

최 종
연구보고서

사료용 슈퍼옥수수 교잡종 육성

Breeding Super-corn Hybrids for Silage

안전, 다수확, 친환경적 사료용 옥수수 육성

Breeding Silage Corn for Stable High Yield
and Pro-environment

흑조위축병 저항성 연구

Studies on Black Streaked Virus for Resistance

사일리지 양질, 다수확 신품종 생리, 생태적 재배법 시험

Physiological and Ecological Test of New Silage
Corn Hybrids for Good Quality and High Yield

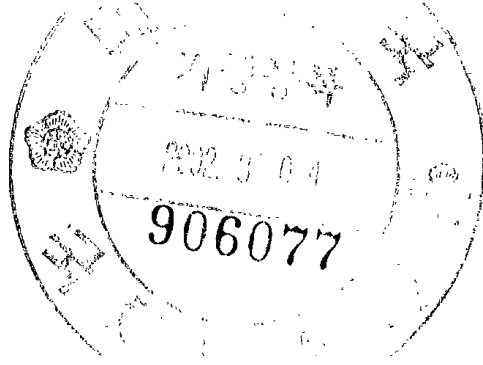
경제성 및 신품종 특성 분석

Analyses of Economic and Agronomic Trait of New
Corn Hybrids

연구기관

경북대학교
영남대학교

농림부



최 종 보 고 서

2001 년도 농림기술개발사업에 의하여 완료한 사료용 슈퍼옥수수 교잡종 육성에
관한 연구의 최종보고서를 별첨과 같이 제출합니다.

- 첨부 : 1. 최종보고서 10부
2. 최종보고서 디스켓 1매

2001 년 10 월 일

주관연구기관 : 경 북 대 학 교

총괄연구책임자 : 김 순 권 (인)

주관연구기관장 : 박 찬 석 직 인

농 립 부 장 관 귀 하

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “사료용 슈퍼옥수수 교잡종 육성” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2001 년 10 월 일

주관연구기관명 : 경북대학교

총괄연구책임자 : 김 순 권

연 구 원 : 김 영 환

연 구 원 : 이 준 수

연 구 원 : 김 형 옥

연 구 원 : 문 미 야

연 구 원 : 박 혜 숙

세부연구책임자 : 이 기 운

연 구 원 : 김 상 목

세부연구책임자 : 김 충 실

연 구 원 : 이 상 호

협동연구기관명 : 영남대학교

협동연구책임자 : 이 석 순

연 구 원 : 윤 상 희

연 구 원 : 서 정 문

요 약 문

I. 제 목

사료용 슈퍼옥수수 교잡종 육성

II. 연구개발의 목적 및 중요성

옥수수(*Zea mays* L, corn or maize)는 C₄ 작물로 광합성 능력, 질소 반응 및 수량성이 높고, 용도가 다양해서 세계적으로 가장 널리 재배되는 식용, 공업용 및 사료용 작물이다.

우리 나라에서는 오래 전부터 벼나 보리의 재배가 어려운 산간 지대에서 옥수수를 재배하여 주로 간식용(food)으로 이용하여 왔다. 그러나, 1970년 대부터 축산 발전을 위해 사일리지(담금떡이: 옥수수 알곡 + 식물체)용 옥수수의 재배가 증가 하였다. 2000년을 기준으로 우리 나라의 옥수수 재배면적은 사일리지/청예용이 9만 ha, 간식용(찰/단옥수수)이 15,808 ha 이고, 곡실용이 1,500 ha 정도이다(농림 통계 연보, 2000). 옥수수는 사료 곡물중 가장 부가가치가 높은 작물이나 현재 국내 곡실 생산의 국제경쟁력이 1/4 정도라서 외국에서 연간 약 800~1,000 만톤(70%: 농후 사료)의 옥수수가 수입되고 있고(세계 제 2의 옥수수 수입국), 국내 재배 사일리지 옥수수 역시 상당량의 종자를 수입에 의존하고 있다. 수입 물량을 줄이고 축산물 생산의 국제경쟁력을 높이기 위하여 사일리지의 국내생산량을 높여야 한다. 또한중장기적으로 국내 적응, 친환경적, 우수 교잡종을 육성·보급함으로써 축산사료비를 30% 정도 줄여 WTO의 경쟁에서 우리나라의 축산업을 살려야 한다. 따라서 본 연구의 목표는 수입종에 버금가거나 더 나은 친환경적(병·충해와 공생)이면서 국내 적응성이 높은 후기녹체성, 내도복성 사일리지용 교잡종 옥수수를 육성함에 있다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

구 분	연 구 개 발 목 표	연 구 개 발 내 용 및 범 위
1차 년도	<ul style="list-style-type: none"> • 국내종 이용 • 흑조위축병 조사 • 사일리지 양질, 다수확 재배 방법 규명 • 농가 의향과 경영실태분석 	<ul style="list-style-type: none"> • 교배 10만개 정도 • 내온성 선발 • 품종다양화 광지역적응 • 여교잡에 의한 열대산 유전자원 이용 • 온대화 적용 시도 • 우수계통선발 • 한국 특유의 신유전자원 창출 • 미국에서 교잡종원종 구입 • 동계세대축진(국내) • 흑조위축병 조사 • 자연 접종방법 연구 • 사일리지옥수수 재배법 시험 • 국내사일리지 제조현황 파악 • 청에 옥수수 생산의 투입·산출 실태 분석 / 농가 의향 분석
2차 년도	<ul style="list-style-type: none"> • 우수 청에용계통 선발 • 흑조위축병 저항성 계통선발 • 사일리지 적정 재배방법 규명 • 수입대체용 청에옥수수 생산의 충분조건 분석 	<ul style="list-style-type: none"> • 내온성 선발 • 품종다양화 광지역적응 • 후기녹체성 계통특성조사 • 우수계통 선발 • 교배 10만개 • 도입원종으로 국내 적용 계통육성 • 한국 특유의 신유전자원 창출계속 • 미국에서 최소 교잡종 원종 2년차 구입 • 동계세대축진 • 흑조위축병 포장검정 계속 • 자연 접종방법 연구강화 • 사일리지옥수수 재배의 문제점 분석 시험 • 청에 옥수수생산의 생산조건 제시 • 청에옥수수의 국제경쟁력 확립 충분요건 도출

구 분	연구 개발 목표	연구 개발 내용 및 범위
3차 년도	<ul style="list-style-type: none"> • 우수 청예용 계통 선발 • 흑조위축병 저항성 교잡종 선발 • 사일리지 양질, 다수확 재배 방법 규명 • 개발될 신품종의 경영·경제적 다목표 의사결정 모형개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 신교잡종 육성 (S₆세대), 400 교잡종 육성 • 북한종×남한종 교배 • 내온성 선발 • 품종다양화 및 광지역적응 • 선발된 교잡종의 후기녹체성 검정 • 선발계통의 내도복성 선발강화 • 미국에서 3차년도 교잡종 원종 최소 구입 • 동계세대축진(국내 온실) • 흑조위축병 포장검정 계속 • 인공 접종방법강화 • 사일리지옥수수 재배의 문제점 해결시험 • 국내육성 유망 교잡종의 청예가치 효율 분석 • 효율적 신품종개발의 다목표(식량안보, 축산 경쟁력) 의사결정 모형 정립 • 신품종에 대한 농가 선호 분석
4차 년도	<ul style="list-style-type: none"> • 신교잡종 생산력 검정 • 우수 계통 육성 계속 • 흑조위축병 저항성 교잡종 검정 및 저항성 유전 분석 • 생산성 및 품질 조사 • 선발계통의 생리, 생태적 특성조사 • 신교잡종 경영 잠재력 분석 (중간 분석) 	<ul style="list-style-type: none"> • 첨단유전자원 국내 교잡종 생산력 검정시험: 경북대 군위농장, 강원도 홍천 옥수수 시험장 • 북한종×남한종 교배, 중국종도 이용 • 내온성 선발 • 품종다양화 광지역적응 • 선발된 교잡종 후기녹체성 조사 • 선발 자식계통, 교잡종 내도복 검정 • 우수계통 동계증식 • 교배 10만개 • 국내 특유의 신유전자원 창출 • 미국에서 4차년도 교잡종원종 구입 • 흑조위축병 포장검정 시험 (자연접종과 인공접종) • 국내종, 도입종과 육성 신계통의 생산성 및 품질비교 • 선발계통의 생리, 생태적 특성조사 • 수확기 및 수확 후 후기 녹체성 비교 • 신교잡종 생산력에 의한 다목표 잠재력 평가

구 분	연 구 개 발 목 표	연 구 개 발 내 용 및 범 위
5차 년도	<ul style="list-style-type: none"> • 신교잡종 지방적응 시험 • 첨단유전자원 계통 및 교잡종 육성계속 • 흑조위축병 저항성 육종계속 • 사일리지(다수, 고품질) 농가 실증시험 • 신교잡종 경제성 분석 	<ul style="list-style-type: none"> • 농가적응성 시험(경북도내 7개 장소) (4개 축산농가, 3개 연구 기관) • 북한종×남한종 • 내온성 선발 • 품종다양화 광지역적응 • 첨단유전자원 계통 검정 실시 (내도복, 후기녹채성, 내병충성 등) • 우수계통 동계세대축진 • 한국 특유의 신유전자원 창출계속 • 동계 육종 강화 (온실이용) • 흑조위축병 저항성 검정 • 사일리지옥수수 우수 재배기술 국내 정착 • 국내육성 교잡종의 우수 청에가치 효율 평가 • 신교잡종 보급을 위한 경제성 최종 평가

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구 결과

- 1차 년도의 주요 연구결과 :

■ 육종

- 주요 유전자원 수집 및 확보 - 기존의 10,000 여종 이상의 유전 자원과 외국의 최첨단 유전자원 약 500여종
- 남부 지방적응 사일리지용 유망 F₁ 309 조합 선발

■ 흑조위축병 검정

- 옥수수 흑조위축병 발생
 옥수수 흑조위축병 바이러스의 전염원인 월동 애벌구의 바이러스 보독충율이 선산(1.8%), 밀양(2.6%), 영덕(1.5%)지역을 조사한 결과 평년에 비해 아주 낮았다(평균 2.0%). 각 도별 4개 조사지역에서 일반 농가에 재배되는 옥수수의 흑조위축 발병률이

평년(5.0%)에 비해 아주 낮게 나타났다. 지금까지 저항성 품종으로 선발된 광안옥외 6개 계통과 이병성 품종인 수원95호와 포장재배 상태를 조사한 결과 발병률에 차이가 나타나지 않았다.

○ 포장 자연접종 방법 탐색

상습발생지의 맥류 포장 또는 못자리의 득에서 옥수수 유묘 접종에 의한 저항성 품종 검정 방법은 품종간에 차이는 있으나 이른봄의 옥수수 유묘의 냉해가 문제점으로 나타났다. 비닐하우스 및 망실에서 바이러스 보독충을 방사하여 자연 접종되게 하는 유묘 검정법이 접종효율이 높게 나타남으로 효과적이었다. 그러나 보독충 사육의 어려움이 문제점으로 나타났다.

■ 재배, 생리

○ 1년차 시험에서는 입묘율은 모두 80% 이상으로서 재배에 문제가 없었고, 흑조 위축병 이병주율은 8316 x 광안옥과 8153 x P4743이 각각 1.2 및 2.4%로서 저항성이 강한 광안옥의 4.0% 보다 낮아 유망 시 되었다. 건물수량은 8404 x P3144가 24.0톤/ha로 수원 19호와 수량성이 비슷하였다. 육성계통인 8404 x P3144와 수원 19호는 수량은 높지만 흑조위축병 이병주율이 약 10%로서 가장 약하였다.

■ 경제 분석

○ 국산품종의 종자 값이 외국산품종에 비해 약 1/3수준으로 싼 반면 도복, 조기황숙, 질병(흑조위축병) 등으로 인해 생산성이 낮아서 기피되고 있으므로 외국산수입품종을 대체할만한 국내품종개발이 급선무로 평가되었다.

○ 조사료용 옥수수의 평균 노동생산가치는 곡물용 옥수수생산의 경우에 비해서는 비교적 높은 실정이므로 종자비, 장비구입비 등의 비용절감방안이 기술적, 정책적으로 개발되면 한국 조사료 경영부문의 경쟁력을 제고시킬 가능성이 높은 것으로 판단된다.

2차 년도의 주요 연구결과 :

■ 육종

○ 1차 년도에 선발된 309 조합의 1차 지역 적응성 시험(경북대 칠곡 농장, 군위 실습장) 결과 친환경적이고 내재해성 및 안전 다수성인 총 132개의 사일리지용 유망 조합 선발.

○ 1차년도에 test cross 된 2,500 신 조합의 시험 결과 친환경적이고 안전성이 높은 것으로 판명된 448개의 새로운 조합을 선발 함.

- 국내 축산농가에서 많이 재배되고 있는 사일리지용 옥수수(국내 육성종 및 외국 도입종들의 생육 특성 비교 시험에서 대부분의 외국 도입종들이 진딧물 (*Rhopalosiphum padi*) 및 응애(*Tetranychus urticae*)에 매우 약한 것으로 조사되었고, 특히 미국의 Pioneer 3394 및 일부 외국 도입종들은 우리 나라 남부지방에서 많이 발생하는 깨씨무늬병(*Bipolaris maydis*)에 이병성인 것으로 판명되었다. 또한 특이한 사항으로 국내에서 발생하는 진딧물은 복숭아 진딧물로서 미국등에 흔히 나타나는 옥수수 진딧물(*Rhopalosiphum maydis*)과 다른 것으로 미국의 저항성 source가 한국에서는 크게 효과가 없었다.

■ 흑조위축병 검정

- 옥수수 흑조위축병의 포장발생에서 전염원의 역할을 하는 애멸구 2세대 성충의 흑조 위축 바이러스 보독충률은 밀양지역에서 3.0%, 칠곡지역에서 2.6%로서 평년과 큰 차이가 없었다.
- 금년도 농가포장에서 옥수수 흑조위축병의 발생 생태는 생육초기의 발병률이 1.9 - 3.0% 이었으나 생육후기에 발병율이 3.4 - 7.2%로 평년에 비하여 높지 않았다. 이것은 6월, 7월, 8월에 계속적인 강우의 영향으로 바이러스 보독 성충의 매개 활동이 적었다고 생각된다.

■ 재배, 생리

- 2년차 시험에서 입묘율은 육성계통 중 8309의 82.3%를 제외하면 모든 계통과 품종이 94.5% 이상으로 높았다. 호마엽고병 이병주율은 육성계통 중에 8307이 3.2%로서 낮았고, 조명나방 피해주율은 육성계통 중 8123과 8269이 각각 21.3 및 20.5%로서 다른 계통이나 품종보다 낮았다. 건물수량은 육성계통 중에는 8209, 8224, 8301, 8307, 8308 등은 건물수량이 19.2 - 20.4 톤/ha로서 국내 육성 품종보다 현저히 높았다. 특히 8307과 8308은 다수성이면서 호마엽고병 이병주율이 각각 3.2 및 9.5%로서 저항성이 비교적 커서 유망하지만 조명나방의 피해주율이 각각 36.2 및 44.0%로서 다른 품종보다 내충성이 약한 편이므로 내충성을 보강하여야 할 것으로 생각된다.

■ 경제성 분석

- 조사료생산 자가공급의존도가 높은 낙농가가 수입원료에 의존도가 높은 TMR 의존 낙농가에 비해 동절기에 약 25%, 청초기에는 56.5%의 사료비 지출을 절감하고 있는 실정이므로, 국제경쟁력을 갖는 사료용 청예 옥수수 품종의 개발이 완성될 경우 낙농 경영비 지출을 크게 절감할 가능성이 있다.

- 보다 경쟁력 있는 초지경영을 하는데 농가가 희망하는 필요 기본장비는 초퍼기, 트랙터, 옥수수 수확기로 조사되며 이를 보다 저렴한 가격으로 구비할 수 있는 지원방안의 개발이 요망된다.

3차 년도의 주요 연구결과 :

■ 육종

- 2차년 도의 사일리지용 유망조합 309개의 2차 지역 적응성 시험과 2,500여 신 조합의 1차 예비 지역 적응성 시험 결과, 남부지방에 적응하는 안전 다수성이고 후기녹체성이 우수한 총 87개의 유망 조합을 선발하였다.
- 겨울 동안 비닐 온실을 이용해서 사일리지용 유망 F₁ 조합들의 종자 증식 및 원종들의 세대 축진을 진행함.

■ 흑조위축병 검정

- 실내자연접종을 통한 대량검정을 위한 매개충의 효과적인 사육은 동계에도 비닐하우스에서 보리에 사육하면 대량사육이 가능하였다. 하계에는 에멸구의 증식환경의 특성상 비가림 망실 내에서 벼에서 사육하는 것이 효과적이었다.

■ 재배, 생리

- 3년차 시험에서는 입묘율은 8307과 8309가 각각 78.9 및 86.7%로서 다른 조합이나 품종보다 낮았다. 8307은 99.2%로서 입묘에 문제가 없었으나 8309는 82.0%로서 품종의 발아율이 낮았다. 흑조위축병 이병주율은 수원 19호가 18.6%로서 이병주율이 가장 높았고, 광안옥은 3.6%가 이병 되었다. 수원 19호는 흑조위축병 이병주율이 높았지만 수량은 광안옥보다 높았으며, 육성계통 중 8109는 사일리지 수량이 수원 19호보다 높으면서 흑조위축병에 강하여(이병주율 1.8%) 유망하지만 조명나방에 대한 저항성은 크지 않아 내충성의 보완이 필요하다.

■ 경제 분석

- 기존의 국내종과 수입종간의 소득 및 생산성 분석에서는 수입종이 더 높은 것으로 나타났다지만 식량안보 및 환경보전 등 안정성측면에서 신품종 개발이 필요하고 새롭게 개발되는 슈퍼옥수수의 소득 및 생산성은 적어도 수입종이상이 되어야 할 것이다.
- 환율상승에 따른 사료비용의 상승이 경영비 및 생산비를 증가시켜 축산 농가의 경영안정성 측면에서 많은 애로사항이 있는 것으로 나타나고 있다. 따라서 경영 안정성 측면에서 국내 기술에 의해 개발되는 신품종에 의해 수입 사료작물 대체가 이루어져야 한다.

4차 년도의 주요 연구 결과 :

■ 육종

- 사일리지 유망조합 87개의 2년 동안의 지역 적응성 시험(강원도 홍천 옥수수 시험장, 경북대 군위 실습장)결과 총 26개의 우수 F₁ 조합을 선발하였음.
- 3차년 도에 선발된 우수 F₁ 조합들중 사일리지 옥수수의 주요 특성인 후기녹체성(Stay-green)이 우수한 것으로 선발된 7개의 F₁조합의 자식 계통들을 이용하여 이면교잡(diallel crosses without reciprocal)을 만들어 지역적응성 시험을 한 결과 일반조합능력(GCA effect)에서는 SG-4(-1.7), 6(-0.9)이 후기녹체성이 우수하였다. 그 반면에 국내에서 옥수수 육종에 가장 많이 사용되고 있는 원종 KS 5, 7은 일반조합능력이 각각 1.8과 2.1로서 후기녹체성이 떨어지는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과를 바탕으로 후기녹체성이 우수한 사일리지용 교잡종 옥수수를 개발하기 위해서는 KS 5, 7등의 원종을 이용하는데는 어느 정도의 한계에 부딪치므로 새로운 유전자원을 이용한 개발이 필요하다.

■ 흑조위축병 검정

실내 자연접종에 의한 옥수수 유묘의 대량검정은 겨울철 검정에서는 검정식물인 옥수수 유묘의 저온 장해를 나타나지 않게 하는 보온 시설이 되지 않고서는 불가능하며 여름철 검정에서는 비가림 망실에서 벼유묘에 바이러스 보독 매개충을 사육하면서 검정 식물인 옥수수 유묘에 접종하는 것이 저항성 검정효과, 매개충 및 검정식물의 생존과 생육에 가장 효과적이었다.

■ 재배, 생리

4년차 시험에서는 입묘율은 수원 19호, 광안옥, DK713이 각각 84.4, 88.6 및 81.3%로서 다른 계통이나 품종보다 다소 낮았다. 건물수량은 육성계통 2K-61이 22.0톤/ha로서 수원 19호의 21.5톤/ha와 비슷하였으며, 다른 계통이나 품종은 16.1 - 19.1톤/ha로 수량이 낮았다.

■ 경제 분석

- 조사료용 슈퍼옥수수의 종자를 농가에 보급하여 달성하고자 하는 주요 목표는 ① 조사료용 생산농가의 소득증대, ② 사료(조사료)의 자급률 증대, ③ 환경보호를 위한 농약투입량 절감, ④ 환경보호를 위한 비료투입량 절감 등 총 4개로 구성되어 있다.
- 시나리오 I-1(농가소득 목표를 현재 조사농가 평균수준보다 10% 상승시키면서, 실험포장에서의 신고잡종 슈퍼옥수수의 생산성이 현장 일반 농가에는 70% 수준으로 적

용될 경우)은 신고잡종의 생산량을 6,545.9kg으로, 조사료 총생산량의 30%를 차지하였다. 그리고 농가소득목표, 사료자급률 목표는 완전히 달성되는 것으로 분석되었고, 농약투입목표는 4.5kg을 추가적으로 감소시킬 수 있는 것으로 평가되었다.

- 시나리오 II-2(농가소득 목표를 현재 조사농가 평균수준보다 20% 상승시키면서, 실험포장에서의 신고잡종 슈퍼옥수수 생산성이 현장 일반 농가에는 80%수준으로 적용될 경우)는 신고잡종의 생산량이 21,052.5kg으로 조사료 총생산량의 96%를 차지하는 것으로 분석되었다. 그리고 농가소득목표, 사료자급률 목표는 완전히 달성되는 것으로 분석되었고, 농약투입목표는 6.7kg을 추가적으로 감소시킬 수 있고, 비료투입목표는 139.8kg을 더 감소시킬 수 있는 것으로 분석되었다.

5차 년도의 주요 연구 결과 :

■ 육종

○ 일부 선발된 교잡종의 농가 실증 시험

6개의 사일리지 유망 육성종을 갖고 7개 지역에서 농가 실증시험을 실시한 결과, 흑조위축병(BSV)이 심하게 발생한 지역(경북 성주, 경산)에서 육성품종 3개(SG-1, 4, 6)와 미국 수입종 P3223과 광안옥(국내 육성 BSV 저항성, 종자생산 중단)이 같은 생체 수량을 보였다. 또한 지속적인 연구지원이 있을 시 사일리지 농가 시험을 확대 하고자 함.

○ 흑조위축병에 강한 신고잡종 지방 적응 시험 및 선발

새로 육성된 품종 500여종 중 에서 8개의 흑조위축병 저항성 품종이 선발되었고, 이들 품종들은 최근에 크게 문제시되는 진딧물(*Rhopalosiphum padi*), 조명나방(European corn borer)과 문고병(stalk rot complex)등에도 강한 것으로 나타났다.

○ 흑조위축병 저항성 계통 육성(BSV R lines)

광안옥등을 육성모본으로한 흑조위축병 저항성 계통 628개 중 46개의 우수 계통을 선발하였다. 또한 흑조위축병 포장 검정을 위한 별도 검정포(screening field)를 10m 간격으로 보리를 파종하여 마련하였다.

○ 새로운 Virus 병 발생

2001년도 처음으로 경북대 군위 농장에서 새로운 바이러스 병이 발생했는데, 병명 확인은 안되었으나 아마도 Maize Mosaic Virus 일 가능성이 높다. 특이한 것은 흑조위축병에 강한 광안옥이 이병성을 띄었다는 것이다.

■ 흑조위축병 검정

흑조위축병이 남부 평야지에서 없어진 것이 아니고, 1997년 소량의 발생이후 금년도 (2001)에 일부 지역에서 발생한 것은 크나큰 연구의 대상이고, BSV에 강한 광안옥도 아주 약한 새로운 바이러스병이 경북 군위에서 발생한 것은 계속 연구의 중요성을 입증한다.

■ 재배, 생리

○ 5년차 시험에서 입묘율은 모든 계통과 품종이 97.7% 이상으로 높았고, 출현 후 25일의 초장은 육성계통 중 SGH-1과 SGH-3은 50.4cm와 52.5cm로 다른 계통이나 품종보다 컸으며, 엽수는 육성계통 및 품종이 비슷하였다. 흑조위축병 이병주율은 육성계통인 SGH-2와 SGH-5가 10.2%와 14.8%로 높았다. 수원 19호는 20.3%로 이병주율이 가장 높았고, 광안옥은 2.3%로 공시 계통과 품종 중에서 이병주율이 가장 낮았다. 조명나방과 진딧물 저항성은 육성계통이 다른 품종들과 큰 차이가 없었으나 조명나방 피해는 SGH-1, SGH-2, P3223이 피해율이 낮았고, 진딧물 피해는 SGH-1, SGH-4, SGH-5, P3223이 낮았다. 후기 녹체성과 SPAD 값으로 볼 때 SGH-5, SGH-6, 수원19호가 다른 계통이나 품종보다 빨리 줄기가 건조되어 사일리지용으로 불리하였으나 다른 계통과 품종은 비교적 후기 녹체성이 좋았다. 육성 교잡종 중 SGH-1과 SGH-3은 사일리지 건물수량이 21.2 톤/ha으로 높고, 흑조위축병 이병주율이 각각 4.7 및 3.9%로서 광안옥의 2.3%보다는 다소 높았지만 다른 품종이나 계통보다는 낮았다. 그리고 조명나방 피해는 적은 편이었고, 도복에 강하고 후기 녹체성도 좋아 사일리지용으로 재배하기에는 우수할 것으로 생각되나 SGH-3은 진딧물 발생량이 다소 많았다. SGH-1은 광안옥이나 P3223에 비하여 NDF, ADF, 헤미셀룰로스 등 조섬유 함량은 다소 높지만 조단백질과 조지방 함량이 높아 사료가치가 높을 것으로 생각된다.

○ 본 연구과제 중 품종육성 분야에서 육성된 계통을 사일리지 수량을 중심으로 평가해 보면 해마다 새로운 우수 계통이 공시되어 5년 간 연속된 결과를 볼 수는 없었다.

우수계통을 보면 1997년에는 8153, 8316, 8404, 1998년에는 8224, 8308, 1999년에는 8224, 8308, 2000년에는 2K-61, 2001년에는 SGH-1, SGH-3, SGH-5 등이 국내 육성 품종이나 미국 품종보다 수량성이 높거나 비슷하여 새로운 품종육성의 가능성이 크다. 그러나 이들 계통은 부분적으로는 흑조위축병, 호마엽고병, 조명나방, 진딧물, 도복, 후기 녹체성 등에 대한 저항성이 기존 육성품종보다 향상되었지만 미비한 점도 있어 계속적으로 내재해성이면서도 수량성이 높은 계통을 육성해 나가면 우수한 1대 잡종 품종이 개발될 것이다.

■ 경제 분석

- 청에옥수수로 이용되고 있는 수원19호, 광안옥, 수입종(P3223 등)이, 다른 사료작물은 물론 배합사료보다 가격측면에서 경쟁력이 있는 것으로 분석되고 있다.
- 광안옥, 수원19호나 수입종 등에 비해 신교잡종의 생산비가 다소 낮은 것으로 본다.
- 단, 흑조위축병이 다량 발생할 경우 수원19호는 남부지방에서 경제성이 거의 없는 것으로 나타났고, 광안옥의 생산량은 가장 높았다. 이에 반해 신교잡종은 광안옥과 수량은 비슷하고(유의성이 없음), 순소득측면에서 광안옥에 비해 경제성이 있는 것으로 분석되었다.
- 흑조위축병 발생정도에 따른 수익-비용 분석결과 흑조위축병이 다량 발생할 경우에는 신교잡종 SGH-2, SGH-3 이, 소량 발생할 경우에는 신교잡종 SGH-1, SGH-4 가 경제성이 있는 것으로 분석되었다. 흑조위축병의 발생정도에 관계없이 기존 옥수수 품종에 비해 신교잡종이 경제성이 높은 것으로 나타났다.
- 다목표의사결정모형에 의한 신교잡종의 잠재력을 평가한 결과, 신교잡종 슈퍼옥수수가 현장 농가에 보급될 경우 신교잡종은 기존 옥수수 품종을 완전 대체하는 것으로 분석되었다. 즉, 농가는 기존 옥수수 품종대신 경제성이 있는 신교잡종을 도입하는 것으로 나타났다.
- 다목표의사결정모형에 의한 신교잡종의 잠재력을 평가한 결과, 신교잡종 슈퍼옥수수가 개발되어 농가에 보급된다면 기존 옥수수 품종을 대체하면서 농가소득도 10% 정도 상승시킬 수 있는 잠재력이 있는 것으로 나타났다. 또한, 신교잡종은 생산량 증대효과와 비료와 농약 사용량을 감소시키는 친환경적인 농업의 잠재력이 있는 것으로 분석되었다. 따라서 신교잡종을 국산종자로 개발할 수 있는 가능성이 있음이 확인되었다고 본다. 그러나 농가실험이 단 1년에 지나지 않았으므로 종자상품화의 신뢰성을 갖으려면 향후 3년~5년 동안 지속적인 농가포장실험과 그 경제성을 확인하는 작업이 필요할 것으로 판단된다.
- 쌀 생산 과잉문제로 대체작목에 대한 연구가 시급히 필요한 시점이다. 쌀을 대체하여 국내생산 경쟁작목을 재배하게 된다면 여타 작목의 가격폭락으로 한국 농업기반의 붕괴가 우려된다. 따라서 쌀 과잉문제를 해결하는 동시에 여타 농업부문에 연쇄 파급 피해를 방지하려면 국내생산이 미미하여 수입에 의존하고 있는 사료작물인 옥수수를 대체작물로 권장하는 방안을 개발할 필요가 있다.

■ 연구 기간(1996~2001) 동안 조사된 국내옥수수 재배의 문제점

1. 표 1에서 보는 바와 같이 최근 6년 간(1996-2001) 옥수수에 나타난 주요 병해충을 보면 우리나라의 기후가 변하고 있음이 명확히 확인된다. 남부지방에서 사일리지 옥수수 재배의 가장 큰 문제점인 흑조위축병(Black streaked virus)의 발생은 1997년과 2001년에 일부지역에서 다량발생 하였고, 최근에는 조명나방, 진딧물 등이 크게 문제시되고 있다. 또한 1998년도에는 우리나라에서는 나타나지 않은 보통 녹병(*Puccinia sorghi*)이 나타났다. 따라서 기후변화에 앞서가는 국내 적응 친환경적이고 병충해와 공생하는 안전다수성 신품종 육성이 바람직하다.

표 1 최근 6년 간(1996-2001) 남부 평야지에 나타난 옥수수의 주 문제점들

시험 년도	시험 장소	주요 문제점
1996	대구, 칠곡	깜부기, 습해
1997	대구, 칠곡	호마엽고병, 진딧물, 깜부기, 흑조위축병
1998	칠곡, 군위	녹병, 매문병, 호마엽고병, 깜부기
1999	대구, 칠곡, 군위	뿌리도복, 호마엽고병, 녹병, 깜부기, 진딧물, 응애
2000	대구, 칠곡, 군위	깜부기, 줄기도복, 호마엽고병, 진딧물, 응애
2001	칠곡, 군위	흑조위축병, 조명나방, 깜부기, 호마엽고병, 진딧물

※ 깜부기병은 사료용 옥수수에는 비교적 적게 나타남.

2. 표 2에서 보는바와 같이 국내 적응 사일리지 옥수수 재배품종들의 문제점으로 수입종들은 계속해서 새로운 품종으로 변화해 왔으나, 국내종은 아직까지도 본 과제 연구책임자가 농촌진흥청 제식시 강원도등 산간지역에 적응하는 곡실용으로 육성한 수원 19호가 현재 가장 많이 재배되고 있고, 농진청에서 새로 육성한 흑조위축병 저항성 품종인 광안옥 등은 종자 생산이 어렵고 수량성면에서 수입종에 따라가지 못하여 종자 채종이 중단된 상태이다(표 3).

표 2 국내 재배 사일레지옥수수 들의 문제점

구분	품종명	장점	단점
국내종	광안옥	흑조위축병에 강함	종자생산이 어려움
	수원19호	안전다수성, 종자생산용이	흑조위축병, 후기녹체성이 약함
수입종	P3156	도복강, 다수성, 후기녹체성이 좋음	진딧물, 응애, 흑조위축병에 약함. 종자값: 국내종의 3~4배
	P3394	도복강, 다수성	호마엽고병, 진딧물, 응애에 약함. 후기녹체성이 약함. 종자값: 국내종의 3~4배
	DK729	다수성, 후기녹체성이 좋음	도복, 진딧물, 매문병, 흑조위축병에 약함.
	P3223	도복강, 다수성, 후기녹체성이 좋음	진딧물, 흑조위축병에 약함.

표 3 정부 옥수수 보급종 생산 실적(국립종자관리소, 2001).

(단위: 톤)

품종명	'96	'97	'98	'99	2000	2001(P)
계	200	137	268	248	165	100
수원19호	130	75	179	173	115	80
횡성옥	40	20	9	19	-	-
광안옥	8	27	41	16	-	-
찰옥1호	22	7	39	40	50	20
찰옥2호	-	8	-	-	-	-

2. 사일리지 옥수수 활용에 대한 건의

전체 쌀 생산의 2배인 제 1의 수입곡물 옥수수(년 800~1,000 만톤; 사료: 70%)에 의한 사일리지 생산은 WTO 경쟁에서 우리 농촌을 살릴 수 있는 방안이다. 앞으로 WTO 체제 하에서 우리 농산물은 점차 국제 경쟁력을 상실해 갈 것이며, 결국에는 국내 농업의 붕괴를 초래할 것이다. 현재 국내에는 쌀 생산의 과잉 초과로 농업 분야에서 어려움을 겪고 있다(쌀 생산: 국제 가격의 6배). 또한 중국의 경우 옥수수 면적은 계속 늘어나고 있는 반면에 콩, 벼의 재배면적은 계속 줄어들고 있다. 이에 WTO 농산물 시장 완전 개방에 앞서 국내 농업을 살릴 수 있는 대안을 옥수수에서 찾고자 한다.

가. 사일리지 슈퍼옥수수 개발 전망

제 1의 수입 곡물인 옥수수의 국내 생산으로 곡물 수입량과 종자 수입량을 줄일 수 있다. 국내의 과잉 쌀 생산 면적(20만 ha 정도)에 쌀보다 국제 경쟁력이 높은 사일리지 옥수수를 육성, 재배함으로써 축산물의 사료비를 절감하고(30% 수준), 동시에 사료 수입량을 극적으로 줄일 수 있다(500만 톤 수준). 또한 남부 평야지 따뜻한 지방의 10만 ha 정도에서 벼 재배전(답·전작)에 재배 가능한 조숙·내냉성 품종육성으로 농가 소득을 높이므로(10a 당 평균 150 만원 수입), 신 WTO New Round 하에서 우리 농업, 특히 벼농사의 국제 경쟁력을 높일 수 있다.

나. 벼의 대체 작물로 옥수수 재배의 중요성

- 1) 쌀 농사의 국제 경쟁력은 1/6 정도인데 비해 사일리지(담금 먹이: 옥수수 알곡 + 식물체)옥수수의 생산은 국제 경쟁력이 아주 높음.
- 2) 년 간 약 1,000만 톤 정도 국내에 수입하는 제 1의 수입곡물인 옥수수(70% 사료로 이용)의 해결 없이는 국내 축산물 생산의 국제 경쟁력 제고가 불가능 함. 제 3의 수입 곡물인 콩 등의 증산보다는 수입 물량이 콩보다 4배나 높은 옥수수의 증산이 오히려 경제성이 높음(수입 곡물 순위 : 옥수수, 밀, 콩).
- 3) 사일리지 옥수수 재배 + 겨울 보리 재배로 주 사료곡물 옥수수의 수입량을 50% 정도 줄일 수 있음.
- 4) 가축의 주 농후 사료 및 조사료인 옥수수의 획기적 증산으로 가축사료 비용 30% 절감 가능. 반면에 곡실용 옥수수 국내 재배는 국제 경쟁력이 떨어짐(1/4 수준).

- 5) 국내 사일리지 옥수수 재배기술 및 재배 품종이 매우 낙후한 상태임.
- 6) 농림부 첨단 과제로 5년 간 경북대학교/영남대학교 공동으로 추진한 사일리지 옥수수 개발 과제의 신품종 육성 성과가 성공 단계에 있으나 2001년 10월로 연구가 종결됨.
- 7) 과학기술부 지원에 의한 북한 적응 슈퍼 옥수수 공동 개발(특정 연구 개발 과제)에 의한 한반도 북부 지방 적응 슈퍼 옥수수 개발이 예정대로 추진 중이므로 전략적 연구지원(연간 3억원-5년 동안)이 이루어질 때 남한 적응 사일리지 옥수수 신품종뿐만 아니라, 우수한 식용옥수수(초당옥수수, 찰옥수수, 찰·초당옥수수)도 동시에 개발되어 어려움에 처한 벼농사의 국제 경쟁력을 획기적으로 증가시킬 수 있다고 확신 함.

SUMMARY

Title	Breeding super-corn hybrids for silage				
Leader's Institute	Kyungpook National University		Chief researcher	Kyungpook National University	
Joint Private Co.				Kim, Soon Kwon	
Research Account (335,000 T.KW)	Total	335,000 T.KW	Total Research Period	1995. 11. 1 ~ 2001. 10. 31	
	Government	335,000 T.KW	No. of research staff	Total	20
	Private Company			Inner staff	4
	the others			Outer staff	16

○ Objectives and Contents of research

Research year	Research objectives	Research contents and ranges
1st yr	• Utilization of germplasm	<ul style="list-style-type: none"> • Cross 10,000 combinations • Select adapted lines for temperate • Maintain diversity and wide adaptation • Use tropical germplasm through backcross for temperate adaptation • Select outstanding lines • Form Korea silage new-lines • Introduce germplasm from US • Winter nurseries
	• Survey on Black streaked virus(BSV)	<ul style="list-style-type: none"> • Survey on occurrence of BSV • Study on natural infestation
	• Studies of cultivation methods for high quality silage	<ul style="list-style-type: none"> • Test of silage cultivation • Estimate silage cultivation in Korea
	• Studies of farmers' wishes and economic situations	<ul style="list-style-type: none"> • Input and output analysis for silage corn production

Research year	Research objectives	Research contents and ranges
2nd yr	• Selection of promising silage corn lines	<ul style="list-style-type: none"> • Select temperate adapted lines • Diversify cultivars and wide adaptation • Study on stay-green lines • Select promising lines • Cross 10,000 combinations • Breed local lines from the introduced germplasm • Form Korea specific new lines • Introduce US germplasm • Winter nurseries
	• Select resistant lines to BSV	<ul style="list-style-type: none"> • Continue BSV field studies • Study on natural infestation
	• Studies of cultivation for silage	<ul style="list-style-type: none"> • Analysis experiment for problems of silage corn
	• Enough condition analysis of import replaced silage corn cultivation	<ul style="list-style-type: none"> • Suggest production conditions for silage cultivation • List factors of international competition for silage
3rd yr	• Selection of promising lines for silage	<ul style="list-style-type: none"> • Breed 400 new crosses using S₅ lines • Cross between NK and SK lines • Select temperate adaptation • Diversify cultivars and wide adaptation • Study on stay-green trait • Strength lodging resistance selection • Winter nurseries
	• Selection for resistance to BSV	<ul style="list-style-type: none"> • Continue BSV resistance • Strength artificial infestation

Research year	Research objectives	Research contents and ranges
	<ul style="list-style-type: none"> • Study of high quality silage cultivation 	<ul style="list-style-type: none"> • Analysis of problem of silage cross cultivation • Analysis of silage value of locally bred hybrids
	<ul style="list-style-type: none"> • Model development of multi-purpose management and economic decision for new hybrids 	<ul style="list-style-type: none"> • Arrange decision making trees (food security, livestock competition) • Analysis farm favor types of cultivations
4th yr	<ul style="list-style-type: none"> • Yield testing of new crosses • Continuous breeding of promising lines 	<ul style="list-style-type: none"> • Test for yield of newly innovative germplasm : KNU Farm in Kunwi, and Kangwon Maize Station • Cross between NK/SK lines and introduce germplasm from China • Select temperate adaptation • Diversify cultivars and wide adaptation • Analysis stay-green traits • Test lodging resistance of selected lines • Cross 10,000 combinations • Form Korea specific lines • Introduce new germplasm
	<ul style="list-style-type: none"> • Testing and analysis of corn resistance to BSV 	<ul style="list-style-type: none"> • Conduct field testing of BSV(natural and artificial infestation)
	<ul style="list-style-type: none"> • Yield potential and quality analysis • Study physiological and ecological traits of selected lines 	<ul style="list-style-type: none"> • Compare yield and quality of locally bred and introduced crosses • Analysis physiological and ecological traits • Compare stay-green trait at harvest and post harvest times
	<ul style="list-style-type: none"> • Management potential analysis of new crosses 	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluate multi-purpose potential for yield of new crosses

Research Year	Reserch Objectives	Research contents and ranges
5th yr	<ul style="list-style-type: none"> • Regional testing of new crosses • Continuous breeding of new lines and crosses 	<ul style="list-style-type: none"> • On-farm test at 7 locations(Kyungpook Province : 4 livestock farms and 3 research stations) • Cross between NK and SK lines • Select temperate adaptation • Diversify cultivars and wide adaptation • Test new lines for lodging resistance, stay-green, and insect resistance etc. • Advance generations of promising lines through winter nurseries • Form Korea specific lines • Strength winter nurseries(green house)
	<ul style="list-style-type: none"> • Continuous breeding of resistance lines to BSV 	<ul style="list-style-type: none"> • Test of resistance lines to BSV
	<ul style="list-style-type: none"> • On-farm testing of silage crosses(yield potential and quality) 	<ul style="list-style-type: none"> • Form Korea specific silage corn cultivation method • Evaluate silage quality of locally bred crosses
	<ul style="list-style-type: none"> • Economic analysis for new crosses 	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluate final values of new cultivar supply.

