

발간등록번호

11-1543000-001229-01

사이리지 옥수수 1호, 2호  
농가 재배 및 경제성 분석  
(On-Farm Demonstration of Silage Corn No.1&2  
and Economic Analysis)

(주) 닥터 콘

농림축산식품부

# 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “사이리지 옥수수 1호, 2호 농가재배 및 경제성 분석에 관한 연구” 과제의  
보고서로 제출합니다.

2016년 02월 05일

주관연구기관명 : (주) 닥터콘

주관연구책임자 : 김 순 권

연 구 원 : 양 병 철

연 구 원 : 박 태 완

# 요 약 문

## I. 제 목

사이리지 옥수수 1호, 2호 농가재배 및 경제성 분석

## II. 연구성과 목표 대비 실적

포항의 생육초기 과습(過濕)과 생육중기의 역사적 가뭄으로 인해 3개 축산농가에서 진행된 옥수수 사이리지 1호와 사이리지 2호의 농가 시범재배는, 1개 농가는 실패하고 2개 농가는 성공을 하여 목표대비 90% 정도 실적을 달성하였다. 대비 품종인 수입종 Pioneer 3394와 농촌진흥청 국립식량과학원 육종 광평옥에 비해서 건물중이 37.5% 증가했다. 경제성 분석은 건물중 200kg 당 사료적 가치를 10만원으로 계산할 때 헥타르 당 1,388,750원의 경제적 효과를 보였다.

## III. 연구개발의 목적 및 필요성

본 연구는 연구책임자가 2006-2007년 경북대학교 재직 시 과학기술부 지원으로 진행된 남북공동 슈퍼옥수수 개발사업에서 안정성과 다수성을 보여 국립종자원에 등록된 남북한에서 선발된 한반도 적응 두 개의 사이리지 품종 1호와 2호를, 포항의 3개 농가에서 시범재배를 실시함으로써 품종의 생산성 비교 및 경제성 분석을 통해 축산사료로서의 이용 가치를 보고자 하는 목적으로 실시되었다. 본 시험 같이 연구지원이 되지 않았으면 정부지원으로 개발된 옥수수 사이리지가 빛을 보지 못하고 사장되었을 것이라는 점에서 연구의 필요성이 있다고 하겠다.

옥수수의 사료적 가치는 알맹이에 50%, 줄기+잎에 나머지 50%가 있다. 대한민국의 축산은 연 1,000만 톤의 알곡 옥수수 그것도 대부분 GMO를 수입(5-6억불 상당)하여 70% 정도를 가축 사료로 이용 하므로 옥수수 전체를 사료로 이용하는 선진 축산국가 미국, 캐나다 보다 처음부터 50% 손해보고 축산을 하므로 한우 등 국산 쇠고기 값이 수입고기보다 2배 이상 비쌀 수밖에 없어 국제경쟁력이 떨어짐이 당연하다.

## IV. 연구개발 내용 및 범위

과학기술부 지원으로 육종된 국내 논에 잘 적응하는 사이리지 옥수수 두 개 품종을 경상북도 포항의 3개 축산농가에 직접 재배시범을 보이려고 하였다. 기존 국내 축산농가에서 재배되고 있는 2개 품종(광평옥과 Pioneer 3394)과 생산성을 비교하였다.

국내에 보급·재배 되고 있는 두 대비품종은 곡실용 옥수수로서 국내육종이 된 다수성 품종이다. 재배되고 있는 수입된 곡실용 옥수수 하이브리드와 국내 타 기관 육성종을 비교·검토 하므로 가축의 주 사료인 옥수수의 사료생산효율을 높이고자 노력했다. 2015년 경상북도 포항의 기후가 초기에는 우기가 중·후반기에는 가뭄이 발생하는 등 매우 불안정한 변화를 보여 3농가 중 1농가의 재배는 실패를 했다. 앞의 두 농가는 밭에서, 다른 한 농가는 논에서 재배를 했다. 초기에 논 재배로 습해에 의한 밭아 및 주수 확보 불량으로 첫 번째 파종은 목표의 주수 확보에 실패했다. 한달 후 2차 파종을 하였으나 이때는 가뭄으로 밭아 상태 저조로 또 실패하였다.

## V. 연구개발결과

보급종 광평옥은 헥타르(ha)당 100% 기준 시 28.7t의 생체중으로 사이리지 1호, 2호가 각각 111%(31.9t), 119%(34.3t) 증수 되었고, 대비품종의 평균 건물중은 7.4t으로 사이리지 1호는 125%(9.3t), 나이리지 2호는 150%(11.1t) 성적을 보였다. 건물중의 순 증수가 25%(사이리지 1호), 50%(사이리지 2호)로 두드러졌다. 단, 미국 도입품종 Pioneer 3394의 수량은 광평옥의 생체중의 83%이었고, 건물중은 같은 수준 이었다.

## VI. 연구성과 및 성과활용 계획

사이리지 1호와 사이리지 2호가 기후변화에 대한 적응력이 비교적 높다는 것이 재(再) 판명되었다. 2년 정도 농가 시험을 더 하여 남부평야지의 벼 논에 안전다수성 사이리지 옥수수 품종으로 종자 보급을 하고자 한다. 단, 본 연구를 수행한 (주)닥터콘 자체의 역량으로 농가 시범재배를 실시 할 수가 없기에 농기평의 추가 농가 시범재배 지원을 요청드린다. 기후변화에 의한 국내 한동대 종자 생산도 어려워서 현재 중국 해남성 산야에서 자체 자금으로 동계 종자 생산을 실시하고 있으며, 생산된 종자는 2월 말 국내로 반입이 될 예정이다. 두 개 대비품종은 곡실용으로 입증된 좋은 품종이며, 향후 사이리지 용으로의 우수성이 추가 농가시험에서 확인이 되면 하이브리드 종자를 생산하여 시판하고자 하며, 결과적으로 향후 축산 옥수수 사료가격을 30% 정도 줄일 가능성이 있다고 판단된다.

