내 학·협회 발표　　1 건

□ 국내 세미나 발표　　건

□ 기 타　　건

6-4 인력양성효과

■ 석 사　　3 명

■ 박 사　　1 명

□ 기 타　　명

6-5 수상 등

□ 있다　　상 명칭 및 일시 :

■ 없다

6-6 매스컴 등의 PR

□ 있다　　건

■ 없다

7. 연구개발 착수 이후 국내 다른 기관에서 유사한 기술이 개발되거나 또는 기술 도입함으로 연구의 필요성을 감소시킨 경우가 있습니까?

■ 없다　　□ 약간 감소되었다　　□ 크게 감소되었다

○ 감소되었을 경우 구체적인 원인을 기술하여 주십시오.

8. 관련된 기술의 발전속도나 추세를 감안할 때 연구계획을 조정할 필요가 있다고 생각하십니까?

□ 없다 ■ 약간 조정필요 □ 전반적인 조정필요

9. 연구과정에서의 애로 및 건의사항은?

- GSP 프로젝트는 해외 시장을 목표로 시작된 육종사업이며 1, 2단계를 통한 자식계통 육성, 현지육종포 운영 등을 통해 시장의 분위기를 파악하고 본격적 시장 진출을 위한 준비단계였음. 이제부터 실제 품종 개발 성과가 나올 수 있는 만큼 후속 연구가 진행될 수 있도록 지원이 되어야 함.

(※ 아래사항은 기업참여시 기업대표가 기록하십시오)

1. 연구개발 목표의 달성도는?

□ 만족 ■ 보통 □ 미흡

(근거 : 수출액 목표는 달성하였으나, 품종개발/특허관련 성과 달성이 미흡함)

2. 참여기업 입장에서 본 본과제의 기술성, 시장성, 경제성에 대한 의견

가. 연구 성과가 참여기업의 기술력 향상에 도움이 되었는가?

□ 충분 ■ 보통 □ 불충분

나. 연구 성과가 기업의 시장성 및 경제성에 도움이 되었는가?

■ 충분 □ 보통 □ 불충분

3. 연구개발 계속참여여부 및 향후 추진계획은?

가. 연구수행과정은 기업의 요청을 충분히 반영하였는가?

□ 충분 ■ 보통 □ 불충분

나. 향후 계속 참여 의사는? (※중간·단계평가에 한함)

□ 충분 ■ 고려 중 □ 중단

다. 계속 참여 혹은 고려중인 경우 연구개발비의 투자규모(전년도 대비)는? (※중간·단계평가에 한함)

□ 확대 ■ 동일 □ 축소

4. 연구개발결과의 상품화(기업화) 여부는?

■ 즉시 기업화 가능 □ 수년 내 기업화 가능 □ 기업화 불가능

5. 기업화가 불가능한 경우 그 이유는?

구 분	소 속 기 관	직 위	성 명
프로젝트 책임자	농업회사법인 ㈜농우바이오	부문장	최 순 호 (인)

[별첨 3]

연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

사업추진형태	□자유응모과제 ■지정공모과제	분 야	
프로젝트명	수출용 단옥수수 품종개발 및 수출기반 조성		
프로젝트 연구기관	농업회사법인 ㈜ 농우바이오	프로젝트연구책임자	최 순 호

연구개발비 (천원)	정부출연 연구개발비	기업부담금	연구기관부담금	총연구개발비
	1,960,000	1,200,000		3,160,000

연구개발기간	2017. 01. 01.~2021. 12. 31
주요활용유형	□산업체이전 □교육 및 지도 □정책자료 ■기타( ) □미활용 (사유:)

2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
① 품종 출원 및 등록	- 목표 : 출원 5 / 등록 5 - 달성 : 출원 3 / 등록 0 - 출원품종 : PNH510(출원-2018-623) MITHAS(REG/2017/1469, 출원 2018-525) - 현재 재배심사 중
② 특허 출원 및 등록	- 목표 : 출원 2 / 등록 1 - 달성 : 출원 0 / 등록 0 - 품종 출원한 PNH510의 모부본 계통에 대한 특허출원 준비중
③ 논문	- 목표 : SCI 2 / 비SCI 4건 - 달성 : SCI 0 / 비SCI 2건 - SCI 논문 5건에 대한 투고 준비중 (진행율 50~80%)
④ 적응성검정	- 인도, 필리핀, 인도네시아, 베트남, 캄보디아, 중국, 도미니카공화국, 중앙아시아 등 45지역 실시
⑤ 우량계통, 교잡계 선발	- 우량계통 : 100계통, 우량교잡종 : 74조합 선발
⑥ 육종기지 구축	- 베트남, 캄보디아, 인도
⑦ 종자생산거점 확보	- 인도 Eluru지역
⑧ 전시포 운영	- 인도 내 주요 옥수수 재배지역 5차례 실시
⑨ 판매국가수	- 인도, 홍콩, 도미니카공화국 등 3개국 판매
⑩ 종자수출액	- 2021년 11월 현재 누적 658만불 수출
⑪ 인력양성	- 달성 : 석사 3명 / 박사 1명 - 국내 옥수수 품종 육성 기관 3개(농진청, 홍천옥수수연구소, 경북기술원) 중 2개 기관 정식 연구원으로 활동 중 (1단계 석사1명포함) - 석사 3명은 모두 미국 아이오와 주립대학(옥수수 CRISPR/CAS-9, 전공, 옥수수 반수체 육종 전공) 및 캐나다 걸프 대학교 박사 진학