○ Major Research Results

Definition : Super silage corn means new high/stable yielding hybrid cultivars with combined tolerance to major biotic(BSV, ECB, stalk rots, aphid, *B. maydis*, mites etc.) and abiotic stresses (lodging and drought), stay-green characteristics occurred in Korea Peninsula.

1. First year

■ Breeding

- Collect and maintain of important germplasm(10,000 base collections and 500 introduced)
- Select 309 combinations of promising silage in the southern region

■ Black streaked virus(BSV) testing

- Occurrence of BSV in corn fields: Found low transmission rate of BSV from insect vectors collected from Sunsan(1.8%), Milyang(2.6%) and Youngduck(1.5%). In four provinces, field infection rates of BSV were lower than those in previous years. No significant differences were detected among resistant cultivars including KwangAnOk related six crosses and a susceptible hybrid, Suwon 95.
- Study on natural field infestation: Found differences of resistance level at seedling stage of corn, heavy infection near barley fields and rice bands. Prime problem was cold damage during early spring. Vinyl house and net screen house testings using virus carrying vector release at seedling stage were effective for transmission. Major difficulty was to rear insect vectors.

■ Cultivation and physiology

- Obtained an average of 80% for plant standing. New crosses: 8316 × KwangAnOk and 8153 × P4743 had 1.2 and 2.4% infection of BSV, respectively; while KwangAnOk had 4.0% infection. Dry matter yield of new cross: 8404 × P3144 was 24.0 t/ha, similar yield potential to Suwon 19. However, the two crosses had 10% BSV infection.

■ Economic analysis

- Although seeds of local corn hybrids cost approximately 1/3 of the imported ones, they are inferior to lodging, early senescence, and susceptible to diseases (e.g. BSV), and also yield lower than the imported.
- Production cost of coarse feed grain of corn in Korea is cheaper than field grain production cost of corn. High costs of imported seeds and machinery need to be supported to increase competitiveness of feed production management.

2. Second Year

■ Breeding

- 132 pro-environment combinations from the 309 tested in total of the previous year were selected from Chilkok Farm and Kunwii Farm of KNU.
- A total 448 new combinations were selected from test cross testings of new 2,500 crosses.
- Most of imported hybrids were turned out to be highly susceptible to the corn leaf aphid(*Rhopalosiphum padi*) and mite(*Tetranychus urticae*). In addition, Pioneer 3394 and a few others imported are also susceptible to the Southern corn leaf blight caused by *Bipolaris maydis*.

■ BSV

- Vector transmission rates of the second generation adult leafhopper for BSV were 3.0% at Milyang and 2.6% at Chilkok. The rates were similar to the rate of previous years.
- Infection rates of BSV in the fields were 1.9 to 3.0% at the early stage and those were increased to 3.4 - 7.2% at the late growing stage. The rates were lower than the average year due to the continuous rain at June, July, and August that affects the vector's activation.

■ Cultivation and physiology

- Average standing rate of all breeding combinations was above 94.5% except 8309 (82.3%). Infection rate of the test material 8307 to *Bipolaris maydis* was 3.2% and damage rates of 8123 and 8269 to European corn borer were 21.3 and 20.5%, respectively. These infection rates were lower than other test materials. Dry matter weights of this project bred 8209, 8224, 8301, 8307 and 8308 ranged from 19.2 to 20.4 ton/ha that were considerably higher than the current recommended hybrids bred locally. Especially, 8307 and 8308 yielded high with resistance to *B. maydis* as 3.2 and 9.5%, respectively, but had high infection of ECB as 36.2 and 44.0%, respectively.

■ **Economic analysis**

- Self-supply feed farms save 25.0% of coarse grain cost and 56.5% of green feed cost compared to imported supply TMR dependent farms. Hence, development and cultivation of locally bred silage cultivars are very important to reduce feed cost of dairy farms.

- Farms that want to have economic grass cultivation for livestock need machineries including chopper, tractor, and corn harvester. The Government support to farmers who want to purchase above machineries is necessary.

3. Third year

■ **Breeding**

- Selected a total of 87 promising combinations from 309 cross testing of the second year regional testing and 2,500 test crosses of the first year.

- Advanced breeding generation for further inbreeding and F₁ seed production of promising silage combinations.

■ **BSV**

- Leafhopper vectors were reared with barley host effectively inside a vinyl house during winter season. While a rain-protected house was effectively used to rear the vectors during summer season.

■ **Cultivation and physiology**

- In the third year testing, plant standings of 8307 and 8309 were lower as 78.9 and 86.7%, respectively, from other combinations. 8307 had 99.2% plant standing in the second year, while 8309 had 82.0% plant standing. Suwon 19 had the highest infection rate as 18.6% and KwangAnOk had only 3.6% infection. However, average yield of Suwon 19 was higher than KwangAnOk though the former had higher BSV infection rate. While a new breeding combination, 8109 yielded higher with lower BSV infection (only 1.8%). The only problem of this combination was susceptibility to the European Corn Borer.

■ Economic analysis

- The economic analysis showed higher income with the imported hybrids than the currently bred materials. Considering food security and pro-environment aspects, breeding for locally adapted specific cultivars are more important rather than depending on the imported seeds.
- The up of exchange rate recently increased feed cost and put lots of difficulties in safe management of feed production. Therefore, the replacement of the imported hybrids with locally bred hybrids must be achieved.

4. Fourth year

■ Breeding

- Twenty six promising crosses were selected from 87 promising combinations tested during the second year testing.
- For studies of stay-green traits, 7-line diallel crosses without reciprocal effects were made from the third year testing. The result showed that SG-4 and SG-6 had high general combining ability(GCA) as -1.7 and -0.9, respectively. While two popular inbreds KS 5 and KS 7 widely used in Korea showed GCA values as 1.8 and 2.1, respectively. Hence, the result of this study showed that outstanding stay-green hybrids of corn can not be developed for Korea Peninsula using the current two lines

■ BSV

- Without temperature controlled house, screening of corn lines during cold winter season appeared to be very difficult. During the summer season, rain-protected net house can be used for screening of virus vectors with rice seedling, and later transmitted to corn seedling for screening resistance lines. This method is the most effective for survival of both the vector and plants screened.

■ Cultivation and physiology

- Plant standings of Suwon 19, KwangAnOk and Dekalb 713 were lower as 84.4, 88.6 and 81.3%, respectively, than those of tested crosses. Dry matter of cross 2K-61 was 22.0 t/ha, and Suwon 19 had 21.5 t/ha. Those of other tested materials ranged from 16.1 to 19.1 t/ha, respectively.

■ Economic analysis

- Key objectives of locally bred coarse feed supply by the development of super silage corn are 1) increase farm income of feed producer, 2) increase seed sufficiency rate of feed production, 3) reduce chemical uses for better environmental protection, and 4) reduce fertilizer application rate for pro-environment farming.

- Sinario # I - 1(increase average feed farm income 10%, yield of new hybrid at 70% level of the experimental data), grain yield of new hybrid is 6,545.9 kg/ha and it accounts for 30% of total feed supply. Both farm income and feed-self-supply can be achieved. In addition, amount of the chemical uses can be cut as 4.5 kg/ha.

- Sinario # II - 2(increase average feed farm income 20%, yield of new hybrid at 80% level of the experimental data), grain yield of new hybrid is 21,052.5 kg/ha and it accounts for 96% of total feed supply. Both farm income and feed-self-supply can be achieved. In addition, amount of the chemical uses and the fertilizer application can be cut as 6.7 and 139.8 kg/ha, respectively.

5. Fifth year

■ Breeding

- On-farm testing of selected hybrids : Six selected promising hybrids for silage were tested at seven farms including three research stations in 2001. Under severe natural infection of black streaked virus(BSV) at Seungjoo and Kyungsan, three new hybrids(SGH-1, SGH-4, and SGH-6), an US hybrid introduced commercially, Pioneer 3223 and a locally bred KwangAnOk yielded similar. The KwangAnOk confers high level of resistance to BSV but seed production was stopped due to low seed yield by poor nicking of parental inbreds as well as poor pollen production of the pollen parent. The team wants to make additional years of extensive on-farm testing if research support is continued.

- Regional testing of new BSV resistant hybrids : Eight new resistant hybrids to BSV were selected. They confer combined tolerance to aphid(*Rhopalosiphum padi*), European corn borer and stalk rot complex.

○ Breeding resistance lines to BSV : A total of 628 lines using KwangAnOk (that is resistant to BSV) have been tested and 46 lines were selected. A screening field with planting of virus carrying-barley spread rows was established for next year testing.

○ Occurrence of new virus : In 2001, a new un-known virus was occurred at Kunwi Experiment Farm of Kyungpook National University. The interesting and important point is that BSV resistant KwangAnOk conferred high susceptibility. This confirms that the new virus is differed from BSV. Caution and studies must be made for this new virus.

■ BSV Studies

○ The result of severe epiphytotics of BSV in 2001 indicates that the BSV has been present in the southern part of Korea and BSV can cause severe yield loss of maize any time in the area.

■ Cultivation and physiology

○ Average plant standing of test hybrids was 97.7%. Plant heights of the materials at 25 days after the emergence was 50.4 cm(SGH-1) and 52.5 cm(SGH-3) with similar number of leaves. Cross SGH-2 and SGH-5 had 10.2% and 14.8% BSV infection, while Suwon 19 had 20.3% as the highest and KwanAnOk had 2.3% as the lowest. Degrees of resistance of breeding materials to ECB and aphid were similar, while SGH-1, SGH-2 and P3223 had relatively low damage to ECB. SGH-1, SGH-4, SGH-5 and P3223 had low aphid damage. According to stay-green and SPAD values, SGH-5, 6 and Suwon 19 were relatively poor silage characteristics due to early senescence, while others conferred good stay-greenness. New crosses SGH-1 and SGH-3 had high dry matter as 21.2 t/ha, and had low BSV infection as 4.7 and 3.9%, respectively. KwangAnOk had the lowest infection as 2.3%. The new crosses showed tolerance to ECB and lodging together with good stay-green trait. However, SGH-3 was susceptible to aphid. SGH-1 had similar NDF, ADF, hemi-celurose as crude fiber content, but crude protein and fat contents were high as compared with KwangAnOk and P3223.

○ A limitation of breeding materials in this study was changes of crosses tested due to cycle advancement yearly. Followings were selected promising crosses yearly as 8153, 8316, 8404 in 1997, 8224 and 8308 in 1998, 8224 and 8308 in 1999, 2K-61

in 2000, and SGH-1, 3, 5 in 2001, respectively. All these crosses yielded similar to the locally bred and imported ones. Although they confer better tolerance to BSV, *Bipolaris maydis*, ECB, aphid, lodging and stay-green traits. It is necessary to improve the resistance of major stresses, and finally develop high yielding and stable hybrids.

■ Economic analysis

- Silage maize cultivation with P3223, KwangAnOk and Suwon 19 gives economic advantage in price from the compound feed. The former was better than the latter two hybrids.

- Under BSV infection, Suwon 19 cultivation gave lower income than that of KwangAnOk in the south. New hybrid cultivars yielded slightly lower incomes than KwangAnOk (no significant difference), but offered higher net income by easy seed production.

- The results of economic analysis under sever BSV infection showed that cultivars SGH-2 and SGH-3 gave better income under high infection, while cultivars SGH-1 and SGH-4 gave better income under mild BSV infection. In summary, all new hybrids offered better income.

- The results of multi-purpose decision model analysis showed that new hybrids may replace currently grown hybrids for better income to farmers.

- Approximately 10% of income gain can be achieved with new hybrids. In addition, these new hybrids are pro-environment that can reduce simultaneously chemical and fertilizer uses. The results of this study confirmed the possibility that new silage hybrids can be developed. However, additional farm testings for 3 to 5 more years are needed.

- Korea needs to find out an alternative crop to replace rice. Because any competitive crop to rice is not good as all other crops may also be collapsed under new WTO conditions. Therefore, we need to find out a crop that can replace imported grains without competition to rice, and rather to increase rice crop competitiveness at international market. Does the cultivation of silage corn be an alternative ? Korea imports approximately 10 million tons of corn grains annually.

6. The uses of research results and future plan

A. Technical aspects

1. Super-silage hybrids can be developed.
2. Yield losses of corn by BSV, aphid, and lodging etc. can be reduced through breeding tolerant new cultivars.
3. Seed of the locally bred corn cultivars can replace the imported seeds and stabilize feed supply in Korea.
4. Cultivation method for high quality and stable high yielding silage corn can be achieved in Korea.
5. The feed value of silage corn can be increased. Input and output ratio can be increased that cut down cost of feed for livestock production.

B. Economic and industrial aspects

1. A total of one million tons of silage can be increased in Korea($100,000 \text{ ha} \times 10 \text{ t/ha}$) = 1,000,000 t/year.
2. Exporting silage corn seeds : A huge market is present in China and F_1 seeds for approximately 3 millions ha of silage areas could be exported.
3. Save seed cost of silage at almost 50% level.
4. Increase efficiency of local livestock industry through the save(30 %) of feeds that are used for milk, beef, and poultry production.
5. Supply seeds of silage corn bred locally at about half of the total 100,000 ha.
6. Silage corn cultivation increases international competitiveness of rice cultivation and livestock farmings in Korea under the new WTO round.

CONTENTS

Chapter 1. Preface	33
Chapter 2. Breeding silage corn for stable high yield and pro-environment	34
Section 1. Preface	34
Section 2. Research objectives and ranges	37
Section 3. Research results and discussions	39
Section 4. Expectation and prospect	84
Section 5. Pictures for breeding process of super corn hybrids for silage	85
Section 6. References	91
Chapter 3. Studies on Black streaked virus for resistance	93
Section 1. Survey on occurrence of Black streaked virus(BSV) and field resistant screening	93
Section 2. Survey on occurrence of Black streaked virus(BSV) and indoor resistant screening	99
Section 3. Inoculation effect of corn seedling partly for selection of resistance lines	104
Section 4. Study of resistant system by the micro structure of infected cells	109
Section 5. References	111

Chapter 4. Physiological and ecological research of new silage corn hybrids for good quality and high yield	113
Section 1. Physiological and ecological test of new crosses for silage	113
Section 2. Identification of farm cultivation problems for silage corn	127
Section 3. Understanding of farm silage production situations	138
Section 4. References	145

Chapter 5. Analyses of economic and agronomic trait of new corn hybrids	149
Section 1. Research objectives	149
Section 2. Materials and methods	150
Section 3. Results and discussion	150
Section 4. Conclusion	190
Section 5. References	191

목 차

제 1 장 서 론	33
제 2 장 안전, 다수확, 친환경적 사료용 옥수수 육성	34
제 1 절 서 론	34
제 2 절 연구 개발의 목표와 범위	37
제 3 절 연구 결과 및 고찰	39
제 4 절 기대효과 및 앞으로의 전망	84
제 5 절 사진으로 보는 사료용 슈퍼 옥수수 육종과정	85
제 6 절 참고문헌	91
제 3 장 흑조위축병검정 저항성 연구	93
제 1 절 발병 현황 및 포장 저항성 검정	93
제 2 절 발병 현황 및 실내 저항성 검정	99
제 3 절 저항성 계통 선발을 위한 옥수수 유묘의 부위별 접종 효과	104
제 4 절 감염세포의 미세구조에 따른 저항성 기작 규명	109
제 5 절 참고문헌	111
제 4 장 사일리지 양질, 다수확 신품종 생리, 생태적 재배법 시험	113
제 1 절 사료용 옥수수 신계통 생리·생태적 특성 시험	113
제 2 절 농가 사일리지 옥수수 재배 문제점 파악	127

제 3 절 농가 사일리지 제조 현황 파악	138
제 4 절 참고문헌	145
제 5 장 경제성 및 신품종 특성 분석	149
제 1 절 시험 목적	149
제 2 절 연구수행 방법	150
제 3 절 시험성적 및 결과	150
제 4 절 적 요	190
제 5 절 참고문헌	191

제 1 장 서 론

옥수수(*Zea mays L.*, corn or maize)는 C₄ 작물로 광합성 능력이 뛰어나고 단위면적당 수량성이 가장 높은 농작물로, 질소 반응이 높고 벼, 밀과 더불어 세계 3대 농작물에 속한다. 또한 옥수수는 식용, 사료작물 및 공업용등 약 2만여 종으로 가장 다양하게 이용되고 있고, 계속 재배면적이 늘어나고 있다. 옥수수의 연구는 미국에서 가장 많이 진전되어 있고, 현재 유전 공학 응용이 가장 활발하게 이루어지고 있는 작물중의 하나이다. 또한 옥수수는 사료 곡물 중 가장 부가가치가 높은 곡물로 세계적으로 가장 널리 재배되고 있다. 한국은 세계 제 2의 옥수수(종실용) 수입국(년 800~1,000 만톤 수입)으로, 전체 수요 옥수수 곡물에 대한 자급률은 1% 정도이나, 부피가 커서 수입이 곤란한 사일리지(담금 떡이) 옥수수 생산(재배면적 10만 ha 내외)은 경쟁력이 높으나 재배품종 및 생산 방법에 있어서 선진화가 되지 못하고 있다. 따라서 본 연구로 축산 농가가 원하는 보다 경제성이 높고 친환경적 한국형 우수 교잡종이 조기에 육성되어, 사이레지 옥수수의 안전재배로 축산농가의 사료 안전 공급과 생산비 절감으로 농가소득 증대에 기여할 수 있는 방안을 확립코져 한다.

제 2 장 육종 분야

제 1 절 서 론

1. 연구개발의 필요성 및 문제점

가. 연구개발의 필요성

1) 기술적 측면

옥수수는 크게 세 종류로 사료화 되는데 농후 사료용 곡물이거나, 담금 먹이인 사이레지용으로 이용하거나, 또는 생육초기에 청예로 베어 가축에 먹이는 방법이다. 첫 번째인 곡실 생산은 발면적이 좁은 국내 여건으로 생산량의 증가가 극히 제한되어 있고, 국제경쟁력이 1/4 수준이라서 경제성이 약하다. 후자인 사일리지 및 청예용은 자국내 생산이 매우 경제적이고, 다수성 신품종을 육성시 농후 사료의 소비량을 획기적(20~30%정도)으로 줄여, 축산·낙농가의 생산 단가를 크게 낮출 수 있다. 또한 옥수수는 재배 작물중 교잡종 육성이 가장 발달하였으나 한국을 포함한 아시아 지역의 생산 기술 및 품종 개발 기술이 낙후한 상태로써 종실 수량의 경우, 미국의 절반 수준에 이른다(아시아 ha당 4톤 내외, 미국 8톤).

현재 수입 사료의 의존도가 너무 높은 반면에(90% 정도), 한국 축산물 생산의 국제 경쟁력은 낮아 다수확 고품질의 옥수수 신품종 기술의 개발이 절실히 요구되고 있는 실정이다.

2) 경제·산업적 측면

옥수수는 세계 3대 농작물의 하나로, 곡실, 사일리지 및 청예 생산을 합할 때 제 1의 작물이다. 그러나 한국은 세계 제2의 옥수수 수입 국으로 1997년 이후 년 간 800~1,000만 톤이 수입되었는데, 이는 우리나라 쌀 생산량의 약 2배이다.

옥수수는 사료, 가공용, 식용 및 공업용 등의 용도가 다양할 뿐만 아니라 국제적으로 경제가 발전되면 될수록 옥수수 수요량은 증가한다. 옥수수는 약 20,000여 용도로 최근 미국에서 이용되고 있고, 우리나라 1,000여종으로 이용되고, 주 용도는 사료용(70%), 식용과 공업용(30%) 이다.

국내에서의 가축사료용 옥수수 재배 면적은 계속 증가 추세이고, 2000년을 기준으로 우리나라의 옥수수 재배면적은 사료용이 9만 ha, 간식용(찰/단 옥수수)이 15,000 ha 이고, 곡실용이 1,500 ha 정도이다.

국제 시장에서의 옥수수 가격은 현재 톤당(MT) 평균 \$ 100 수준이나, 사료 곡물가의

상승(\$ 150 이상)은 우리나라 축산 농가에 큰 타격을 입히고 있다. 현재 국내의 사일리지, 청예용 옥수수 재배를 위해 1997년 800톤, 그 후 년 간 약 400톤의 옥수수 종자(톤당 약500만원)가 도입되고 있고, 수입 종자값 만으로도 막대한 외화가 낭비되고 있다. 그러나, 이와 같이 수입 종자를 이용하는 경우에 축산농가는 ① 매년 도입되는 종자가 다르고, ② 종자의 품질과 사료로서의 가치에 대한 보장이 없으며, ③ 국내 평야지에 문제가 되는 흑조 위축 바이러스 병과 최근에 문제가 되는 진딧물(*Rhopalosiphum padi*)과 옥수수 녹병(*Puccinia sorghi*)등에 약해 생산성에 대한 보장이 없는 문제점이 있다. 또한 WTO 체제의 출범으로 국내 축산 발전의 환경은 더욱 어려워졌으며, 축산물의 국제 경쟁력 제고를 위해서는 청예용 옥수수의 생산이 필수적이다. 전체 쌀 생산의 2배인 제 1의 수입곡물 옥수수(년 800~1,000 만톤; 사료:70%)에 의한 사일리지 생산은 WTO 경쟁에서 우리 농촌을 살릴 수 있다. 중국의 경우 옥수수 재배 면적은 계속 늘어나고 있는 반면 콩, 벼의 재배면적은 계속 줄어들고 있는 실정이다. 현재 국내의 쌀 생산 과잉과 생산비용에 있어서 국제 경쟁력 상실은 우리나라 축산 및 농업에 전반적인 붕괴를 초래할 수 있다. 따라서 과잉 쌀 생산면적(20만 ha 정도)에 쌀 보다 국제 경쟁력이 높은 사일리지 옥수수를 육성, 재배함으로써 축산물의 사료비를 절감하고(30% 수준), 동시에 사료 수입량을 극적으로 줄임으로서(500만 톤 수준), 남부 평야지 따뜻한 지방의 논 10만 ha 정도에서 벼 재배전(답·전작)식용 옥수수 재배로 농가 소득을 높임으로(10a 당 평균 150 만원 수입), 신 WTO 하에서 우리 농업의 국제 경쟁력을 확실히 높일 수 있다.

3) 사회·문화적 측면

우리의 사료 곡물은 거의 100% 수입에 의존하기 때문에 공급 상태가 매우 불안하고, 이 상태로는 세계 무역 기구(WTO) 체제 하에서 축산물 생산의 국제 경쟁력을 완전 상실할 전망이다. 또한 사료용 옥수수의 품종 개발이 기술적 종속에서 벗어나지 않고서는 식량 안보 및 국내 축산 업계의 사회적 불안감을 해소할 수 없다고 본다. 따라서 국제 경쟁력을 갖는 다수확 고품질의 옥수수 품종 개발은 단순히 경제적 문제 해결뿐만 아니라, 식량 안보 및 국내 축산 업계의 비전을 제시 할 것으로 본다. 또한 거의 100% 외국에 의존한 옥수수의 공급 상태에서 우리의 문화가 발전되기가 어렵고, 도입 옥수수가를 최대한 줄이기 위해서도 기술개발은 선진국과 세계화의 필요 불가결한 요소이다. 세계 사료 곡물 공황 등의 만약의 사태를 대비해 고차원적인 기술개발이 필요하다. 따라서 향후 WTO 체제 하에서 우리 농업을 살리기 위해서는 옥수수의 경우 안전 수준의 주용 수입곡물에 대한 증산 대책을 세워야 한다. 특히 세계 제 2의 옥수수 생산국인 중국이 WTO 의 신 회원국이 된 때에 극동 아세아의 낙후된 교잡종 옥수수 육종

기술(미국의 60% 수준) 현황은 우리에게 매우 유리한 입장이다. 또한 최근 중국에서 교잡종 옥수수 종자 생산에 가장 큰 문제점은 원종들(parental inbreds)이 응애(mite)에 아주 약하다.

2. 국내외 관련 기술의 현황과 문제점

옥수수 관련 기술은 세계적으로 미국이 가장 발달되어 있고, 유럽국들이 미국의 기술을 기반으로 최근에 크게 옥수수 육종 기술을 발전시키고 있다.

미국은 전 세계의 옥수수 재배 면적의 약 1/4(3천만 정보)에서 평균 8톤/ha의 수량으로 세계 옥수수의 절반을 생산한다. 그러나 중국은 세계 제2의 옥수수 생산 면적(2천 500만 정보)을 갖고 미국 옥수수 수량의 약 60% 수량인 5톤/정보 수준이다. 국내의 생산 수준은 미국의 70% 수준이다. 또한 미국에는 약 400 여 개의 옥수수 종자 회사가 있다. 뿐만 아니라 대규모 회사가 10개 정도이며, 대학 등에서도 옥수수에 대한 기초 연구가 활발히 이루어지고 있고, 옥수수 연구원 수는 약 1,000명 가량이다. 그러나 국내에서의 옥수수 육종은 농촌진흥청 산하 기관 중심으로 국한된 상태에서 수행하고 있다. 강원도 홍천에 곡실용 옥수수 생산을 위한 옥수수 시험장이 설립되었고, 중앙부서의 작물 시험장에서는 1979년에 설립된 옥수수 전담과가 1995년에 없어졌으나 일부 연구가 추진중이고(사료용, 단 옥수수 중심으로), 경북농업기술원에는 경북대학교와 공동으로 남부지방적응 식용옥수수 연구가 소규모로 추진중이고, 동국대학교와 충남대학교에서 소규모의 연구가 진행중이다. 그러나 대학에서는 지금의 국내 옥수수 연구진과 체제로는 옥수수의 획기적 증산이 어려운 것으로 사료된다.

가. 국내에서의 연구개발 실적

우리나라 경우 1970년대 중반 본 연구 총괄 책임자가 중심이 되어 농촌진흥청/하와이 대학등 국제 협력에 의한 수원 19호(안전 다수성, 종자생산 용이), 수원 20호, 수원 21호(다수성), 수원 29호(흑조위축병 저항성) 신교잡종 개발 이후, 1980년부터 몇 개의 신품종(광안옥, 횡성옥 등)이 육성되었으나, 종자 생산이 경제적으로 이루어지지 않아, 신품종으로 등록은 되었으나, 농가 보급이 저조하다. 따라서 국내에서 재배되는 옥수수의 대부분은 청예용으로 재배되고, 주요 재배 품종들의 종자는 3가지로 분류가 되는데 ① 수입종, ② 수원 19호, 찰옥수수: 작물시험장(찰옥 2호), 충남대학교(대학찰), 홍천옥수수 시험장(두메찰 등)과 ③농가 자체에서 수확한 재래종 및 F₂ 종자이다.

나. 현기술상태의 취약성

작물시험장에서 육성한 품종 중에는 흑조위축병에 저항성을 띄는 품종으로 광안옥이 있으나, 종자생산이 어려워 농가에 거의 재배되지 않고 있다. 또한 서울대학교 생명공학 대학에서 도입 옥수수에 대한 생산성 시험을 오랫동안 해오고 있다. 그러나 국내에서 시판되는 수입종의 대부분은 우리나라 평야지에 발생하는 흑조 위축 바이러스에 비교적 약하다(수입 품종들의 육성모지인 미국에는 흑조위축병이 나타나지 않음). 또한, 최근에 문제시되는 진딧물이나 응애에 아주 약한 것으로 사료된다.

축산농가들의 일반적인 경험에 의하면 수입 종자는 농민이 원하는 방향으로 종자 구입이 어렵고, 종자의 값도 국내 육성종의 3배 정도에 달한다. 또한 대부분의 축산 농가들의 사일리지용 옥수수 재배기술이 떨어져서 목표로 하는 수량을 얻기 힘든 실정이고, 기계화 수확이 안되어서 생산단가가 높고, 농후사료의 95% 가치가 있어야 되는 담근 먹이로서의 효용 가치가 낮다.

제 2 절 연구 개발의 목표와 범위

1. 연구개발 목표

본 연구의 최종목표는 흑조위축병과 진딧물 등에 저항성을 가지며 종자생산이 쉽고 국내적응성이 높은 후기녹체성, 내도복성 사일리지용 새로운 교잡종 옥수수를 육성하는 것을 목표로 한다. 또한 수입에 의존하고 있는 청예 사료용 옥수수종자의 국내 자급 도를 높이는 동시에, 장기적으로 선발된 교잡종 옥수수의 특허에 의한 우량종자를 중국 등에 수출하기 위한 기술 기반 확립을 시도했다. 본 연구과제는 수행기간 중 4년간 북한 당국과의 협조에 의한 북한 지역에 맞는 슈퍼옥수수 개발 과제와 동시에 수행되는 잇점을 살려 연구가 계속 지원되면 WTO로 개방되는 중국의 거대 옥수수 재배(2,500만 ha)의 일부에 국산 종자가 시판될 수도 있을 것이다. 아마도 가장 중요한 우리나라 농업을 살리기 위한 최근의 상황 판단으로는 우수한 사일리지 교잡종 옥수수가 가격경쟁에서 문제시되고 있는 논에 재배되어 수입사료의 획기적 대체 효과를 내리는 것이다. 국제 농산물 가격 기준으로는 과잉 생산으로 쌀 저장 등으로 어려움을 겪고 있는 국내 농업을 살리는 경제적 대안이 청예 옥수수의 대량 생산이고 이를 위해서 농기계 지원등 정부 정책이 뒤따라야 한다. 끝으로 본 연구는 공생(co-survival) 원리를 이용해서 친환경적 우수 품종 육성에 기인하므로 논란이 되고 있는 GMO의 대체 농작물의 경쟁도 가능하리라 본다.

2. 연구개발 내용

연구 년차	연구 진행 상황
1 차년 도	<p>1996년 : • 미국에서 교잡종 원종 구입- 열대(7000번), 온대(8000번), 수입 교잡종(9000번)</p> <p>• 자식계통 특성평가, 계통 선발 및 교배 5 만개 - (온대지방 × 열대지방 포함)</p> <p>• 동계 자식계통 세대 진전(자식계통 8000, 9000번)</p> <p>1997년 : • 제 1차 F₁ 조합 능력 검정 시험(경북대 철곡 목장, 경북대 군위 실습장, 경상북도 축산기술 연구소)</p> <p>• 남부지방 적응 F₁ 조합 선발 (309 F₁ 조합)</p>
2 차년 도	<p>1998년 : • 동계하우스 종자 생산 (경북대 하우스, 경북 농업기술원 하우스) - 1차년도 선발된 309 조합 종자 생산 및 세대 축진 (1998.1-4 월)</p> <p>• 제 1 차 지역 적응성 시험(RT: 309 조합) - 경북대 철곡 농장, 경북대 군위 실습장(1998. 5월 중순)</p> <p>• 제 2차 F₁ 조합 능력 검정 시험(경북대 철곡 농장, 군위 실습장, 경북 축산기술 연구소) - 1997년에 test cross 된 2,500 신 조합</p> <p>• 남부 지방 적응 우수 조합 선발- 309 조합 : 총 132개(A:16, B:40, C:76), - 2,500 조합 : 총 448 조합(A:10, B: 62, C: 376)</p>
3 차년 도	<p>1998년 : • 동계 세대축진 및 종자생산(309, 2,500조합에서 선발된 조합) - 경남 밀양, 경북 농업기술원 동계 비닐 하우스</p> <p>1999년 : • 309 조합 2차 지역 적응성 시험 및 2,500 조합 1차 예비 지역 적응성 시험 (1999.5) - 경북대 철곡 농장, 군위 실습장</p> <p>⇒ 총 87 조합 최종 선발</p> <p>• YH(silage) 이면교잡(diallel cross) 시험 - 경북대 군위 실습장 강원도 홍천 옥수수 시험장</p>
4 차년 도	<p>1999년 : • 동계 종자 생산 및 세대 축진(87 F₁ 조합) - 경북 농업기술원 연동 하우스, 경남 밀양 비닐 하우스(450 계통)</p> <p>2000년 : • 309/2,500조합 지역 적응성 본 시험(약 400 F₁ 조합) - 경북대 군위 실습장, 강원도 홍천 ⇒ 최종 26 개 우수 F₁ 선발</p> <p>• 후기녹체성 우수 계통 이면교잡(diallel cross) 시험 - 경북대 군위 실습장, 강원도 홍천 옥수수 시험장</p>
5 차년 도	<p>2000년 : • 동계 종자 생산 및 세대 축진(최종 26 조합중 18 조합) - 경남 밀양 비닐 하우스(2000.11-2001.4월)</p> <p>2001년 : • 2001 농가 실증 시험(2001. 5월 초-중순) - 농가 4 : 경북 성주, 왜관, 경산, 군위; 학교 및 기관 : 경북대 철곡 목장, 영남대 목장, 경북대 군위 실습장 ⇒ 최종 6개 사료용 교잡종, 대비 품종 3개(수원 19호, 광안옥, P3223)</p>

제 3 절 연구 결과 및 고찰

1. 1 년차 시험

가. 유전자원 수집(재래종, 국외 : 종자회사, 대학)

- 10,000 여종의 육종 유전 자원들이 1995년 9월 이후 국제 연구소(IITA, CIMMYT)와 미국과 유럽의 대학 및 종자회사들로부터 수집되었다.

표 1 사료용 옥수수 유전자원

구분	파종 계통	기타
기존 유전자원	10,000	
7000 번대	392	Tropical 계통
8000 번대	406	Temperate 계통
9000 번대	131	Commercial hybrid

※ 파종장소 : 경북대 칠곡 농장, 경상북도 농업기술원 실험 포장

나. 유전자원 평가(주요 농업형질, 내병충성, 내도복성)

- 품종간 생산성 비교 및 유전자원의 평가를 위해 10만개 정도의 인공 교배를 할 예정이었으나 연구비 지원 부족으로 1/2 수준인 약 5만개 정도에 머무름(년 2억원 예산 신청에서 7천만 원으로 삭감).
- 유망 자식계통의 세대축진 및 특성 평가를 위하여 동계기간(1996. 11 - 1997. 4)에 경북대학교 교내와 경상북도 농업기술원 비닐온실에 각각 파종하였음.

다. 옥수수 국내적용 계통선발(열대산 × 온대산)

- 1996년 7-8월에 교배한 약 5만개의 시험 조합중 사료용으로 유망한 약 3,300개의 신고잡종 옥수수를 그 다음해 (1997. 4. 30 ~ 5. 8) 경북대학교 칠곡 목장과 경상북도 축산기술연구소에 각각 파종하였다. 또한 사료용 및 종실용 유망 조합의 자식 계통을 경북대학교 칠곡 농장에 파종하여 우수 계통 선발 및 육성을 동시에 진행하였다.

라. 동계세대축진 및 선발된 조합의 종자 생산

- 1997년 하계에 경상북도 축산기술연구소와 경북대학교 목장에서 선발된 우수 사료용 옥수수 교잡종(114 조합)과 추가로 중국(연변 과학기술대학, 두레마을)등에서 선발된 청예 사료용 옥수

수 유망 교잡종(195 조합)으로 하여 전체 309 F₁ 조합을 1997년 10월 31일부터 1998년 4월 초 까지 경북대학교 교내 온실(250평)과 경상북도 농업기술원 온실(450평)에 파종하였다.

1) 재료 및 방법

공시품종	파종일	재식거리	시험구배치	시비량	기타
사료용 옥수수신조합 (3,248 조합)	1997. 4. 30-5. 8	60 × 20 Cm	난괴법	N-P-K=20-15-15 (kg/10a)	완전 무농약 상태

2) 시험장소 및 선발 계통수

시험장소	시험계통수		선발계통수	
	교잡종	자식계통	교잡종	자식계통
경북 축산기술 연구소	998	-	45	-
경북대 칠곡 목장	2,250	-	75	-
경북대 칠곡 농장	-	3,762	-	-
계	3,248	3,762	114	

마. 내온성 및 후기녹체성 계통 선발

- 1 차년 도(1996. 7-8월)에 교배된 신교잡종 중에서 사료용으로 유망한 조합을 경상북도 축산기술 연구소와 경북대학교 목장에서 약 120개를 선발하였으며, 이들 선발된 교잡종의 특성으로는 이삭 무게가 높고 후기녹체성이 우수한 것으로 판단되었다. 특히 선발된 조합들 중에는 외국 도입종들이 우리나라에서 다소 약한 것으로 판명된 진딧물에 강한 저항성을 나타내는 조합도 선발되었는데, 이들 조합은 KP 9771-9, KP 9771-38, KP 9777-21, KP 9779-3, KP 9779-4 이었으며, 후기녹체성이 우수한 조합으로는 KP 9724-3, KP 9725-32 이었다. 또한 생체중 및 이삭무게가 우수한 조합은 KP 9730-19 이었고, 사일리지 옥수수의 기계수확시 가장 문제가 되는 도복에 강한 조합으로는 KP 9763-37 이었다(표 2, 3).

표 2 경상북도 축산 기술연구소에서 선발된 사료용 우수 교잡종(1997).