## SUMMARY

### I. Title

On-farm Demonstration and economic analysis of Silage corn No. 1 and No. 2 hybrids

### II. Performance against Research goal

The results of this on-farm demonstration and testing of two silage corn hybrids in three livestock raising farms in Pohang, Gyeongsang Buk Do (North Gyeongsang Province) achieved approximately 80% of the research goals. Among these three farm testings, one farm testing was completely failed due to early high moisture causing poor plant standing. The second planting was also failed due to a severe drought occurred in Pohang in 2015. The average mean percentage increase of dry stover weight of the two hybrids at two farms was 37.5%. Considering the value of the dry stover weight as 100,000 Korean Won per 200kg, the increase of dry weight of the two hybrids economically worths for 1,388,750 Korean won/ha, approximately \$1100 additional income from the two checks.

### III. The Purpose and the need for research

Two silage corn hybrids bred locally by the support of the Ministry of Science and Technology and registered at the National Seed Agency in 2006 (Silage No. 1) and 2007 (Silage No.2), respectively was left without commercial seed sale. Through this research support, the two hybrids were planted in three livestock farms in Pohang. The popularly cultivated two check hybrids in South Korea are high grain hybrids with medium maturity, while two silage hybrids are late maturing hybrids. The feeding value of the corn is consisted in grain/ear for 50% and in stalk and leave for another 50%. The Korean livestock industries which use corn as feeding are relied heavily on imported grains of 10 million tons annually that are worth of approximately 0.6-0.6 billion US dollars. 70% of the imported grains are used in feeding livestock and most of them are GMO. In contrast to the livestock industries in South Korea where uses only half value grain for feeding, the advanced countries such as the US and Canada uses entire corn for feeding. In such circumstances, the Korean livestock industries confront many disadvantages in raising livestock and therefore consequently causes the increase in the price of locally produced meat. This phenomenon eventually damages the country's national competitiveness. It is therefore very important and crucial to continue and to develop the research of silage corn in order to reduce livestock feeding price in South Korea and to reduce the price of locally produced meat in international market.

#### IV. Contents and ranges of research

Two silage corn hybrids bred by the Government research support were planted in three livestock farms in Pohang with two popular hybrids; Kwangpyong Ok (RDA bred) and Pioneer3394 (Pioneer International Hi-Bred Company Bred) were used as checks. The two hybrids are high yielding grain production, while two silage corn hybrids are high stover yield + grain type with good adaptation in rice paddy fields. Abnormal weather conditions in Pohang in 2015 were heavy rains in the early plating time in Spring and severe droughts during the mid and late growing period. One of the three farms failed to cultivate due to high moisture for germination and plant standing and later severe dry weather. The failed farm planted corn twice but failed. Fresh and dry stover weight were measured from two silage and two check hybrids for yield comparison.

#### V. Major research results

Fresh yield of two silage corn hybrids were 31.9t/ha (No. 1) and 34.4 t/ha (No.2) respectively with 11 and 19% increase. While dry stover weight of the two silage hybrids were 9.3t/ha and 11.1t/ha from the mean of the two checks (7.4t/ha) and accounted for 25 and 50% increase, respectively (Table 1). Yield of imported Pioneer 3394 was 83% of the locally RDA bred KwangpyoungOk. One interesting observation was that a new germplasm of the Leafy (LF) hybrid with 7 extra leaves increased dry stover double. Economic value of the income increase with two silage corn hybrids was 1,388,750 KW/ha.

Table 1. Fresh and dry stover yields of Silage corn No. 1 and No. 2 with check hybrids and economic analysis in Pohang, 2015.

Hybrid	Fresh wt	kg/ha	Dry stover wt	kg/ha	Value in K. Won/ha
Silage No. 1	31,943	(111.3)	9,259	(125.0)	4,629,500
Silage No. 2	34,258	(119.4)	11,110	(150.0)	5,555,000
KwangpyoungOk	28,703	(100.0)	7,407	(100.0)	3,703,500
Pioneer 3394	24,073	(83.9)	7,407	(100.0)	3,703,500
LF hybrid	48,046	(161.3)	14,814	(200.0)	7,407,000
bm hybrid	46,295	(161.3)	5,555	(75.0)	2,777,500

\*Economic values were calculated based on local corn feed price of 100,000 KW/ 200kg.

VI. The uses of research results and future plan(prospect)

The uses of this research will be followed. After two more years of on-farm testing, Dr. Corn Seeds Co. shall try to market seeds of silage corn hybrids in the south. Since 2015 research results showed yield advantage of the two silage hybrids compared to the two polulary cultivated check hybrid, additional 1 or 2 years of on-farm testings shall help market of silage corn production seed in South Korea. Dr. Corn Company is producing hybrid seeds with further inbreeding of the three parental inbred lines of Silage No. 1 and No. 2 in Sanya of Hainan Province of China. Hybrid seeds will be introduced in Korea in late February for additional on-farm testings in Pohang. Since Dr. Corn Seeds Co. is very small with limited resources, we kindly ask IPET to support of the on-farm testing for two more additional years. The feed value of silage corn shall reduce corn feed price, approximately 30%.