3. 연구비 집행실적 (2017~2021)

구분	금액 / 세부프로젝트명	계획금액	사용액	잔액	비고
옥수수	옥수수 1(수출용 단옥수수 품종개발)	760,000천원	760,000천원	0천원	
	옥수수 2(품종개발(단옥수수) 지원체계 및 옥수수 종자시장 개척	2,400,000천원	2,353,016천원	46,984천원	
	:				
총계					

4. 연구목표 대비 성과

성과목표		품종개발		특허		논문		유전자원등록	계통육성		기반구축				마케팅기반확보	국내매출액	현지생산판매액	기술이전	인력양성
		출원	등록	출원	등록	SCI	비SCI		우량계통선발	우량교잡종선발	육종거점	적응검정	전시/실증포	종자생산(채종)					
최종목표		5	5	2	1	2	4		8	13	10	29	5	5	5		600	2	3
1차년도	목표	1				1			1	2	2	5	1	1	1		10		1
	실적	1				0			68	35	2	7	6	1	1		17.2		1
2차년도	목표	2	1	1			1		1	2	2	6	1	1	1		40	1	
	실적	2	0	0			0		22	6	3	12	1	2	1		59.9	0	
3차년도	목표	1	1	1		1	1		2	3	2	6	1	1	1		100		1
	실적	0	0	0		0	1		2	16	2	11	1	1	1		126.7		0
4차년도	목표	1	1		1		1		2	3	2	6	1	1	1		200	1	
	실적	0	0		0		0		6	10	2	7	1	1	1		162.8	0	2
5차년도	목표		2				1		2	3	2	6	1	1	1		250		1
	실적		0				1		2	7	5	8	1	1	1		291.8		1
소계	목표	5	5	2	1	2	4		8	13	10	29	5	5	5		600	2	3
	실적	3	0	0	0	0	2		100	74	14	45	5	5	5		658	0	4
	달성율 %	60	0	0	0	0	50		100+	100+	100+	100+	100	120	100		110	0	133

5. 핵심기술

구분	핵심기술 명
①	동남아 적응형 초당옥수수 품종 PNH510
②	열대지역 식가공용 단옥수수 품종 MITHAS
③	열대 초당옥수수 우량 자식계통 100여 계통 (PNH계통)
④	온대 초당옥수수 우량 자식계통 40여 계통 (PNS계통)
⑤	DNA 마커를 이용한 가상 교배조합의 이형접합율 추정을 통한 교배조합 선발 방법 개발

6. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복제	외국기술 소화·흡수	외국기술 개선·개량	특허 출원	산업체이전 (상품화)	현장애로 해결	정책 자료	기타
①의 기술		V								V
②의 기술		V					V			
③의 기술		V								V
④의 기술					V					V
⑤의 기술					V					V

* 각 해당란에 v 표시

7. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술 명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	- 베트남 농기실증시험을 통한 수출시장 개척
②의 기술	- 인도 수출(판매) 및 판매권역 확대
③의 기술	- 베트남 농업과학원 옥수수연구소와의 협력을 통한 신품종 개발 계속 - 신품종 개발을 통한 기술력 확보 및 수출
④의 기술	- 국내 및 극동아시아용 초당옥수수 품종개발 계속 - 국산 초당옥수수 품종 확보
⑤의 기술	- 품종개발을 위한 선발 효율 제고에 이용 - 신품종 개발 가능성 제고

8. 연구종료 후 성과창출 계획

구분	품종개발		특허		논문		분자마커	유전자원		국내매출액	종자 수출액	기술이전	마케팅 전략수립보고서	인력양성
	출원	등록	출원	등록	SCI	비SCI		수집	등록					
최종목표	5	5	2	1	2	4					600	2		3
연구기간 내 달성실적	3					2					658			4
연구종료 후 성과창출계획		3	2	2	5						800			

9. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술 명			
이전형태	□무상 □유상	기술료 예정액	천원
이전방식	□소유권이전 □전용실시권 □통상실시권 □협의결정 □기타( )		
이전소요기간		실용화예상시기	
기술이전 시 선행조건			

* 핵심기술이 2개 이상일 경우에는 각 핵심기술별로 위의 표를 별도로 작성

** 기술이전 시 선행요건 : 기술실시계약을 체결하기 위한 제반 사전협의사항(기술지도, 설비 및 장비 등 기술이전 전에 실시기업에서 갖추어야 할 조건을 기재)

*** 실용화예상시기 : 상품화인 경우 상품의 최초 출시 시기, 공정개선인 경우 공정개선 완료시기 등

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부, 농촌진흥청에서 시행한 Golden Seed 프로젝트 사업의 연구개발과제 최종보고서이다.

2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부, 농촌진흥청(농림식품기술기획평가원)에서 시행한 Golden Seed 프로젝트 사업의 결과임을 밝혀야 한다.

3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.