선발 조합	상품성 (1-9) ¹	도복 (1-9)	생체중 (t/ha)	이삭중 (t/ha)	간장 (cm)	착수고 (cm)	후기 녹체성 (1-9)	흑조 위축병 (1-9)	진딧물 (1-9)	숙기 ²
9771-9	2	2	47	19	260	135	2	6	3	만
9771-38	2	2	42	20	260	130	4	6	4	중
9772-20	3	2	39	17	255	135	3	6	6	만
9777-18	3	2	39	19	263	141	2	5	7	만
9777-20	3	2	39	19	249	120	4	5	7	중
9777-21	3	3	50	25	273	149	2	6	7	만
9777-26	3	2	42	22	260	143	3	6	4	만
9778-4	2	4	43	30	260	135	3	6	5	만
9778-11	2	2	46	25	258	140	4	3	6	중
9778-21	1	2	42	25	240	134	3	6	5	만
9779-3	1	3	50	28	260	140	3	2	3	만
9779-4	2	4	47	29	260	140	2	2	5	만
¹ CK 1	5	4	33	15	263	143	5	6	5	중
CK 2	4	3	39	18	260	148	4	7	6	중
CK 3	4	4	32	15	232	137	4	6	5	중

※ 1. 달관조사 (1-9) : 1 = 아주 우수함, 9 = 아주 나쁨
 2. 숙기: 조 = 조생종, 중 = 중생종, 만 = 만생종
 3. 대비품종: CK 1 = 수원 19호, CK 2 = 광안육, CK 3 = P3352

표 3 경북대 칠곡 목장에서 선발된 사료용 우수 교잡종

선발 조합	상품성 (1-9) ¹	도복 (1-9)	생체중 (t/ha)	이삭중 (t/ha)	간장 (cm)	간장 (cm)	후기 녹체성 (1-9)	흑조 위축병 (1-9)	진딧물 (1-9)	숙기 ²
9724-3	3	3	44	21	268	152	3	5	4	만
9725-32	3	5	44	24	295	182	3	6	3	만
9730-19	3	4	53	29	301	191	5	6	3	중
9740-2	3	3	42	19	265	148	4	7	3	중
9740-7	3	3	47	21	270	163	4	7	3	중
9763-37	3	2	42	19	225	125	4	7	3	중
CK 1 ³	5	4	24	9	258	142	5	6	3	중
CK 2	4	5	37	16	257	156	4	6	3	중
CK 3	4	4	38	20	268	156	5	5	3	중

※ 1. 달관조사 (1-9) : 1 = 아주 우수함, 9 = 아주 나쁨
 2. 숙기: 조 = 조생종, 중 = 중생종, 만 = 만생종
 3. 대비품종: CK 1 = 수원 19호, CK 2 = 광안육, CK 3 = P3352

2. 2 년차 시험 (1998)

가. 청에 사료용 옥수수 국내 적응 계통 선발 및 선발된 유전자원 세대 축진

- 1) 육성중인 시험 계통과 국내 외 대비 품종(수원 19호, P3394, DK 729)과의 사일리지 생산성 및 생육특성을 조사하여 우수계통을 선발함.
- 2) 동계 비닐 온실(450 평)을 이용하여 선발된 계통의 세대 단축 및 종자 증식
- 3) 제 1차 지역 적응성 시험(RT : 309 조합) : 경북대 칠곡 농장, 경북대 군위 실습장
- 4) 2,500 신고잡종 조합능력 검정 시험 : 경북대 칠곡 농장, 경북대 군위 실습장, 경상북도 축산기술 연구소

나. 사료용 옥수수 국내종, 도입종 간의 생육 특성 및 품질조사

- 1) 현재 국내에 유통되고 있는 사료용 옥수수 중에 국내육성 품종 및 도입 품종간의 사일리지 생육 특성 및 품질 비교.

가) 공시 품종

- 국내종 : 수원 19호, 광안옥
- 도입종 : 미국종(DK689, DK729, G4624, P3156, P3352), 중국종(길단 120)

나) 재배 방법

- 시험 연도(1997-1998, 2년)
- 재식거리 : 60 × 20 cm
- 시험구 크기 : 2 m × 2 줄
- 시험구 배치 : 난괴법 3 반복
- 파종 주수 : 1점 1파
- 시비량 : 질소-인산-칼리를 각각 20-15-15 kg/10a, 질소는 70%를 기비로, 30%는 5엽기에 추비로 사용하였고, 인산과 칼리는 전량 기비로 사용.

표 4 경상북도 칠곡에서 시험된 사료용 옥수수 국내종과 도입종간의 생육특성 비교(1997~1998).

품종	상품성 (1-9)*	후기녹체성 (1-9)	진딧물 (1-9)	도복 (1-9)	수량(t/ha)		
					간엽중	이삭중	사일리지중
DK689	4.4	2.9	5.4	4.0	27	18	45
DK729	4.2	3.4	5.2	4.0	26	16	42
G4624	4.5	3.2	6.5	3.0	27	16	43
P3156	3.0	3.2	5.4	4.0	27	22	49
P3352	5.2	4.0	5.2	3.0	25	19	43
Gildan 120	7.0	5.4	6.0	4.0	14	11	25
Suwon 19	4.7	4.7	4.5	4.0	26	11	42
Kwanganok	3.7	3.9	5.0	4.0	28	17	45
Mean	4.3	3.7	4.9	3.6	21	17	41
LSD. 05	1.0	0.9	1.5	1.1	12.9	3.8	11.0

※ 달관조사 (1-9) : 1 = 아주 우수함, 9 = 아주 나쁨

위 표 4 에서와 같이 국내종과 도입종간의 생육 특성 조사 결과, 사료용 옥수수의 상품성 면에서는 국내종 중 광안옥, 도입종 중에서는 P3156이 우수한 것으로 조사되었다. 또한 사료용 옥수수의 중요특성중 하나인 후기녹체성(Stay-green)의 경우 국내종이 미국 도입종에 비하여 후기녹체성이 다소 떨어졌으나, 광안옥이 다소 늦게 까지 녹체성을 유지하는 것으로 나타났다. 또한 외국 도입종의 대부분이 진딧물에 약한 것으로 나타났으며, 도복 저항성은 도입종인 G4624와 P3352가 우수한 것으로 나타났다. 수량에 있어 국내종과 도입종간에 큰 차이는 없었으나 수원 19호의 경우 숙기가 중생종으로 생육후기에 일찍 식물체의 하엽부터 말라 들어가기 때문에 청에 사료용보다는 종실용에 더 적합한 것으로 사료되고, 광안옥은 F₁ 종자 생산이 어려워 중단위기에 있는 것이 큰 문제가 된다.

3. 3년차 시험 (1999)

가. YH(silage) 이면교잡(diallel cross) 시험 - 경북대 군위 실습장, 경기도 일산, 강원도 홍천 옥수수 시험장

1) YH(silage) 이면교잡(diallel cross)

- 98년도 7개 지역(강원 4, 경기 1, 경북 2장소)에서 1차 선발된 F₁ 조합들의 원종들 (inbreeding lines)을 이용해서 동계기간동안 가축 사료용 사일리지(silage, YH) 육성용 이면교잡(diallel cross) 종자를 생산하였다. 그리고, 그 다음해(1999년) 7개 시험 지역에서 조합능력 시험을 실시하였다. 수량성과 주요 병충해 저항성에 대한 결과를

종합하면 아래와 같다.

가) 발아세(Seedling vigor)

표 5 에서 7개 지역에서 선발된 육성종과 대비 품종들의 발아 세에 대한 전체 평균은 3.5(1-9 범위: 1=Excellent, 9=Poor)이었고, 변이계수(C.V.)는 41.3 이었다. 또한 발아세력에 있어서 품종들간에 유의성은 존재하지 않았다. 육성종 중에 YH-25, 24, 26이 각각 2.7, 2.8, 3.0으로 좋은 성적을 보인 반면, YH-10, 3은 각각 4.5와 4.3의 결과를 나타내었다. 또한 대비품종들의 발아 세에 대한 조사 값은 외국 도입종인 Pioneer 3156이 3.0, Dekalb 729가 4.3을 나타내었고, 국내 육성종인 광안옥이 3.3의 값을 나타내었다.

나) 출사기

출사란 옥수수 이삭숙의 견사(絹絲, silk)가 포엽 밖으로 2~ 3 cm 나왔을 때를 나타내는데, 이것이 1 구(區)에서 50%이상 출사되었을 때를 보통 출사기로 잡는다. 출사기에 있어서 품종들의 평균은 80일 이었고, 변이계수는 10.2를 나타내었다(표 5). 출사기에 있어서 대비품종들과 육성종들 사이에는 유의 차가 인정되지 않았다. 또한 대비 품종인 광안옥과 DK 729, P 3156의 출사기는 각각 81 일과 79, 79 일을 나타낸 반면에 육성품종 중 YH-5, 6, 3은 각각 85, 84, 83일을 나타내었다.

다) 간장과 착수고

간장(지면에서 옥수수 숫 꽃이 시작되는 지점까지의 높이)의 경우 육성종과 대비품종들간에 유의 차가 인정되지 않았다. 전체 평균은 244 cm 이었고, 변이계수는 11.5를 나타내었다(표 5). 간장에 있어서 대비품종인 DK 729와 육성종인 YH-4 가 각각 267 cm를 나타내었으며, 육성종YH-16과 18이 각각 226과 232 cm를 나타내었다. 착수고(옥수수의 첫 이삭이 달린 높이)의 경우 육성종과 대비품종들간에 유의 성이 인정되지 않았다. 품종들의 전체 평균은 121 cm를 나타내었고, 변이계수는 16.1을 나타내었다(표 5). 또한 육성종 중에서 YH-1, 4가 각각 141과 139 cm 로 착수고가 가장 높게 나타났으며, YH-16과 18이 각각 105 cm 와 106 cm으로 낮게 나타났다. 또한 대비품종들의 착수고는 광안옥이 133 cm를 나타내었으며, DK 729와 P 3156은 각각 127과 123 cm를 나타내었다. 실제로 사일리지 옥수수의 경우 간장이 클수록 유리하나 간장과 더불어 착수고가 너무 높을 경우 도복이 심게 되는 경향이 있다.

라) 도복

사일리지 옥수수 기계 수확시 가장 문제가 되는 점이 도복이다. 도복의 경우 대비품종과 육성종들의 평균은 4.8 이었고, 변이계수는 36.8 을 나타내었다(표 5). 또한 각 품종들간에 도복에 대하여 유의 성이 인정되지 않았다. 대비품종들의 도복 저항성 정도

는 광안옥이 4.8을 나타내었고, DK 729가 4.3, P 3156이 4.8을 나타내었다. 또한 육성종 중에서는 YH-28이 3.2, YH-27과 YH-19가 각각 3.7과 3.3을 나타내었다.

마) 이삭 포엽과 후기녹체성

사일리지용 보다는 곡실용으로 중요한 특성인 이삭 포엽의 상태에 대하여 육성종과 대비품종들의 전체 평균은 3.9(1-9 범위; 1=Excellent, 9=Poor)이었고, 변이계수는 25.2를 나타내었다(표 5). 이삭 포엽이 벌어지면 벌레들의 침범이 쉽고, 또 이삭 썩음 병에 잘 걸리는 단점이 있다. 또한 대비품종과 육성종들 사이에는 유의 성이 인정되지 않았다. 이삭 포엽의 상태에 대하여 대비품종들중 광안옥이 2.6을 나타내었고, 그 다음이 P3156과 DK 729가 각각 2.7과 4.1을 나타내었다. 사일리지 옥수수의 중요 특성중 하나인 후기녹체성에 대하여 교잡종들간에 전체 평균은 4.4(1-9 범위; 1=Excellent, 9=Poor)이었고, 변이 계수는 34.2를 나타내었다(표 5). 후기녹체성에 대하여 대비품종과 육성종들 사이에는 유의 성이 인정되지 않았다. 대비품종들의 후기녹체성 값은 광안옥이 2.6을 나타내었고, P3156 이 2.9 그리고 DK 729가 3.5를 나타내었다. 육성종들 중에서 YH-1이 3.2의 값을 나타내었다.

표 5 7개 지역에서 시험된 YH(silage) 이면교잡종들의 생육특성(1999).

Pedigree	발아세 (1-9) ¹	출사기 (일)	간장 (cm)	착수고 (cm)	도복 (1-9)	후기녹체성 (1-9)	포엽 (1-9)
YH-1	3.9	82	260	141	5.1	2.8	3.2
YH-2	4.0	80	242	131	5.6	4.3	3.8
YH-3	4.3	83	243	135	5.5	3.9	4.6
YH-4	3.7	81	267	139	4.9	3.9	4.6
YH-5	4.1	85	250	129	5.4	3.8	4.4
YH-6	4.2	84	252	131	4.3	4.0	3.9
YH-7	3.3	81	254	135	4.3	4.1	4.7
YH-8	3.0	79	235	114	6.1	3.6	3.5
YH-9	3.2	79	245	129	5.1	4.5	4.0
YH-10	3.2	80	252	116	3.9	3.6	4.5
YH-11	3.5	78	233	116	6.7	4.8	3.8
YH-12	3.2	79	234	116	4.7	3.7	3.4
YH-13	3.7	79	234	115	6.6	5.1	4.5
YH-14	3.7	79	236	114	5.7	4.5	3.2
YH-15	3.4	78	236	108	5.5	5.6	3.7
YH-16	3.2	77	226	105	5.3	5.9	4.0
YH-17	3.6	79	243	123	3.8	4.0	3.8
YH-18	3.5	78	232	106	4.5	4.8	4.0
YH-19	3.4	77	253	119	3.3	4.8	3.3
YH-20	4.0	79	242	117	4.7	4.8	3.6
YH-21	3.3	80	236	122	4.7	4.6	3.6
YH-22	3.3	78	247	128	4.5	5.3	3.5
YH-23	4.1	79	239	114	3.7	5.3	3.6
YH-24	2.8	79	245	114	5.0	4.7	4.3
YH-25	2.7	79	233	114	4.7	5.3	4.0
YH-26	3.0	79	249	119	4.8	4.3	4.5
YH-27	3.2	77	239	116	3.7	5.9	4.4
YH-28	3.6	78	240	117	3.2	5.1	4.7
광안옥	3.3	81	238	133	4.8	3.7	2.6
DK 729	4.3	79	267	127	4.3	3.5	4.1
P 3156	3.0	79	250	123	4.8	2.9	2.7
mean	3.5	80	244	121	4.8	4.4	3.9
LSD	2.39	11.41	35.21	24.49	2.21	1.89	1.37
C.V.	41.3	10.2	11.5	16.1	36.8	34.2	25.2

※ 1 : 1-9 범위; 1=Excellent, 9=Poor

7개 시험 지역(강원 4-홍천, 철원, 양구, 평창; 경기 1-일산; 경북 2-칠곡, 군위 농장)

바) 조명나방

옥수수 재배에서 가장 문제가 되는 해충이 조명나방이다. 조명나방은 옥수수의 모든 부분에 피해를 주는데, 6월 중순경에 제1화기가 발생하고, 제2화기는 7월 하순경에 발생한다. 제1화기의 조명나방은 밭에서 자라는 옥수수 중에서 생육이 빠른 옥수수에 가장 많이 발생하며, 제2화기의 조명나방은 가장 어린 옥수수에 많이 발생한다. 제1화기의 애벌레는 잎을 갉아먹으며, 제2화기에는 줄기, 수꽃, 이삭 속, 옥수수알, 이삭자루에 침입하는 것으로 알려져 있다. 본 실험에서 조명나방에 대하여 육성종과 대비품종들의 전체 평균은 2.8(1-9 범위; 1=Excellent, 9=Poor)이고, 변이계수는 61.1을 나타내었다(표 6). 또한 품종들간에 유의 성이 존재하지 않았다.

사) 문고병

옥수수의 줄기가 썩어 들어가는 병인 문고병에 대한 조사 결과에 있어서 품종들간의 전체 평균은 4.6이고, 변이계수는 19.6을 나타내었다(표 6). 또한 품종들간에는 유의 성이 존재하지 않았다. 대비품종들중 문고병에 대한 저항성 지수는 광안옥이 3.0을 나타내었고, P 3156과 DK 729가 각각 3.7과 4.6을 나타내었다. 육성종들 중에서는 YH-1과 YH-12가 각각 3.1과 3.6으로 나타났다.

아) 호마엽고병

기온이 고온, 다습한 지역에서 많이 발생하는 호마엽고병에 대하여 육성종과 대비품종들의 전체 평균은 2.8이고, 변이계수는 57.2를 나타내었다(표 6). 또한 각 품종들간에는 유의 성이 존재하지 않았다. 본 실험에서는 호마엽고병이 많이 발생하지 않아 품종들간의 저항성 정도를 판단하는데는 무리가 있는 것으로 사료된다.

자) 종실중(t/ha)

종실중에 있어서 대비품종들과 육성종들의 평균은 7.5 (t/ha)이었고, 변이계수는 34.4를 나타내었다(표 6). 또한 품종들간에는 유의 성이 존재하지 않았다. 대비품종들의 종실중은 P 3156이 10.9 (t/ha)를 나타내었고, 광안옥과 DK 729는 각각 8.3과 8.2 (t/ha)를 나타내었다.

카) 상품성

옥수수의 일반 특성중 종합적으로 가장 중요한 특성이 상품성(commercial value: Com V.)으로서 포장상태에서 직접 생육상황을 보고 1-9의 조사치(rating scale)에 의해서 표시되었다. 1=아주 높은 상품성, 9=아주 낮은 상품성을 나타낸다. 선발된 육성종과 대비품종들간의 사일리지 상품성에 대하여 전체 평균은 5.0 이었고, 품종들간의 변이계수는

15.5를 나타내었다(표 6). 상품성에 대하여 대비품종과 육성종들 사이에는 고도의 유의성이 존재한다(표 7). 상품성에 있어서 대비품종들 중 P 3156이 3.5로 가장 높은 상품성을 나타내었고, 그 다음이 광안옥과 DK 729가 각각 4.3과 4.7을 나타내었다. 또한 육성종 중에서는 YH-1과 YH-24가 각각 4.0과 4.1을 나타내었다. 따라서 본 결과에 의하여 대비품종들 보다 우수한 품종이 육성되고 있음을 알 수 있다.

표 6 사일리지 이면교잡(YH DC)의 병충해 및 상품성(1999).

Pedigree	조명나방 (1-9) ¹	문고병 (1-9)	매문병 (1-9)	종실중 (t/ha)	상품성 (1-9)
YH-1	2.8	3.1	2.4	7.5	4.0
YH-2	2.7	4.9	2.5	9.6	4.9
YH-3	2.9	5.1	3.4	5.5	4.5
YH-4	3.1	4.7	2.4	8.8	4.7
YH-5	2.5	4.4	2.3	7.0	4.2
YH-6	2.3	4.5	2.6	9.1	4.5
YH-7	2.3	4.1	2.8	10.3	4.6
YH-8	3.4	4.6	2.4	5.7	5.5
YH-9	2.7	3.9	2.6	4.7	5.4
YH-10	2.3	3.8	2.7	6.4	4.2
YH-11	2.9	4.8	2.2	5.1	6.0
YH-12	2.2	3.6	2.7	7.1	4.9
YH-13	3.2	5.1	3.1	7.4	5.8
YH-14	3.0	4.4	2.5	7.7	5.0
YH-15	3.3	5.3	2.7	6.5	6.0
YH-16	3.2	5.8	2.6	6.6	5.9
YH-17	2.9	4.3	2.7	8.2	4.3
YH-18	3.2	6.0	2.9	6.9	6.1
YH-19	2.8	4.9	3.0	6.9	4.7
YH-20	2.6	4.3	2.5	5.3	5.7
YH-21	3.3	4.0	2.7	5.9	6.1
YH-22	2.8	5.7	3.9	7.1	5.4
YH-23	2.8	4.4	2.8	9.2	4.8
YH-24	3.1	4.0	2.9	7.7	4.1
YH-25	2.2	5.7	3.2	8.0	5.2
YH-26	2.3	4.6	2.8	8.2	5.5
YH-27	3.1	6.1	3.0	7.6	5.4
YH-28	2.6	6.0	2.5	8.6	5.5
광안옥	2.6	3.0	2.1	8.3	4.3
DK 729	2.5	4.6	3.9	8.2	4.7
P 3156	2.7	3.7	2.7	10.9	3.5
mean	2.8	4.6	2.8	7.5	5.0
LSD	2.76	1.84	2.57	5.22	1.26
C.V.	61.1	19.6	57.2	34.4	15.5

※ 1 : 1-9 범위; 1=Excellent, 9=Poor

7개 시험 지역(강원 4-홍천, 철원, 양구, 평창; 경기 1-일산; 경북 2-칠곡, 군위 농장)

표 7 7개 지역에서 시험된 YH(silage) 이면교잡종들의 상품성에 대한 분산분석표(ANOVA)

Source	DF	SS	MS	F value	Pr > F
Cultivar	30	45.65	1.52	2.53	0.001
Error	62	37.23	0.6		
Total	92	82.88			
CV		15.5			

나. 동계 종자 생산 및 세대 축진(87 F₁ 조합) - 경북 농업기술원내 경북대 온실, 경남 밀양 온실(450 계통)

4. 4년차 시험 (2000)

가. 309/2500조합 지역 적응성 본 시험(약 400 F₁ 조합) - 경북대 군위 실습장, 강원도 홍천 ⇒ 최종 66 개 우수 F₁ 선발

나. 후기 녹체성 우수 계통 이면교잡(diallel cross) 시험 - 경북대 군위 실습장

다. 북한적응 슈퍼옥수수 개발 연구과제 중에서 후기녹체성이 우수한 교잡종 선발.
특히 NK × SK 교배종 포함.

라. 동계 종자 생산 및 세대 축진(최종 66 조합중 26 조합) - 경남 밀양 비닐 하우스 (2000.11-2001.4월)

1) 지역 적응성 본 시험(88 조합, 2K-1 SK)

전체 시험 교잡종 중에서 88 조합을 1998과 1999년 성적을 중심으로 적응지역과 성숙기를 기준으로 구분하였으며, 이중 사료용으로 적합한 교잡종 조합을 최종 선발하여 생육 특성 및 성적을 정리하였다. 여기에 선발된 사료용 교잡종들은 군위 지역뿐만 아니라 과학기술부의 지원으로 연구 추진중인 북한 옥수수 개발 연구에서 수행중인 북한 지역 적응성 시험에도 동시에 선발된 조합으로 남부지방 뿐만 아니라 강원도 북부 및 광지역 적응성 사료용 옥수수 교잡종으로 그 안정성이 매우 높다 할 수 있다. 특히 본 시험은 남부 평야지에 적합한 사료용 옥수수 교잡종 육성에 초점이 맞춰져 있다.

아래 표 8은 경상북도 군위에서 조사된 88-1 서부 조생 trial의 상품성(commercial value), 깨씨무늬병, 뿌리도복, 줄기도복, 후기녹체성, 종실중에 대한 결과를 나타내었다. 표 5 에서 사료용 옥수수의 상품성(1-9)에 대한 대비품종들의 조사 수치는 3.8에서 4.5로 나타난 반면에 선발된 시험 조합들의 상품성은 3.0에서 3.5를 나타내었다. 또한 기온이 고

은 다습한 남쪽 지역에서 많이 나타나는 깨씨 무늬병(*Bipolaris maydis*)에 대한 이병성 정도에서는 대비품종이 4.5에서 7.3의 수치를 나타내었는데 특히 미국 도입종인 P3394가 약한 것으로 판명되었다. 깨씨무늬병에 대한 시험조합들의 조사 수치는 4.8에서 7.0으로 나타났다. 뿌리·줄기 도복의 경우, 대비품종들의 값은 4.5에서 5.5인 반면에 시험 조합들 중에서 2K-191(3.8/3.8), 2K-201(3.5/3.8), 2K-204(3.0/3.0)는 도복에 저항성을 나타내었다. 사료용 옥수수의 중요 특성중 하나인 후기녹체성의 경우 대비품종들의 값은 3.5에서 5.8을 나타낸 반면에 2K-203, 2K-217, 2K-220은 3.3으로 후기녹체성이 우수한 조합으로 선발되었다. KNUH-1(경북대 교잡종 1호)은 남북 공동 옥수수 연구 과제와 본 과제의 공동 노력에 의해서 육성된 북한 적응 신교잡종이다. 종실중의 경우 대비품종들은 6.1에서 8.1의 값을 나타낸 반면에, 2K-190은 8.1 t/ha로 선발되었다.

표 8 경상북도 군위에서 선발된 88-1 trial(서부-중생)의 주요 농업적 생육 특성, 2000.

구분	선발 조합	상품성 (1-9)	깨씨무늬병 (1-9)	뿌리도복 (1-9)	줄기도복 (1-9)	후기녹체성 (1-9)	종실중 (t/ha)
1	2K-23	3.5	5.5	5.5	5.5	3.5	7.6
2	2K-26※	3.3	6.0	5.3	5.8	3.8	7.2
3	2K-57※	3.3	5.5	4.8	4.5	4.3	7.1
4	2K-61※	3.0	5.3	5.0	5.0	3.8	7.2
5	2K-190	3.0	7.0	4.5	4.8	3.8	8.1
6	2K-191	3.3	6.8	3.8	3.8	3.5	6.7
7	2K-201	3.3	6.3	3.5	3.8	4.0	6.9
8	2K-203※	3.5	6.3	4.0	3.5	3.3	6.7
9	2K-204※	3.5	5.8	3.0	3.0	3.8	6.1
10	2K-215※	3.3	6.3	6.5	6.0	4.0	7.9
11	2K-217※	3.5	6.8	5.0	4.8	3.3	7.7
12	2K-220※	3.5	5.3	6.0	5.8	3.3	5.9
13	Suwon 19	4.5	7.3	6.3	6.3	6.0	6.1
14	KNUH-1	4.3	6.8	4.5	4.8	5.8	6.0
15	P3394	3.8	7.3	5.0	5.5	5.5	8.1
16	DK729	4.0	4.5	5.8	5.5	3.5	7.8
	mean	3.5	6.1	4.9	4.9	4.0	7.0
	c. v	22.7	19.9	37.5	34.4	27.2	20.0
	LSD0.05 =	1.1	1.5	2.4	2.1	1.1	1.9

※ = '2000년 군위에서 선발되어 경상남도 밀양 동계 하우스에 파종된 조합 달관조사 (1-9) : 1 = 아주 우수함, 9 = 아주 나쁨

아래 표 9은 경상북도 군위에서 조사된 88-2(동부 조생) trial의 상품성(commercial value), 깨씨무늬병, 뿌리도복, 줄기도복, 후기녹체성, 종실중에 대한 결과를 나타내었다. 표 6에서 사료용 옥수수의 상품성에 대한 대비품종들의 조사 수치는 수원19호(3.0)에서 KNUH-1-경북대 1호(4.8)로 나타난 반면에 시험 조합들 중에서 2K-45(2.8), 2K-98(2.8)은 상품성이 우수한 조합으로 선발되었다. 또한 기온이 고온 다습한 남쪽 지역에서 많이 나타나는 깨씨 무늬병에 대한 이병성 정도에서는 대비품종 DK729(4.0)에서 P3394(7.3)의 수치

를 나타낸 반면에 시험조합중에서 2K-45(3.8)와 2K-47(4.0)은 저항성이 있는 것으로 사료된다. 뿌리·줄기 도복의 경우, 대비품종들의 값은 4.0에서 7.0 인 반면에 시험 조합들 중에서 2K-45(3.5/3.0), 2K-209(3.5/2.8), 2K-212(3.3/3.8)는 도복에 저항성을 나타내었다. 후기 녹체성의 경우 대비품종들의 값은 DK729(3.5)에서 수원 19호(6.0), P3394(5.8)를 나타낸 반면에 2K-45(2.8), 2K-47(3.5), 2K-213(3.5)은 후기녹체성이 우수한 조합으로 선발되었다. 종실중의 경우 대비품종들 4.5 에서 5.9 (t/ha)의 값을 나타낸 반면에 2K-45(6.1 t/ha), 2K-213(6.4 t/ha)이 선발되었다.

표 9 경상북도 군위에서 선발된 88-2 trial(동부-조생)의 주요 농업적 생육 특성, 2000.

구분	선발 조합	상품성 (1-9)	깨씨무늬병 (1-9)	후기녹체성 (1-9)	뿌리도복 (1-9)	줄기도복 (1-9)	종실중 (t/ha)
1	2K-45※	2.8	3.8	2.8	3.5	3.0	6.1
2	2K-47※	3.0	4.0	3.5	5.3	4.3	5.5
	2K-67	3.5	4.8	4.5	6.5	5.8	2.5
3	2K-98※	2.8	4.8	4.3	5.5	3.8	5.1
4	2K-209※	3.0	5.5	4.3	3.5	2.8	5.4
5	2K-212※	3.3	4.8	4.0	3.3	3.8	5.9
6	2K-213	3.0	5.0	3.5	4.0	4.0	6.4
7	Suwon19	3.0	6.0	5.8	7.0	7.0	5.0
8	KNUH-1	4.8	6.5	5.5	5.3	5.0	4.5
9	P3394	3.3	7.3	5.8	4.0	4.0	5.5
10	DK729	3.5	4.0	3.5	5.5	5.0	5.9
	mean	3.3	5.1	4.3	4.8	4.4	5.3
	c. v	24.9	26.7	31.6	34.8	35.9	27.3
	LSD0.05 =	1.1	1.4	1.2	1.7	1.3	1.8

※ = '2000년 군위에서 선발되어 경상남도 밀양 동계 하우스에 파종된 조합
달관조사 (1-9) : 1 = 아주 우수함, 9 = 아주 나쁨

아래 표 10은 경상북도 군위에서 조사된 88-3(동부 중생) trial의 상품성, 깨씨무늬병, 뿌리도복, 줄기도복, 후기녹체성, 종실중에 대한 결과를 나타내었다. 상품성에 대한 대비품종들의 조사 수치는 DK729(3.0)에서 KNUH-1(4.0)로 나타난 반면에 시험 조합들 중에서 2K-48(3.0), 2K-83, 2K-146(3.3), 2K-123, 2K-129, 2K-130(3.5)은 사료용으로 우수한 것으로 선발되었다. 또한 기온이 고온 다습한 남쪽 지역에서 많이 나타나는 깨씨 무늬병에 대한 이병성 정도에서는 대비품종 DK729(4.3)에서 P3394(7.3)의 수치를 나타내었다. 이종 미국에서 도입된 Pioneer 3394(7.3)와 국내 육성종인 수원19호(7.0)는 깨씨 무늬병에 다소

약한 것으로 판명된다. 반면에 시험조합들중 2K-48(2.8), 2K-129(3.8)은 저항성 조합으로 사료된다. 뿌리·줄기 도복의 경우, 대비품종들의 값은 3.3에서 4.8 인 반면에 시험 조합 들 중에서 2K-48(3.3/3.0)이 도복에 저항성을 나타내었다. 후기 녹체성의 경우 대비품종들 의 값은 DK729(3.0)에서 수원 19호, P3394, KNUH-1(5.3)로 나타난 반면에 2K-48(2.0), 2K-128(2.5), 2K-123, 2K-163(2.8)은 후기녹체성이 우수한 조합으로 선발되었다. 종실중의 경우 대비품종 KNUH-1(6.4) 에서 수원19호(8.0 t/ha)의 값을 나타내었다.

표 10 경상북도 군위에서 선발된 88-3 trial(동부-중생)의 주요 농업적 생육 특성, 2000.

구분	선발 조합	상품성 (1-9)	깨씨무늬병 (1-9)	후기녹체성 (1-9)	뿌리도복 (1-9)	줄기도복 (1-9)	종실중 (t/ha)
1	2K-48	3.0	2.8	2.0	3.3	3.0	7.0
2	2K-77	3.8	4.3	3.5	6.0	5.8	6.0
3	2K-78	4.0	4.8	3.0	4.8	4.3	6.0
4	2K-79	3.5	5.0	3.8	4.3	4.0	6.8
5	2K-83	3.3	4.3	3.5	5.8	5.0	5.8
6	2K-123※	3.5	5.0	2.8	4.0	3.8	7.4
7	2K-124	4.0	5.0	3.5	5.3	4.3	7.2
8	2K-125	4.3	5.5	3.0	3.8	3.8	6.2
9	2K-128	3.5	4.0	2.5	5.0	4.3	7.6
10	2K-129※	3.5	3.8	3.0	5.3	4.8	6.1
11	2K-130※	3.5	4.8	3.3	5.3	4.3	6.8
12	2K-146	3.3	5.5	3.8	4.3	4.3	6.7
13	2K-161	4.0	6.3	3.8	4.8	4.3	7.0
14	2K-162	4.0	4.5	3.5	4.8	4.3	7.9
15	2K-163	4.0	4.0	2.8	4.5	4.0	6.1
16	2K-168※	3.8	5.3	4.3	5.0	4.8	5.5
17	2K-169※	3.8	5.3	4.0	5.5	5.0	3.7
18	Suwon19	3.8	7.0	5.3	4.8	4.8	8.0
19	KNUH-1	4.0	6.0	5.3	4.8	4.5	6.4
20	P3394	3.8	7.3	5.3	4.3	4.3	7.5
21	DK729	3.0	4.3	3.0	3.5	3.3	7.5
	mean	3.7	5.0	3.5	4.7	4.3	6.6
	c. v	24.8	27.0	32.0	27.9	25.5	25.9
	LSD _{0.05} =	1.4	1.3	1.2	1.7	1.5	2.3

※ = '2000년 군위에서 선발되어 경상남도 밀양 동계 하우스에 파종된 조합
달관조사 (1-9) : 1 = 아주 우수함, 9 = 아주 나쁨

아래 표 11은 경상북도 군위에서 조사된 88-4(동부 만생) trial의 상품성(commercial value), 깨씨무늬병, 후기녹체성, 이삭중, 천립중, 종실중에 대한 결과를 나타내었다. 상품성에 대한 대비품종들의 조사 수치는 DK729(3.0)에서 수원19호(4.8)로 나타난 반면에 시험 조합들 중에서 2K-184(3.3)가 사료용 옥수수의 상품성 면에서 우수한 것으로 선발되었 다. 또한 기온이 고온 다습한 남쪽 지역에서 많이 나타나는 깨씨 무늬병에 대한 이병성 정

도에서는 대비품종 DK927(5.0)에서 P3394(7.0)의 수치를 나타내었다. 이중 미국에서 도입된 P3394(7.0)와 국내 육성종인 수원19호(6.3)는 깨씨 무늬병에 다소 약한 것으로 판명된다. 반면에 시험조합들중 2K-184(4.0)는 저항성 조합으로 사료된다. 후기 녹체성의 경우 대비품종들의 값은 DK729(3.3)가 높고 수원 19호(5.3)는 떨어진 반면에 2K-184(3.3)는 후기 녹체성이 우수한 조합으로 선발되었다. 종실중의 경우 도입종 DK729(8.3 t/ha)가 가장 높았다. 그동안의 시험 결과에 의하면 Dekalb 729가 국내 재배 수입종중에 사일리지 용으로는 가장 우수 품종인 듯 하다. 그러나 문제점은 도복이 좀 되고, 매문병(*Exserohilum turcicum*)과 진딧물(*Rhopalosiphum padi*)과 응애(mite)에 약하다.

표 11 경상북도 군위에서 선발된 88-4 trial(동부-만생)의 주요 농업적 생육 특성, 2000.

구분	선발 조합	상품성 (1-9)	깨씨무늬병 (1-9)	후기녹체성 (1-9)	이삭중 (g)	천립중 (g)	종실중 (t/ha)
1	2K-44※	3.8	5.0	4.0	642	334	6.4
2	2K-100	3.8	5.3	4.3	643	299	6.2
3	2K-159	3.5	5.3	4.0	706	374	6.7
4	2K-182※	4.8	6.0	5.8	694	326	7.1
5	2K-184※	3.3	4.0	3.3	713	328	7.0
6	Suwon19	4.8	6.3	5.3	658	333	6.6
7	KNUH-1	4.5	6.0	5.0	575	320	5.7
8	P3394	3.3	7.0	4.0	692	359	7.0
9	DK729	3.0	5.0	3.3	817	339	8.3
	mean	3.8	5.3	4.1	682	1004	6.8
	c. v	26.2	22.0	27.7	16.1	10.1	17.5
	LSD0.05 =	1.2	1.0	1.0	156.8	132.4	1.7

※ = '2000년 군위에서 선발되어 경상남도 밀양 동계 하우스에 파종된 조합
달관조사 (1-9) : 1 = 아주 우수함, 9 = 아주 나쁨

아래 표 12는 경상북도 군위에서 조사된 88-4(동부 만생) trial의 상품성(commercial value), 깨씨무늬병, 후기녹체성, 이삭중, 천립중, 종실중에 대한 결과를 나타내었다. 표 9에서 사료용 옥수수의 상품성에 대한 대비품종들의 조사 수치는 수원19호(6.0)에서 KNUH-1, DK729(5.0)로 나타난 반면에 시험 조합들 중에서 2K-1(3.0)이 사료용 옥수수의 상품성 면에서 우수한 것으로 선발되었다. 또한 기온이 고온 다습한 남쪽 지역에서 많이 나타나는 깨씨 무늬병에 대한 이병성 정도에서는 대비품종 DK927(4.3)에서 수원19호(7.5)의 수치를 나타내었다. 반면에 시험조합들중 2K-37(3.5), 2K-40(3.8)으로 저항성 조합으로 사료된다. 사료용 옥수수의 중요 특성중 하나인 후기 녹체성의 경우 대비품종들의 값은 DK729(2.5)에서 수원 19호(6.8)로 나타난 반면에 2K-37(2.3), 2K-40(2.5)은 후기 녹체성이

우수한 조합으로 선발되었다. 종실중의 경우 수원19호(8.0 t/ha)보다 신육성 조합이 2K-1(9.2 t/ha)으로 높았다.

표 12 경상북도 군위에서 선발된 88-5 trial(중복-중생)의 주요 농업적 생육특성, 2000.

구분	선발 조합	상품성 (1-9)	깨씨무늬병 (1-9)	이삭중 (g)	천립중 (g)	후기녹체성 (1-9)	종실중 (t/ha)
1	2K-1※	3.0	5.0	796.0	796.0	3.0	9.2
2	2K-37※	3.5	3.5	765.5	765.5	2.3	8.4
3	2K-40※	3.5	3.8	740.0	740.0	2.5	8.7
4	2K-121※	3.8	6.3	618.5	618.5	3.5	7.1
5	2K-229	3.3	4.8	710.5	710.5	4.3	7.9
6	2K-230※	3.5	5.3	715.5	715.5	4.3	8.0
7	Suwon19	6.0	7.5	726.5	726.5	6.3	8.0
8	KNUH-1	5.0	7.3	548.0	548.0	4.8	6.2
9	P3394	4.0	7.3	627.0	627.0	6.0	7.2
10	DK729	5.0	4.3	652.0	652.0	2.5	7.1
	mean	3.5	5.5	687.9	994.3	3.92	994.3
	c.v	37.1	30.7	15.3	9.4	38.86	9.4
	LSD0.05 =	1.75	1.43	122.3	100.5	0.98	100.5

※ = '2000년 군위에서 선발되어 경상남도 밀양 동계 하우스에 파종된 조합
달관조사 (1-9) : 1 = 아주 우수함, 9 = 아주 나쁨

아래 표 13은 '99년도 경상북도 군위에서 선발된 88 교잡종들을 이용하여 '99/'00년 동계기간 동안 경상북도 농업기술원내 온실과 밀양 하우스에서 6,000여 교잡종의 종자를 생산하였다. 그 중에서 2000년도 경상북도 군위에서 시험하여 사료용 옥수수로 최종 선발된 26 조합을 나타낸 결과이다. 또한 선발된 26개 조합중에서 ※ 표시가 있는 조합은 2001년 사료용 옥수수 농가 적응성 시험을 위하여 총 7개 지역에 파종된 조합이다.

표 13 경상북도 군위에서 사료용으로 선발된 교잡종 중 동계 F₁ 종자생산을 위하여 '88

project 로부터 선발된 26개 교잡종 조합의 요약, 2000.

구분	선발조합	'99 조합명	선발지수	선발지역
1	2K-1	99C-1 A1 × B	sel-1	AM★
2	2K-45	99C-16 A1 × B	sel-1	EE
3	2K-129	99C-55 B2 × A	sel-1	EM
4	2K-182※	99C-70 A1 × B2	sel-1	EL
5	2K-209	99C-80 A1 × B1	sel-1	EE
6	2K-123	99C-51 A × B1	sel-2	EM
7	2K-168※	99C-66 A1 × B1	sel-2	EM
8	2K-215※	99C-81 A × B	sel-2	WM
9	2K-220	99C-86 A × B	sel-2	WM
10	2K-40※	99C-13 A2 × B1	sel-3	AM
11	2K-47	99C-16 A4 × B	sel-3	EE
12	2K-57※	99C-19 A1 × B2	sel-3	WM
13	2K-61	99C-21 A × B1	sel-3	WM
14	2K-130	99C-55 B3 × A	sel-3	EM
15	2K-169	99C-66 A2 × B1	sel-3	EM
16	2K-217※	99C-83 B × A	sel-3	WM
17	2K-26	99C-8 A3 × B3	sel-4	WM
18	2K-37	99C-13 A3 × B1	sel-4	AM
19	2K-121	99C-49 A2 × B1	sel-4	AM
20	2K-230	99C-64 A1 × 70 B1	sel-4	AM
21	2K-44	99C-15 A3 × B	sel-5	EL
22	2K-98	99C-42 B3 × A2	sel-5	EE
23	2K-184	99C-70 B1 × A2	sel-5	EL
24	2K-203	99C-77 B3 × A2	sel-5	WM
25	2K-204	99C-78 B × A	sel-5	WM
26	2K-212	99C-80 A1 × B4	sel-5	EE

※ = '2001 사료용 옥수수 농가 적응 시험을 위해 선발되어 7개 시험 장소에 파종되었음.