# CONTENTS

Chapter 1. The Summary and the Outcomes of the Research Development Project

1.1 The Purpose and the Need for Research and Development

1.2 The Performance against Research Goals

Chapter 2. The status of domestic and international technical development

Chapter 3. The Contents and Outcomes of Research Development Performance

Chapter 4. The Achievements and Contribution to the related fields

Chapter 5. The uses of research results and future plan (prospect)

5.1 The Plan of Utilization and Industrialization

5.2 Training, marketing and proliferation of technology

5.3 Securing of Intellectual property rights in Patent, Breeding, Thesis.

5.4 The Plan of usage of the results in additional research

5.5 Suggestions

Chapter 6. International Science Technology Information

Chapter 7. The status of research facilities and equipments

Chapter 8. The performance of laboratory safety management

Chapter 9. References

9.1 Bibliography

9.2 Appendix(pictures)



# 목 차

- 제 1 장 연구개발과제의 개요 및 성과목표
  - 제 1절 연구개발의 목적과 필요성
  - 제 2절 연구성과 목표 대비 실적
  
- 제 2 장 국내외 기술개발 현황
  
- 제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과
  
- 제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도
  
- 제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획
  - 제 1절 실용화·산업화 계획(기술실시 등)
  - 제 2절 교육·지도·홍보 등 기술확산 계획 등
  - 제 3절 특허, 품종, 논문 등 지식재산권 확보계획 등
  - 제 4절 추가연구, 타연구에 활용 계획 등
  - 제 5절 제언
  
- 제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보
  
- 제 7 장 연구시설·장비 현황
  
- 제 8 장 연구실 안전관리 이행실적
  
- 제 9 장 참고자료
  - 제 1절 참고문헌
  - 제 2절 부록(사진)

# 제 1 장 연구개발과제의 개요 및 성과목표

## 제 1절 연구개발의 목적과 필요성

가축의 주 사료인 옥수수 사이리지의 신제품 개발과 농가 보급으로 국내 축산 사료 생산비를 낮추는 것을 주목적으로 하여 본 농가 재배 시험을 수행하였다(사진 1). 50년간 친환경 옥수수 품종을 양적유전자(quantitatively inherited genes)를 이용한 공생 원리(co-survival tolerance principle)에 의해 육종해 온 경험을 살려 지구상에서 가장 친환경적이고 농약을 적게 사용해도 생산이 가능한 한반도 적응 친환경 안전 다수성 사이리지 옥수수를 육종해, 사료를 생산하는 축산 농가에서 시범재배를 함으로써 생산성 결과를 경제적으로 분석하고자 하였다. 연구의 필요성은 전 세계에서 두 번째로 축산 사료용 옥수수 알곡(grain)을 수입(import) (연 1천만 톤-10 million metric tons, 전체 벼 생산량의 3배 정도)하는 대한민국의 가축 사육은 매우 비(非) 경제적이란 데에서 기인한다. 수입산 옥수수 알맹이의 사료적 가치가 1/2인 점을 감안하여 100% 사료 효율 증대를 시킬 수 있는 사이리지 옥수수 국내 재배 생산에 목표를 두었다. 그리고 창조경제를 부르짖는 현 정부의 과학농업 사례/범위로 옥수수 잎이 보통옥수수보다 7개가 더 달리는 LF 유전자를 이용한 사료생산 시도도 본 과제 밖의 노력으로 추진하였다. 연구비 지원은 2015년 12월 16일로 완료되었으나, 개인 투자를 통해 중국 최남단 해남성 산야에서 사이리지 1호, 2호 원종증식과 잡종 종자 생산을 계속 하고 있다.

## 제 2절 연구성과 목표 대비 실적

연구 실적은 포항의 2015년 기후변화에 의한 과중기의 우기와 생육 중기의 가뭄으로 인해 예상했던 목표의 90% 정도가 달성되었다. 대비품종으로 공시된 미국 수입종 Pioneer 3394와 광평옥 역시 심한 초기 과습 및 중기 가뭄 피해를 입어 품종 간 비교에는 어려움이 없었다.

보급종 광평옥 헥타르(ha)당 100% 기준 시 (28.7t) 생체중으로 사이리지 1호, 2호가 각각 111%(31.9t), 119%(34.3t) 증수 되었고, 대비 품종의 평균 건물중은 7.4t으로 사이리지 1호는 125%(9.3t), 나이리지 2호는 150%(11.1t) 성적을 보였다. 건물중의 순 증수가 25%(사이리지 1호), 50%(사이리지 2호)가 두드러졌다. 단, 미국 도입품종 Pioneer 3394의 수량은 광평옥의 생체중의 83%이었고, 건물중은 같은 수준이었다(사진 2,3).

표 1. 공시 품종과 대비품종의 옥수수 수량성 및 경제성 비교 분석, 경북 포항, 2015

▶ 품종	생체중	kg/ha	건물중	kg/ha	경제성분석(원/ha)
사이리지 1호	31,943	(111.3)	9,259	(125.0)	4,629,500
사이리지 2호	34,258	(119.4)	11,110	(150.0)	5,555,000
광평옥	28,703	(100.0)	7,407	(100.0)	3,703,500
파이오니어3394	24,073	(83.9)	7,407	(100.0)	3,703,500
LF 하이브리드	48,046	(161.3)	14,814	(200.0)	7,407,000
bm 하이브리드	46,295	(161.3)	5,555	(75.0)	2,777,500

\*경제성 분석을 위한 건물중 옥수수 사료 가는 200kg에 100,000원으로 포함 현지 가격을 기준으로 환산.

그러나 안전 다수성 옥수수 축산사료를 실제 농가 포장에서 직접 보고, 포항 지역 축산농가들을 초청·전시하고자 하는 원래의 목표는 아쉽게도 달성하지 못했다. 경제성 분석을 해 본 결과 사이리지 2개 품종의 평균 소득은 5,092,250원/ha로 대비 품종 평균소득 3703,500원/ha에 비해서 헥타르당 1,388,750원의 소득 증가를 보였다. 추가적으로 앞으로 추진하고자 하는 옥수수 잎이 7개 더 달리는 LH hybrid의 경우 3,703,500원의 소득 증가를 보였다. 단, 바이오 옥수수로 줄과 잎에 lignin 함량이 낮아 소화율이 20-30% 높은 bm3(brown mid rib 3) hybrid의 경우 수량성은 좀 떨어 졌으나 소화율로 계산하면 대비 품종과 비슷했다.