Selection 1~5 : Selection 1 = Very excellent, Com V. rating circles above 10, Selection 2 = Excellent, Com V. rating circles above 8, Selection 3 = Moderately excellent, Com V. rating circles above 6, Selection 4 = Very promising, Com V. rating circles above 4, Selection 5 = Promising, Com V. rating circles below 4 and selected after selection/group 1~4.

★ WE : West-Early in Korea, WM : West-Medium, EE : East-Early, EM : East-Medium, EL : East-Late, AM : Across-Medium, 2K = 2000 year

E.N 1 ~18 : Selected and planted at Milyang for winter nurseries

E.N 19~26 : Selected and planted at KNU for winter nurseries

2) 후기녹체성(Stay-green) 이면교잡

'99 년도에 경상북도 군위에서 수행된 후기녹체성(Stay-green) 지역 적응성 시험결과 후기녹체성이 우수한 계통으로 선발된 사일리지용 옥수수 7개 육성계통(SG 1~7)과 일반조합 능력(GCA)이 우수한 것으로 알려진 KS 5와 KS 7을 포함해 전체 9 계통에 대한 이면교잡을 (diallel crosses without reciprocal)을 실시하였다. 이 실험을 통해 얻은 36개 F₁ 조합을 2000년 5월에 경상북도 군위와 홍천 옥수수 시험장에 파종하여 선발된 우수 교잡종의 성적을 정리하였고, 사료용 옥수수의 주요 특성인 후기녹체성에 대하여 유전분석을 실시하였다.

표 14 후기녹체성 이면교잡 시험에서 선발된 교잡종 F₁의 주요 농업적 생육 특성 (경북대 군위 실습장, '2000)

구분	출용기 (일)	출사기 (일)	간장 (cm)	착수고 (cm)	진딧물 (1-9)	응애 (1-9)	뿌리 도복 (1-9)	후기 녹체성 (1-9)	포엽 상태 (1-9)	깨씨 무늬병 (1-9)	종실중 (t/ha)
2	70	70	289.6	134.0	4.7	4.3	5.0	5.3	6.7	5.0	12.8
3	69	70	264.0	126.6	6.3	4.7	6.3	4.7	6.3	5.0	11.1
9	75	77	292.3	144.7	4.7	4.7	6.0	4.7	4.7	6.0	13.5
12	76	77	281.7	149.0	4.7	4.3	6.3	4.3	4.7	4.7	11.2
22	70	73	259.9	116.9	5.7	5.0	7.0	4.7	2.7	5.0	12.3
27	71	71	278.6	134.7	5.0	4.0	6.7	4.0	2.7	4.3	11.0
CK 1	70	70	273.2	136.1	5.7	4.7	6.7	6.0	6.3	7.3	12.3
CK 2	71	73	297.1	139.7	4.7	4.0	6.7	2.3	5.3	5.0	14.3
mean	72	72.63	279.6	135.2	5.19	4.5	6.34	4.5	4.9	5.29	12.3
c. v	3.6	4.3	5.2	8.6	19.5	16.2	25.4	30.7	36.4	27.6	·
LSD0.05	2.0	2.7	14.3	12.7	1.7	1.0	2.9	1.9	2.1	1.7	·

※ 달관조사 (1-9) : 1 = 아주 우수함, 9 = 아주 나쁨

대비품종 : CK 1 = 수원 19호, CK 2 = Pioneer 3394

가) 후기녹체성 이면교잡의 유전 분석(경상북도 군위)

경북대 육성 계통들의 이면교잡 Stay-green(1-9, 1=아주 좋음)시험에서 36개 F₁의 평균값은 5.9인데, SG-2 × SG-4와 SG-2 × SG-6의 값은 4.3으로 가장 우수하였고, KS5 × KS7의 값

은 7.3 이었다(표 15, $P < 0.01$). 9계통들의 Array mean 조사에서 SG-4와 SG-6의 값은 5.2와 5.5인 반면, KS5와 KS7의 값은 6.7과 6.8 이었다. Combining ability 분석 결과 SG-4와 SG-6은 좋은 GCA effect를 보였고, 반면 KS5와 KS7은 나쁜 효과를 보였다. 36개 F_1 의 SCA 값은 SG-5 \times SG-6(-1.2)과 SG-2 \times SG-6(-1.0)이 가장 좋았고, 반면 SG-2 \times SG-5(1.8)가 가장 나빴다(표 16). 위의 유전분석 실험과 후기녹체성 조사를 한 다른 옥수수들의 이면교잡 시험 성적을 종합해서(NK \times SK diallel cross 포함) 새로운 신 교잡종 육성이 기대 됨.

표 15 경상북도 군위에서 시험된 후기녹체성 이면교잡(9 \times 9) 지수(1-9:1=아주 우수), 2000.

	SG-2	SG-3	SG-4	SG-5	SG-6	SG-7	KS5	KS7	Array Mean
* SG-1	6.3	5.3	4.7	5.0	6.7	5.3	7.3	7.3	6.0
SG-2		4.7	4.3	7.3	4.3	5.7	7.0	6.7	5.8
SG-3			5.3	5.0	5.7	6.0	6.3	6.3	5.6
SG-4				4.7	5.0	5.7	5.0	6.7	5.2
SG-5					4.0	5.0	7.0	7.3	5.7
SG-6						5.7	6.7	6.0	5.5
SG-7							6.7	6.7	5.8
KS5								7.3	6.7
KS7									6.8

LSD 0.05 = 1.91 Mean = 5.9 * SG : Stay-green

표 16 경상북도 군위에서 시험된 후기녹체성 이면교잡(9 \times 9) 시험의 GCA 와 SCA 효과(1-9), 2000.

	SG-2	SG-3	SG-4	SG-5	SG-6	SG-7	KS5	KS7	GCA effect
SG-1	0.4	-0.3	-0.5	-0.8	1.1	-0.6	0.4	0.3	0.3
SG-2		-0.8	-0.6	1.8	-1.0	0.0	0.3	-0.1	-0.2
SG-3			0.6	0.3	0.7	0.5	-0.1	-0.2	-0.7
SG-4				-0.1	0.4	0.7	-0.9	0.6	-1.7
SG-5					-1.2	-0.6	0.5	0.7	-0.5
SG-6						-0.3	0.3	-0.5	-0.9
SG-7							-0.1	-0.2	-0.1
KS5								-0.5	1.8
KS7									2.1

SE(Y _{ij}) =	0.68	SE(Y _{ij} -Y _{k1}) =	0.96	SE(μ) =	0.11
SE(g _i) =	0.24	SE(s _{ij}) =	0.59	SE(g _i -g _j) =	0.36
SE(s _{ij} -s _{ik}) =	0.89	SE(s _{ij} -s _{kl}) =	0.81		

나. 후기녹체성 이면교잡의 유전 분석(강원도 홍천)

강원도 홍천 지역에서 시험하여 얻어진 후기녹체성(stay green)에 대한 결과는 SG-6(4.7)이 가장 높은 array mean(가능한 F₁ 평균치)을 보였다(표 17). 반면에 가장 낮은 array mean 수치를 나타내는 계통은 SG-1, KS5(6.2)이었다. 36개 F₁의 평균값은 5.6 이고, 그 범위는 SG-5 × SG-6 의 3.0 에서 SG-1 × SG-2, SG-3 × KS7(7.0)의 분포였다. 또한 홍천 지역에서 후기녹체성(stay green)에 대한 유전 분석 결과 일반조합 능력(GCA: general combining ability)이 가장 높은 계통은 SG-6(-1.9)이고, 가장 낮은 계통은 SG-1, KS5(1.3)이었다(표 18). 두 번째로 높은 GCA 효과(effect)를 보이는 계통은 SG-5(-1.1)이었고, 낮은 계통은 KS7(1.1) 이었다. 그리고, 가장 효과적인 특수조합능력(SCA:specific combining ability)을 보이는 조합들은 SG-5 × SG-6, SG-7 × KS7(-1.1)이었고, 그 다음이 SG-2 × SG-4(-1.0), SG-3 × SG-5(-0.7)이었다. 반면에 가장 비효과적인 SCA 조합들은 SG-3 × SG-6(1.3)이었고, 그 다음이 SG-6 × KS5(1.1), SG-3 × KS7(0.9)이었다. 따라서 후기녹체성에 대한 이면 교잡 시험에서 경상북도 군위와 강원도 홍천 두곳 모두 다에서 SG-4, SG-6이 GCA 효과가 높은 것으로 나타났으며, 그 반면에 KS5와 KS7은 GCA 효과가 낮은 것으로 나타났다.

표 17 강원도 홍천에서 시험된 후기녹체성 이면교잡(9 × 9) 지수(1-9;1=아주 우수), 2000.

	SG-2	SG-3	SG-4	SG-5	SG-6	SG-7	SG-8	SG-9	Array mean
*SG-1	7.0	6.3	6.3	6.3	5.0	5.7	6.3	6.3	6.2
SG-2		5.7	4.3	5.0	5.0	6.3	6.3	6.3	5.7
SG-3			5.0	4.3	5.0	5.7	5.7	7.0	5.6
SG-4				5.0	3.7	5.7	6.3	5.7	5.2
SG-5					3.0	5.3	5.7	6.3	5.1
SG-6						4.3	6.3	5.7	4.7
SG-7							6.3	5.0	5.5
SG-8								6.3	6.2
SG-9									6.1

LSD 0.05 = 1.75

Mean = 5.6

* SG : Stay-green

표 18 강원도 홍천에서 시험된 후기녹체성 이면교잡(9 × 9) 시험의 GCA 와 SCA 효과(1-9), 2000.

	SG-2	SG-3	SG-4	SG-5	SG-6	SG-7	SG-8	SG-9	GCA effects
SG-1	0.6	0.1	0.5	0.6	-0.3	-0.5	-0.6	-0.5	1.3
SG-2		-0.1	-1.0	-0.2	0.2	0.6	-0.1	0.0	0.3
SG-3			-0.2	-0.7	1.3	0.2	-0.6	0.9	0.0
SG-4				0.3	-0.6	0.5	0.5	-0.1	-0.8
SG-5					-1.1	0.3	0.0	0.7	-1.1
SG-6						-0.2	1.1	0.5	-1.9
SG-7							0.2	-1.1	-0.1
SG-8								-0.5	1.3
SG-9									1.1

SE(Yij) =	0.62	SE(Yij-Ykl) =	0.87	SE(μ) =	0.10
SE(gi) =	0.22	SE(sij) =	0.53	SE(gi-gj) =	0.33
SE(sij-sik) =	0.81	SE(sij-skl) =	0.74		

3. 99M1 trial의 내도복성

경북 군위 지역에서 99M1 trial의 내도복성(lodging resistance)을 조사하였다. 99M1 trial에서 대비품종인 다국적 수입종(DK 689와 P3525)과 국내 표준품종(Suwon19)들을 각각 159주(plant)씩 조사한 것으로 포장에서 직접 angle을 측정하여 그 값을 기준으로 도복(1-9)을 나타내었다(표 19).

표 19 경상북도 군위에서 시험된 99M1 trial내의 대비품종(수입종, 국내 표준품종)들의 쓰러진 각도에 따른 도복 지수, 1999.

angle	rating score
1-20	1
21-50	5
51-85	9

도복(1-9) 저항성을 직접 조사한 angle 값(rating scale)을 기준으로 1-9에 의해서 표시되었고 다른 생육 특성과 이삭 특성 등을 조사하였고, 수량(g)을 조사하여 나타내었다(표 20). 도복에 매우 강한 1의 평균값은 318.5g로 가장 높은 수치였고 5의 평균값은 265.3g이었고 9의 평균값은 169.8g으로 가장 낮은 것으로 조사되었다.

표 20 경상북도 군위에서 시험된 99M1 trial내의 대비품종들의 도복지수(1-9), 생육 및 이삭 특성과 종실 수량(g), 1999.

Pedigree	Rating of lodging	PH	EH	EL	ED	KR	ROW	CIR	CW	CD	OHKW	SP	GY
DK 689	1	250	143	185	48.0	45.0	15.2	156.6	24.4	27.0	34.0	0.9	357.7
P3525		271	146	171	47.0	42.7	15.6	153.2	21.8	24.9	34.3	0.9	311.3
Suwon19		261	133	176	45.3	39.5	13.7	147.1	19.5	23.7	36.5	0.9	286.6
Mean		260	140	177	46.8	42.4	14.8	152.3	21.9	25.2	34.9	0.9	318.5
DK 689	5	253	145	173	46.0	42.5	14.9	149.4	19.0	26.2	31.0	0.9	291.0
P3525		251	138	158	44.4	38.6	14.8	146.4	16.6	23.9	31.6	0.9	245.5
Suwon19		264	139	166	45.1	38.6	13.5	148.2	18.5	24.0	35.4	0.9	259.4
Mean		255	140	166	45.2	39.9	14.4	148.0	18.1	24.7	32.7	0.9	265.3
DK 689	9	253	151	129	44.5	33.4	15.3	145.2	13.4	24.4	30.5	0.9	205.1
P3525		275	160	90	43.0	21.0	17.0	138.0	6.3	22.0	31.9	0.9	106.0
Suwon19		268	141	148	43.2	33.6	13.2	140.8	15.0	23.8	35.1	0.9	198.4
Mean		265	150	122	43.6	29.3	15.2	141.3	11.5	23.4	32.5	0.9	169.8

Rating scores(1-9): 1= highly resistant, 9= highly susceptible
 PH=plant height(cm), EH=ear height(cm), EL=ear length(mm), ED=ear diameter(mm),
 KR=kernel row(No.), ROW=ear row(No.), CIR=ear width(mm), CW=cob weight(g), CD=cob diameter(mm), OHKW=100 kernel weight(g), SP=shelling percentage, GY=grain yield(g)

내도복성의 특성을 규명하기 위하여 이용한 다국적 수입종(DK 689와 P3525)과 국내의 표준 품종(Suwon19)을 조사한 주 수는 각각 159주이며 angle, PH, EH, EL, ED, KR, ROW, CIR, CW, CD, OHKW, SP, GY 등의 평균값은 각각 28.6, 258.4, 141.7, 165.8, 45.6, 39.9, 14.6, 149.0, 18.9, 24.8, 33.4, 0.9, 275.0 등이었고, C.V.%값은 각각 66.9, 8.3, 10.0, 16.8, 5.7, 16.2, 12.3, 5.2, 25.0, 8.0, 12.2, 1.1, 24.1 등으로 조사되었고, 이들로 상관분석을 하였다. 경상북도 군위 지역(경북대학교 농장)에서 시험하여 얻어진 뿌리도복 저항성에 대한 상관분석의 결과는 상관계수 r ($\alpha=0.05$, 0.159, $\alpha=0.01$, 0.208)을 기준으로 도복(angle)과 수량(g) 사이에 -0.61의 매우 높은 유의 성이 조사되었다(표 21). 이삭속 무게(cob weight, CW)와 수량(g) 사이에 가장 높은 상관(0.82)을 보였고, 이삭열수(kernel row, KR)와 100립중(100 kernel weight(g), OHKW) 사이에는 가장 낮은 상관(-0.005)이었다.

표 21 99M1 trial 대비품종들의 도복 특성들과 종실 수량(t/ha)과의 상관관계(경북 군위, 1999).

	ANGLE	PH	EH	EL	ED	KR	ROW	CIR	CW	CD	OHKW	SP	GY
ANGLE	1												
PH	-0.05	1											
EH	0.08	0.56**	1										
EL	-0.45 **	0.11	-0.07	1									
ED	-0.35 **	0.13	0.09	0.32 **	1								
KR	-0.49 **	0.09	0.06	0.76 **	0.42 **	1							
ROW	-0.11	0.10	0.14	-0.14	0.37 **	-0.06	1						
CIR	-0.38 **	0.25**	0.12	0.33 **	0.74 **	0.37 **	0.42 **	1					
CW	-0.56 **	0.19*	-0.04	0.68 **	0.57 **	0.64 **	0.05	0.63 **	1				
CD	-0.23 **	-0.09	0.02	0.14	0.45 **	0.19 *	0.45 **	0.49 **	0.44**	1			
OHKW	-0.17 *	0.29**	0.003	0.16 *	0.17 *	-0.005	-0.45 **	0.26 **	0.40**	-0.14	1		
SP	-0.04	0.12	0.22**	-0.01	0.08	0.22 **	0.20 *	0.09	-0.32**	-0.20 *	-0.31	1	
GY	-0.61 **	0.24**	0.08	0.67 **	0.63 **	0.74 **	0.15	0.69 **	0.82**	0.37 **	0.27 **	0.17 *1	1

$r(157, 0.05) = 0.159$, $r(157, 0.01) = 0.208$
 PH=plant height, EH=ear height, EL=ear length, ED=ear diameter, KR=kernel row, ROW=ear row, CIR=ear width, CW=cob weight, CD=cob diameter, OHKW=100 kernel weight(g), SP=shelling percentage, GY=grain yield(g)

5. 5년 차 시험 (2001)

가. 2000년 겨울에 경남 밀양 비닐 온실에서 생산된 6개의 사일리지용 유망조합(3개: 후기 녹색성 우수, 3개: 종자생산 용이)을 이용하여 2001년 7개 지역(4개 축산농가, 3개 연구기관)에서 예비 농가 실증 시험을 실시했다(표 22).

나. 올해(2001년)의 경우 사료용 옥수수 농가 시험 파종을 5월 10 ~ 18일로 다소 늦게 파종(남부지방 사료용 옥수수 파종 적기: 4월 5일 ~ 10)하였으며, 4월 중순부터 5월 중순까지 남부지방의 극심한 가뭄으로 인해 옥수수 생육에 지장이 있었음. 또한 다소 늦은 옥수수 파종으로 인하여 남부지방에 흑조위축병이 다수 발생하였음(성주, 경산 등). 남부 지방의 경우 5월 중순부터 7월 말까지 흑조위축병을 일으키는 매개충인 애멸구의 발생이 가장 많이 발생하는 시기로 이시기에 옥수수를 파종할 경우 흑조위축병에 걸릴 확률이 매우 높은 것으로 사료된다. 또한 경북 군위 경북대 농장에 심은 새로운 옥수수 시험 포에 흑조 위축병이 발생해서 저항성 품종 선발이 가능하였다.

표 22 2001년 사료용 옥수수 농가시험 대상지

시험지역	축종별 사육		2000년 사료용		2001년 시험재배 작황
	두수	옥수수	재배	면적	
1 경북대 목장	젖소 40 두	1,500 평	(P3394)		재배품종인 P3394와 비슷한 수준.
2 영남대 목장	젖소 60 두	1,500 평	(NC 계통)		재배초기에 가뭄 피해를 다소 받음.
3 군위군 우보면	젖소 80 두	8,000 평	(AC 5514)		재배 초기 가뭄 피해로 작황이 좋지 않음.
4 경산시 용성면	젖소 60 두	1,700 평	(파이오니아)		재배농가의 초기 관리미비로 인한 옥수수 재배 포기, 시범 포는 양호함. 흑조위축병 다량 발생
5 성주군 초진면	젖소 50 두	10,000 평	(수원 19 호)		재배농가에 비해 우수함. 흑조위축병이 심하게 발생.
6 칠곡군 왜관읍	젖소 60 두	6,000 평	(형성옥)		재배농가에 비해 우수함
7 경북대 군위 농장	.	15,000			우수함

1) 재료 및 방법

공시품종	파종일	재식거리	시험구배치	시비량	기타
시험구-6조합 대조구-3품종	2001. 5. 10-5. 18	70 × 15 Cm	순위 배열	N-P-K=20-15-1 5 kg/10a	완전 무농약 상태

2) 연구 결과

(1) 일부 선발된 교잡종의 농가 실증 시험

(가) 생체중과 건물중

표 23 에서 보듯이 7개 지역에서 시험된 시험 품종과 대비 품종들의 생체중에 대한 전체 평균은 5.5(t/10a)이었고, 품종들간에는 서로 유의 차가 인정되지 않았다(표 24). 또한 생체중에 대한 대비 품종들의 수량은 국내육성종인 광안옥과 신교잡종 SG-1번이 평균 6.1(t/10a), SG-5, 6이 6.0(t/10a)으로 높았고, 수원 19호가 4.2(t/10a)로써 가장 낮은 수량을 보였으며($P < 0.05$), 외국 도입종인 P3223이 5.2(t/10a)이었다. 대비품종들의 생체중에 있어서 국내육성종인 광안옥과 수원 19호는 평균 31%의 수량 차이가 났는데 이것은 요약 표 1에서와 같이 올해 남부 일부 지역에서 발생한 흑조위축병에 대하여 수원 19호가 매우 약하기 때문인 것으로 판단된다. 또한 시험 지역별 평균 생체중은 흑조위축병이 가장 많이 발생한 성주와 경산은 각각 5.6과 4.7 (t/10a)이었고, 흑조위축병이 소량 발생한 왜관, 우보, 영대, 칠곡, 군위 농장은 각각 6.9, 6.3, 3.7, 4.9, 6.6 (t/10a) 이었다. 표 25 에서 시험된 품종들의 건물중에 대한 전체 평균은 2.2(t/10a)이었고, 대비품종들과 육성종들간에 유의 차가 나지 않았다(표 26).

표 23 7개 지역에서 시험된 사일리지 교잡종들의 생체중(t/10a), 2001.

Ped	성주	경산	왜관	우보	영대	칠곡	군위농장	품종평균
1	5.5	4.7	8.2	7.2	3.9	5.7	7.7	6.1 a
2	5.6	5.2	7.3	6.5	3.3	4.7	6.1	5.5 ab
3	5.8	4.1	5.5	7.3	3.2	4.5	6.2	5.2 ab
4	6.2	5.0	6.0	5.4	3.3	4.9	6.7	5.3 ab
5	6.1	4.6	8.7	5.3	4.2	5.1	7.8	6.0 a
6	6.4	5.0	7.4	7.7	4.1	4.5	6.8	6.0 a
수원19 호	2.9	3.7	6.2	5.3	2.9	3.4	4.7	4.2 b
광안옥	6.2	5.5	7.4	6.5	4.8	5.5	7.0	6.1 a
P3223	5.9	4.5	5.6	6.0	3.2	5.3	6.0	5.2 ab
지역평균	5.6	4.7	6.9	6.3	3.7	4.9	6.6	5.5

※ Duncan's multiple range test(DMRT) : Different locations are significant at $P < 0.05$

표 24 7개 지역에서 시험된 사일리지 교잡종들의 생체중에 대한 분산분석표(ANOVA)

Source	DF	SS	MS	F value	Pr > F
Cultivar	8	22.56	2.82	1.6	0.15
Error	54	95.48	1.77		
Total	62	118.05			
CV	24.07				

표 25 7개 지역에서 시험된 사일리지 교잡종들의 건물중(t/10a), 2001.

Ped	성주	경산	왜관	우보	영대	칠곡	군위농장	품종평균
1	1.8	1.5	2.6	2.2	1.8	2.0	2.8	2.1
2	2.2	1.9	2.6	2.1	1.6	1.9	2.7	2.1
3	2.4	1.6	2.1	2.5	1.5	1.8	2.7	2.1
4	2.3	1.6	2.2	1.9	1.7	1.9	3.1	2.1
5	2.3	1.6	3.0	1.6	1.8	1.9	3.0	2.1
6	2.0	1.7	2.5	2.3	1.9	1.7	3.0	2.2
수원19 호	1.3	1.5	2.3	1.8	1.5	1.5	2.2	1.7
광안옥	2.3	1.8	2.6	2.0	2.1	2.0	2.6	2.2
P3223	2.0	1.9	2.1	2.2	1.7	2.3	2.8	2.1
지역평균	2.1	1.7	2.4	2.1	1.7	1.9	2.8	2.1

※ Duncan's multiple range test(DMRT) : Different locations are significant at $P < 0.05$

표 26 7개 지역에서 시험된 사일리지 교잡종들의 건물중에 대한 분산분석표(ANOVA)

Source	DF	SS	MS	F value	Pr > F
Cultivar	8	1.12	0.14	0.69	0.70
Error	54	10.91	0.20		
Total	62	12.03			
CV	21.48				

(나) 흑조위축병

남부 지방의 옥수수 재배에 가장 문제시되는 흑조위축병에 대하여 7개 지역에서 시험한 결과에 의하면, 품종들의 전체 평균값은 4.5(1-9 범위: 1=Excellent, 9=Poor)였고, 시험 품종들간에는 고도의 유의 성이 인정되었다(표 28, $P < 0.05$). 특히 대비품종인 광안옥이 7개 지역에서 평균 2.5로 흑조위축병에 대하여 강한 저항성을 가지는 것으로 다시 증명되었고, 반면에 수원 19호는 평균 6.3으로 흑조위축병에 매우 약한 것으로 판명되었다. 또한 신육성 교잡종들의 흑조위축병 저항성 정도는 광안옥 보다는 저항성이 떨어지나 수원 19호 보다는 우수하며, 도입종인 P3223과는 저항성 정도에 있어서 차이가 나지 않았다(표 27). 특히 7개 시험 지역들 중에서 흑조위축병이 대량으로 발생한 경상북도 성주와 경상에서 수원 19의 조사 수치는 각각 8로서 거의 절반 이상이 흑조위축병에 이병된 것으로 나타났으며, 수량 면에서도 많은 감소를 나타내었다.

표 27 7개 지역에서 시험된 사일리지 교잡종들의 흑조위축병 달관조사 수치, 2001.

Ped	성주	경산	왜관	우보	영대	칠곡	군위농장	품종평균
1	5.0 ¹	5.0	3.0	5.0	5.0	3.3	3.8	4.6 b
2	4.0	5.0	3.0	4.8	3.0	3.8	4.0	4.0 b
3	3.0	3.0	6.0	4.3	4.0	3.3	4.0	4.1 b
4	4.0	5.0	3.0	4.5	5.0	3.0	2.0	4.3 b
5	5.0	4.0	4.0	6.5	5.0	3.8	4.0	4.9 b
6	6.0	4.0	4.0	5.0	4.0	3.5	3.5	4.6 b
수원19 호	8.0	8.0	5.0	6.3	4.0	6.3	5.5	6.3 a
광안옥	2.0	2.3	2.0	4.0	2.0	3.0	3.3	2.5 c
P3223	5.0	6.0	5.0	4.3	5.0	3.3	3.8	5.1 b
지역평균	4.7	4.7	3.9	4.9	4.1	3.7	3.8	4.5

※ Duncan's multiple range test(DMRT) : Different locations are significant at $P < 0.05$

1 : 1-9 범위; 1 = 아주 좋음, 9 = 아주 심함

표 28 7개 지역에서 시험된 사일리지 교잡종들의 흑조위축병에 대한 분산분석표(ANOVA)

Source	DF	SS	MS	F value	Pr > F
Cultivar	8	48.01	6.00	5.84	< .0001
Error	54	55.49	1.03		
Total	62	103.49			
CV		23.81			

표 29의 흑조위축병 발생률을 보면 전체 교잡종들의 평균은 11.0%로 예년에 비하여 흑조위축병이 많이 발생한 것으로 볼 수 있다. 육성교잡종들과 대비품종들의 흑조위축병 전체 평균 발병률을 보면, 먼저 대비품종들중에서는 광안옥이 3.1(%)로서 저항성이 높았고, 그 다음이 육성종인 SG-1이 6.2(%), SG-3이 7.8(%)인 반면에 도입종인 P3223이 12.9(%)를 나타내었으며, 수원 19호가 23.8(%)로 가장 높은 발병률을 나타내었다. 육성종들 중에서 SG-1이 6.2(%)로 광안옥 다음으로 높은 저항성을 나타내었고, 그 다음이 SG-3이 7.8(%)를 나타내었다. 특히 흑조위축병이 대량으로 발생한 성주와 경산에서는 수원 19호의 발병률이 각각 52.7, 33.3(%)로 거의 절반이 흑조위축병에 이병된 것으로 나타났다.

표 29 7개 지역에서 시험된 사일리지 교잡종들의 흑조위축병 발생률(%), 2001.

Ped	성주	경산	왜관	우보	영대	칠곡	군위농장	품종평균
1	11.3	10.3	1.4	4.3	3.6	2.3	1.3	6.2
2	15.3	16.7	5.4	3.7	6.6	2.6	0.7	9.5
3	12.0	6.0	12.2	2.3	6.6	2.3	1.0	7.8
4	15.7	15.7	2.7	2.7	9.0	2.6	0.0	9.2
5	34.7	3.0	5.4	8.0	11.6	3.6	1.3	12.5
6	23.7	17.0	9.5	7.0	11.3	1.0	0.3	13.7
수원19 호	52.7	33.3	13.5	4.3	15.3	1.6	4.3	23.8
광안옥	2.7	1.0	5.4	5.0	1.3	1.3	0.3	3.1
P3223	26.7	13.3	6.8	5.7	12.0	1.0	1.3	12.9
지역평균	21.6	12.9	6.9	4.8	8.6	2.0	1.2	11.0

※ Duncan's multiple range test(DMRT) : Different locations are significant at P < 0.05

1 : 1-9 범위; 1 = 아주 좋음, 9 = 아주 심함

표 30 에서 흑조위축병 발생과 수량과의 관계를 보면 흑조위축병 다량 발생지(성주, 경산)의 흑조위축병 조사 수치 평균은 4.7인 반면, 흑조위축병 소량 발생지의 평균은 4.1 이었다. 또한 대비품종 수원 19호의 경우 흑조위축병 다량 발생지의 평균 조사 수치는 8.0인데 비하여 소량 발생지의 평균 조사 수치는 5.4이었다. 광안옥의 경우 각각 2.2와 2.9를 나타내어 크게 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 흑조 위축병 다량 발생지에서는 육성종 SG-3이 평균 3.0으로 광안옥 다음으로 흑조위축병에 저항성을 가지는 것으로 나타났으며, 소량 발생지에서는 SG-2, 4가 각각 3.7과 3.5의 값을 나타내었다. 한편 흑조위축병이 다량 발생시의 시험 품종들(대비품종과 육성종)의 평균 생체중은 5.2(t/10a)이고, 소량 발생 시에는 5.7(t/10a)로 평균 8.8(%)의 수량 감소가 있는 것으로 나타났다. 또한 흑조 위축병에 이병성인 수원 19의 경우 흑조위축병이 다량 발생 시에 평균 3.3(t/10a)과 소량 발생 시에 4.5(t/10a)로 약 26.7(%)의 수량 감소율을 나타내었다. 또한 건물중에서도 흑조위축병 발생률에 따라 평균 26.3(%)의 수량 감소가 있는 것으로 나타났다. 반면에 광안옥의 경우 생체중과 건물중에 있어서 수량 감소율이 미약한 것으로 나타나 흑조위축병이 많이 문제시되는 일부 남부 지방에서는 사일리지 옥수수로 수원 19호 보다는 광안옥이 좀 더 적합한 것으로 사료되나 현재 광안옥의 종자생산이 중단됨에 따라(종자생산의 어려움 때문) 새로운 친환경적 내병충성 안전다수성 교잡종의 육성이 시급하다(요약 표3).

또한 육성종들 중에서는 흑조위축병 다발생지에서 생체중은 SG-6이 5.7(t/10a)로 가장 높았고, 소발생지에서는 SG-1이 6.5(t/10a)로 높았다. 또한 건물중에 있어서는 흑조위축병

다발생시 SG-2,3이 각각 2.0(t/10a)을 보였으며, 소발생시에는 SG-1,6이 각각 2.3(t/10a)으로 높았다(표 30).

표 30 7개 지역에서 시험된 사일리지 교잡종들의 흑조위축병 발생과 수량과의 관계, 2001.

Ped	흑조위축병(BSV)		생체중			건물중		
	BSV	BSV	BSV	BSV	수량	BSV	BSV	수량
	다 발생 (1-9)	소 발생 (1-9)	다 발생 (t/ha)	소 발생 (t/ha)	감소율 (%)	다 발생 (t/ha)	소 발생 (t/ha)	감소율 (%)
1	5.0	4.0	5.1 ab	6.5	22.5	1.6	2.3	28.2
2	4.5	3.7	5.4 a	5.6	2.7	2.0	2.2	5.6
3	3.0	4.3	5.0 ab	5.3	7.3	2.0	2.1	6.3
4	4.5	3.5	5.6 a	5.2	-6.0	1.9	2.2	10.2
5	4.5	4.7	5.3 a	6.2	14.1	1.9	2.2	13.2
6	5.0	4.0	5.7 a	6.1	5.8	1.8	2.3	19.6
수원19 호	8.0	5.4	3.3 b	4.5	26.3	1.4	1.9	22.6
광안옥	2.2	2.9	5.8 a	6.2	-1.5	2.1	2.3	0.3
P3223	5.5	4.3	5.2 ab	5.2	0.6	2.0	2.2	10.9
지역평균	4.7	4.1	5.2	5.7	7.9	1.9	2.2	12.9

※ Duncan's multiple range test(DMRT) : Different locations are significant at $P < 0.05$
 1 : 1-9 범위; 1 = 아주 좋음, 9 = 아주 심함

아래 그림 1과 2는 각각 흑조위축병 발병과 그에 따른 생체중과 건물중의 관계를 나타낸 그림이다. 흑조위축병의 발병 정도에 따라 시험품종들의 수량에 영향을 미치는 것을 알 수 있다(그림 1, 2).

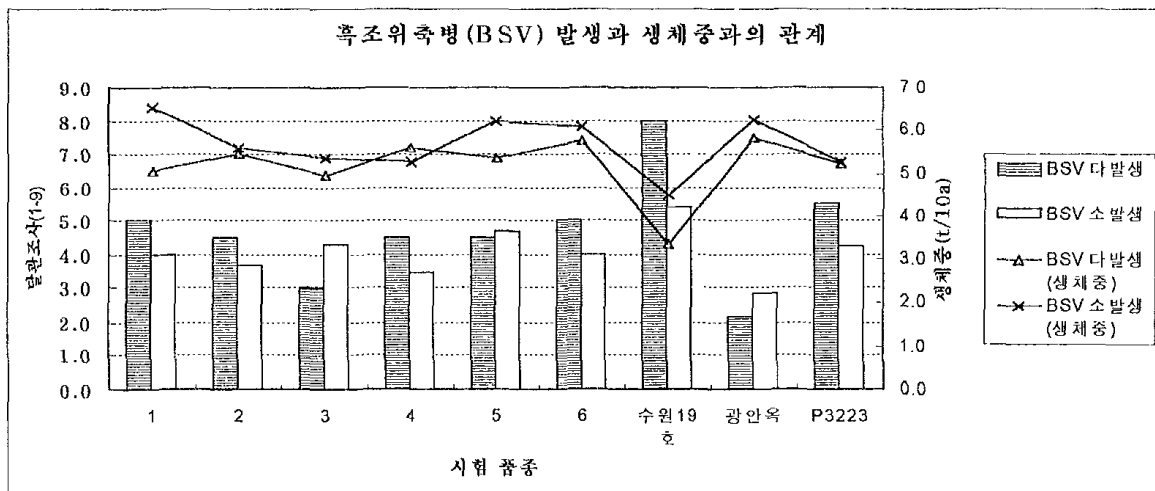


그림 1 7개 지역에서 시험된 사일리지 교잡종들의 흑조위축병 발생에 따른 생체중의 변화, 2001.

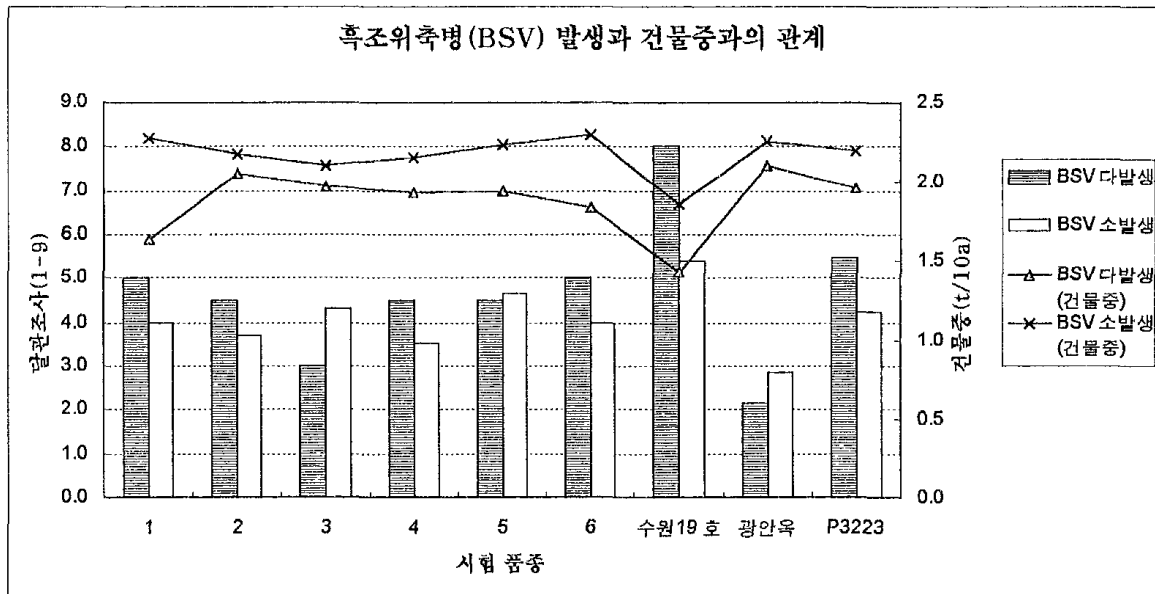


그림 2 7개 지역에서 시험된 사일리지 교잡종들의 흑조위축병 발생에 따른 건물중의 변화, 2001.

(다) 조명나방

올 해(2001) 옥수수 재배에서 2 번째로 가장 문제시되는 생물학적 문제(biotic stress)요소가 조명나방 [European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Hübner)] 이었다. 조명나방은 옥수수의 모든 부분에 피해를 주는데, 6월 중순경에 제1화기가 발생하고, 제2화기는 7월 하순경에 발생한다. 제1화기의 조명나방은 밭에서 자라는 옥수수 중에서 생육이 빠른 옥수수에 가장 많이 발생하며, 제2화기의 조명나방은 가장 어린 옥수수에 많이 발생한다. 제1화기의 애벌레는 잎을 갉아먹으며, 제2화기에는 줄기, 수꽃, 이삭 속, 옥수수알, 이삭자루에 침입한다. 시험 지역에서 조사결과의 전체 평균값은 4.4(1-9 범위: 1=Excellent, 9=Poor)이고, 시험품종들간에 유의 성이 존재하지 않았다(표 31).

표 31 7개 지역에서 시험된 사일리지 교잡종들의 조명나방에 대한 분산분석표(ANOVA)

Source	DF	SS	MS	F value	Pr > F
Cultivar	8	17.68	2.21	1.99	0.066
Error	54	60.07	1.11		
Total	62	77.75			
CV		24.43			

표 32 에서 7개 시험 지역의 조명나방에 대한 평균값은 대비 품종인 광안옥이 3.9이고 수원 19호와 P3223이 각각 5.0을 나타내었다. 반면에 육성종 중에서 SG-1은 3.4로써 조명나방에 대하여 가장 저항성이 높은 것으로 나타났다. 각 지역별 조사 결과를 보면 대비품종

들 중 수원 19호와 P3223이 조명나방에 대하여 약한 것을 알 수 있는데, 특히 외국 도입종인 P3223의 경우 경산과 영남대학교에서 각각 7.0과 6.0으로 조명나방에 아주 약했다. 따라서 조명나방에 강한 국내적응 저항성 품종이 시급하다.