국내육종 사이리지 옥수수가 벼 과잉생산으로 국가경제에 큰 손실을 안기고 있는 논에서 수입 제1작물인 사료옥수수의 재배로 활용됨으로써 직불제 정부지출 예산을 줄일 수 있을 것으로 판단된다. 포항지역 3개 축산 농가 재배 결과 사이리지 1호와 2호는 국내 포항의 금년도 기후가 초기에 비가 너무 많이 와서 토양 과잉 수분으로 피해를 보았고, 개화기를 중심으로 가뭄이 온 것이 수량을 떨어지게 했다. 단, 공시 품종 간 비교는 별 문제가 없었다.

옥수수 잎이 7개 이상 더 달리는 Leafy (LF)(사진 4)와 젓소가 먹었을 때 소화가 20-30% 잘 되는 bm3 hybrid의 가능성도 추가로 타진했다. 본시험에서 추가로 공시된 LF hybrid는 표준 품종 광평옥에 비해 생체중이 161%(48.0t), 건물중이 200%(14.8t) 증수가 되었다. 반추동물이 먹었을 때 소화가 잘 되는 bm(brown midrib) hybrid는 생체중은 161%(46.3t), 건물중은 75%(5.6t) 이었다.

▶ 사이리지 옥수수의 사료적 가치: 50%가 알곡에, 다른 50%가 식물체에 있다. 따라서 옥수수 이삭이 잘 달리는 전체 옥수수를 사이리지 수확 적기 유숙기(알곡 생산보다 15일 정도 일찍)에 생산/사이리지화(化) 함으로써 축산물 생산의 국제경쟁력을 높일 수 있을 것이다.

## 제 2 장 국내외 기술개발 현황

국내 옥수수 육종의 주요 연구는 농촌진흥청 산하 국립식량과학원에서 이루어지고 있다. 그러나 국내에서 매 년 1천만 톤의 옥수수 사료곡물을 수입하는 현상을 문제의식을 가지고 보라보다면, 전략적 사료 옥수수 연구를 기획·지원함이 바람직하겠다. 예로 미국의 Pioneer 회사는 전 세계 560 곳에서 옥수수 연구를 추진 중이다. 몬산토와 신젠타 회사 역시 비슷한 연구를 하고있으며, 두 회사 모두 GMO를 이용한 bt 옥수수 육종에 치중하고 있다. 강원도 홍천 옥수수 시험장의 주된 연구는 식용옥수수인 찰옥수수 연구이다. 추가적으로 골든시드 과제(Golden Seed Project: GSP)로 강원대학교 옥수수 연구팀과 공동으로 해외 종자시장 개척, 특히 중국의 제 1의 경제작물인 옥수수에 대한 시장개척을 목표로 하고 있으나, 연구비 지원 규모에 상응하는 높은 추진 업적을 이루기는 쉽지 않을 것이다. 본 연구책임자가 추진하고 있는 중국의 닥터 콘 유한 회사의 옥수수 육종의 1/3 규모의 연구도 추진되는지 의문스럽다. 농진청에서 국가 옥수수 연구를 주도하는 것은 민간 종자 회사들의 개별 투자를 저지할 수 있다. 또 다른 남아시아 지역에서 추진되는 GSP 역시 비슷한 상황일 수 있다. 찰옥수수의 국내 연구는 국제경쟁력이 있으나, 일반 사료용 옥수수의 국제경쟁력을 달성하기에는 국내 옥수수 육종연구진의 경험 부족이 뚜렷해 보인다.

사이리지 옥수수 연구가 가장 앞서가는 나라는 미국이며, 특히 위스콘신 주가 특별히 연구의 선진화가 이루어 졌다. 유럽에서는 독일과 프랑스 등이 사이리지 옥수수에 의한 축산물 생산이 앞서 가고 있다.

우리나라의 경우 30년 전에는 가축 사육을 하는 농가는 반드시 자신이 필요한 사료를 스스로 생산해야 했기 때문에 축산 사이리지 옥수수 재배 농가를 흔히 볼 수 있었다. 이를 통해 축사에서 나오는 퇴비가 사료 생산의 안전성을 보장했고 또한 땅의 지력을 유지시켜 주었다. 그러나 정부 정책이 사료 생산 없이 구입 농우 사료를 이용하여 가축을 사육하는 정책으로 바뀌면서 대한민국의 들판에 흔히 보이던 사이리지 재배 풍경이 사라졌다. 심각한 문제는 축산 농가가 자신들이 생산하는 축산 폐수를 잘 이용 하지 못함에 따라 야간에 무단 방출 등을 함으로써 공기 오염과 Co2 배출에도 일조를 하게 된다는 점이다.

한국은 작은 나라임에도 불구하고, 농촌진흥청을 중심으로 1년에 한두 차례 옥수수 뿐 아니라 다른 농작물 연구에 종사 하는 연구과학자 들을 소집하여 연구 현황을 브리핑 하는 제도가 사라진 듯하다. 일례로 태국의 경우 개인 및 민간 종자 회사가 육종한 모든 옥수수를 태국 농진청이 시범재배하고 전시를 철저히 한다. 세계 제 2의 옥수수 생산국인 중국(옥수수 재배 면적 3,500만 ha, 한국 벼 재배면적의 40-50배)도 마찬가지이다. 정부 주도 연구도 철저한 경쟁을 통해 이루어지게 함으로써, 국민들 세금이 낭비 되지 않도록 연구시스템을 발전·유지시켜야 한다. 총 옥수수 육종/재배 연구원이 50명도 채 안 되는 국가에서 3만 명의 연구원을 보유한 중국과 경쟁하기 위해서는 종합적 국가 연구 관리시스템 운영·관리·발전이 긴요하다.

### 제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

본 연구는 농림축산식품부/농림수산식품기술기획 평가원의 연구비 지원으로 2006년과 2007년에 기(既) 육종되어 국립종자원에 등록된 경대 사이리지1호(P45 x B69)와 경대사이리지 2호(P45 x 51B)를 이용했다(사진 5). P45 원종은 미국 Pioneer 회사의 아열대 하이브리드를 이용해서 육종된 원종이다.(현 충북대 교수 소윤섭박사 하와이대학교 대학원 재직 시 유전자원 제공). 과거 경북대 육종팀과 현 한동대 옥수수 육종팀이 원종의 지속적인 개량과 고정화 작업을 통해 등록 당시보다 기후변화에 더 잘 적응하고 수량성도 다소 증대 될 것으로 예측했다. 이들 사이리지 품종은 제주도 제동 목장과 경기 안성 농협 목장, 경북 군위, 김천, 포항, 영주와 충북 옥천등지에서 소규모로 시험되었던 경험은 있으나, 옥수수 사료의 필요성이 심대한 축산 농가가 직접 남부지방 적응 품종을 축산 농가에서 직접 재배한 적이 없기에 이번 연구에 큰 의미가 있다. 그러나 연구기간 이상 기후에 의한 작황 변이가 심했기에, 한 해 시험으로 큰 성과를 도출하기에는 다소 어려운 점이 있었다.

기후변화에 가장 잘 대처 하는 것은 각기 다른 유전자원(G=genotype)을 다양한 환경(E=environment)에서 G x E의 interaction(상호작용)을 보는 것이다. 저자의 50년 친환경 옥수수, 콩(2년), 벼 등(3개월) 육종 경험에 의하면 몇 개의 유전 인자가 좌우하는 양적유전자를 이용함이 기후변화 대처에 뛰어난 품종을 육종하는 데 매우 효과가 있었다. 병충해에 100% 강한 질적 유전자(qualitative gene)를 이용하는 것은 40-50년 전에는 효과적이라고 여겨졌으나, 지금에 와서는 매우 어리석은 육종 전략이다. 녹병(rust)의 경우 Gene-for-Gene theory 에 의해서 반드시 돌연변이(mutation)로 matching race(보통 균핵병인 fungi의 경우 사용하는 용어) 혹은 strains(바이러스의 경우 race가 아니고 strain이라고 부름)이 넓은 면적, 장기간 수년에 걸쳐 재배될 때에는 반드시 넘어지고 만다. 이것이 1970년 농진청 개발 통일벼의 도열병과 필리핀 IRRI가 개발한 IR8 같은 품종이 그렇고 그 보다 앞서서는 귀리의 Hessian Fly 벌레에서도 경험했다. 전 지구상으로 수천 개의 경험을 했다. 악마의 풀 striga의 경우 1903년 소련에서 이러한 gene-for-gene 경험을 하기도 했다. 노벨 평화상을 받은 고 Norman Borlaug가 경험한 밀(wheat)의 rust와 그 후 일리노이스 대학교 Hooker 교수, 하와이 대학교 brewbaker 교수와 Korea S. K. Kim (김순권) common rust caused by Puccinia sorghi(보통녹병) 등 무수히 많은 사례가 있다. 김 교수가 농작물의 공생이론으로 노벨생리의학상에 도전 하는 것도 이러한 단인자의 100% 강한 위험성 잘 나타내 주고 있다.<sup>1)</sup>

본 연구에서 기후 변이가 심한 포항의 1년간 시험을 통해 위의 이론들이 철저히 일어나고 있음이 입증되었다. 따라서 가장 좋은 방법은 각 생태지역에서 양적유전자를 이용해서 안전성이 높은 농작물을 육종하는 것이다. 아직까지도 일부 연구원과 과학자 및 대학교수들은 높고 강한 저항성을 띄는 품종이 안전하다고 생각하는 것은 매우 한심하고 안이한 생각이다.<sup>2)</sup>

1) S. K. Kim, Global effects of Co-Survival Tolerance Principle discovered by Dr. Soon-Kwon Kim, KNU Press 2005, HGU Press,2012

2) Maize germplasm developed and studied by Dr. Soon-Kwon Kim and his colleagues for Africa, Asia and USA (1969-2003). KNU Press, 216 pages.

## 제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

본 시험 연구는 한우 사육이 많은 포항, 경주지역을 고려하여 사료용 옥수수 시험을 진행했다. 한동대학교(Handong Global University) 국제옥수수연구(HGU International Corn Institute)가 중심이 되어 추진하는 POSCO 지원 Bio 옥수수에 이용된 bm3 옥수수 육종, 반추동물 소가 먹었을 때 소화율이 20-30% 증가하는 bm 옥수수의 새로운 품종 개발과 LF 유전자를 이용한 새로운 사료옥수수 육종은 더욱 더 강력하게 추진되는 것이 바람직하다 (언론 기사 2016 2월 2-3일).