표 32 7개 지역에서 시험된 사일리지 교잡종들의 조명나방에 대한 달관조사(1-9), '2001.

Ped	성주	경산	왜관	우보	영대	칠곡	군위농장	품종평균
1	3.0 ¹	4.0	3.0	4.0	3.0	3.3	3.3	3.4 c
2	4.0	6.0	4.0	4.0	4.0	6.0	3.5	4.4 abc
3	6.0	7.0	4.0	3.8	4.0	7.3	4.8	5.0 a
4	5.0	5.0	3.0	4.8	4.0	3.3	4.0	4.4 abc
5	3.0	5.0	4.0	4.5	5.0	4.0	3.5	4.3 abc
6	4.0	6.0	4.0	3.8	6.0	3.3	3.3	4.8 abc
수원19 호	3.0	6.0	6.0	4.8	5.0	5.0	3.8	5.0 ab
광안옥	4.0	3.0	5.0	3.3	4.0	3.5	3.3	3.9 bc
P3223	4.0	7.0	3.0	5.0	6.0	3.3	3.5	5.0 abc
지역평균	4.0	5.4	4.0	4.2	4.6	4.3	3.6	4.4

※ Duncan's multiple range test(DMRT) : Different locations are significant at $P < 0.05$

1 : 1-9 범위; 1=Excellent, 9=Poor

또한 표 33의 조명나방의 발병률을 보면 시험품종들의 총 평균 발병률은 10.3(%)으로 나타났다. 특히 도입종인 P3223이 14.1(%)로 국내 육성종인 수원 19호와 광안옥(각각 6.7, 7.8)에 비하여 약한 것을 알 수 있다. 특히 조명나방이 많이 발생한 지역으로는 경산과 왜관, 칠곡 등이 있는데 이곳의 조명나방 발병률 평균은 각각 13.8, 12.9, 18.6(%)을 나타내었다. 또한 육성종들 중에서 SG-4와 5가 각각 10.2(%)와 4.7(%)로 낮게 나타났다.

표 33 7개 지역에서 시험된 사일리지 교잡종들의 조명나방 발병률(%), 2001.

Ped	성주	경산	왜관	칠곡	군위농장	mean
1	5.7	15.7	16.2	17.0	0.3	11.0
2	6.3	11.3	6.8	27.0	0.7	10.4
3	8.0	19.7	23.0	34.0	2.0	17.3
4	7.3	14.0	12.2	14.0	3.3	10.2
5	2.3	6.0	1.4	13.0	1.0	4.7
6	1.3	15.7	16.2	18.0	1.0	10.4
수원19 호	1.0	5.7	8.1	15.0	3.7	6.7
광안옥	1.7	9.0	14.5	12.0	1.7	7.8
P3223	7.7	26.7	17.6	17.0	1.7	14.1
지역평균	4.6	13.8	12.9	18.6	1.7	10.3

(라) 진딧물(*Rhopalosiphum padi*)

최근 국내에서 크게 발생하고 있는 또 다른 생물학적 문제인 진딧물은 사일리지 옥수수의 질을 떨어뜨리고 옥수수의 화분 생산시 숫 꽃에 발생하면 화분의 생산을 저해하여 수정률을 떨어뜨린다. 진딧물에 대한 조사결과로 품종들의 전체 평균은 4.1(1-9 범위; 1=Excellent, 9=Poor)을 나타내었고, 시험 품종들간에 유의 성이 존재하지 않았다(표 34).

표 34 7개 지역에서 시험된 사일리지 교잡종들의 진딧물에 대한 분산분석표(ANOVA).

Source	DF	SS	MS	F value	Pr > F
Cultivar	8	11.12	1.39	1.61	0.190
Error	18	15.59	0.87		
Total	26	26.71			
CV		22.47			

반면 대비품종들 중에서 수원 19호가 4.7로써 진딧물에 약한 것으로 판명되고, 광안옥이 3.7 정도였다. 육성종들 중에서는 SG-1이 3.3으로 가장 저항성이 높았고 대비품종인 P3223 과 같은 수준으로 나타났다. 지역별 조사결과를 보면 왜관(4.1), 칠곡(4.0), 군위(4.2)의 값을 나타내었다(표 35).

표 35 7개 지역에서 시험된 사일리지 교잡종들의 진딧물에 대한 달관조사(1-9), 2001.

Ped	왜관	칠곡	군위농장	품종평균
1	3.0 ¹	4.0	3.0	3.3 b
2	5.0	4.8	3.8	4.5 ab
3	4.0	4.3	4.0	4.1 ab
4	3.0	3.3	5.3	3.8 ab
5	5.0	3.3	4.5	4.3 ab
6	7.0	4.3	5.0	5.4 a
수원19 호	3.0	5.3	5.8	4.7 ab
광안옥	4.0	4.0	3.0	3.7 ab
P3223	3.0	3.3	3.8	3.3 b
지역평균	4.1	4.0	4.2	4.1

※ Duncan's multiple range test(DMRT) : Different locations are significant at $P < 0.05$

1 : 1-9 범위; 1=Excellent, 9=Poor

(마) 후기녹체성(Stay-green)

사일리지 옥수수의 주요 형질중 하나인 후기녹체성에 대하여 7개 시험 지역에서 조사된 품종들의 전체 평균값은 3.9이었고 시험품종들간에 고도의 유의 성이 인정되었다(표 36).

표 36 7개 지역에서 시험된 사일리지 교잡종들의 후기녹체성에 대한 분산분석표(ANOVA).

Source	DF	SS	MS	F value	Pr > F
Cultivar	8	49.96	6.24	8.81	<.0001
Error	54	38.29	0.71		
Total	62	88.25			
CV		22.11			

육성종 중에서 SG-1은 2.2(1-9 범위; 1=Excellent, 9=Poor)로서 가장 높은 후기녹체성을 나타내었으며, 다른 병해충에도 강한 저항성을 나타내었다. 대비품종들 중에서는 P3223이 3.1로 가장 높은 후기녹체성을 나타내었고, 그 다음이 광안옥으로 3.8, 그리고 수원 19호가 5.7로 시험 품종들 중에서 가장 후기녹체성이 낮았다(표 37).

표 37 7개 지역에서 시험된 사일리지 교잡종들의 후기녹체성에 대한 달관조사(1-9), 2001.

Ped	성주	경산	왜관	우보	영대	칠곡	군위농장	품종평균
1	2.0 ¹	2.0	2.0	3.0	2.0	3.0	2.0	2.3 d
2	3.0	3.0	6.0	3.8	4.0	3.8	3.5	3.9 bc
3	4.0	6.0	4.0	3.5	4.0	3.8	3.5	4.1 b
4	3.0	5.0	4.0	5.3	4.0	3.3	3.5	4.0 bc
5	4.0	4.0	6.0	4.3	3.0	3.0	3.5	4.0 bc
6	4.0	3.0	4.0	3.3	5.0	3.0	2.8	3.6 bc
수원19 호	6.0	6.0	6.0	6.3	4.0	6.0	6.3	5.8 a
광안옥	3.0	3.0	6.0	2.8	4.0	3.0	3.3	3.6 bc
P3223	3.0	3.0	3	3.3	3.0	3.0	3.0	3.0 cd
지역평균	3.6	3.9	4.6	3.9	3.7	3.5	3.5	3.8

※ Duncan's multiple range test(DMRT) : Different locations are significant at $P < 0.05$

1 : 1-9 범위; 1=Excellent, 9=Poor

(바) 도복

사일리지 옥수수 기계 수확시 가장 문제시되는 것이 도복이다. 금년도에는 태풍이 적게 발생하여 도복 피해가 경미한 해였다. 그러나 1999년에는 뿌리도복(root lodging)이, 2000년도에는 줄기도복(stalk lodging)이 크게 문제가 되었다. 7개 시험지역중 도복이 발생한 4개 지역의 결과는 전체 평균값이 4.0(1-9 범위; 1=Excellent, 9=Poor)이고, 품종들간에 유의성이 없는 것으로 나타났다(표 38).

표 38 4개 지역에서 시험된 사일리지 교잡종들의 진딧물에 대한 분산분석표(ANOVA).

Source	DF	SS	MS	F value	Pr > F
Cultivar	8	21.82	2.73	1.57	0.182
Error	27	47.05	1.74		
Total	35	68.88			
CV		33.16			

시험 지역중 왜관에서 가장 도복이 심했고, 육성종 중에는 SG-1과 SG-6을 제외하고는 도복이 문제가 될 수 있음이 입증된다. 육성종 중에서 SG-1이 2.8로서 가장 높은 저항성을 나타내었다. 반면에 대비품종들 중에서는 광안옥과 P3223이 각각 3.5와 3.1로 도복 저항성을 나타낸 반면에 수원 19호는 5.1로 낮은 수치를 나타내었다. 각 시험 지역 중에서 경상북도 왜관의 경우 다른 지역에 비해 도복이 많이 발생하였다. 이중에서 도복 저항성인 품종은 대비품종들중에서 광안옥과 P3223이 각각 3.0으로 강한 도복 저항성을 나타낸 반면에 육성종들 중에서 SG-1은 2.0으로 고도의 도복 저항성을 나타내어 대비품종인 광안옥, P3223 보다 더욱더 도복 저항성인 품종이 육성되고 있는 것을 알 수 있다(표 39).

표 39 4개 지역에서 시험된 사일리지 교잡종들의 도복에 대한 달관조사(1-9), '2001.

Ped	성주	왜관	칠곡	군위농장	품종평균
1	3.0 ¹	2.0	3.0	3.0	2.8 b
2	3.0	7.0	5.8	4.3	5.0 a
3	3.0	7.0	3.5	3.5	4.3 ab
4	3.0	6.0	3.0	3.5	3.9 ab
5	3.0	8.0	3.5	3.8	4.6 ab
6	4.0	4.0	3.0	3.3	3.6 ab
수원19 호	4.0	5.0	5.0	6.5	5.1 a
광안옥	4.0	3.0	3.8	3.3	3.5 ab
P3223	3.0	3.0	3.0	3.5	3.1 ab
지역평균	3.3	5.0	3.7	3.8	4.0

※ Duncan's multiple range test(DMRT) : Different locations are significant at $P < 0.05$

1 : 1-9 범위; 1=Excellent, 9=Poor

(사) 사일리지 상품성

시험된 옥수수의 일반특성 중 종합적으로 가장 중요한 특성이 상품성(commercial value)으로서 포장상태에서 직접 생육상황을 보고 1-9의 조사치(rating scale)로 표시한다. 따라서 위의 특성들을 최종적으로 종합해보면 결국은 사일리지로서 적합한 최종 상품성을 판단하게 되는데 이 상품성에 대하여 표 13에서 보는 바와 같이 전체 품종의 평균 상품성 값은 3.8(1-9 범위; 1=Excellent, 9=Poor)을 나타내었고, 품종들간에 고도의 유의 성이 있는 것을 알 수 있다(표 40).

표 40 7개 지역에서 시험된 사일리지 교잡종들의 상품성에 대한 분산분석표(ANOVA).

Source	DF	SS	MS	F value	Pr > F
Cultivar	8	15.28	1.91	4.19	0.001
Error	54	24.59	0.46		
Total	62	39.87			
CV		17.58			

대비품종들 중에서 광안옥과 P3223이 상품성 면에서 각각 3.1과 3.3을 나타내어 우수한 것으로 나타났고, 육성종들 중에는 SG-1과 4, 6이 각각 3.2, 3.7, 3.8로 우수한 것으로 나타났다. 특히 SG-1은 대비품종인 광안옥과 P3223과 사일리지 상품성 면에서 차이가 없었으며, 우수한 특성을 나타내었다. 또한 이들 육성종들(SG-1, 4, 6)은 내년도 지방 연락 시험을 위하여 동계 종자생산에 들어간 상태이다. 따라서 본 시험을 통하여 보다 친환경적이고 내병충성 안전 다수성 사일리지 품종의 육성이 이루어지고 있음을 본 연구 결과를 통하여 알 수 있다(표 41).

표 41 7개 지역에서 시험된 사일리지 교잡종들의 상품성에 대한 달관조사(1-9), 2001.

no	성주	경산	왜관	우보	영대목장	칠곡	군위농장	품종평균
1	3.7 ¹	2.7	2.6	3.0	4.0	3.3	3.3	3.2 c
2	3.8	3.8	5.4	4.5	4.8	4.2	3.8	4.3 ab
3	3.9	4.5	4.5	4.5	4.3	4.0	3.8	4.2 ab
4	2.7	4.0	3.9	4.0	4.0	3.0	4.3	3.7 bc
5	3.8	4.2	6.9	3.5	4.2	3.3	3.0	4.1 ab
6	4.0	5.0	3.8	3.3	4.7	3.0	3.1	3.8 abc
수원19	4.6	5.3	5.4	4.0	4.2	4.8	4.0	4.6 a
광안옥	2.7	3.2	3.1	3.3	3.5	3.2	3.1	3.1 c
P3223	3.5	3.7	2.6	3.8	3.8	2.5	3.4	3.3 c
지역평균	3.6	4.0	4.2	3.8	4.2	3.5	3.5	3.8

※ Duncan's multiple range test(DMRT) : Different locations are significant at $P < 0.05$

1 : 1-9 범위; 1=Excellent, 9=Poor

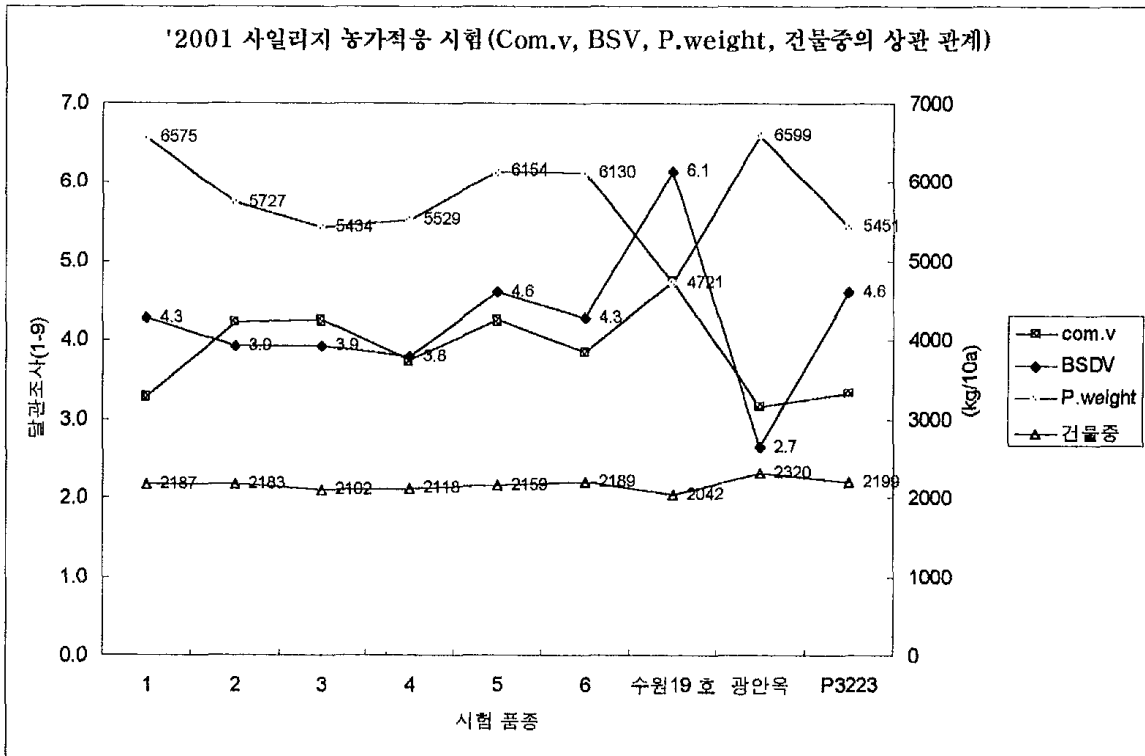


그림 3 2001년 사일리지 예비 농가실증 시험에서의 상품성, 흑조위축병 발생과 생체중, 건물중의 관계(7개 시험지역 종합).

※ com.v: 상품성, BSDV: 흑조위축병, P.weight: 생체중

그림 3에서 보면 시험교잡종들의 수량과 상품성이 흑조위축병 지수와 서로 상관이 있는 것을 알 수 있다.

(2) 흑조위축병에 강한 신교잡종 지방 적응 시험 및 선발

2001년 봄에 강원도 4지역(홍천, 평창, 양구, 철원), 경북 1지역(군위 경북대 농장)에서 흑조위축병 저항성 신교잡종 지방 적응 시험을 한 결과 강원도 홍천에서 23조합, 평창에서 5조합, 양구에서 16조합, 경북 군위에서 58조합을 선발하였다. 이중에서 5지역에서 모두 흑조위축병 및 사일리지로서 우수한 조합 8개를 선발하였으며, 선발된 8개 조합에 대해 결과 분석 및 지역 적응성 본 시험을 위해 올 10월 말에 경남 밀양에 있는 비닐 온실에 종자생산을 위한 파종을 하였다. 선발된 조합의 결과는 아래와 같다.

(가) 초기생육

표 42 에서 5개 지역에서 선발된 육성종과 대비 품종들의 초기생육에 대한 전체 평균은 3.1(1-9 범위; 1=Excellent, 9=Poor)이었고, 변이계수(C.V.)는 23.6 이었다. 초기 생육에 대하여 육성종 중에 259-32가 1.3으로 가장 높은 값을 나타냈으며, 그 다음이 71-30,

133-32, 255-13이 각각 2.0을 나타내었다. 반면에 대비품종들의 초기생육에 대단 조사 값은 수원19호가 3.2를 나타냈으며, 그 다음이 P3394와 광안옥이 각각 3.6의 값을 나타내었다.

(나) 착수고 와 간장

착수고(옥수수의 첫 이삭이 달린 높이)의 경우 육성종과 대비품종들간에 차이가 나지 않았고, 전체 평균은 121 cm를 나타내었다(표 42). 간장(지면에서 옥수수 숫 꽃이 시작되는 지점까지의 높이)의 경우 육성종과 대비품종들간에 유의 차가 인정되었고, 전체 평균은 228 cm 이었고, 변이계수는 8.8을 나타내었다. 간장의 경우 육성종 중에 71-30이 263 cm로 가장 컸으며, 대비품종들중에서는 P3394가 225 cm로 작았다. 또한 키가 큰 옥수수가 사일리지용으로 다소 유리하나, 착수고가 너무 높을 경우 도복이 될 수도 있다.

(다) 이삭 포엽과 후기녹체성

사일리지용 보다는 곡실용으로 중요한 특성인 이삭 포엽의 상태에 대하여 육성종과 대비품종들 전체 평균은 4.2(1-9 범위: 1=Excellent, 9=Poor)였고, 변이계수는 16.5를 나타내었다(표 42). 이삭 포엽이 벌어지면 벌레들의 침범이 쉽고, 또 이삭 썩음 병에 잘 걸린다. 이삭 포엽의 상태에 대하여 육성종 중에서 133-32가 2.3으로 가장 우수하였으며, 대비품종들 중에서는 광안옥이 3.8로 높았고, 그 다음 수원19호가 4.4, P3394가 5.2의 값을 나타내었다. 사일리지 옥수수의 중요 특성중 하나인 후기녹체성에 대하여 교잡종들간에 전체 평균은 3.1(1-9 범위: 1=Excellent, 9=Poor) 이었고, 변이 계수는 20.6을 나타내었다(표 39). 후기녹체성에 대하여 육성종 중에서 71-30, 371-1, 150-8이 각각 2.3으로 가장 높은 값을 나타내었으며, 그 다음이 133-32와 296-14가 각각 2.7의 값을 나타내었다. 반면에 대비품종들 중에서는 국내 육성종인 광안옥이 3.3을 나타냈으며, 수원 19호가 5.1로서 가장 낮은 값을 나타내었다.

표 42 5년 차에 최종 선발된 우수 사일리지용 조합들의 생육 특성(2001).

E.N	교잡종	초기생육 (1-9) ¹	착수고 (cm)	간장 (cm)	포엽 (1-9)	후기녹체성 (1-9)
1	71-30	2.0 cd	118	263 a	3.7 c	2.3 c
2	133-32	2.0 cd	104	201 c	2.3 d	2.7 cb
3	296-14	3.0 bc	123	220 bc	4.0 bc	2.7 cb
4	371-1	5.0 a	137	177 d	4.3 bc	2.3 c
5	150-8	5.7 a	130	252 ab	3.7 c	2.3 c
6	198-4	3.0 bc	130	243 ab	4.3 bc	3.0 cb
7	259-32	1.3 d	132	227 abc	5.7 a	3.0 cb
8	255-13	2.0 cd	108	240 ab	5.0 abc	3.7 b
9	수원19	3.2 bc	114	231 abc	4.4 bc	5.1 a
10	P3394	3.6 b	109	225 abc	5.2 ab	3.8 b
11	광안옥	3.6 b	128	227 abc	3.8 c	3.3 cb
	Mean	3.1	121	228	4.2	3.1
	C.V.	23.6	16.2	8.8	16.5	20.6

※ Duncan's multiple range test(DMRT) : Different locations are significant at P < 0.05

1 : 1-9 범위; 1=Excellent, 9=Poor

(라) 흑조위축병

올해 일부 남부지방 옥수수 재배에 가장 문제시되었던 생물학적 문제(biotic stress) 중 하나인 흑조위축병은 옥수수 생육에 큰 영향을 미친다. 앞에 표 30 에서와 같이 흑조위축 병에 이병 되면 저항성 정도에 따라 약 30~40%의 수량 감소를 유발하게 된다. 표 43에서 육성종과 대비품종들의 흑조위축병에 대한 전체 평균은 3.6(1-9 범위; 1=Excellent, 9=Poor)이었고, 변이계수는 31.9를 나타내었다. 선발된 육성종과 대비품종들의 흑조위축병 저항성 정도에 있어서 육성종인 71-30이 2.0으로 가장 높은 저항성을 나타냈으며, 그 다음이 대비품종들 중에서 광안옥이 2.6을 나타내었다. 반면에 대비품종들 중에서 수원19호는 6.7로서 가장 낮은 값을 보였다.

(마) 조명나방

또한 흑조위축병과 더불어 올해 옥수수 재배에 큰 문제점 중 하나였던 조명나방에 대한 결과를 보면 육성종과 대비품종들의 전체 평균은 4.4(1-9 범위; 1=Excellent, 9=Poor)이고, 변이계수는 22.5를 나타내었다(표 43). 조명나방 피해에 있어서 육성종 중에서 371-1이 3.0으로 가장 높은 저항성을 나타낸 반면에 대비품종들중 수원19호는 6.0으로 가장 낮은 값을 나타내었다.

(바) 호마엽고병

기온이 고온, 다습한 지역에서 많이 발생하는 호마엽고병에 대하여 육성종과 대비품종들의 전체 평균은 4.1이고, 변이계수는 9.7을 나타내었다(표 43). 올해의 경우 식용 옥수수에서는 호마엽고병이 다소 많이 나타났었던 반면에 종실 및 사일리지용에는 크게 발생하지 않았다. 육성종 중에서 133-32가 3.3으로 호마엽고병에 가장 높은 저항성을 나타냈으며, 대비품종인 수원19호와 수입종 P3394는 각각 6.9와 6.3으로 호마엽고병에 약한 것으로 나타났다.

(사) 진딧물과 문고병

최근에 옥수수 재배에 문제점중 하나로 나타나고 있는 것이 진딧물 피해이다. 육성종과 대비품종들의 전체 평균은 3.9(1-9 범위; 1=Excellent, 9=Poor)이고, 변이 계수는 29.5를 나타내었다(표 43). 진딧물 피해에 대하여 육성종인 259-32와 대비품종인 광안옥이 각각 2.3과 2.9로 높은 저항성을 나타낸 반면에, 수원19호와 P3394는 각각 4.1과 4.0을 나타내었다. 옥수수의 줄기가 썩어 들어가는 병인 문고병에 대한 조사 결과에 있어서 전체 평균은 2.1이고, 변이계수는 6.5를 나타내었다. 또한 문고병에 대하여 수원19(2.9)호를 제외한 나머지 육성종과 대비품종들간에 차이(2.0~2.1)가 나지 않았다. 이처럼 위의 표 21과 22에서 알 수 있듯이 각각의 병충해에 대하여 대비품종 보다 우수한 저항성을 가지는 육성종들이 연구 및 육성되고 있다.

(아) 상품성

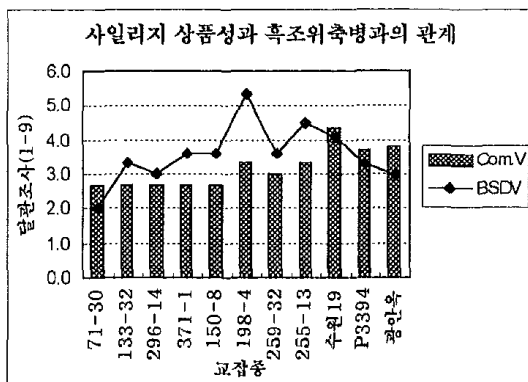
선발된 육성종과 대비품종들간의 사일리지 상품성에 대하여 전체 평균은 3.2였고, 품종들간의 변이계수는 16.2를 나타내었다(표 43). 상품성에 대하여 육성종 중에서 71-30, 133-32, 296-14, 371-1, 150-8이 각각 2.7로서 가장 높은 값을 나타낸 반면에 대비품종들은 P3394가 3.7을 나타내었고, 광안옥이 3.8, 수원19호가 4.4로써 가장 낮은 상품성을 나타내었다.

표 43 사일리지용으로 선발된 조합들의 병·충해(2001).

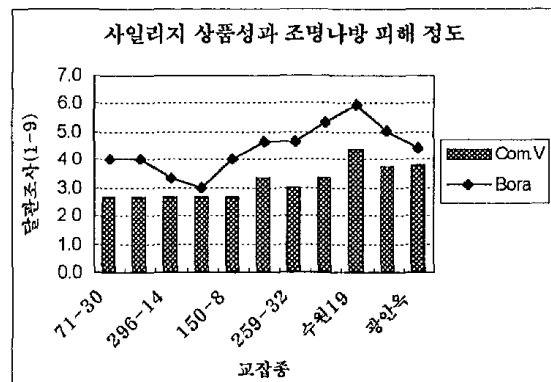
E.N	교잡종	흑조위축병 (1-9) ¹	조명나방 (1-9)	호마엽고병 (1-9)	진딧물 (1-9)	문고병 (1-9)	상품성 (1-9)
1	71-30	2.0 d	4.0 bcd	4.0 bc	5.7 a	2.0 b	2.7 c
2	133-32	3.3 bcd	4.0 bcd	3.3 c	3.3 b	2.0 b	2.7 c
3	296-14	3.0 cd	3.3 cd	4.0 bc	4.0 ab	2.0 b	2.7 c
4	371-1	3.6 bcd	3.0 d	4.1 ab	4.3 ab	2.1 b	2.7 c
5	150-8	3.6 bcd	4.0 bcd	4.1 ab	4.0 ab	2.1 b	2.7 c
6	198-4	5.3 ab	4.7 abcd	4.4 ab	4.3 ab	2.0 b	3.3 bc
7	259-32	3.6 bcd	4.7 abcd	4.1 ab	2.3 b	2.1 b	3.0 bc
8	255-13	4.5 bc	5.3 ab	4.1 ab	3.7 ab	2.1 b	3.3 bc
9	수원19	6.7 a	6.0 a	4.8 a	4.1 ab	2.9 a	4.4 a
10	P3394	3.3 bcd	5.1 abc	4.4 ab	4.0 ab	2.0 b	3.7 ab
11	광안옥	2.6 cd	4.4 abcd	3.9 bc	2.9 b	2.0 b	3.8 ab
	Mean	3.6	4.4	4.1	3.9	2.1	3.2
	C.V.	31.9	22.5	9.7	29.5	6.5	16.2

※ Duncan's multiple range test(DMRT) : Different locations are significant at P < 0.05

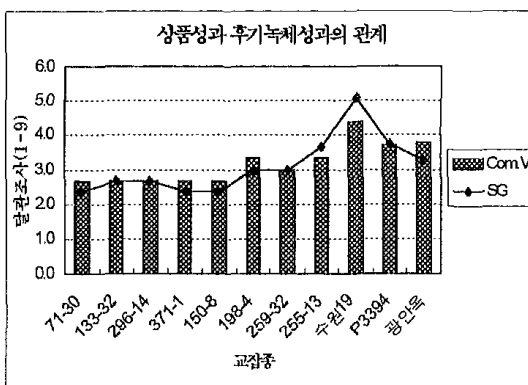
1 : 1-9 범위; 1=Excellent, 9=Poor



(a)



(b)



(c)

그림 4 2001년 사일리지 지역 적응성 시험에서 선발된 교잡종들의 상품성과 흑조위축병, 조명나방 및 후기 녹색성과의 관계

(3) 새로운 바이러스 병(MMV ?) 발생

본 연구 결과에서 특이한 사항은 경북 군위 농장에서 흑조위축병에 강한 광안옥 품종이 새로운 바이러스 병에 의해서 큰 피해를 본 것이다. 병명은 아직 확인이 되지 않았는데 그 피해 증상을 보아 아마도 열대지방에서 옥수수과 사탕수수 등에서 나오는 Maize Mosaic Virus(MMV)인 듯 하다. 이병에 감염된 이병 식물체를 여러 곳에 동정의뢰를 하였으나 병명을 확인하지 못했다. 병증은 감염된 식물체의 키가 적어지고, 심할 경우 옥수수 이삭이 전혀 달리지 않았다(표 44). 심하게 이병된 상태에서 생체중의 감소율은 심할 경우 광안옥이 77 %, 수원 19호는 81 % 감소하였고, 보통인 경우에도 각각 70 %와 42 % 감소하였다. 이삭중 역시 심하게 이병될 경우 두 품종 모두 100 % 감소하였다(그림 5, 6). 2001년에 처음 동정된 virus 병이긴 하나 기후 변화에 따라 이병이 크게 발생할 경우 국내 사일리지 생산에 크게 문제가 될 수 있을 것으로 사료된다.

표 44 옥수수 흑조위축병 저항성 품종 광안옥을 이병화 시킨 새로운 병 발생(2001, 군위).

품종	발병 정도 (1-9)	간장 (cm)	착수고 (cm)	생체중 (t/ha)	지수 (%)	이삭중 (t/ha)	지수 (%)
광안옥	건전(1.3)	217 a	119 a	30.0 a	100	15.3 a	100
	보통(6.3)	123 b	33 b	8.9 b	30	1.7 b	11
	심함(8.2)	63 c	8 b	6.9 b	23	0.07 b	0.5
수원19호	건전(1.2)	194 a	87 a	30.6 a	100	19.4 a	100
	보통(4.3)	150 a	47 b	17.6 b	58	8.9 b	46
	심함(8.3)	53 b	4 b	5.7 b	19	0 b	0

※ 자연 상태에서 생긴 병(Naturalinfection)이었기 때문에 보통/중간 정도의 병 발생치가 품종에 따라 다소 차이가 남.

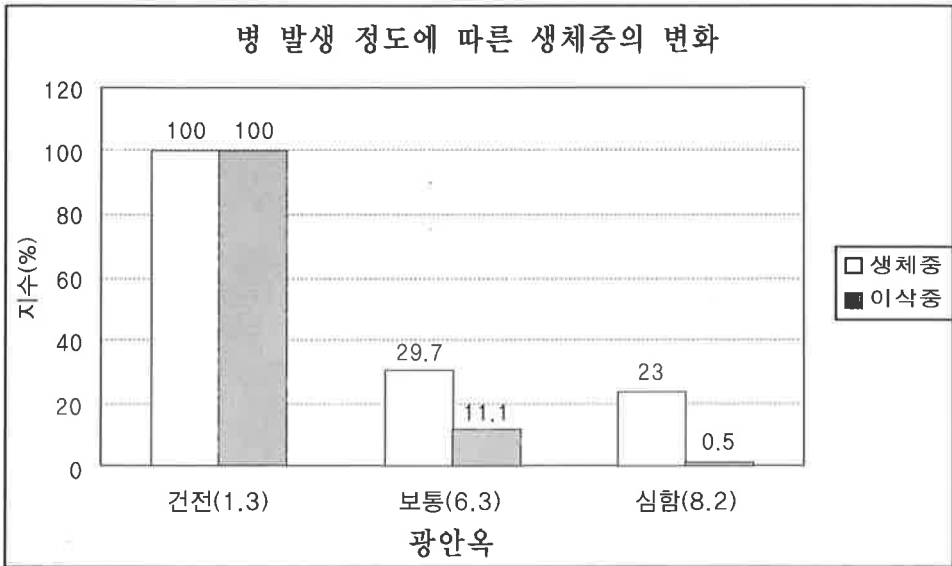


그림5 새로운 병(MMV?) 발생에 따른 수량(생체중) 감소 정도(%).
 ※ 병 발생 정도에 따라 건강(1.3), 보통(6.3), 심함(8.2)으로 구분하였음.

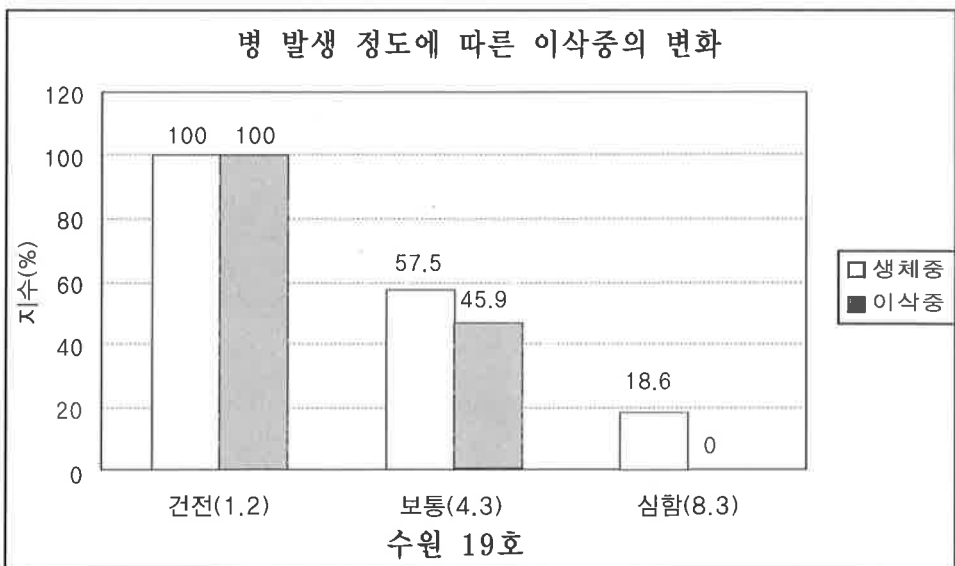


그림6 새로운 병(MMV?) 발생에 따른 수량(이삭중) 감소 정도(%).
 ※ 병 발생 정도에 따라 건강(1.3), 보통(6.3), 심함(8.2)으로 구분하였음.



(A)



(B)



(C)



(D)

그림7 새로운 바이러스 병(MMV ?)에 이병된 수원 19호와 광안옥

A : MMV ? 피해 (수원 19호) B : MMV ? 피해 (광안옥)

C : 광안옥 MMV ? 피해(좌측:정상, 우측:MMV ?에 이병됨)

D : 수원 19호 MMV ? 피해(좌측:BSV, 중앙:정상, 우측:MMV ?)

(4) 흑조위축병 저항성 계통 육성(BSV R lines)

올해 초 칠곡에 있는 경북대학교 부속 농장에 남부 지방에서 옥수수 재배의 가장 큰 문제점인 흑조위축병에 저항성을 가지는 계통의 육성 및 선발을 위하여 총 650개의 흑조위축병 저항성 계통을 파종하였으며, 저항성 계통의 세대 진전과 사일리지 육성 계통과의 교배(test cross)를 통하여 46개의 저항성 계통을 선발하였다. 저항성으로 선발된 계통들의 조사 결과는 아래와 같다. 표 45 에서 선발된 46 계통들의 종합적 평가인 상품성의 평균은 3.8(1-9 범위: 1=Excellent, 9=Poor)을 나타내었으며, 선발계통들의 상품성에 대한 값의 범위는 2.8~4.8을 나타내었다. 또한 출용과 출사에 있어서 전체 평균은 출용은 56일, 출사는 59일을 나타내었다. 가장 중요한 흑조위축병 저항성에 대한 조사에서는 전체 평균이 3.1을 나타내었고, 선발 계통들의 범위는 3~4를 나타내었다. 조명나방에 대한 조사에서 전체 평균은 3.6을 나타내었으며, 선발 계통들의 범위는 2~6을 나타내었다. 내년엔 선발 계통들의 2차 육성 및 선발을 통해 흑조위축병에 저항성을 가지는 계통을 육성하여 흑조위축병에 저항성을 가지는 사일리지 옥수수의 육성에 이용할 수 있을 것이다. 또한 2001 년에 경북대 군위 농장에 보리 파종으로 흑조위축병 검정포(screening field)를 만들었다.

표 45 경북대 칠곡 농장에서 선발된 흑조위축병 저항성 계통(경북 칠곡, 2001).

No.	계통명	상품성 (1-9) ¹	출웅 (일)	출사 (일)	흑조위축병 (1-9) ¹	조명나방 (1-9) ¹
1	2K1 ACG 6014	3.3	53	56	3	3
2	2K1 ACG 6033	3.5	50	54	3	6
3	2K1 ACG 6075	4.3	55	58	3	3
4	2K1 ACG 6084	4.5	59	62	3	3
5	2K1 ACG 6094	4.3	55	58	3	3
6	2K1 ACG 6110	4.8	54	57	3	3
7	2K1 ACG 6112	4.5	56	59	3	3
8	2K1 ACG 6114	3.3	48	50	3	4
9	2K1 ACG 6129	4.3	58	61	3	3
10	2K1 ACG 6134	3.5	54	58	3	5
11	2K1 ACG 6148	2.8	49	53	3	4
12	2K1 ACG 6164	3.8	50	52	4	4
13	2K1 ACG 6173	3.8	60	63	3	4
14	2K1 ACG 6175	3.3	56	59	3	4
15	2K1 ACG 6181	4.0	55	58	3	3
16	2K1 ACG 6189	4.5	56	59	3	3
17	2K1 ACG 6201	4.0	55	58	3	3
18	2K1 ACG 6203	4.0	55	58	2	2
19	2K1 ACG 6205	3.5	54	57	3	4
20	2K1 ACG 6220	4.0	56	59	3	3
21	2K1 ACG 6223	3.8	53	56	3	4
22	2K1 ACG 6250	3.8	55	58	3	3
23	2K1 ACG 6260	3.8	55	58	3	5
24	2K1 ACG 6275	3.8	51	54	4	3
25	2K1 ACG 6316	3.3	55	58	3	4
26	2K1 ACG 6326	3.8	58	61	3	4
27	2K1 ACG 6365	4.5	55	58	3	3

No.	계통명	상품성 (1-9) ¹	출용 (일)	출사 (일)	흑조위축병 (1-9) ¹	조명나방 (1-9) ¹
28	2K1 ACG 6379	3.8	64	67	3	3
29	2K1 ACG 6386	3.0	53	56	3	4
30	2K1 ACG 6390	3.8	58	61	3	4
31	2K1 ACG 6396	3.5	56	59	3	4
32	2K1 ACG 6413	3.5	56	59	3	4
33	2K1 ACG 6420	3.8	57	60	3	4
34	2K1 ACG 6429	4.5	57	60	3	3
35	2K1 ACG 6433	3.8	53	56	3	3
36	2K1 ACG 6440	3.5	55	58	3	4
37	2K1 ACG 6495	4.5	64	67	3	3
38	2K1 ACG 6509	3.8	55	58	3	4
39	2K1 ACG 6522	3.3	57	60	3	4
40	2K1 ACG 6551	3.8	58	61	4	4
41	2K1 ACG 6554	4.0	64	67	3	2
42	2K1 ACG 6578	3.5	64	67	3	5
43	2K1 ACG 6579	3.8	58	61	3	3
44	2K1 ACG 6584	4.3	57	60	3	3
45	2K1 ACG 6603	3.5	50	52	4	4
46	2K1 ACG 6619	4.0	61	64	3	3
	Mean	3.8	56	59	3.1	3.6

※ 1 : 1-9 범위; 1=Excellent, 9=Poor

제 4 절 기대효과 및 앞으로의 전망

1. 축산물의 생산 단가를 낮추어 국제 경쟁력을 높이기 위해서는 우수 사일리지 및 청에 옥수수의 국내 품종 육성 및 이들 품종의 대량 재배 및 생산이 필수적이며, 그 수요가 계속하여 증가할 것이다.
2. 쌀 과잉 생산으로 WTO New Round에서 크게 문제시되는 쌀 농사의 국제 경쟁력 제고를 위해서 전국 약 20만 ha의 논에 사일리지 옥수수 재배를 적극 제안한다.
3. 따라서, 국내적응성이 높으면서 내도복, 내병, 다수, 후기녹채성, 흑조위축병, 진딧물과 응애 등에 강한 신교잡종의 육성이 본 연구 결과로 가능하리라 본다.
4. 우수 품종 육성시 세계시장에 한국 옥수수 종자기술의 수출 (예 일본, 중국등)도 가능할 것임. 본 연구팀이 보유하고 있고 개발 추진중인 신 유전 자원들은 국제경쟁력이 있을 것으로 사료됨.