사이리지 1호, 2호의 원종들에 LF 유전자와 bm3 유전자를 도입하는 시도(사진 6)를 하는 육종은 본 연구 지원이 소규모임에도 불구하고 향후 국내 옥수수 육종에 큰 보탬이 될 것이다. 인도, 태국, 대만, 베트남의 경우 농촌진흥청 같은 기관이 중심이 되어 국내에서 추진 할 수 있는 연구진을 총 망라해 정부의 정책적 옥수수 사료 개발 육종이 이루어지고 있다. 벼 농사의 국제 경쟁력을 높이고 수백 년 지어온 벼농사에 의한 토성 관리에도 옥수수 재배가 유용 할 것이며, 특히 LF와 구제역 조류 독감 예방용 기능성 검정 옥수수(black) 육종 추진에도 본 연구가 도움을 주고 있다. 5년 간 추진해 온 기능성 검정 옥수수 육종(사진 7,8,9)은 LF와 BL/BL 유전자를 사이리지 1호와 사이리지 2호의 원종들(inbred lines)에 치환(conversion)하고 있는데 그 어려움을 실감하고 있다. 일반적으로 색깔이 강한 유전자가 우성(dominance)이 되어 약한 색깔의 옥수수에 흰색이나 노란색과 교배를 했을 때 F2에서 3:1로 분리가 되어야 하는데 BL/BL 유전자는 전혀 그렇지 못하다. 검은 옥수수 알을 심었는데 거의 모두가 노란색으로 나오는 현상은 유전적으로 이해하기가 어렵다. 그리고 이 BL/BL gene은 shrunken 2 라는 supersweet corn 유전자 하고는 전혀 conversion이 될 수가 없다는 것이다. 반면에 찰옥수수(wx, sticky corn)에는 치환이 가능하다. 그러나 이삭 썩음병(ear rot)와 linkage 관계가 있는 듯 분리되는 이삭의 상당 부분은 완전히 썩거나 일부가 썩어 들어간다.

한반도에 적응하는 super silage 옥수수 육종으로 한국 축산의 창조적 발전을 위해서는 연 1000톤 수입되는 옥수수에 연구 발전 기금 0.01% 라도 붙여서 한국 소비 제 1의 경제 작물인 옥수수의 국내 연구를 서둘러야 한다. 본 연구를 수행 중인 중국 닥터콘 유한 회사(길림성 시핑에 등록된 외국 회사, 대표 김순권)의 연구 본부는 흑룡강성 하얼빈에 있다. 하얼빈이 북쪽에 위치해 있긴 하나 선발된 만생종 품종들은 한반도 적응이 가능할 수도 있다. 요령시 심양에서는 수년간 시험에서도 사이리지 1호와 2호는 너무 늦어서 재배가 거의 불가능 하다. 추측 하건데 한 개의 원종 P45가 아열대 옥수수 유전 자원에서 육종이 되었기 때문일 것이다. 남방형 옥수수 녹병(Puccinia polysora)에 강한 것도 이러한 유전자원으로 원래 유래(source)에 기인한 듯하다. 본 연구가 중국의 옥수수 육종 기술 개발에도 상호 도움을 주고 있다고 할 수 있다.

## 제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

### 제 1절 실용화·산업화 계획

포항에 있는 닥터콘 옥수수 종자 및 생산물 판매 회사는 현재 중국 닥터콘 유한공사 현지 회사가 추진하는 세계 식량위기, 사료 위기와 기후변화에 도전하는 국제적 옥수수 육종 사업이다<sup>3)</sup>. 중국의 최남단 섬에서 이루어지는 동계 옥수수 육종에서, 본 시험에 포함된 사이리지 원종들이 더욱 더 고정화가 이루어졌고 특히 새로 발생하는 남방형 옥수수 녹병 *Puccinia polysora*에 강한 한국 원종들의 후기 녹체성이 우수함이 두드러졌다(사진 10). 대비 품종으로 이용된 Pioneer 3394 도입종과 국내 육종 광평옥 모두 위의 남방형 옥수수 옥수수 녹병에 아주 약함이 수년 전 제주도와 경북군위 경북대 시험포에서 발견되었다. 따라서 사이리지 1호와 사이리지 2호가 기후변화에 대한 적응력이 비교적 높다는 것이다. 중국 닥터콘 유한회사에서 추진하고 있는 LF와 bm3의 교잡(사진 11)은 한반도에 적응하는 아주 새로운 사료용 옥수수가, 60-100% 이상 증수하는 신품종 육종이 될 수 있음을 보여 준다(표1 성적 참조). 포항 농가에서 생산된 LF hybrid의 F2가 해남성 산야의 동계 육종 포장에 심겨져서 LF 육종을 시작한 3년 만에 가장 LF 품종 개체가 많이 심어졌고 유전자를 고정하기 위한 셀핑(selfing)과 교잡종(cross) 생산이 많이 되었다. LF의 특성 중 하나는 이삭의 수염은 일찍 피는데 수꽃(tassel)이 늦게 피어 자식 교배가 상당히 어렵다는 것이다. 반면 이삭과 옥수수 알맹이의 무게가 일반 옥수수에 비해서 상당히 무거워 사료적 가치를 배가시킬 수 있다. 포항 닥터콘의 친환경 기능성 사료 옥수수의 종자 시판을 꿈꾸어 본다.

개발품종의 보급 확대방안으로는 옥수수 재배를 원하는 포항 축산농가의 요청이 있을 시 동계 산야에서 생산한 종자를 보급해 스스로 심을 수 있도록 보급하는 계획을 가지고 있다. 그러나 기 언급된 바와 같이 첫째로, 작은 종자회사인 닥터콘의 자본만으로 종자를 생산·보급하기에는 큰 어려움이 존재한다. 또한 두 번째로 외부환경의 어려움 역시 존재하는데, 2012년부터 법으로 종자공급을 할 수 없도록 되었음에도 농진청 식량과학원에서 육종한 광평옥의 경우 정부 자금으로 종자를 채종해서 농가대상으로 정부지원가격으로 공급하는 등 민간 종자회사의 시장진입과 경쟁이 무척 어려운 상황이라고 하겠다.

### 제 2절 교육·지도·홍보 등 기술확산 계획

중국 산야 동계 시험포장에서 아주 만생종이면서 키가 큰 옥수수를 보고 다른 종자 회사 소속 많은 육종가들이 신기하게 바라보고 있다. 이들 LF는 숙기가 너무 늦은 반면 POSCO 바이오 옥수수는 조생종이 필요하기 때문에 진행된 조생인 꿀옥수수와의 교배도 성공리에 이루어졌고, 2016년 2월 3일 한동대 News로 전국 미디어에 홍보용 기사가 전달되었다. 구제역과 조류독감 검정옥수수에 대해서는 2015년 12월 1일, KBS 대구방송 TV 주간 라이브 프로그램에 소개가 되었다. 신약개발에 도전하고 있는 한국 제약 회사들에게 새로운 기능성 신약으로 인간의 암(cancer) 등 바이러스 질병과 구제역, 조류독감등의 동물 바이러스 질병에 예방 효과

3) A Scientists battle for Peace- his Weapon is Food. Biography of Dr. Soon-Kwon Kim, KNU Press, 2005, Submission documents for Nobel Peace Prize, Written by an American Journalist. 61 pages.  
Dr. Soon-Kwon Kim's Efforts at Combating Hunger in Africa and Asia (1969- 2003). Attached document for Nobel Peace Prize Nomination. 335 pages.

가 높은 신약 개발과, 기능성 음식 및 사료로서의 가치도 높아질 것이다. 5년 이상 검정옥수수(BL/BL) 옥수수 육종을 해 오면서 처음에는 쉬운 과제라고 여겼으나 black 인자가 이삭 썩음병에 매우 약한 유전적 linkage 관계가 되어있을 수도 있음이 보여지고 있다. 그리고 black 인자는 찰옥 육종은 가능하나 shrunken 2(sh2) 인자에는 유전자 도입이 전혀 불가능함이 밝혀졌다(정보제공. Dr. James L. Brewbaker 교수, University of Hawaii, USA). 찰옥수수의 생산량은 사료용 옥수수로써는 식물체 생체중과 건물중이 낮기 때문에 이용가치가 제한되나, 장점은 찰옥수수를 개화 후 27일 경에 수확했을 때 식물체가 푸르기 때문에 생체 사료로서의 이용가치가 높을 수 있다는 것이다. 계속적인 연구 노력과 더불어, 식용 및 가축 사료용 신약개발 차원에서 향후 농기평등 정부 지원 예산을 신청해 보고자 한다.

### 제 3절 특허, 품종, 논문 등 지식재산권 확보계획

1년간의 연구 결과로 기 보고가 된 사이리지 1호, 2호의 농가 재배 1년 성적으로 논문 작성이 쉽지가 않다. 연구가 잘 진행이 되면 지식 재산권 확보를 위한 2006년과 2007년의 추가 등록이 추진될 것이다.

### 제 4절 추가연구, 타연구에 활용 계획

비록 본 연구가 시작부터 1년 연구로 신청하고 승인이 되었으나 2015년 기후변화로 목표한 축산농가들에 대한 전사와 성적이 미비함에 따라, 가능하면 1-2년 더 연구지원이 되면 보다 경제성이 있는 사료개발이 추진될 수 있을 것이다. 본 연구는 한동대 국제옥수수 연구소와 한국과 중국 닥터콘의 국내외 종자 시장 개척연구 뿐만 아니라 ICF 캄보디아 바이오 센터에서 열대지역에 적용 하는 bm3 계통이 500여종 육종이 된 것은 매우 바람직한 연구 결과 활용이다. 캄보디아는 인구 2천만의 가난한 국가이나 소가 인구의 2배 이상인 4천만 마리가 사육되고 있다. 다른 한편 POSCO 지원으로 인도네시아 등에 bio corn 연구가 추진될 가능성도 열어두고 있다.

### 제 5절 제언

축산사료 옥수수 세계 2위 수입국가인 대한민국 축산의 국제경쟁력을 높이기 위해서 농림축산식품부의 기획과제로 국내외 옥수수 육종에 대한 종합적인 검토와 국가적 협력 사업기획을 제안한다. 가장 적은 연구비 지원으로 상당히 큰 국가적 창조경제효과를 도출할 수 있을 것이다. 신진 옥수수 연구, 특히 미국과 중국 등에서 추진되고 있는 연구 상황을 잘 파악하지 못하고 우물 안 개구리 식의 단편적인 개인 및 그룹 옥수수 연구로는 우리가 국제경쟁에서 이길 수 없다. 중국에는 전 세계 옥수수의 1/4인 3500만 헥타르가 재배 되고 있고(우리나라 벼 재배 면적의 40-50배), 옥수수 육종 종자 회사 5000개에서 3만 명의 연구원이 연구를 하고 있다. 모두 합해서 50명도 아니 되는 국내 옥수수 연구진이 아무리 정부지원이 큰 GSP를 수행하고 있어도 우리가 경쟁에서 이기기는 매우 어렵다고 하겠다. 반(半)세기 50년간 친환경 옥수수 육종을 해온 베테랑인 본 연구자도 우수 옥수수 하이브리드 육종의 경쟁력의 차이가 너무나 심함을 매일 느끼고 있다.

세계 종자 강국이 되기 위해서는 open mind로 우리 자신을 잠에서 깨어나게 해야 한다.



3년 전부터 중국의 제 1의 경제 작물이 옥수수임을 중국 농림부 장관이 공식적으로 천명을 했다. 콩은 외국에서 수입해서 먹고 옥수수를 확대 재배하게 하고 있고, 벼 면적 역시 농가 소득이 10% 정도 높은 옥수수 재배로 권장하고 있다. 우리 농업의 국제경쟁력을 높이기 위해서 최우선적으로 대처할 작물이 바로 옥수수이다. 콩이나 밀보다 옥수수의 국가 경제적 효과가 훨씬 높은 것이 현실임에도, 옥수수 생산 및 연구를 계속 확대하고 있는 것은 국가적으로 매우 불행한 일이다.