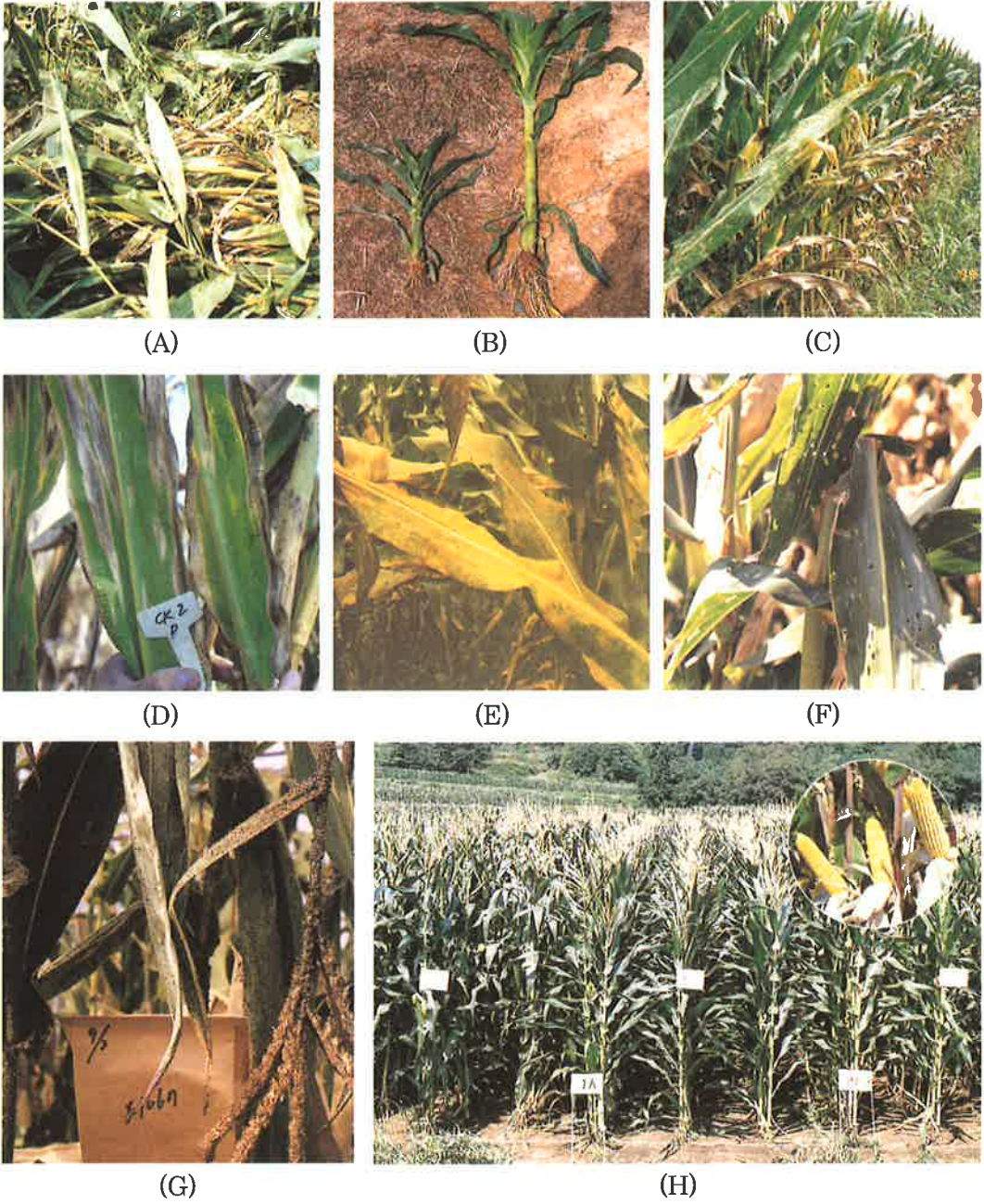


그림8 사진으로 보는 사료용 슈퍼옥수수 교잡종 육성

- | | |
|--------------------------------------|--|
| (A) 도복(lodging) | (B) 흑조위축병(Black streaked virus) |
| (C) 깨씨무늬병(<i>Bipolaris maydis</i>) | (D) 매문병(<i>Exserohilum turcicum</i>) |
| (E) 녹병(<i>Puccinia sorghi</i>) | (F) 조명나방(European corn borer) |
| (G) 진딧물(<i>Rhopalosiphum padi</i>) | (H) 사료용 옥수수 시범포(경북 군위) |



(A)



(B)



(C)



(D)



(E)



(F)

그림9 남부지방 적응 사료용 옥수수 육성 관련 사진

(A) 사료용 옥수수 파종(경북 군위)

(B) 너무 이른 사료용 옥수수 수확(출사후 30일)

(C) 경북대 본교 비닐 온실

(D) 동계 종자 생산 및 세대 단축(경북대 온실)

(E) 후기녹체성 우수 조합(경북 군위)

(F) 사료용 우수 선발 조합(경북 군위)

■ 경북대 군위 실습장



(A)



(B)

■ 영남대학교 목장



(C)



(D)

■ 경상북도 성주군 초전면



(E)



(F)

■ 경상북도 경산



(G)



(H)



(I)



(J)



(K)



(L)

그림10 사료용 옥수수 우수 조합 농가 적응 시험(2001)

(A) 사료용 옥수수 시범포(경북 군위)

(B) 대비품종과 시험조합간 비교

(좌측:수원19호, 중간:SGH-1, 우측:P3223)

(C) 사료용 옥수수 시범포(영남대 목장)

(D) 좌측:SGH-5, 중간:SGH-3, 우측:P3223

(E) 사료용 옥수수 농가 시범포(경북 성주)

(F) 출사후 20일 경 생육 특성 비교

(좌측:수원 19호, 우측: 시험 품종)

(좌측:시험품종, 우측:수원 19호)

(G) 초기 옥수수 재배 실패로 갈아엎는 모습(경북 경산)

(H) 2차 파종후에도 생육이 불량한 옥수수

(농가 재배 옥수수밭과 시범포)

(I) 경북 성주에서 선발된 우수 조합

(J) 흑조위축병 및 조명나방에 저항성 우수조합

(좌측:SGH-3, 우측:수원19호)

(좌측:SGH-4, 우측:수원19호)

(K) 경북 왜관에서 선발된 우수 조합

(L) 농가 재배 수입종 옥수수(Pioneer)와 사료

용 옥수수 시범포(좌측:시범포, 우측:수입
종 옥수수)



(A)



(B)



(C)



(D)



(E)



(F)



(G)



(H)



(I)



(J)



(K)



(L)

그림11 최근 6년간(1996 ~ 2001) 남부 평야지에 나타난 옥수수의 병.

- | | |
|--|---|
| (A) 깨씨무늬병(<i>Bipolaris maydis</i>), (P3394) | (B) 매문병(<i>Exserohilum turcicum</i>), (DK729) |
| (C) 진딧물(<i>Rhopalosiphum padi</i>)
응애(Spider mite), (P3394) | (D) 조명나방(European corn borer) |
| (E) 응애(Spider mite), (P3394) | (F) 녹병(<i>Puccinia sorghi</i>) |
| (G) 흑조위축병(Black streaked virus) | (H) 진딧물(<i>Rhopalosiphum padi</i>) |
| (I) 감부기병(Head smut) | (J) 잎과 수꽃에 발생한 감부기병 |
| (K) 감부기병(Stalk smut) | (L) 도복(lodging) |

제 6 절 참고 문헌

1. 김순권, 한형제, 리광수, 김박, 황영현, 김주환, 민황기, 이명훈. 2001. 수원19호 옥수수
수의 남북 안전 적응성 검토. 한국육종학회지. 발표요지, 충남 도고. 4,13-14. 제33권
별책1호 p.19-20.
2. 김순권, 김주환, 김영환, 김형욱, 문미야, 박혜숙, 이준수, 김병삼, 김양희, 김덕현, 최홍집,
허창석. 2001. 공생저항성에 의한 친환경적 옥수수 품종 육성. 한국육종학회지. 발표요지,
충남 도고. 4,13-14. 제33권 별책1호 p.74-75.
3. 김순권, 김주환, 김영환, 민황기, 이명훈, 한형제, 박경철, 박경철, 조종호. 2001. 남·북한에
적용하는 통일옥수수(NK/SK)의 상품성에 관한 연구. 한국육종학회지. 발표요지, 충남 도고.
4,13-14. 제33권 별책1호 p.76-77.
4. 김순권, 김주환, 소운섭, 민황기, 이명훈. 2001. 한국에서 15계통의 옥수수를 이용한 상
품성에 대한 유전분석. 한국육종학회지. 발표요지, 충남 도고. 4,13-14. 제33권 별책1호
p.78-79.
5. 김순권, 김영환, 김학길, 김주환, 이석순, 이기운, 김충실. 2001. 남부지방 적응 사일리
지용 옥수수 교잡종 육성 연구. 한국육종학회지. 발표요지, 충남 도고. 4,13-14. 제33권
별책1호 p.80-81.
6. 김학길, 김순권, 신영수. 2001. 옥수수(*Zea mays* L.)에서 숙기와 엽면적, 수량과의 관
계. 한국육종학회지. 발표요지, 충남 도고. 4,13-14. 제33권 별책1호 p.82-83.
7. 김순권. 2000. 북한 적응형 슈퍼옥수수 남북 공동연구개발. 경북대학교 국제농업연구소.
과학기술부 제출. pp.588.
8. 김순권, 김학길, 김형욱, 김영환, 이미라, 김주환, 한형제, 김박, 리광수. 2000. 북한 X
남한 옥수수 북한지역에서 내병성 시험. 大山論叢, 제8집별쇄본:9-22.
9. 김순권. 1999. 동북아 적응 슈퍼옥수수 개발. 한국과학재단. 경북대학교 국제농업연구소
제출. 전략적 국제 공동 연구사업 1년차 보고서. pp. 547.
10. 김순권. 1997. Super maize development for East Asian Corn Belt, 국제과학기술
Symposium 보고서, 제2차 국제합작 연구회, p 95-132. 韓國科學技術團體 總聯合會/延邊
科學技術大學校.
11. 김영환. 1998. 남부지방에 적합한 사일리지용 옥수수 交雜種 育成. 慶北大學校 大學院
農學碩士 論文. pp.39.
12. 金順權, 咸泳秀, 朴根龍, 朴勝義, 文賢貴, 崔鉉玉, 金奭東. 1978. 옥수수 耐病蟲, 耐倒
伏, 多收性 新品種 “水原19號”. 농촌진흥청 농사시험연구보고. 제20집(작물편):149-156

13. 김순권. 1979. 새 품종 옥수수와의 종자생산. 농촌진흥청. pp.142.
14. KIM, S. K., V. O. ADETIMIRIN, T. BEZUNEH, C. THE, S. T. O. LAGOKE, J. KLING, B. BADU-APRAKU, J. FAJEMISIN. 2001. Maize Breeding and On-Farm Testings of Tolerance to *Striga* Species in Africa. ASA-CSSA-SSSA Annual Meetings Charlotte, NC. USA, Oct. 21-25. 2001.
15. Kim, S.K., J.W.KIM, Y.H.Hwang, H.G.Min, M.H.Lee, K.S.Lee, H.J.Han, P.Kim. 2001. Collaborative maize research between North and South Korea. ASA-CSSA-SSSA Annual Meetings Charlotte, NC. USA. Oct. 21-25. 2001.
16. Baker, Michael. 1999. News Focus, North Korea. Joint projects allow a peek into an impoverished system. Science. Vol. 285, No. 5434 : 1657-1658
17. Britannica's Book of the year 2000. Kim Soon Kwon. p. 54. Chicago : Encyclopaedia Britannica, Inc.
18. Hahn, Man-Seouck. 1999. Agronomic evaluation of maize (*Zea mays* L.) breeding using southern Korea local collections. MS Thesis. The Graduate School. Kyungpook National University, Taegu, Korea. pp. 36.
19. International Corn Foundation, 2000. The hope of the 21st century flourishes in corn fields. Tommy Ko, Nan Kim, Youn-sil Huh, Cathy Choi (Eds). ICF, Seoul, pp. 20.
20. Kim, S. K., K. S. Lee., H. J. Han., P. Kim., J. H. Kim., Y. H. Hwang., H. G. Min and M. H. Lee. 2001. ASA-CSSA-SSSA Annual Meetings Charlotte, NC. USA. Oct. 21-25. 2001.
21. Kim, S. K. and V. O. Adetimirin. 2000. Maize breeding and related research for the control of *Striga* in Sub-Saharan Africa. - A collection of published work carried out by S. K. Kim and his colleagues. International Agricultural Research Institute, Kyungpook National University, Taegu, Korea. pp. 183.
22. Kim, Soon-Kwon. 2000. Combating national efforts for combating food deficiency : development of super-maize. p. 356-357. Expo 2000 Hannover, The World Exposition, 1 June-31 Oct. Hannover, Germany.
23. Kim, Soon-Kwon. 2000. Tolerance : an ideal co-survival crop breeding system of pest and host in nature with reference to maize. Korean J. Crop Sci. 45(1):59-71
24. Kim, Hak-Kil. 2000. The study of relations between leaf area and yield components by means of diallel crosses in maize (*Zea mays* L.). MS Thesis, The Graduate School. Kyungpook National University, Taegu, Korea. pp. 36.
25. Kim, S. K. 1996. Horizontal resistance : Core to a research breakthrough to combat *Striga* in Africa. Intergrated Pest Management Rev. 1:229-249

제 3 장 옥수수 흑조위축병

제 1 절 발병 현황 및 포장 저항성 검정

1. 재료 및 방법

가. 흑조위축병조사

- 1) 선산, 밀양, 영덕지역의 맥류포장, 논둑 및 야산에서 월동에멸구 약충을 1997년 3월 초순에 채집하여 실내사육실에서 사육하면서 3엽기 벼 유묘에 3일간 개체접종하여 포트에 옮겨 심은 후 이병을 조사에 의하여 바이러스 매개충인 애멸구의 월동 보독충을 조사하였다.
- 2) 경북, 경남, 전남, 전북, 강원, 경기, 충청남북도에서 각각 4개포장의 옥수수 생육초기(6월)와 생육후기(7월중순)에 흑조위축병의 발병을 조사하였다. 그리고 광안옥외 7개 품종 및 계통을 공시하여 상습 발생지 부근의 포장재배상태에서 생육초기 및 생육후기에 바이러스 이병을 조사하였다.

나. 저항성 품종 검정을 위한 유묘검정

- 1) 포트에 파종한 2엽기 옥수수 유묘(광안옥, 수원95)를 지난해 벼흑조위축병 발생지인 선산과 밀양의 맥류포장 및 못자리부근의 뚝에 1997년 5월상순에서 하순사이에 5일간 옮겨 놓은 후 비닐하우스내에서 재배하면서 바이러스 감염주를 조사하였다.
- 2) 벼흑조위축 이병주에 월동에멸구를 채집하여 바이러스를 흡즙시켜 사육하면서 바이러스 보독충을 만든 후 유묘검정에 의하여 80%이상 바이러스 보독충인 것을 확인한 후 망실네에 파종하여 2엽기 정도의 각 옥수수 품종에 유묘당 3마리씩 되도록 7일간 망실네에서 자연접종 후 살충제를 살포하여 매개충을 구제한 다음 5~6엽기때에 감염율을 조사하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 옥수수 흑조위축병 발생

옥수수 흑조위축병 바이러스의 전염원인 월동에떨구의 바이러스 보독충율을 조사하기 위하여 선산, 밀양, 영덕 지역의 맥류포장 및 못자리근처의 독에서 채집한 애떨구의 흑조위축 바이러스 보독율을 조사한 결과 선산에서 1.8%, 밀양에서 2.6%, 영덕에서 1.5%로서 우리나라 남부지역의 주요 옥수수 흑조위축병의 발생지에서의 월동 보독충율은 평균 2.0%이었다 (표 1). 이 결과는 일반적으로 평년의 5.0% 수준의 바이러스 보독충율 보다 훨씬 낮은 것으로 나타났다. 이것은 금년에는 겨울에 눈이 평년보다 많이 왔고 초봄의 강수량이 많았기 때문에 바이러스 보독충의 월동 조건에 부적당하였다고 보아진다.

표 1 벼 유묘개체검정에 의한 선산, 밀양, 영덕 지역에서의 옥수수흑조위축바이러스의 월동 보독충율(1997).

매개충 채집 지역	채집충수	보독충수	보독충율(%)
선산	280	5	1.8
밀양	232	6	2.6
영덕	195	3	1.5
평균	236	4.7	2.0

경남북, 전남북, 강원, 경기, 충청도의 각 4개 조사지역에서 품종 구분없이 일반 농가포장에 재배되는 옥수수의 생육전기 및 생육후기에 각 조사포장에서 400-500주를 기준으로 흑조위축 바이러스 이병주를 조사한 결과 생육전기에서는 경남북 및 전남북 지역에서의 포장 발병율이 강원, 경기, 충청도 지역에서보다 대체적으로 높게 나타났다. 생육후기에서는 발병율이 높아졌으며 경남의 조사지역에서는 6배 이상 확대 발병된 곳도 있었다. 생육후기의 대체적인 발병율은 강원지역을 제외하고는 각 지역에서 3-6배정도로 차이가 있었다(표 2). 이상의 결과는 평년보다 생육전반기 및 생육후반기 모두 발병이 낮은 것으로 나타났다. 이것 역시 금년에는 월동 바이러스 보독충율이 높지 않은 결과로 초기 전염원에 의한 전염이 적게 이루어져서 생육 후반기에까지 발병율이 현저히 낮은 것으로 사료된다.

표 2 각 지역에서의 옥수수 생육기별 옥수수흑조위축병 발병율(1997)

조사지역	조사주수	생육초기		개화기후		
		이병주수	이병율 (%)	이병주수	이병율 (%)	
경북	1	501	15	3.0	46	9.2
	2	480	10	2.1	30	6.3
	3	544	33	6.1	60	11.0
	4	360	6	1.7	19	5.3
	평균	471	16	3.2	39	8.0
경남	1	460	10	2.2	31	6.9
	2	700	14	2.0	92	13.1
	3	509	6	1.2	42	8.3
	4	208	10	4.8	10	4.8
	평균	469	10	2.6	44	11.0
전남	1	300	5	1.7	36	12.0
	2	360	7	2.0	17	4.7
	3	406	5	1.2	26	6.4
	평균	355	6	1.6	26	7.7
전북	1	300	6	2.0	24	8.0
	2	290	6	2.1	30	10.3
	3	326	4	1.2	21	0.4
	평균	305	5	1.8	25	6.2
강원	1	860	0	0.0	19	2.2
	2	544	5	1.0	16	3.0
	3	459	0	0.0	13	2.8
	평균	621	2	0.3	16	2.7
경기	1	250	4	1.6	11	4.4
	2	450	0	0.0	28	6.2
	3	428	8	1.9	45	10.5
	평균	376	4	1.2	28	7.0
충청	1	400	4	1.0	85	21.3
	2	410	2	0.5	42	10.2
	3	214	2	0.9	10	4.7
	평균	341	3	0.8	46	12.1

지금까지 저항성 품종으로 선발된 광안옥외 6개 계통과 이병성품종이 수원95호를 공시하여 벼 흑조위축병의 상습발생지 부근의 포장에 재배하면서 자연 감염 발병된 이병주를 생육 전반기 및 생육후반기에 조사한 결과 광안옥외 6개 계통의 발병율이 이병성품종 수원95호와 큰 차이를 나타내지 않았다(표 3). 이것은 바이러스 보독충이 많은 상습발생지역에서 자연 감염율을 조사하였기 때문에 한번 보독충에 흡즙 접촉이 이루어지면 품종에 관계없이 감염되었다고 볼수 있다. 결과적으로 품종저항성으로 보기는 어렵다고 생각된다.

표 3 옥수수 흑조위축병 상습발생지에서의 저항성 품종에 대한 흑조위축병의 감염율(1997)

품종 및 계통	조사주수	생육초기		개화기후	
		감염주수	감염율(%)	감염주수	감염율(%)
광안옥	114	3	2.6	7	7.0
8036	80	2	2.5	6	7.5
8104×광안옥	50	2	4.0	5	10.0
8341× "	50	2	4.0	4	8.0
G4743× "	50	3	6.0	5	10.0
P3144× "	50	3	6.0	4	8.0
DK689× "	50	4	8.0	4	8.0
수원95(대조구)	122	7	5.7	12	9.8
평균	71	3	4.9	6	8.5

나. 저항성 품종 검정을 위한 유묘검정

자연 접종 방법에 의해 옥수수유묘의 대량검정법을 조사하기 위하여 벼흑조위축병 상습발생지의 맥류포장 또는 못자리의 독에 옥수수 유묘를 심은 풋트를 옮겨 놓아 포장상태에서의 매개충흡즙에 의한 자연대량 접종 가능성을 탐색하기 위하여 실험한 결과 표 4에서와 같이 저항성 품종으로 선발된 광안옥이 이병성품종인 수원95호보다 전반적으로 낮은 감염율을 나타내었다. 이상의 결과는 저항성 품종 선발을 위한 자연접종 방법으로 이용될 수 있다고 보아진다. 그러나 이른봄의 옥수수 유묘의 냉해가 나타날 문제점이 있다.

표 4. 밀양과 선산지역의 상습발병지에 옥수수 유묘 풋트를 옮겨 놓은후 흑조위축병 감염율
* (1997)

조사지역	검정구역	검정주수	광안옥		수원 95	
			감염주수	감염율(%)	감염주수	감염율(%)
선산	1	50	2	4.0	6	12.0
	2	50	4	8.0	9	18.0
	3	50	4	8.0	4	8.0
	평균	50	3	6.7	6	12.7
밀양	1	50	7	14.0	9	18.0
	2	50	6	12.0	10	20.0
	3	50	3	6.0	8	16.0
	평균	50	5	7.3	9	18.0

* 벼흑조위축병 상습발병지에 2엽기 옥수수 유묘 풋트를 5일간 옮겨 놓음

비닐하우스 및 망실내에서 자연접종법에 의한 저항성 품종 검정법을 탐색하기 위하여 실 내 사육상에서 바이러스 보독충을 사육하면서 접종시기에 따라 옥수수 유묘에 냉해가 나타나지 않도록 비닐하우스 또는 망실에서 유묘검정을 실시한 결과 표 5에서와 같이 광안옥외 6개 계통이 이병성 품종인 수원95호보다 약간 낮은 감염율을 나타내었다. 이상의 결과로 보아 비닐하우스 및 망실검정이 자연접종에 의한 저항성품종 선발에 효과적이라고 생각된다. 그러나 경란전염을 하지않기 때문에 흑조위축 바이러스는 높은 보독충율을 유지하는 보독매개충 사육이 어렵다.

표 5. 비닐하우스 또는 망실 내에서 바이러스 보독 매개충 접종에 의한 저항성품종의 흑조위축병 감염율 *

품종 및 계통	접종주수	감염주수	감염율(%)
광안옥	100	66	66.0
8036	98	58	59.1
8104×광안옥	94	60	64.5
8341× "	100	60	60.0
G4743× "	92	62	67.4
P3144× "	86	63	73.2
DK689× "	80	59	73.6
수원95(대조구)	100	79	79.0
평균	94	63	67.9

* 옥수수 유묘당 3마리의 보독 매개충을 7일간 접종

다. 결과 요약

1) 옥수수 흑조위축병 발생

옥수수 흑조위축병 바이러스의 전염원인 월동 애벌레의 바이러스 보독충율이 선산, 밀양, 영덕지역을 조사한 결과 평년에 비해 아주 낮았다. 각 도별 4개 조사지역에서 일반농가에 재배되는 옥수수의 흑조위축 발병율이 평년에 비해 아주 낮게 나타났다. 지금까지 저항성 품종으로 선발된 광안옥외 6개 계통과 이병성 품종인 수원95호와 포장재배 상태를 조사한 결과 발병율에 차이가 나타나지 않았다.

2) 포장자연접종방법 탐색

상습발생지의 맥류 포장 또는 못자리의 득에서 옥수수 유묘 접종에 의한 저항성 품종 검정 방법은 품종 간에 차이는 있으나 이른봄의 옥수수 유묘의 냉해가 문제점으로 나타났다. 비닐하우스 및 망실에서의 바이러스 보독충을 방사하여 자연 접종되게 하는 유묘검정법이 접종효율이 높게 나타남으로 효과적이었다. 그러나 보독충사육의 어려움이 문제점으로 나타났다.

제 2 절 발병현황 및 실내 저항성 검정

1. 재료 및 방법

가. 바이러스 전염원조사

포장에서의 바이러스전염원조사를 위하여 벼 못자리부근에서 채집한 애멸구 2세대 보독충을 조사하였다. 1998년 3월 초순에 밀양과 칠곡에서 채집한 성충을 공시하였다.

나. 옥수수흑조위축병의 발생생태조사

경북, 강원, 전남 지역의 농가포장에서 옥수수 흑조위축병 발생율을 각 지역 3개 포장에서 1998년 5월과 8월에 조사하였다.

다. 매개충 대량사육 및 실내 자연접종 방법 탐색

년 중 지속적인 저항성 품종 검정을 위한 1999년 1월부터 1999년 12월까지 동계온실 및 하계망실에서 매개충의 대량사육 및 실내자연접종에 의한 대량 검정 보독충을 제고실험을 하였다. 그리고 효과적인 옥수수흑조위축병 저항성 품종 대량검정 방법을 탐색하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 바이러스 전염원 조사

밀양과 칠곡지역에서 채집한 2세대 애멸구 성충의 흑조위축바이러스 보독충을 조사한 결과 표 6에서와 같이 각각 3.0%와 2.6%로 나타났다. 이상의 결과 평년의 2-3%와 비교할 때 차이가 나타나지 않았다. 본 병의 병원 바이러스는 식물체내에서 월동할 수 없고 매개충인 애멸구 약충의 증체 내에서만 월동이 가능하다. 따라서 월동 바이러스 보독 약충은 당해 연도 벼못자리에서의 옥수수흑조위축병 발생의 전염원이 된다.

옥수수 흑조위축병의 발생은 4-5월 벼못자리의 벼에 감염된 흑조위축바이러스를 흡즙하여 보독충이 된 2세대 애멸구의 약충과 성충이 전염원이 되는데 못자리벼와 맥류가 숙기에 들어가는 시기에는 선호성 기주식물이 없기 때문에 5월초·중순의 옥수수 생육초기(유묘기)에 옥수수의 포장으로 대량 비래하여 흡즙함으로써 발병케 한다. 그러므로 2세대 애멸구 성충의 바이러스 보독충이 옥수수 흑조위축병 유행성의 크기에 관건이 된다고 보아진다.

표 6. 밀양과 칠곡에서의 벼개체 유묘검정법에 의한 옥수수 흑조위축바이러스의 월동 보독
충율(1998)

채집지역	채집총수	보독총수	보독충율(%)
밀양	300	9	3.0
칠곡	290	8	2.6
평균	295	8.5	2.8

나. 옥수수 흑조위축병의 발생 조사

경북, 전남, 강원 의 3개 지역에서 일반 농가포장에서의 금년도 옥수수 흑조위축병의 발생 상황을 파악하고자 조사한 결과 표 7와 같이 바이러스 보독 2 세대 애멸구 성충에 의하여 감염된 생육초기의 발병률이 경북지역이 3.0%, 전남지역이 2.8% 그리고 강원지역이 1.9%로 나타났다. 그러나 생육후기의 발병율이 경북지역이 7.2%, 전남지역이 7.0% 그리고 강원지역이 3.4%로 나타났다.

표 7. 경북, 전남, 강원 지역에서의 옥수수 생육기별 흑조위축병 발병율

조사지역	조사주수	생육초기*		생육후기(개화후기)†	
		발병주수	발병율(%)	발병주수	발병율(%)
경북	1,530	46	3.0	110	7.2
전남	1,620	45	2.8	113	7.0
강원	1,809	34	1.9	62	3.4
평균	1,653	42	2.6	95	5.9

* 1998년 5월에 조사

† 1998년 8월에 조사

이것은 지난 해와 마찬가지로 생육초기의 발병률이 크게 증가하지 않았다. 일반적으로 생육초기의 발병률보다 생육후기의 발병률은 약 5배이상 되지만 금년은 6, 7, 8월 계속되는 강우에 의하여 바이러스 보독 애멸구 성충의 활동에 지장을 주어 포장에서의 옥수수 흑조위

축 병의 발병이 예년과 같이 확대되지 않았다고 사료된다.

다. 저항성 품종 검정을 위한 효과적인 실내 자연접종 방법조사

1) 동계매개충 대량사육.

효과적인 바이러스 접종원 획득을 위한 겨울동안의 매개충 대량사육 가능성을 탐색코저 조사한 결과 표 8에서와 같이 실내 사육상을 이용한 방법에서는 30일후의 총 증식율이 190%로 증가하였으나 사육공간, 시설, 보온 등의 고비용이 드는 방법이므로 대량검정을 위해서는 부적당하다고 생각된다.

표 8. 겨울철 옥수수흑조위축병 저항성 품종 대량검정을 위한 매개충의 효과적인 사육 방법 (1999)

사육방법	검정충수	30일후 증식충수	증식율(%)
실내사육상 (벼유묘 + 매개충)	50	145	190
실내사육상 (옥수수유묘 + 매개충)	50	3	-94
비닐하우스 (보리유묘 + 매개충)	100	629	529

또한 실내사육상에서 옥수수에 매개충을 사육할 경우 -94%로 나타나 전혀 증식이 되지 않았다. 이것은 옥수수에 대한 애멸구의 식이 선호성이 매우 낮기 때문에 사육용 기주식물로서는 불가능하다고 보아진다. 그러나 비닐하우스를 이용한 보리를 풋트에 심어서 매개충의 먹이 기주식물로 사육한 것에서는 529%의 높은 증식율이 나타난다. 결과적으로 겨울동안에도 저항성 검정용 매개충의 대량사육이 가능함으로 자연접종에 의한 옥수수의 흑조위축병검정을 수행할 수 있는 것으로 사료된다.

2) 하계 매개충 사육

옥수수 흑조위축병의 매개충인 애멸구는 여름철 고온다습의 환경조건에서는 지속적인 증식이 잘되지 않는다. 대량 검정을 위한 접종원 공급을 위해서 애멸구의 여름철 대량 사육방법을 조사한 결과 표 9에서와 같이 비가림 망실에서 벼에 사육한 것이 1,500%, 비가림망실에서 벼와 옥수수에 사육한 것이 371% 그리고 비가림시설을 하지않은 망실에서 벼에 사육한

것은 833%로 매개충이 증식되었다.

이상의 결과로 보아 비가림 망실에서 벼에 사육하는 것이 가장 효과적인 매개충의 증식방법으로 나타났다. 결국 저항성의 대량 검정시험에서는 검정식물인 옥수수를 흡즙하고 나면 매개충의 사충율이 높기 때문에 바이러스 집중원인 보독충의 사육관리가 중요하며, 또한 매개충의 바이러스 보독충율도 정기적으로 검정하여 바이러스 이병 기주식물을 충분히 공급하여야 된다고 본다.

표 9. 여름철 옥수수혹조위축병 저항성 품종 대량 검정을 위한 매개충 사육 방법(1999)

사육방법	검정충수	30일후 증식충수	증식율(%)
비가림 망실(벼)	30	480	1,500
비가림 망실(벼 + 옥수수)	30	125	317
망실(벼)	30	280	833

3) 실내 자연접종 방법 조사

년중 지속적인 옥수수저항성 품종검정을 위한 효과적인 실내 자연접종방법을 규명하기 위하여 매개충의 효과적인 대량사육 방법을 응용하여 동계 및 하계 실내 자연접종시험을 실시하였다. 표 10에서와 같이 동계 검정은 비닐하우스를 이용하여 보리유묘에 바이러스 보독매개충을 사육하면서 검정용옥수수 유묘에 접종시킨 결과 매개충은 계속 생존하였으나 검정식물인 옥수수를 비닐하우스 내에 다시 터널식 하우스를 만들어 보온시켜 주간에만 비닐터널을 열개하여 보독충에 접종되게하여도 비닐하우스 또는 유리온실에서 검정용 옥수수 유묘의 저온장해가 일어나지 않도록 보온시설이 되지 않고서는 불가능하다는 것을 알 수 있다.

하계 검정시험에서는 매개충의 사육효과가 가장 좋은 비가림 망실에서 실시하였으며, 벼 유묘를 넣어 실내 자연접종되게 하는 대량 검정법이 저항성 검정효과, 매개충 생존효과, 및 검정 식물인 옥수수의 생육에도 가장 효과적이었다. 그러나 옥수수 이병주에 바이러스 보독충 애벌거를 사육하면서 검정용 옥수수 유묘를 넣어 접종하는 방법에서는 매개충의 생존과 증식이 되지 않기 때문에 실내 자연접종에 의한 대량 검정이 불가능하였다.

표 10 실외에서 효과적인 옥수수흑조위축병 저항성 품종 대량검정(1999)

대량 검정	저항성 효과	매개충 생존	검정 옥수수 생존	비고
비닐하우스(보리유묘 + 터널내 옥수수 유묘 + 보독충)	-	++	-	겨울
비가림 망실(벼유묘 + 옥수수 유묘 + 보독충)	++	++	++	여름
망실(이병 옥수수 유묘 + 옥수수 유묘)	-	-	++	여름

마. 결과 요약

- 1) 옥수수 흑조위축병의 포장발생에서 전염원의 역할을 하는 애멸구 2세대 성충의 흑조위축 바이러스 보독충률은 밀양지역에서 3.0%, 칠곡지역에서 2.6%로서 평년과 큰 차이가 없었다.
- 2) 금년도 농가포장에서 옥수수 흑조위축병의 발생생태는 생육초기의 발병율이 1.9-3.0%이었으나 생육후기에 발병율이 3.4-7.2%로 평년에 비하여 높지 않았다. 이것은 6, 7, 8월에 계속적인 강우의 영향으로 바이러스 보독 성충의 매개 활동이 적었다고 생각된다.
- 3) 실내자연접종을 통한 대량검정을 위한 매개충의 효과적인 사육은 동계에도 비닐하우스에서 보리에 사육하면 대량사육이 가능하였다. 하계에는 애멸구의 증식환경의 특성상 비가림망실내에서 벼에서 사육하는 것이 효과적이었다.
- 4) 실내 자연접종에 의한 옥수수 유묘의 대량검정은 겨울철 검정에서는 검정식물인 옥수수 유묘의 저온장해를 나타나지 않게하는 보온 시설이 되지 않고서는 불가능하며 여름철 검정에서는 비가림 망실에서 벼유묘에 바이러스 보독매개충을 사육하면서 검정식물인 옥수수유묘에 접종하는 것이 저항성검정효과, 매개충 및 검정식물의 생존과 생육에 가장 효과적이었다.

제 3 절 저항성 계통 선발을 위한 옥수수 유묘의 부위별 접종효과

반드시 구침을 사부까지 넣을 수 있는 멸구, 매미충에 의해서만 reovirus의 전염이 가능함으로 저항성 검정에서 많은 어려움이 있다. 실내유묘검정 및 포장검정에서 발병정도에 영향을 끼치는 요인은 유전적인 성질의 저항성 이외에 매개충 종류에 따른 식물체상에서의 서식부위의 차이에 따라 다르다. 본시험에서는 포장저항성에서 저항성인 품종과 감수성인 품종을 대조구로 공시하여 매개충의 흡즙습성을 이용한 실내유묘접종(부위별접종)과의 연관성을 조사하였다. 그리고 이병주로부터 바이러스를 순화하여 순화된 바이러스를 토끼에 주사하여 항혈청 조제하였으며 조제된 항혈청을 이용하여 PA-ELISA분석으로 저항성과 이병성 품종의 바이러스 감염을 확인 비교하였다.

1. 재료 및 방법

가. 공시재료

매개충 : 흑조위축바이러스 보독 애멸구

옥수수 품종 : 포장 검정 결과 중도 저항성인 것 ;

광안옥, 8036, 8104×광안옥, 8341×광안옥, G4743×광안옥, P3144 ×광안옥,
DK689×광안옥

포장검정결과 이병성인 것 : 수원 95호

나. 옥수수 유묘의 부위별 인공접종

흑조위축바이러스는 매개충인 애멸구에서 충체내 증식형의 영구 전염양식을 취하지만 경난전염을 하지 않기 때문에 공시 매개충의 보독충율을 높이기 위하여, 애멸구 암수 성충을 낙동벼의 이병주에 사육하여 산란부화된 약충이 바로 이병주로부터 바이러스를 48시간 흡즙 보독되게 하였다. 그리고 낙동벼의 건전주에서 사육하여 충체내 바이러스의 증식기간이 끝난후에 접종을 매개충으로 사용하였다.

바이러스 접종 후 옥수수 식물체 내에서의 증식 및 이동에 대한 품종간 차이(저항성 또는 이병성)를 구명하기 위하여 각 공시품종의 3엽기 유묘에 매개충을 줄기부위 및 잎부위에 개체접종하여 28일 후 가장 긴잎(제4엽), 중간잎(제3엽), 가장짧은잎(제2엽)의 초장을 조사, 기보고된 포장저항성 검정결과와 비교하였다. 잎부위 접종에서는 3엽기유묘의 줄기부위를 5cm정도 유니렐트로 감아서 매개충이 앞에만 부착하게 하였다.

혈청학적 방법으로 옥수수의 감염바이러스의 양과 조기검정을 하기 위하여 먼저 항혈청 조제를 위하여 바이러스를 순화하였다. 병징이 심한 옥수수 이병주의 뿌리를 수도물에 깨끗이 흠을 씻어버리고 습기를 제거하여, -70℃에 냉동보관하면서 순화용으로 사용하므로 순화

과정 중 계속 4℃를 유지해주었다.

이병옥수수부터 냉동생체 50g과 50ml의 extraction buffer(0.3M glycine, 0.03M MgCl₂, 0.05M Tris-HCl, pH7.5, GMT)을 넣고 mixer로 5분동안 고속으로 파쇄하였다. 두겹의 가제로 즙액을 짜서 찌꺼기를 걸러낸다. 30%(v/v)의 CCl₄와 3%(v/v) Triton X-100을 넣고 60분간 magnetic stirring한다.

접종된 바이러스의 감염 및 증식에 대한 조기 검정을 위하여 각 품종별 유묘2엽기에 매개충을 접종한 후 7일, 14일, 21일에 뿌리와 잎부위에서의 감염바이러스를 protein A를 이용한 ELISA(PA-ELISA)로 검정하였다. PA-ELISA의 pipetting은 precoating protein A-항혈청-이병식물조즙액-항혈청-protein A labelled alkalinephosphatase-효소기질의 순서로 하였다.

15,000g에서 20분간 원심분리하여 상층액 30ml를 원심튜브에 3/4부피 만큼 넣고 튜브의 1/4부피 만큼은 GMT buffer에 녹여 만든 40%의 설탕용액을 넣고 28,000rpm으로 120분간 초고속 원심분리한다. 침전물을 GMT buffer 2ml을 넣고 현탁시킨다. 7,000rpm에서 3분간 원심분리하여 불순물을 제거하고, 상층액을 다시 10-40% SDG 후 ISCO fractionater를 이용하여 흡광도 254nm에서 바이러스층을 확인 후 채취하여 순화하였다. 이렇게 순화된 바이러스를 GMT buffer로 10-15배로 희석하여 UV-spectrophotometer에서 300-240nm 범위를 scanning하여서 바이러스의 함량을 조사하였다. 순화된 바이러스를 토끼에 2회 피하주사하여 항혈청을 조제하였다. 조제된 항혈청의 역가는 미량침강법으로 조사하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 옥수수유묘의 부위별 인공접종

줄기부위 개체유묘접종과 잎부위 개체유묘접종의 결과를 포장검정의 결과 비교해보면 표 11 에서 보는 바와같이 수원 95는 포장에서 이병성(ss)인데 유묘검정에서는 중도저항성(MR)인 광안옥, 8036, 8104×광안옥, 8341×광안옥, G4743×광안옥, P3144×광안옥 그리고 DK689×광안옥보다 제2엽을 제외하고 제 4엽과 제3엽에서 위축율이 낮았다. 결과적으로 포장검정과 유묘검정의 결과가 상이하여 저항성 품종의 해석이 어려웠다.

표 11. 옥수수 유묘의 흑조위축바이러스 엽기별 줄기 집중 28일후의 초장과 포장 저항성 정도와의 관계(2000)

품종	포장저항 성정도 ¹	4엽기			3엽기			2엽기		
		이병주	건전주	위축율 (%)	이병주	건전주	위축율 (%)	이병주	건전주	위축율 (%)
Kwanganok	MR	26.0 ²	43.0	39.5 ³	23.6	34.0	30.6	18.8	26.0	27.1
8036	"	28.4	48.2	41.1	24.2	38.0	36.3	20.8	30.2	31.1
8104×K	"	26.4	46.2	42.9	22.4	36.2	38.1	20.2	30.4	33.6
8341×K	"	28.8	42.8	32.7	25.2	38.0	33.7	22.8	30.4	25.0
G4743×K	"	26.4	50.2	47.4	23.2	30.8	24.7	22.0	28.2	22.0
P3144×K	"	22.8	50.2	54.6	20.8	40.2	48.3	16.8	36.4	36.4
DK689×K	"	28.2	40.8	30.9	25.4	40.2	36.7	22.2	34.2	35.1
수원95	SS	27.8	39.6	29.8	23.6	34.4	31.4	15.8	25.8	38.8
평균	-	26.9	45.1	39.9	23.6	36.5	35.0	20.0	30.2	31.1

1 : 1997년도 보고서 참조

2 : 이병주 50주와 건전주 10주의 각각 평균 초장

3 : 위축율 = (건전주 초장 - 이병주 초장) / 건전주 초장 × 100

MR : 중도 저항성

SS : 이병성

각 품종의 3엽기 유묘 집중

잎부위 개체집중의 결과는 표 12에서 보는 바와같이 포장에서 이병성(SS)인 수원95가 포장에서 중도저항성(MR)인 광안옥, 8036, 8104×광안옥, 8341×광안옥, G4743×광안옥, P3144×광안옥 그리고 DK689×광안옥보다 위축율이 심하였다. 이상의 결과로 보면 잎부위 집중에 의한 유묘검정이 옥수수 검은줄오갈병의 저항성품종 검정에 효과적이라고 보아진다. 그러나 본시험은 접종후 망실내 환경조건에서 28일동안만 생육조사했기 때문에 실제 이를 응용하려면 생육중 후기까지 조사분석해볼 필요가 있다.

개체유묘집중(줄기부위집중)에서는 매개충인 애벌레가 주로 줄기부위에만 정체부착흡즙함으로 집중된 바이러스는 줄기의 사부에서 증식되어 뿌리로 이동되고 최상엽을 경유하여 식물체 전체에 감염되는 과정을 거친다. 본 바이러스는 오랜기간의 식물체내 잠복기간을 거

쳐서 병징이 나타남으로 품종에 따른 저항성의 구별이 확실하지 않고 접종되어 감염만 이루어지면 심하게 이병위축된다. 그러나 애멸구의 통상 흡즙부위가 아닌 잎부위에 인위적으로 흡즙접종시키면 엽육세포 내측의 사부에서 증식되어 잎과 줄기의 사부를 따라 뿌리에 이동되어 최상엽의 경우 식물체 전체에 감염되기까지 품종간 저항성, 사부세포내의 P-protein의 생성유무, 사부세포의 형태적인 차이, 바이러스 이동의 억제물질형성 등에 의해 엽부위 포장의 생육에 영향을 미친다고 생각된다.

유묘접종에서 감염바이러스의 조기검정을 위한 방법으로 PA-ELISA로 조사한 결과 표 13에서 보는바와 같이 이병주의 뿌리에서는 접종14일 후에 흡광도가 광안옥이 0.22, 8036이 0.26, 8104×광안옥이 0.24, 8341×광안옥이 0.22, G4743×광안옥이 0.21, P3144×광안옥이 0.20, DK689×광안옥이 0.23 그리고 수원95가 0.28로 나타나 각 품종의 건전주의 흡광도(0.14~0.18)와 비교하면 구분이 확실하여 조기검정이 가능하였다.

표 12. 옥수수 유묘의 흑조위축바이러스 엽기별 및 접종 28일후의 초장과 포장저항성 정도와의 관계(2000)

품종	포장저항 성정도 ¹	4엽기			3엽기			2엽기		
		이병주	건전주	위축율 (%)	이병주	건전주	위축율 (%)	이병주	건전주	위축율 (%)
Kwanganok	MR	35.2 ^c	46.4	24.1 ^a	33.0	41.2	19.9	26.2	35.0	25.1
8036	"	36.0	45.2	20.6	30.8	40.2	23.4	24.6	36.2	32.0
8104×K	"	33.0	44.6	26.0	28.4	40.2	29.4	22.8	38.0	40.0
8341×K	"	36.2	43.8	17.4	32.4	40.0	19.0	26.2	35.0	25.1
G4743×K	"	32.8	44.0	25.5	28.6	40.0	28.5	23.6	35.0	32.6
P3144×K	"	34.8	40.6	14.3	30.4	38.2	20.4	25.4	34.6	26.6
DK689×K	"	32.0	45.6	29.8	28.8	39.6	27.3	22.8	33.0	30.9
수원95	SS	26.8	46.5	42.4	24.6	40.2	38.8	20.6	34.2	39.8
평균	-	33.4	44.6	25.0	29.6	40.0	25.8	24.0	35.1	31.5

1 : 1997년도 보고서 참조

2 : 이병주 50주와 건전주 10주의 평균 초장

3 : 위축율 = (건전주 초장 - 이병주 초장) / 건전주 초장 × 100

MR : 중도저항성

SS : 이병성

각 품종의 3엽기 유묘 접종

표 13. PA-ELISA 검정에 의한 접종 후 뿌리와 잎의 시기별 옥수수 흑조위축바이러스 검정 (2000)

품종	뿌리				잎			
	이병주		21일후 건전주	이병주		21일후 건전주		
	7일	14일		7일	14일			
K	0.16 ¹	0.22	0.32	0.15	0.11	0.13	0.21	0.15
8036	0.15	0.26	0.48	0.14	0.12	0.16	0.19	0.15
8104×K	0.15	0.24	0.42	0.15	0.12	0.14	0.18	0.17
8341×K	0.16	0.22	0.38	0.16	0.11	0.16	0.20	0.17
G4743×K	0.20	0.21	0.40	0.16	0.12	0.15	0.18	0.16
P3144×K	0.18	0.20	0.42	0.17	0.12	0.15	0.18	0.15
DK689×K	0.15	0.23	0.38	0.15	0.12	0.16	0.19	0.14
Suweon95	0.20	0.28	0.40	0.18	0.14	0.18	0.22	0.15
평균	0.17	0.23	0.40	0.16	0.12	0.15	0.19	0.16

1 : 이병주 10주와 건전주 5주의 평균 흡광도(410nm)

그러나 이병주의 잎에서는 각공시품종의 접종 21일후에 흡광도가 광안옥이 0.21, 8036이 0.19, 8104×광안옥이 0.18, 8341×광안옥이 0.20, G4743×광안옥이 0.19, P3144×광안옥이 0.18, DK689×광안옥이 0.19 그리고 수원95가 0.22로 나타나 건전주의 흡광도(0.14~0.18)와 구별되었다. 이상의 결과를 보면 이병주의 뿌리부분을 이용하는 것이 감염 바이러스의 조기 검정에 효과가 있었다.

나. 결과요약

- 1) 포장검정의 증도저항성(광안옥외 5품종)과 이병성품종(수원95)의 3엽기 유묘를 이용하여 줄기(일반유묘접종) 및 잎부위에 개체접종 후 28일에 이병주의 엽위별 위축율을 조사한 결과 줄기부위접종에서는 제2엽을 제외하고는 모두 포장검정의 결과와 상이하였다. 그러나 잎부위 접종에서는 공시품종 모두가 포장검정의 결과와 같은 경향이 있다.
- 2) PA-ELISA에 의한 이병주의 조기검정효과시험에서는 이병주의 뿌리를 공시한 것이 접종후 14일에 감염여부의 검정이 가능하였고 이병주의 잎을 공시한 것에서는 접종후 21일에 감염여부의 검정이 가능하였다

제 4 절 감염세포의 미세구조에 따른 저항성 기작 규명

1. 연구 목적

식물은 내외적으로 환경적이나 병원체 감염에 의해 자극을 받으면 세포내 pathogen related protein(PRP)이 생성되는데 이것이 자극에 대한 반응저항성과 관련이 있다고 본다. 고등식물에서 cytoskeleton element인 microtubule associated protein 양상으로서 microfilamentous(MF), intermediate filament(IF) 등이 형성되는데, 외부 또는 내부생리적인 자극에 대하여 반응의 차이가 있다고 본다.

2. 재료 및 방법

이병성 품종 : 수원95호, 저항성품종: 광안옥

2001년 6월~7월에 이병성품종과 저항성 품종을 공시하여 유묘접종 25일 후에 이병주를 채집하여 2×5 mm로 잘게 잘라 kanovsky's 고정액에 2시간 전고정하고 0.05M cacodylate 완충액에 세척하여 1% OsO₄로 2시간 고정하여 0.5% UA에 하룻밤동안 고정하였다. 알콜과 propylen oxide로 탈수한 후 spurr 수지를 넣어 70℃에서 증합시켰다. 초박절편기에서 초박절편하여 UA 및 lead citrate에 염색하여 전자현미경에서 감염세포의 미세구조를 검정하였다.

3. 결과 및 고찰

이병성 품종인 수원95호의 이병엽 감염세포의 미세구조에서는 사부세포내의 sieve pore주위에 callose형성이 관찰되지 않았으며 사부세포내에 바이러스 입자가 집단적으로 관찰되었다. (그림 A)

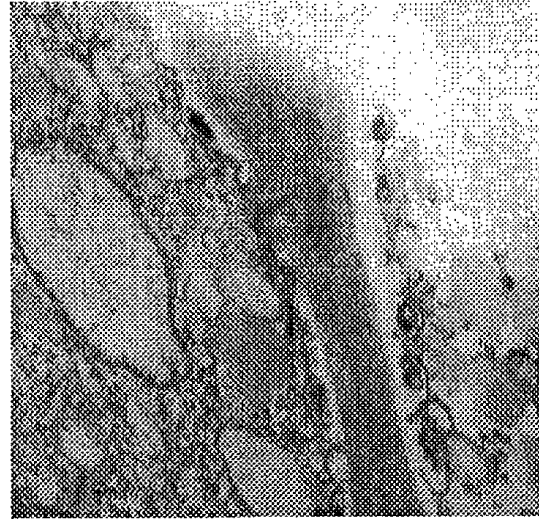
그리고 sieve plate에서의 sieve pore에서도 바이러스입자양상이 많이 검정되었다(그림 B). 저항성품종인 광안옥의 이병엽 감염세포의 미세구조에서는 사부세포 및 통도조직 세포내에서 microbody 양상의 변성물이 검정되었고, sieve plate 의 sieve pore 주위에 callose protein 양상의 변성물 형성이 관찰되었다(그림 C). 원형질 연락사나 사판주위에서도 callose protein, microfilamentous protein 등이 관찰되었다(그림 D). 이상의 결과를 보면 사부세포, 통도조직세포내에 형성된 PRP양상의 변성물에 의하여 사부세포에서만 증식할 수 있는 옥수수흑조위축바이러스의 식물체내이동에 지장을 가져옴으로서 바이러스감염에 따른 기주의 품종에 따라 저항성의 차이가 있다고 생각된다. 이러한 측면에서 외떡잎식물인 화본과에서도 쌍떡잎 식물에서와 같이 세포내 PRP형성이 저항성기작의 원인이 된다고 보아진다.

4. 결과 요약

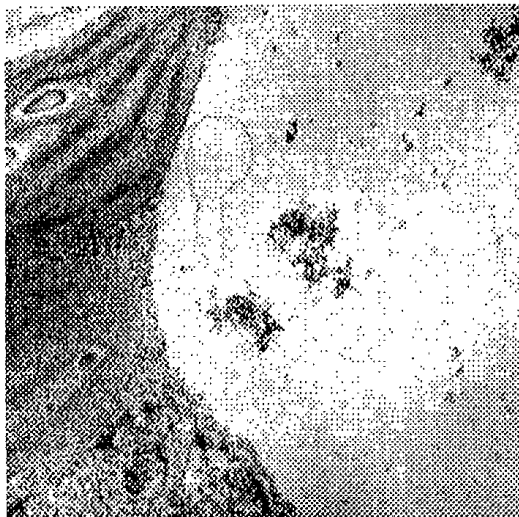
이병성품종인 수원95호는 사부세포내에서 callose protein 형성이 관찰되지 않았으며 저항성품종인 광안옥에서는 사부세포의 sieve plate 및 sieve pore 주위에 callose protein양상의 변성물이 형성되었다.



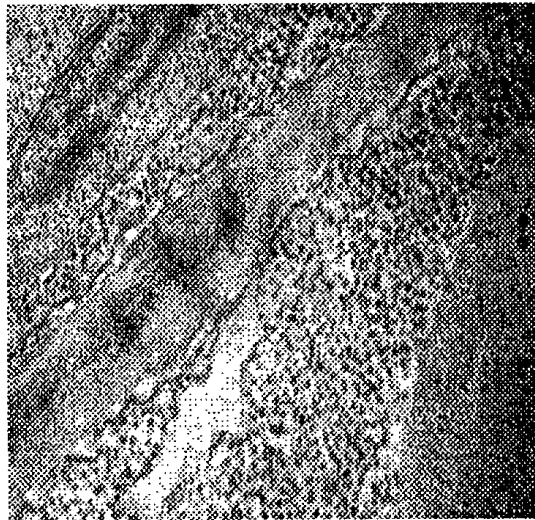
(A)



(B)



(C)



(D)

그림 1 흑조위축병 저항성 품종(광안옥)과 이병성 품종(수원 95)의 세포내 미세 구조

그림 (A), (B): 저항성 품종(광안옥)의 세포내 미세구조

그림 (C), (D): 이병성 품종(수원 95)의 세포내 미세구조

제 5 절. 참 고 문 헌

1. Lee, K. W. et al. 1989. Ultrastructure and mitochondrial vesiculation associated with colsterovirus like particles in leaf-roll diseased grapevines. *American Phytopathology*. 79:357-360.
2. Lee, Key-Woon, Kim, Kyung-Soo. 1992. Geminivirus induced macrotubules and their suggested role in cell to cell movement. *American Phytopathology*. 82(6):664-669.
3. 이기운 외 3명. 1976. Studies on the insect transmission of Rice Dwarf Virus in Korea. *농사시험연구논문집*. vol.18. pp59-65.
4. 이기운, 이순영, 정봉조, R.H.Halliwell. 1977. Studies on purification and serology of Rice Dwarf Virus. *한식보* vol.16.No.1. pp.65-67.
5. 이기운 외 5명. 1980. 벼 흑조위축병 피해 및 충매전염에 관한 시험. *농진청. 농기연보 (생물부)*. 203-225.
6. 이기운. 1986. 벼 오갈병의 발생 및 병원 바이러스의 월동에 대하여. *한식병*. vol.2(1):17-21.
7. 이기운, 우용범. 1987. 효소결합항체법에 의한 벼·옥수수 및 매개충에서 벼검은줄오갈병의 검정. *한식병*. vol.3(2):108-113.
8. 이기운, 김상규. 1986. 콩 모자이크 바이러스병의 전염 및 저항성 검정에 대하여. *한식보*. vol.25(2):113-120.
9. 이기운, 이창규. 1990. Protein A-Enzyme-linked Immunosorbent Assay에 의한 식물바이러스의 검정. *한식병*. no1.6.No.1. 133-137.
10. 이기운. 1989. 벼흑조위축병 저항성품종 육성을 위한 기초연구. *농사시험연구논문집*. vol.33:121-128.
11. 이기운, 이봉춘, 박호철, 이용수. 1990. 한국에서 수박에 발생한 오이녹반모자이크 바이러스(CGMMV)병에 대한연구. *한식병*. no1.6.No.2. 250-255.
12. 이기운, 이봉춘, 박호철. 1990. 벼흑조위축병 저항성 품종육성을 위한 실내 유묘검정방법 연구. *농시논문집*. vol.33. 121-128.
13. 이기운, 이봉춘. 1992. 수박모자이크 바이러스의 계통조사 및 화분전염에 대하여. *한식병*. vol.8(2):131-137.
14. 이기운, 이봉춘, 이수현. 1992. Protein A-immunocytochemistry에 의한 오이모자이크바이러스의 감염세포내 국제화에 대한 검정. *한식병*. vol.8(2).138-143.
15. 이기운 외 2명. 1993. 고추에 발생하는 담배모자이크바이러스병에 대한 위성담배모자이크의 간섭효과에 대하여. *농시논문집*. vol.35:241-249.
16. Lee, K. W. 1988. Micro and macrotubules in cytoplasm of *Datura stramonium* leaf cells induced by *Euphorbia mosaic virus*, a whitefly-transmitted Geminivirus. *Present in 5th International pathology*. Kyoto, Japan.

17. 이기운 외 1명, 1995 6-10, August, Ultrastructural aspects of Whitefly-transmitted geminivirus and Beetle-transmitted comovirus infections. 3rd interantional Caribbean conference of entomology. Florida Entomological Society. U.S.A. pp.19.
18. 이기운. 1989. 벼 흑조위축병 저항성품종 육성을 위한 기초연구. pp.125-131.
19. 이기운 외 2명. 1990. 벼 흑조위축병 저항성품종 육성을 위한 실내 유묘검정방법 연구. pp.121-128.

제 4 장 재배 및 생리 분야

제 1 절 사료용 옥수수 신 계통 생리·생태적 특성 시험

1. 서언

최근 쇠고기와 우유의 소비량이 급증하여 1980년 (쇠고기 2.6, 우유 10.8 kg/인/년)에 대비하여 1999년 (쇠고기 8.4, 우유 58.6 kg/인/년)의 쇠고기와 우유의 소비량은 각각 3.2배, 5.4배 증가하였다. 특히 쇠고기는 공급이 수요를 따라가지 못하여 1980년대부터 수입을 시작하였으며, 1999년 현재 자급률은 61.0%에 불과하다. 그러나 우리나라의 국민 1인당 연간 쇠고기 소비량은 6.7kg으로서 대만의 2.9kg보다는 높지만 다른 선진국 (미국 45.1, 호주 29.1, 영국 17.9, 일본 11.6kg) 보다는 훨씬 낮으므로 쇠고기의 소비량은 앞으로도 계속 증가할 전망이다 (농림부, 1995).

현재 우리나라의 소 사육두수는 젖소 약 50만두, 한(육)우 약 200만두이다. 젖소의 사육두수는 최근 10년 간 거의 변화가 없었고, 한(육)우는 1996년의 약 280만두보다 감소하였지만 쇠고기 값이 상승하면 다시 증가할 가능성이 크다.

가축사료는 주로 수입된 옥수수, 밀, 콩 등으로 만들어지는데 1999년 현재 밀 수입량 약 441만 톤의 45.6%, 옥수수 수입량 약 8백만 톤의 71.3%, 콩 수입량 약 148만 톤의 31.1%가 사료용으로서 연간 약 817만 톤의 수입 양곡이 농후사료를 만드는데 이용되고 있어 막대한 외화가 사료양곡의 구입에 사용되고 있다 (1999년의 곡물수입에 사용된 금액은 약 2조 6천억 원). 우리나라에서 만들어지는 배합사료는 1999년 현재 약 1천 5백만 톤인데 (농림통계연보, 2000) 그 중 37.7%가 초식동물인 소의 사육에 이용되고 있으므로 알맞은 조사료의 공급방안이 시급하다.

조사료는 초지에서 생산된 건초, 밭에서 생산하는 옥수수, 수수/수단그라스 교잡종, 수수, 귀리, 유채, 담리작으로 생산되는 호밀 등 맥류이다. 농림부에 의하면 1998년 현재 건초 약 41만 톤, 사료작물포 조사료 약 142만 톤, 담리작 조사료 약 48만 톤 등 모두 231만 톤을 생산하였는데 소의 조사료 수요량은 약 7백만 톤으로 생산량은 수요량의 약 33%에 불과하다.

조사료를 생산하는 사료작물 중에서 옥수수가 수량이 가장 많으며, 종실과 경엽이 함께 있으므로 영양가도 높다. 또, 생체를 이용하므로 기호성이 높고, 저장성이 좋으며, 초식동물의 건강에도 좋아 가장 필요한 사료작물이다. 우리나라에서 사일리지 옥수수의 재배면적은 1960년대 중반에는 약 4만ha가 재배되었으나 그 후 사일리지 옥수수에 대한 인식이 높아져 1990년 이후에는 약 10만ha가 재배되고 있다.

사료용 옥수수 품종은 수원 19호가 육성된 이래 진주옥, 광안옥, 횡성옥, 중부옥, 제천옥 등이 육성되었다. 남부지방에서는 대부분의 품종이 흑조위축병에 이병되어 수량이 크게 감소하

로 진주옥, 광안옥 등 다소 내병성이 큰 품종이 육성되었으나 수량성이 다소 낮아 많은 축산농가들이 미국에서 도입한 옥수수 품종을 재배하고 연간 약 260톤의 종자를 수입하여 연간 130억 원의 외화를 사용하고 있다. 그런데 우리나라에서는 옥수수 1대 잡종 종자를 생산할 수 있는 기술이 축적되어 있고, 2000년에 수입된 옥수수 종자는 국내산보다 가격이 2.1배 비싸므로 (수원 19호 3,666원/kg, Pioneer 종자 7,772원/kg) 우수한 품종을 육성하여 사일리지 옥수수 종자 생산의 기반을 확립하는 것이 중요하다. 그래서 본 연구에서는 본 과제 수행 중 육성된 우수계통의 생리·생태적인 특성을 조사하고, 또, 기존의 국내육성 품종과 미국에서 도입한 품종간에 수량성과 사료가치를 조사하여 남부지방에 적용되는 새로운 사일리지 품종의 육성에 필요한 자료를 제공한다.

2. 재료 및 방법

본 시험은 경북 경산의 영남대학교 자연자원대학 부속농장에서 실시하였다. 공시계통은 해마다 선발되는 계통이 다르기 때문에 연도에 따라 달랐으며, 국내 육성품종은 수원 19호, 횡성옥, 광안옥 이었으며, 미국 도입종은 축산협동조합을 통하여 공급되는 미국산 1대 잡종이었다 (표 1).

파종은 겨울에 온실에서 증식한 종자의 준비상황에 따라 해마다 파종일이 달랐는데 1997년에는 4월 18일, 1998년에는 5월 14일, 1999년에는 4월 15일, 2000년에는 5월 23일, 2001년에는 5월 15일로 4월 중하순에서 5월 하순 사이에 파종하였다.

재식거리는 해마다 60 x 25cm (6,666주/10a)로 하였으며, 종자를 2립씩 파종한 후 3엽기에 1주만 남기고 솟아주었다. 시험구 크기는 3줄 x 4m이었으며, 시험구는 난괴법 4반복으로 배치하였다.

시비량은 질소-인산-칼리가 각각 20-15-15kg/10a 수준이었다. 질소의 70%는 기비로, 나머지 30%는 5엽기에 추비로 주었고, 인산과 칼리는 전량을 기비로 사용한 후 로타리질하여 표층에 고르게 섞어 주었다.

제초제는 파종 후 잡초가 발생하기 전에 처리하였는데 처리 약량은 10a 당 alachlor 유제 200ml와 simazine 수화제 100g을 100ℓ의 물에 혼합하여 T-Z 노즐이 부착된 시험용 CO2 sprayer를 사용하여 토양 전면에 고르게 살포하였다.

표 1 연도별 공시계통 및 품종

연도	공시계통	공시 품종	
		국내 육성종	미국 도입종
1997	8036 x G4624, 8153 x G4743, 8289 x P3352, 8316 x 광안옥, 8404 x P3144	수원 19호, 광안옥, 횡성옥	G4624, G4743, P3156, P3160, P3282, P3352, P3525, P3394, P3144W, DK689, DK713, DK729, KP395M
1998	8029, 8097, 8123, 8209, 8224, 8269, 8301, 8307, 8308, 8309	광안옥, 횡성옥	P3156, P3352, P3394, P3525, DK689, DK713, DK729
1999	8029, 8097, 8123, 8224, 8301, 8307, 8308, 8309, 8109, 8188	수원 19호, 광안옥	P3156, P3163, P3394, DK689, DK713, NC5514, NC7117
2000	2K-3, 2K-25, 2K-61, 2K-177, 2K-220	수원 19호, 광안옥	P3394, DK713
2001	SGH-1, SGH-2, SGH-3, SGH-4, SGH-5, SGH-6	수원 19호, 광안옥	P3223, DK729

출사기에 착수고, 간장, 이삭수, 분얼수 등을 조사하였고, 출사 후 35일에 흑조위축병 등 내병성, 내충성을 조사하였다.

수확은 출사 후 40일에 실시하였으며, 수량조사는 3m² 내의 옥수수를 대상으로 하였다. 건물비율을 조사하기 위하여 생육이 중간 정도인 5주를 골라 이삭을 제외한 경엽을 동력 절단기로 약 3cm의 길이로 절단하여 고르게 섞은 후 생체 1kg을 취하고, 또 이삭은 별도로 무게를 측정 한 후 경엽과 이삭을 모두 80℃ 송풍식 건조기에서 48시간 건조하여 건물비율을 구하였다. 이삭과 경엽의 생체중에 각각의 건물비율을 곱하여 건물중을 계산하였다.

녹체성은 엽록소측정기(SPAD 502, Minolta, Japan)와 달관조사를 하였다. 엽록소측정기의 SPAD를 이용한 방법은 연속된 5포기를 대상으로 하였는데 한 포기에서 이삭이 달린 잎과 그 상, 하위 2번째 잎에서 각각 3지점을 조사하였다. SPAD 값은 수치가 높을수록 녹색도가 높다. 녹체성의 달관조사는 전체 잎을 대상으로 하여 녹체 정도에 따라 1-9 (1은 모든 잎이 녹색, 9는 모든 잎이 고사)로 나타내었다.

사일리지의 사료성분 분석은 건조된 경엽과 이삭을 Wiley Mill (USA)로 분쇄하여 20 mesh 체를 통과시킨 시료를 이용하였다. 조단백질은 micro Kjeldahl법 혹은 Micro Kjeldahl System (Kjeltec 2300 Analyzer, FOSS Tecator, Sweden)을 이용하여 분석하였다. 조회분, 조지방은 AOAC법에 따랐는데 조지방은 Soxhlet 추출장치에서 ethyl ether를 사용하여 12시간 추출하였다. NDF와 ADF는 Van Soest법에 의하여 Fibertec System M6 (FOSS Tecator, Sweden)을 이용하

여 분석하였다.

3. 시험결과

가. 1년차 시험 (1997)

육성계통과 국내 육성품종 및 미국 수입 품종의 생육특성과 출수기 흑조위축병 이병주율을 보면 표 1-1과 같다. 입묘율은 육성계통, 국내 육성품종, 미국품종 모두 80% 이상으로서 재배에 문제가 없었다. 육성계통의 출사기와 착수고, 간장은 국내 육성품종과 미국품종과 비슷하였다.

흑조위축병 이병주율은 육성계통 중 8316 x 광안옥과 8153 x G4743이 각각 1.2 및 2.4%로서 국내 육성품종 중 저항성이 강한 광안옥의 4.0보다 낮아 유망시 되었다. 수원 19호는 흑조위축병 이병주율이 10.0%로서 공시 계통 및 품종 중에서 이병율이 가장 높았으며, 미국 품종 중에서 G4624, G4743, P3282, P3352, DK689, DK729는 이병주율이 0-2.2%로서 흑조위축병 이병주율이 낮았다.

표 1-1 생육특성 및 흑조위축병

계통 혹은 품종		입묘율 (%)	출사기 (월. 일)	착수고 (cm)	간장 (cm)	흑조위축병 이병주율 (%)
육성 계통	8036 x G4624	88.4	7. 4	107	210	7.9
	8153 x G4743	84.2	7. 9	124	235	2.4
	8289 x P3352	95.0	7. 14	116	230	9.5
	8316 x 광안옥	86.7	7. 12	131	238	1.2
	8404 x P3144	98.3	7. 11	122	238	10.2
국내 품종	수원 19호	100.0	7. 10	130	233	10.0
	횡성옥	99.3	7. 8	116	224	8.1
	광안옥	99.3	7. 10	141	242	4.0
미국 품종	G4624	89.3	7. 12	121	230	2.2
	G4743	85.8	7. 16	125	238	1.2
	P3160	90.0	7. 8	139	242	6.6
	P3282	92.7	7. 15	132	209	0.0
	P3352	100.0	7. 7	132	239	1.0
	P3525	93.3	7. 6	125	206	4.3
	P3394	99.3	7. 7	125	222	4.0
	P3156	96.7	7. 10	139	248	3.1
	3144W	97.7	7. 13	137	258	8.2
	DK689	97.7	7. 9	136	232	1.0
	DK713	100.0	7. 8	111	230	4.0
	DK729	98.3	7. 9	134	248	2.0
	KP395M	96.0	7. 3	98	187	3.1

사일리지 수량 및 사료의 성분을 표 1-2에서 보면 건물수량은 수원 19호가 24.5톤/ha으로서 미국 품종 중 가장 수량이 높은 G4743, KP395M 등과 비슷하였으며, 육성계통 중에는 8404 x P3144가 24.0톤/ha로 수원 19호와 수량성이 비슷하였다. G4743과 KP395M은 수량이 높을 뿐 아니라 흑조위축병 이병주율이 각각 1.2 및 3.1%로서 낮았으나 수원 19호와 육성계통인 8404 x P3144는 수량은 높지만 흑조위축병 이병주율은 모두 약 10%로서 공시계통 및 품종 중에서 가장 약하므로 수량성이 높으면서도 흑조위축병에 내병성이 강한 계통의 육성이 필요하다.

표 1-2 생체 및 건물수량, 건물비율 및 사료특성.

계통 혹은 품종		생체중 (톤/ha)	건물중 (톤/ha)	건물 비율 (%)	조단백질(%)	조지방 (%)	NDF (%)	ADF (%)	헤미셀 룰로스 (%)
육성 계통	8036 x G4624	46.4	16.1	34.7	8.0	1.0	65.9	27.4	38.5
	8153 x G4743	71.8	23.8	33.2	8.0	1.2	65.2	27.5	37.7
	8289 x P3352	62.5	20.9	33.4	7.7	0.9	62.5	27.0	35.5
	8316 x 광안옥	67.2	22.3	33.2	8.1	0.7	65.9	30.7	35.2
	8404 x P3144	65.7	24.0	36.5	7.4	0.9	65.8	29.8	35.9
국내 품종	수원 19호	73.3	24.5	33.4	8.2	0.8	64.0	28.9	35.1
	횡성옥	51.8	19.8	38.2	7.7	1.0	57.7	27.6	29.5
	광안옥	61.3	18.9	30.7	7.8	0.9	67.3	31.4	35.9
미국 품종	G4624	67.2	23.0	34.2	8.0	1.4	64.8	27.9	36.9
	G4743	70.5	25.7	36.4	7.2	1.9	67.8	27.0	40.8
	P3160	62.2	21.6	34.7	7.8	1.5	63.0	32.9	30.2
	P3282	49.7	19.2	38.7	8.4	1.5	66.0	31.3	34.7
	P3352	57.9	19.3	33.4	8.5	1.4	61.5	32.3	29.2
	P3525	63.0	20.7	32.9	8.2	1.5	58.2	32.2	26.0
	P3394	60.7	19.2	31.7	8.0	1.2	59.6	31.9	27.8
	P3156	58.4	19.2	32.9	7.0	1.1	55.0	31.1	23.9
	3144W	39.2	14.6	37.1	7.1	1.5	58.7	29.9	28.9
	DK689	68.5	22.0	32.1	8.4	1.3	60.6	31.2	29.4
	DK713	59.3	19.8	33.5	8.0	1.2	59.5	30.0	29.5
	DK729	72.8	22.4	30.8	7.6	2.1	58.9	30.9	28.0
	KP395M	67.0	24.0	35.8	7.8	1.7	57.0	29.2	27.8

나. 2년차 시험(1998)

육성계통, 국내 육성품종, 미국 품종의 생육특성, 후기 녹색성 및 병충해 피해율을 보면 표 2-1과 같다. 입묘율은 육성계통 중 8309의 82.3%를 제외하면 모든 계통과 품종이 94.5% 이상으로 입묘율이 높았다. 출사기, 착수고, 간장, 후기 녹색성은 육성계통, 국내 육성품종, 미국 품종 내에서 다양하게 분포되었다.

흑조위축병 이병주율은 모든 육성계통과 품종에서 나타나지 않았다.

호미엽고병 이병주율은 육성계통 중에 8307이 3.2%로서 낮았으나 다른 계통이나 품종은 8.7-14.5%가 이병되었다. 조명나방 피해주율은 육성계통 중 8123과 8269가 각각 21.3 및 20.5%로서 다른 계통이나 품종보다 낮았다. 국내 육성품종인 광안옥과 횡성옥은 각각 49.5 및 35.2%로서 피해가 컸으며, 특히 흑조위축병이 비교적 강하여 남부지방에 장려하고 있는 광안옥이 조명나방의 피해가 가장 크므로 다수성이면서 내병, 내충성 품종의 육성이 시급하다. 미국 품종 중에는 DK729가 피해주율이 19.7%로서 공시계통 및 품종 중에서 가장 낮았다.

표 2-1 생육특성, 녹색성 및 병충해 피해율

품종 혹은 계통		입묘율 (%)	출사기 (월. 일)	착수고 (cm)	간장 (cm)	녹색성	흑조위축병이병주율 (%)	호미엽고병이병주율 (%)	조명나방피해주율 (%)
육성계통	8029	94.5	7. 18	128	245	중	0	13.2	33.1
	8097	95.3	7. 18	141	153	상	0	12.2	39.0
	8123	95.3	7. 19	131	165	상	0	11.5	21.3
	8209	99.2	7. 20	121	240	상	0	9.5	27.6
	8224	97.7	7. 20	127	249	상	0	12.0	42.4
	8269	99.2	7. 17	137	257	상	0	8.7	20.5
	8301	98.4	7. 19	121	235	중	0	14.3	29.4
	8307	99.2	7. 21	137	244	중	0	3.2	36.2
	8308	98.4	7. 21	146	257	상	0	9.5	44.4
	8309	82.3	7. 19	134	240	중	0	14.5	35.5
국내 품종	광안옥	97.7	7. 20	123	237	상	0	9.5	49.5
	횡성옥	96.9	7. 17	138	237	중	0	15.2	35.2
미국 품종	P3156	98.4	7. 20	139	263	상	0	11.9	34.1
	P3352	99.2	7. 15	122	241	중	0	11.8	31.5
	P3394	96.1	7. 17	131	231	상	0	11.4	36.6
	P3525	94.5	7. 14	139	245	중	0	10.7	29.8
	DK689	99.2	7. 18	116	251	상	0	12.6	40.9
	DK713	99.2	7. 17	123	256	상	0	12.6	21.3
	DK729	95.3	7. 18	131	244	상	0	9.8	19.7

사일리지 수량 및 사료성분을 보면 표 2-2와 같다. 건물중은 광안옥과 횡성옥이 각각 14.7 및 15.0 톤/ha로서 공시한 계통과 품종 중에서 가장 낮았다. 그러나 육성계통 중에는 8209, 8224, 8301, 8307, 8308 등은 건물수량이 19.2-20.4 톤/ha로서 국내 육성 품종보다 현저히 높았다. 특히 8307과 8308은 다수성이면서 흑조위축병 이병주율이 각각 3.2 및 9.5%로서 저항성이 비교적 커서 유망하지만 조명나방의 피해주율이 각각 36.2 및 44.0%로서 다른 품종보다 내충성이 약한 편이므로 내충성을 보강하여야 할 것으로 생각된다. 미국 품종은 국내 육성품종보다는 수량이 높았는데 이것은 다수성인 수원 19호를 공시하지 않아서 직접 비교가 어려우며, 다른 우수한 육성계통보다는 수량성이 낮아 우수한 국내 육성품종의 개발이 가능할 것으로 보인다.

표 2-2 생체 및 건물수량, 건물비율 및 사료특성.

계통 혹은 품종		생체중 (톤/ha)	건물중 (톤/ha)	건물비 율(%)	조단백 질(%)	조지방 (%)	NDF (%)	ADF (%)	헤미셀룰 로스(%)
육성 계통	8029	52.6	16.5	31.4	8.2	3.6	63.2	20.1	43.1
	8097	53.5	16.6	31.0	8.2	4.1	58.4	19.0	39.3
	8123	55.4	18.9	34.1	7.3	3.9	58.1	21.1	37.1
	8209	55.7	19.2	34.4	7.6	3.0	55.5	18.1	37.4
	8224	53.4	19.4	36.4	7.3	3.4	56.7	24.0	32.7
	8269	55.4	16.9	30.6	7.4	3.5	74.2	21.6	52.6
	8301	47.7	19.6	34.8	7.0	3.1	72.5	24.2	48.3
	8307	59.6	20.4	34.3	6.8	3.2	57.4	18.2	39.3
	8308	56.4	19.6	34.7	6.3	3.1	69.1	21.5	47.6
	8309	42.9	15.4	35.8	7.3	2.7	63.4	23.8	39.7
국내 품종	광안옥	53.2	14.7	28.2	7.5	2.7	56.1	22.3	33.9
	횡성옥	40.8	15.0	36.0	7.9	0.9	59.0	22.0	27.0
미국 도입종	P3156	55.7	20.3	36.5	6.8	3.6	61.1	22.4	38.8
	P3352	49.5	17.1	34.6	7.7	3.5	56.2	19.6	36.6
	P3394	55.3	18.2	32.9	7.1	2.4	62.3	21.4	40.9
	P3525	50.6	15.9	31.4	7.4	2.9	59.0	20.9	38.0
	DK689	53.7	16.8	31.3	8.3	2.7	63.4	23.2	40.2
	DK713	56.3	18.1	32.2	8.5	2.8	64.9	23.9	41.0
	DK729	55.0	16.7	30.4	7.9	2.9	60.9	21.8	39.1

다. 3년차 시험 (1999년)

육성계통, 국내 육성품종, 미국 품종의 생육특성, 병충해 피해를 및 사일리지 수량을 보면 표 3과 같다. 발아율은 8307과 8309이 각각 78.9 및 86.7%로서 다른 계통이나 품종보다 낮았다. 8307은 2년차 시험에서는 99.2%로서 입묘에 문제가 없었으나 8309는 2차년 도에는 82.0%로서 품종의 발아율이 낮은 듯하다. 흑조위축병 이병주율은 수원 19호가 18.6%로서 이병주율이 가장 높았고, 광안옥은 3.6%가 이병 되었다. 수원 19호는 흑조위축병 이병주율이 높았지만 수량은 광안옥보다 높았으며, 육성계통 중 8109는 사일리지 수량이 수원 19호보다 높으면서 흑조위축병에 강하여(이병주율 1.8%) 유망하지만 조명나방에 대한 저항성은 크지 않아 내충성의 보완이 필요하다. 미국 품종 중에는 NC7117이 사일리지 건물수량이 24.3 톤/ha로서 가장 높았으며, 흑조위축병 이병주율 1.8%, 조명나방 피해주율 0.4%로서 가장 우수하였다.