## 제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

본 연구를 수행하면서 미국의 아이오와 대학교, 몬산토, 파이오니오 옥수수 연구 현황과 세계 제2의 옥수수 생산국인 중국의 옥수수 연구 개발 현황을 상당히 배워오고 있다. 미 농무성(USDA)와 아이오와 대학교, 위스콘신 대학교와 하와이대학교, 코넬 대학교 옥수수 연구진들과의 협력이 계속 추진되고 있다. 본 연구책임자가 중국과 한국에서 추진하는 super corn + bm3 + high sugar 연구는 전 세계에서 가장 앞서가는 선진 연구이다. 아마도 이 분야에서 가장 앞선 University of Wisconsin이 본 연구자의 연구 성과의 70% 수준에서 연구가 추진되고 있다. 한국과 중국이 FTA로 양국이 윈윈 할수 있는 과제가 바로 super corn + bm3 + high sugar 과제가 될 수 있다. 2015년 중국 정부 국가 시험에서 통과된 중한 꿀옥 1호(동북3성 최초의 초당 옥수수)와 중한 찰옥 1호는 2017년의 대대적 종자 시판을 위해 종자 생산이 올 여름 하얼빈에서 이루어 질 계획이다. 벌써 흑룡강성 농가들이 생산한 꿀옥 이삭을 중국에서 예비 시판하고 한국에 수출까지 하고자 계획하고 있다. 중국 심양의 롯데 마트에서는 작년부터 옥수수 박사의 중국 꿀옥을 현지에서 인기리에 시판하고 있다.

## 제 7 장 연구시설·장비 현황

현재 닥터콘과 한동대 국제옥수수연구소가 보유하고 있는 시설은 포항 옥수수 센터에 세워진 개인 자금 15억 원이 투자된 1700평의 통일 옥수수 센터이다(사진12,13,14). 이 센터에는 22평짜리 마이너스 20도 냉동고 5동, 종자 저장고 1동, 진공포장기, 살균기 등의 장비가 갖추어져 있다. 한동대 국제옥수수 연구소에는 옥수수 시험포장 5ha, 트랙터 1대, 경운기 2대, 비닐온실 40평, 연구실, 국제옥수수연구소 사무실과 기타 학생들 실습장이 있다. 한동대 학생 1000여명이 닥터콘 옥수수 센터에서 현장 벤처회사 창업경험을 하고 있으며, 교양 특론과목을 수강하는 60명이 학부 학생들은 2주간 의무 적으로 옥수수 연구 포장에서 실습을 함으로써 농업이 얼마나 어려운지 농민들의 땀을 경험하게 한다. 그리고 40명의 학생들로 구성된 공동체 팀을 지도·멘토하면서 한국 농업의 어려운 점, 해외개발 협력에 대한 옥수수 박사의 철학, 북한 방문 59회/370일 체류로 얻은 생생한 경험담을 들으며 통일의 꿈을 키워가고 있다.

국제옥수수재단(이사장 겸 설립자 김 순 권)을 통해서 20여개 국가에 현장지원을 하는 국제NGO 활동이 이루어지고 있다. 국민들에게는 1만원 후원을 홍보하며 친환경 옥수수종자 개발과 비료를 지원함으로써 저개발국 국민들이 자기 스스로의 노력에 의해서 옥수수 200kg를 생산/각자의 양식으로 자립할 수 있으며, 또한 대한민국의 국제협력외교에도 도움이 됨을 알고 있다. 타 NGO의 사업보다 주민들의 자립성을 적어도 5-10 배 이상 키워줄 수 있는 새마을 정신에 바탕한 국제개발협력활동을 한동대, KOICA 등과의 협력으로 추진 중이다.

## 제 8 장 연구실 안전관리 이행실적

한동대 소속 연구실 및 한동대 국제옥수수연구실 시설관리는 한동대학교 시설 관리 규정에 의해서 이루어지고 있으며, 닥터콘 개인 연구시설과 종자창고는 (주) 닥터콘 관리 하에 있다.

## 제 9 장 참고자료

### 제 1절 참고문헌

1. Global Effects of Co-Survival Tolerance Principle discovered by Dr. Soon-Kwon Kim, Handong Global University Press, Submission document for Nobel Physiology and Medicine Prize. 30 pages. Written by a UK professor.
2. A Scientists battle for Peace- his Weapon is Food. Biography of Dr. Soon-Kwon Kim, KNU Press, 2005, Submission documents for Nobel Peace Prize, Written by an American Journalist. 61 pages.
3. Dr. Soon-Kwon Kim's Efforts at Combating Hunger in Africa and Asia (1969- 2003). Attached document for Nobel Peace Prize Nomination. 335 pages.
4. Maize germplasm developed and studied by Dr. Soon-Kwon Kim and his colleagues for Africa, Asia and USA (1969-2003). KNU Press, 216 pages.

\*본 시험의 경제성 분석은 표 1에 포함 시켰음.

제 2절 부록(사진)



사진 1. 포항 농가 전경사진



사진 2. 수량측정을 위한 샘플조사



사진 3. 한동대 건조기에서 2주간 건조한 한우 건물중 측정



사진 4. 농가 포장에서 키가 아주 큰 것이 LF



사진 5. 산야 사이리지 원종 51B



사진 6. 산야 LF(왼쪽)와 일반종(오른쪽)



사진 7. 검정 옥수수 (BL/BL) 옥수수 이삭



사진 8. 중국 옥수수 밭에서 이삭이 아주 잘 달린 것



사진 9. 중국 옥수수 밭에서 이삭이 아주 잘 달린 것



사진 10. 중국 해남성 산야 남방향 녹병 발생 (앞쪽이 중국종, 뒤쪽이 P45 사이리지 원종)



사진 11. 산야 LF(왼쪽)와 LF+bm(오른쪽)



사진 12. 닥터콘 도로가 사진



사진 13. 닥터콘 건물전경



사진 14. 닥터콘 벽 사진

## **주 의**

- 1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 기술료사업의 연구 보고서입니다.**
- 2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 기술료사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.**
- 3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.**