표 3 생육특성 및 병충해 피해를 및 사일리지 수량.

계통 혹은 품종		입묘율 (%)	출사기 (월, 일)	착수고 (cm)	간장 (cm)	흑조위축병 (%)	조명나방 (%)	생체중 (톤/ha)	건물중 (톤/ha)	건물비율 (%)
육성계통	8029	93.0	6. 30	137	255	8.4	10.0	55.6	18.8	33.9
	8097	92.2	7. 2	136	252	1.8	18.5	56.6	20.0	35.3
	8123	92.2	6. 30	127	246	8.3	11.8	52.3	20.9	39.9
	8224	94.5	6. 30	131	253	0	7.1	53.2	20.2	38.0
	8301	94.5	7. 1	125	243	3.6	5.4	61.3	20.3	33.1
	8307	78.9	7. 2	146	257	5.6	2.5	72.9	28.8	39.5
	8308	95.3	7. 1	147	260	0	6.3	46.5	19.1	41.1
	8309	86.7	7. 3	134	241	2.1	5.0	58.6	19.2	32.8
	8109	94.0	7. 1	136	243	1.8	12.5	65.9	24.9	37.8
	8188	94.5	6. 28	150	266	1.8	16.1	54.7	19.2	35.1
국내 품종	수원19호	95.3	6. 29	136	252	18.6	13.3	59.2	23.1	39.1
	광안옥	94.0	7. 1	147	253	3.6	8.9	58.1	22.2	38.2
미국 품종	P3156	95.3	7. 1	143	272	1.7	8.4	55.4	21.9	39.5
	P3163	93.8	7. 1	142	274	0	5.3	49.5	20.6	41.6
	P3394	95.3	6. 28	119	229	0	1.7	53.4	20.6	38.6
	DK689	95.3	6. 30	135	223	5.1	6.8	53.9	20.9	38.8
	DK713	96.1	6. 29	123	248	3.5	5.4	63.1	22.6	35.8
	NC5514	91.4	6. 29	193	263	3.6	10.7	58.5	23.3	39.8
	NC7117	89.1	7. 1	137	220	1.8	0.4	59.0	24.3	41.2

라. 4년차 시험 (2000년)

육성계통, 국내 육성품종, 미국 품종의 생육특성과 사일리지 수량을 보면 표 4와 같다. 입묘율은 수원 19, 광안옥, DK731이 각각 84.4, 88.6 및 81.3%로서 다른 계통이나 품종보다 다소 낮았다. 흑조위축병 이병주율은 모든 육성계통과 품종에서 나타나지 않았다. 사일리지 건물수량은 계통 2K-61이 22.0 톤/ha로서 수원 19호의 21.5 톤/ha와 비슷하였으며, 다른 계통이나 품종은 수량이 낮았다.

표 4 생육특성 및 수량

계통 혹은 품종		입묘율 (%)	출사기 (월, 일)	착수고 (cm)	간장 (cm)	흑조 위축병 (%)	생체중 (t/ha)	건물중 (t/ha)	건물비율 (%)
육성 계통	2K-3	95.8	8. 1	99	227	0	42.9	16.1	37.5
	2K-25	95.8	8. 5	105	235	0	57.6	19.1	33.2
	2K-61	96.9	8. 4	102	228	0	67.3	22.0	32.7
	2K-177	95.8	8. 2	136	244	0	64.9	18.9	29.1
	2K-220	90.6	8. 4	108	228	0	58.8	18.6	31.6
국내 품종	수원 19호	84.4	8. 3	105	228	0	62.2	21.5	34.6
	광안옥	88.6	8. 5	108	228	0	58.8	18.7	31.8
미국 품종	DK731	81.3	8. 3	87	221	0	58.1	20.2	34.8
	P3394	92.7	8. 4	89	210	0	56.7	19.0	33.4

마. 5년차 시험 (2001년)

육성계통, 국내 육성품종, 미국 품종의 생육특성과 사일리지 수량을 보면 표 5-1과 같다. 입묘율은 모든 계통과 품종이 97.7% 이상으로 모두 입묘율이 높았는데 이것은 초기에 지온이 높고, 토양수분이 알맞았기 때문으로 보인다. 출현 후 25일의 초장은 육성계통 중 SGH-1과 SGH-3은 50.4cm와 52.5cm로 다른 계통이나 품종보다 컸으며, 엽수는 육성계통 및 품종이 비슷하였다. 출사기, 착수고, 간장은 육성계통, 국내 육성품종, 미국 품종 내에서 다양하게 분포되었다.

사일리지 건물수량은 광안옥이 22.3 톤/ha로 가장 높았고, 수원 19호는 16.8 톤/ha로 가장 낮았는데 흑조위축병 이병주율(표 5-2 참고)이 20.3%로 높았기 때문으로 생각된다. 그러나 육성계통 중에는 SGH-1, SGH-3, SGH-5의 사일리지 건물수량이 21.1-21.3톤/ha로 미국 품종보다 높았다. 본 시험에서 광안옥이 건물수량이 가장 높았으나 이삭비율이 다른 계통이나 품종보다 낮았다.

표 5-1 생육특성 및 수량

계통 혹은 품종		입묘율 (%)	초장 (cm)	엽수 (개)	출사기 (월, 일)	착수고 (cm)	간장 (cm)	건물중 (t/ha)	건물비율 (%)	이삭비율 (%)
육성계통	SGH-1	99.2	50.4	8.5	7. 28	126	226	21.2	33.1	52.4
	SGH-2	97.7	44.1	7.2	7. 25	139	255	19.4	35.3	58.2
	SGH-3	98.4	52.5	8.4	7. 26	136	255	21.1	34.7	52.6
	SGH-4	98.4	45.9	8.3	7. 28	139	251	19.4	37.0	58.2
	SGH-5	98.4	42.8	8.5	7. 29	161	256	21.3	41.1	56.3
	SGH-6	100.0	43.0	8.8	7. 28	141	243	20.1	38.8	52.7
국내 품종	수원 19호	97.7	47.5	8.2	7. 27	136	248	16.8	39.5	62.5
	광안옥	100.0	42.8	8.5	7. 28	165	253	22.3	38.9	45.7
미국 품종	P3223	100.0	41.9	8.3	7. 27	151	245	20.1	38.5	56.7
	DK713	98.4	37.7	8.5	7. 28	111	219	18.6	40.3	57.0

육성계통, 국내 육성품종 및 미국 품종의 재해저항성과 사료특성을 보면 표 5-2와 같다. 흑조위축병 이병주율은 수원 19호가 20.3%로 이병주율이 가장 높았고, 광안옥은 2.3%로 공시 계통과 품종 중에서 이병주율이 가장 낮았다. 조명나방과 진딧물 저항성은 육성계통이 다른 품종들과 큰 차이가 없었으나 조명나방 피해는 SGH-1, SGH-2, P3223이 다소 피해율이 낮았고, 진딧물 피해는 SGH-1, SGH-4, SGH-5, P3223이 다소 적었다. 도복은 모두 강하였으며, 후기 녹체성과 SPAD 값으로 보면 SGH-5, SGH-6, 수원19호가 다른 계통이나 품종보다 빨리 줄기가 건조되어 사일리지용으로 불리하였으나 다른 계통과 품종은 비교적 후기 녹체성이 좋았다.

육성계통 중 SGH-1과 SGH-3은 사일리지 건물수량이 21.2 톤/ha로 높고, 흑조위축병 이병주율이 각각 4.7 및 3.9%로서 광안옥의 2.3%보다는 다소 높았지만 다른 품종이나 계통보다는 낮았다(표 5-2 참조). 그리고 조명나방 피해도 적은 편이었고, 도복에 강하고 후기 녹체성도 좋아 사일리지용으로 재배하기 우수할 것으로 생각되나 SGH-3은 진딧물 발생량이 다소 많았다. SGH-1은 광안옥이나 P3223에 비하여 NDF, ADF, 헤미셀룰로스 등 조섬유 함량은 다소 높지만 조단백질과 조지방 함량이 높아 사료가치가 높을 것으로 생각된다.

표 5-2. 재해 저항성 및 사료특성

계통 혹은 품종		흑조 위축병 (%)	조명나방 (1-9)	진딧물 (1-9)	도복 (1-9)	녹체성 (1-9)	SPAD	조단 백질 (%)	조지방 (%)	NDF (%)	ADF (%)	헤미셀룰로스 (%)
육성 계통	SGH-1	4.7	3.5	3.3	1.0	3.3	51.5	7.65	3.56	65.6	23.3	42.3
	SGH-2	10.2	3.8	5.3	1.3	3.8	47.3	7.26	3.97	78.3	24.7	53.6
	SGH-3	3.9	4.8	6.0	1.0	4.3	45.3	7.22	3.67	68.8	24.2	44.6
	SGH-4	7.8	6.8	2.5	1.0	4.8	44.8	6.93	3.08	52.9	23.8	29.1
	SGH-5	14.8	5.5	2.8	1.0	4.6	36.7	6.05	3.28	53.4	23.4	30.0
	SGH-6	9.4	4.3	4.5	1.0	5.0	38.3	7.76	3.84	55.1	23.0	32.1
국내 품종	수원19호	20.3	6.8	2.5	1.0	5.5	36.0	8.96	3.62	51.2	22.3	29.0
	광안옥	2.3	5.8	2.8	1.3	4.3	49.8	6.68	3.07	54.6	27.2	27.4
미국 품종	P3223	7.0	3.5	3.0	1.0	3.3	48.3	6.60	2.66	46.1	25.0	21.0
	DK713	8.6	4.8	3.8	1.0	4.0	44.3	7.43	3.76	52.7	23.4	29.3

바. 5개년 시험의 종합

5개년 동안 본 연구과제 중 품종육성 분야에서 육성된 계통을 사일리지 수량을 중심으로 평가해 보면 표 6과 같다. 해마다 새로운 우수 계통이 공시되어 5년 간 연속된 결과를 볼 수는 없었다. 그러나 우수계통을 보면 1997년에는 8153, 8316, 8404, 1998년에는 8224, 8308, 1999년에는 8224, 8308, 2000년에는 2K-61, 2001년에는 SGH-1, SGH-3, SGH-5 등이 국내 육성품종이나 미국 품종보다 수량성이 높거나 비슷하여 새로운 품종육성의 가능성이 크다. 그러나 이들 계통은 부분적으로는 흑조위축병, 호미엽고병, 조명나방, 진딧물, 도복, 후기 녹체성 등에 대한 저항성이 기존 육성품종보다 향상되었지만 미비한 점도 있어 계속적으로 내재해성이면서도 수량성이 높은 계통을 육성해 나가면 우수한 1대 잡종 품종이 개발될 것으로 생각한다.

표 6. 육성계통, 국내품종 및 미국 품종의 수량성.

구 분	품 종	사일리지 건물수량 (톤/ha)					
		1997	1998	1999	2000	2001	평 균
육성계통	8153	23.8	-	-	-	-	23.8
	8224	-	19.4	20.2	-	-	19.8
	8289	20.9	-	-	-	-	20.9
	8308	-	19.6	19.1	-	-	19.4
	8316	22.3	-	-	-	-	22.3
	8404	24.0	-	-	-	-	24.0
	2K-25	-	-	-	19.1	-	19.1
	2K-61	-	-	-	22.0	-	22.0
	2K-177	-	-	-	18.9	-	18.9
	2K-220	-	-	-	18.6	-	18.6
	SGH-1	-	-	-	-	21.2	21.2
	SGH-2	-	-	-	-	19.4	19.4
	SGH-3	-	-	-	-	21.1	21.1
	SGH-4	-	-	-	-	19.4	19.4
	SGH-5	-	-	-	-	21.3	21.3
	SGH-6	-	-	-	-	20.1	20.1
국내종	수원 19호	24.5	17.0	23.1	21.5	16.8	20.6
	광안옥	18.9	15.0	22.2	18.7	22.3	19.4
	횡성옥	19.8	15.0	-	-	-	17.4
도입종	G4626	23.0	-	-	-	-	23.0
	G4743	25.7	-	-	-	-	25.7
	DK689	22.0	-	20.9	-	-	21.4
	DK713	19.8	18.1	22.6	20.2	18.6	19.9
	DK729	22.4	16.7	-	-	-	19.6
	P3156	19.2	20.3	22.0	-	-	20.5
	P3160	21.6	-	-	-	-	21.6
	P3163	-	-	22.8	-	-	22.8
	P3223	-	-	-	-	20.1	20.1
	P3282	19.2	-	-	-	-	19.2
	P3352	19.3	18.2	-	-	-	18.8
	P3394	19.2	17.1	20.6	19.0	-	19.0
	P3525	20.7	15.9	-	-	-	18.3
	P3144W	24.0	-	-	-	-	24.0
	NC5514	-	-	23.3	-	-	23.3
	NC7117	-	-	24.3	-	-	24.3

남부지방에서 적응하는 옥수수 품종은 수량성이 높으면서도 가장 치명적인 피해를 주는 흑조위축병에 대한 저항성이 커야한다. 육성계통 중에 수원 19호가 광안옥보다 수량의 잠재성은 크지만 흑조위축병에 약하고, 성숙기에 잎이 빨리 고사되어 후기 녹체성이 좋지 않다. 그러므로 흑조위축병이 크게 발생하지 않은 해에는 수량 성이 높지만 흑조위축병이 크게 발생하면 수량

성이 수원 19호보다 다소 떨어지는 광안옥보다도 오히려 수량이 낮아진다.

국내 육성품종과 미국 품종과 수량 성을 비교하면 흑조위축병이 많이 발생하지 않는 해에는 수원 19호가, 또 흑조위축병이 많이 발생하는 해에는 광안옥이 미국 품종과 사일리지 수량이 대등하였다. 일반적으로 1997년과 1999년과 같이 이병성 품종의 흑조위축병 이병주율이 10%이 하인 해에는 흑조위축병 이병주율과 사일리지 건물수량과는 관계가 없으나 2001년과 같이 흑조 위축병 이병주율이 20% 이상일 때는 흑조위축병 이병주율과 사일리지 수량과는 부의 상관관계가 있다(그림 1). 옥수수 흑조위축병은 1970년대 후반부터 남부지방에서 퍼지기 시작하여 1980년대에는 피해가 극히 심하였다. 당시 수원 19호는 경산에서 이병이 잘 되는 5월중에 파종하면 90% 이상이 이병 되었고 그 정도도 심하여 간장이 1m 정도이고 이삭이 전혀 발생하지 않기도 하였다(이 등, 1987). 그러나 1990년대에 와서 병 발생이 줄어 수원 19호 보다 크게 이병 되지 않았지만 2001년에는 약 20% 정도 이병 되는 것으로 보아 다시 증가할 가능성이 있다. 그러므로 남부지방에서 사료용 옥수수를 성공적으로 재배하기 위해서는 파종기를 달리하여 흑조위축병을 회피할 수도 있지만(이와 이, 1987), 좀더 적극적인 방법으로 수량성이 높으면서 특히 흑조위축병에 저항성인 품종의 개발이 필요하다.

최근 사일리지 옥수수의 재배면적이 증가하여 종자 수요량이 연간 1,200-1,300톤이 예상되지만 생산량은 약 180톤에 불과하다. 그리고 종자 값은 미국 품종이 국내품종보다 2.1배나 비싸고, 강원도를 중심으로 1대 잡종 생산의 기반이 확립되어 있으므로 우수한 품종을 개발하여 종자생산을 적극적으로 장려하여야 할 것이다(이, 2001).

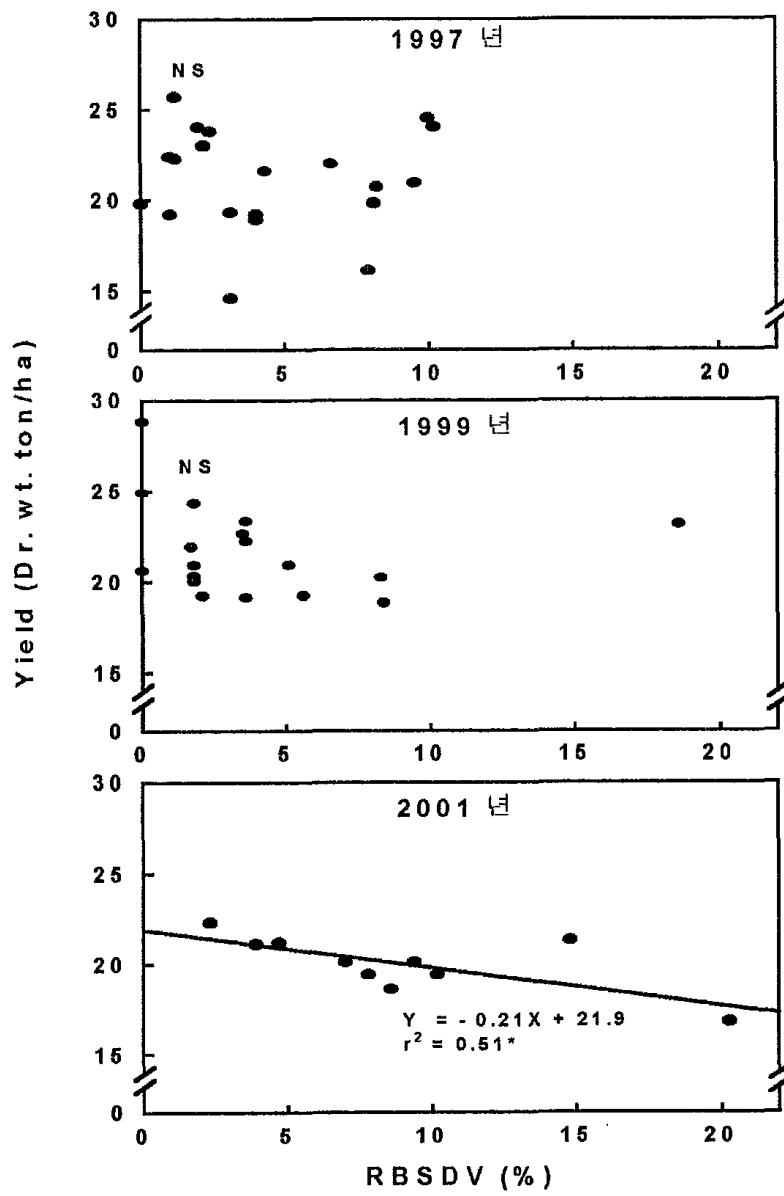


그림 1 흑조위축병이병율과 수량과의 관계

제 2 절 농가 사일리지 옥수수 재배 문제점 파악

경상북도의 사일리지 옥수수의 재배현황과 재배방법의 문제점을 알기 위하여 1997-1999년 3개 년에 걸쳐 22개 시·군의 농업기술센터 축산분야 농업지도사의 협조를 얻어 251개 사육두수가 많은 축산농가를 대상으로 현장방문 및 설문조사를 실시하였다.

경상북도의 사료용 옥수수 재배면적은 1998년 현재 1,149.9ha로 전체 전작사료작물 재배면적 (1,679.7ha)의 68.5%를 차지하고 있다. 그 외 수수 73.2ha, 수단그라스 (수수-수단그라스 교잡 종을 포함한 것이라고 생각됨) 401.4ha, 기타 55.2ha에서 사료작물을 재배하고 있다. 공급된 옥수수 종자를 모두 파종하였다고 가정하여 종자 공급량을 재배면적으로 나누면 파종량은 포항 이 46.2kg/ha로서 가장 많고, 울릉군에 26.0kg/ha로서 가장 적었으며, 대부분은 30-40kg/ha 이 었다. 이것은 사일리지용 옥수수의 파종적량인 25kg/ha보다 월등히 높다(표 1).

표 1 경북의 시, 군별 사료용 옥수수 종자 공급량, 재배면적 및 파종량(경북도 자료).

시, 군	종자 공급량 (kg)	재배면적 (ha)	파종량 (kg/ha)
포항	5,710	123.5	46.2
경주	2,352	78.4	30.0
김천	2,956	85.8	34.5
안동	700	23.5	29.8
구미	1,820	54.0	33.7
영주	2,499	66.7	37.5
영천	2,095	59.3	35.3
상주	0	0	0
문경	2,092	53.3	39.2
경산	2,959	78.3	37.8
군위	1,800	49.0	36.7
의성	1,267	40.0	31.7
청송	1,200	30.0	40.0
영양	1,120	28.0	40.0
영덕	640	18.3	35.0
청도	1,370	39.0	35.1
고령	1,495	39.5	37.8
성주	1,400	35.0	40.0
칠곡	1,419	47.3	30.0
예천	0	0	0
봉화	0	0	0
울진	3,600	120.0	30.0
울릉	2,109	81.0	26.0
계	40,593	1,149.9	35.3

1. 소 사육두수

경북의 소 사육두수별 농가비율을 표 2에서 보면 젖소는 21-40두가 54.7%로 가장 많았고, 41-60두 사육농가는 22.0%로 그 다음이었다. 그러나 20두 이하의 사육농가는 16.4%, 61두 이상의 사육농가는 7.0%로서 대부분이 21-40두 사이의 젖소를 사육하였다.

한편 비육우는 20두 이하 사육농가가 57%로서 가장 많았고, 21-40두 사육농가는 28.9%, 41-60두 사육농가는 7.8%, 61두 이상 사육농가는 6.3%로서 젖소보다는 사육규모가 영세하였다.

표 2 경북의 젖소 및 비육우 사육규모.

사육두수	젖소		비육우	
	농가수	비율(%)	농가수	비율(%)
< 20두	35	16.4	73	57.0
21-40	117	54.7	37	28.9
41-60	47	22.0	10	7.8
61 <	15	7.0	8	6.3
계	214	100.0	214	100.0

※무응답자, 37 농가

2. 사료용 옥수수 재배현황 및 문제점

가. 재배면적: 사료용 옥수수의 재배면적을 보면 (표 3) 3,000평 (1ha) 이상의 농가가 41.4% 이었고, 2,000-3,000평 농가가 37.7%, 2,000평 (0.67ha) 이하의 농가는 23.9% 이었다.

표 3 경북의 사료용 옥수수 재배면적별 농가수 및 비율.

재배면적 (평)	농가수	비율 (%)
< 2,000	60	23.9
2,000-3,000	87	34.7
3,000 <	104	41.4
계	251	100.0

나. 품종: 경북에서 1997년 재배된 사료용 옥수수의 품종은 국내 품종이 51.2%, 미국 수입종이 31.2%로서 국내 육성품종이 더 많았고 (표 4-1), 1998-1999년에도 국내 육성품종 56.0%, 미국 수입종 44%로서 국내 육성품종이 더 많았다 (표 4-2). 그러나 1998년 국내 옥수수 종자 생산량은 179톤, 종자 수입량은 1,263톤으로서 수입종이 월등히 많은 것으로 고려하면 다른 지방과 경향이 일치하지 않을 듯 하다. 이것은 조사연도가 일치하지 않은 것도 있겠지만 종자 량을

고려하지 않고 품종만 고려한 결과가 영향을 미칠 수도 있고, 남부지방에 국내 육성품종이 많이 보급된 듯 하다. 국내 육성품종 중에도 흑조위축병에 이병성인 수원 19호가 20.0%, 황성옥이 14.0% 재배되었고, 비교적 저항성인 광안옥이 12.0% 보급되었다. 흑조위축병에 이병성인 수원 19호가 많이 재배된 것은 1980년대에 흑조위축병이 심하게 발병하였으나 최근에는 흑조위축병이 거의 발병되지 않았기 때문인 듯 하다.

표 4-1 경북의 사료용 옥수수 품종 (1997).

항 목	농가수	비율 (%)
국내품종	128	51.2
수입품종	78	31.2
잘 모름	44	17.6
계	250	100

표 4-2 경북의 사료용 옥수수 품종 (1998-1999).

		농가수	비율 (%)	비율(%)
국내품종	수원 19호	20	20.0	56.0
	광안옥	12	12.0	
	황성옥	14	14.0	
	잘 모름	10	10.0	
수입품종항 목	Pioneer	8	8.0	44.0
	Delkab	5	5.0	
	잘 모름	31	31.0	
계		100	100.0	100.0

다. 종자선택 시 고려사항: 사료용 옥수수의 종자를 선택하는 기준은 수확량이 83.6%로서 가장 중요하게 생각하였다. 종자가격, 병충해 저항성도 다소 고려하여 선정하였다 (표 5).

표 5 경북에서 사료용 옥수수 종자 선택시 고려하는 사항.

항 목	농가수	비율 (%)
종자가격	18	7.2
수확량	209	83.6
병충해 저항성	11	4.4
대리점 추천	12	4.8
계	250	100

라. 파종시기: 사료용 옥수수의 파종시기를 표 6에서 보면 4월중에 파종하는 농가가 61.2% 이었고, 38.8%가 5월 이후에 파종하고 있다. 경북에서는 북부지방이나 울릉도를 제외하고는 흑조위축병이 많이 발생하는 지역이고 (이와 박, 199), 흑조위축병에 내병성인 품종이 없으므로 (이, 199) 파종기는 흑조병 이병을 막는데 중요한 역할을 한다. 즉 흑조위축병 바이러스를 전염시키는 애멸구의 발생은 4월 중순, 6월 중순, 7월 중순, 8월 중순에 발생하지만 6월 중순의 발생량이 다른 시기보다 현저히 많고 피해도 크다(이 등, 19). 그래서 4월중에 파종하여 5월 중순 이전에 출아하면 6월 중순까지 1달 이상 성장하면 애멸구가 흡즙하더라도 발병하지 않고 거의 정상적으로 생육하므로 피해가 극히 적다. 그러나 5월 중순 이후에 파종하여 6월 중순에 5-6엽기 도달하였을 때 애멸구 보독충이 흡즙하면 이병성 품종은 거의 생육이 되지 않고 죽거나 자라더라도 간장이 위축되고, 이삭이 발달하지 않아 수량이 극히 적으므로 파종기를 앞당겨야 한다. 흔히 축산농가에서는 호밀을 수확한 후 5월 하순 이후에 옥수수를 파종하면 흑조위축병의 피해가 심하다. 그러므로 호밀-옥수수 작부체계를 바꾸어 옥수수-귀리 (유채)의 작부체계를 실시하여 옥수수를 정상적으로 재배한 후, 가을에 귀리나 유채를 재배하는 작부체계가 알맞다 (이와 이, 1989).

표 6 경북에서 사료용 옥수수의 파종시기.

파종기	농가수	비율(%)
4월 중순 이전	66	26.4
4월 하순	87	34.8
5월 상순	64	25.6
5월 중순 이후	33	13.2
계	250	100.0

마. 파종량: 파종량을 보면 표 7에서 보면 30-40 kg/ha가 28.2%, 40 kg/ha 이상이 37.6%로서 적정 파종량인 25kg/ha보다 훨씬 많은 종자를 파종하고 있다. 그리고 파종량을 잘 모르고 적당히 파종하는 농가도 23.6%나 된다. 이것은 경북의 옥수수 종자 공급량을 파종면적으로 나누어 계산하여 추산한 파종량이 대부분 30-40 kg/ha인 것과 비슷한 결과를 보인다 (표 1 참조). 파종량을 많게 하는 것은 종자 값이 많이 소요될 뿐 아니라 밀식하였을 때는 이삭발육이 나쁘고, 도복의 위험도 있으며, 출아 후 솟아 줄 때는 솟아주는 노력이 추가로 필요하다. 옥수수 종자는 출아율이 높고, 초기생육도 좋으므로 처음부터 알맞은 수의 종자를 파종하여야 할 것이다. 그러나 새의 피해가 있어 결주가 생길 수 있을 때는 새의 피해를 줄이는 조치를 취해야 한다.

표 7 경북에서 사료용 옥수수의 파종량.

파종량(kg/ha)	농가수	비율(%)
20 이하	2	2.4
20-30	7	8.2
30-40	24	28.2
40 이상	32	37.6
잘 모른다	20	23.6
계	85	100.0

※ 무응답자: 126명

바. 파종방법: 파종방법을 보면 표 8에서 인력파종이 29.6%, 조파용 파종기 21.2%, 점파용 파종기 49.2%로서 약 반수의 농가가 점파용 파종기로 파종하고 있다. 인력으로 파종할 때는 노력이 많이 들고, 점파용 파종기는 재식거리가 일정하지 않고, 파종량이 많이 소요되는 원인이 된다. 종자를 절약하고, 알맞은 재식거리를 유지하기 위하여서는 점파용 파종기를 이용하는 것이 좋지만 기계를 별도로 구입해야 하는 부담이 있다. 그러나 조합을 통하여 기계를 공동으로 사용하면 경비를 줄일 수 있다.

표 8 경북의 사료용 옥수수 파종방법.

파종방법	농가수	비율 (%)
인력파종	74	29.6
조파용 파종기	53	21.2
점파용 파종기	123	49.2
계	250	100.0

사. 재식거리: 재식밀도를 표 9에서 보면 조간거리는 54.8%가 60-65cm 이고, 주간거리는 20-25cm가 56.4%로서 대부분은 사료용 옥수수의 알맞은 재식밀도인 60 x 25cm를 따르고 있는 듯하다.

조간거리가 일정하지 않은 것은 못줄을 띄어서 인력으로 파종할 때는 조간을 맞추기가 번거롭기 때문인 듯하며, 주간거리가 일정하지 않은 것은 조파기로 파종하는 농가가 많기 때문인 듯하다. 점파기로 파종하여 일정한 재식거리를 유지하면 종자를 절약하고, 쉬는 노력을 줄이고, 과도한 밀식에 의한 수량감소나 사일리지의 품질저하를 막을 수 있다.

표 9 경북의 사료용 옥수수 재식거리.

조간거리(cm)	농가수	비율(%)	주간거리(cm)	농가수	비율(%)
< 60	28	11.2	< 20	70	28.0
60-65	137	54.8	20-25	141	56.4
70 <	41	16.4	25 <	64	25.6
일정하지 않음	44	17.6	일정하지 않음	39	15.6
계	250	100	계	250	100

아. 수확시기: 사일리지용 옥수수를 수확적기인 황숙기에 수확하는 농민이 44.1%이었다 (표 10). 그러나 일손에 따라 적당한 시기에 수확하는 농가가 45.1% 이었는데 이것은 인력으로 수확하거나 기계로 수확할 때는 수확기계의 사정에 따라 수확할 수밖에 없고, 재배면적이 적을 경우 사일리지의 품질을 중요하게 생각하지 않고 있기 때문이다. 그러나 조기수확하면 수량이 감소할 뿐 아니라 수분함량이 높아 즙액이 세어 나와 양분이 손실되고, 당분이 적어 유산발효가 잘 되지 않아 품질이 저하된다. 너무 늦게 수확하면 수분함량이 적어 썩기 쉽다. 수확기를 활용하면서 알맞은 시기에 수확하려면 생육기간이 다른 품종을 재배하거나 같은 품종이라도 파종기를 달리하면 수확기를 조절할 수 있다.

표 10 사일리지용 옥수수의 수확기.

수확기	농가수	비율 (%)
유숙기	4	4.3
황숙기	41	44.1
완숙기	6	6.5
일손에 따라	42	45.1
계	93	100.0

수확기를 결정하는 방법을 표 11에서 보면 수염의 고사 정도나 직감적으로 수확기를 결정하므로 비과학적이다. 사일리지 옥수수는 보통 수확 후 40일이면 황숙기가 되며, 전문적인 지식이 없으면 전문가의 자문을 받는 것이 좋다. 또 표 11에서는 일손에 따라 수확한다는 대답이 45.1%이었으나 본 문항에서는 5.6%이어서 대답에 대한 신뢰도가 낮다.

표 11 수확일 결정 방법

결정 방법	농가수	비율(%)
출사 후 일수	11	7.8
수염 고사정도	56	39.4
전문가 자문	12	8.5
직감적	55	38.7
일손에 따라	8	5.6
계	142	100

자. 수확방법: 사일리지 옥수수는 무게가 무거워 작업이 어렵다. 그러나 낮으로 수확하는 농가가 26.7%, 예취기 32.5%, 수확용 기계를 사용하는 농가는 40.8%이다. 사료용 옥수수의 재배규모가 작으면 수확기를 구입하기 어려우므로 공동으로 이용하는 방안이 검토되어야 할 것이다.

표 12 경북의 사료용 옥수수 수확방법.

수확 방법	농가수	비율(%)
낮	64	26.7
예취기	78	32.5
수확용 기계 사용	98	40.8
계	240	100

카. 사일리지 생산량: 사료용 옥수수는 청예, 사일리지, 농후사료를 만드는 종실 등 수확시기에 따라 다양하게 이용된다. 생육 도중에 청예로 수확하여 생초로 먹일 경우보다는 황숙기에 수확하여 사일리지를 만들어 저장사료를 만드는 것이 수확량이 더 많을 뿐 아니라 종실이 발달되어 사료가치도 높다. 그러나 사일리지로 수확하는 것이 수량이 더 높다고 알고 있는 농민은 32.5%에 불과하고, 34.2%는 청예가 오히려 수량이 많다고 생각하고 있으며, 32.9%는 청예와 사일리지가 수량이 같다고 잘 못 알고 있어 사일리지에 대한 바른 인식이 필요하다 (표 13). 생체수량은 수분함량이 높은 유숙기가 황숙기보다 더 높으나 건물량은 더 낮으므로 반드시 황숙기에 수확하여야 한다.

표 13 옥수수를 청예와 사일리지 이용할 때 수확량에 대한 인식.

청예와 사일리지 수량	농가수	비율 (%)
청예가 많다	82	34.2
사일리지가 많다	78	32.5
비슷하다	79	32.9
모르겠다	1	0.4
계	240	100.0

3. 토양관리 및 시비

가. 토양조사: 토양조사를 하는 농가는 13.6%에 불과하였고, 86.4%는 전혀 토양조사를 하지 않는다. 토양의 비옥도에 따라 알맞은 시비량을 결정하여야 질이 좋은 사료를 많이 생산할 수 있다. 또 비료의 낭비를 줄여 생산비의 감소와 토양과 수질의 오염을 방지할 수 있다. 그러므로 적어도 3년 정도는 토양분석을 하여 그에 알맞은 시비량을 결정하여야 할 것이다.

나. 석회 및 비료사용: 석회 사용은 60.8%가 실시하고 있으며, 1-2년에 1회 사용하는 농가는 16.8%, 3-5년에 1회 사용하는 농가는 42.0%이었다 (표 14). 그러나 토양조사를 하지 않고 석회를 사용하고 있는데 특히 토양산도 측정은 간단히 할 수 있으므로 토양조사를 한 후 알맞은 석회 사용량과 횟수가 결정되어야 할 것이다.

표 14 석회 사용 연수

석회 사용	농가수	비율(%)
1-2년	42	16.8
3-5년	105	42.0
6년 이상	5	2.0
무사용	98	39.2
계	250	100.0

다. 유기질 비료: 유기질 비료는 96.0%가 소두엄이었으며, 퇴비 3.0%, 구입한 유기질 비료를 사용한 농가는 1.0%이었다. 이것은 소를 사육하는 농가를 대상으로 하였기 때문에 당연한 결과이었다. 유기질 비료 사용량은 1단보 (10a) 당 3톤 미만인 28.0%, 3-5톤이 50.4%, 6톤 이상이 9.6%, 일정하지 않다가 12.0%로서 대부분 3-5톤을 사용하여 비교적 많은 양의 유기질 비료를 사용하고 있었다.

라. 화학비료: 농가에서 사용하고 있는 화학비료는 63.6%가 21-17-17의 복합비료를 사용하고 있고, 그 외 단비와 17-17-17 복비가 각각 15.6 및 12.8% 사용되고 있다(표 15). 시비량을 보면 21-17-17 복합비료를 사용하는 농가 중 85.4%가 10kg/10a 이하를 사용하였고, 12.2%는 12-20kg/10a을 사용하고 있었다. 화학비료 사용량이 추천 시비량보다 적고, 4.0%는 화학비료를 사용하지 않는다고 대답하였는데 이것은 소두엄을 많이 사용하고 있기 때문으로 생각된다.

표 15 밀거름 화학 비료의 종류

비료	농가수	비율(%)
3요소 단비	39	15.6
복비(21-17-17)	159	63.6
복비(17-17-17)	32	12.8
복비 + 단비	10	4.0
안준다	10	4.0
계	250	100.0

질소비료의 추비 사용량을 보면 전 질소 시비량의 20% 이하를 추비로 사용하고 있는 농가가 8.4%, 30%를 추비로 사용하는 농가가 10.4%, 40% 이상을 추비로 사용하고 있는 농가가 50.4%, 추비로 주지 않고 모두 기비로만 주는 농가는 30.8% 이었다.

사료용 옥수수의 추천 시비량은 18-15-15 kg/10a이므로 질소를 추비로 사용하지 않을 경우에는 21-17-17 복비를 기비로 사용하면 된다. 그러나 21-17-17 복비를 주는 농가가 63.6%인데 화학비료를 모두 추비로 주지 않고 기비로만 사용한다는 농가가 30.8%나 되므로 약 30%의 농가는 과도한 질소시비를 하고 있다. 한편 추비를 주는 시기에 대한 설문에서 추비를 안 준다고 대답한 농가가 2.4%이어서 대답에 대한 신뢰도가 낮다. 그러나 질소 추비시기는 68.4%가 초장 30-50cm 일 때 사용한다고 하여 추비시기는 적당한 편이었다.

특히 소두엄 등 유기질 비료를 질소공급량에 중점을 두고 사용량을 증가시킬 경우 인산과 칼리가 토양에 축적되므로 토양분석을 하여 토양에 알맞은 시비를 하여야 할 것이다.

4. 잡초방제

가. 제초방법: 제초방법은 농가의 79.9%가 제초제를 사용하였고, 인력제초 10.8%, 무제초 9.2%로서 대부분 제초제를 사용하고 있었다. 농민들은 잡초도 사료가 될 수 있다고 생각하여 제초를 하지 않는 경우도 있으나 잡초는 옥수수의 생육을 크게 억제하며 잡초보다는 수량과 품질이 월등히 우수하므로 반드시 제초를 하여야 한다.

표 16 옥수수 잡초방제 방법

제초방법	농가수	비율(%)
인력제초	27	10.8
제초제	199	79.9
무제초	23	9.2
계	249	100.0

나. 제초제 종류: 제초제를 사용하고 있는 농가 중에서 라쏘를 사용하는 농가가 39.2%, 시마진을 사용하는 농가 6.6%, 스톱프를 사용하는 농가는 8.4%로서 대부분이 한 종류의 제초제를 사용하고 있다. 라쏘는 바랭이, 피, 강아지풀 등 화본과 잡초에 효과적이거나 깨풀, 쇠비름, 속속이풀 등 광엽잡초에는 효과가 적다. 한편 시마진은 광엽잡초에는 효과적이지만 화본과 잡초에는 효과가 적을 수 있다. 그래서 라쏘와 시마진을 혼합하는 처리가 권장되고 있지만 25.6%만이 혼합처리를 하고 있어 적극적인 지도가 필요하다.

표 17 제초제 종류

제초제	농가수	비율(%)
라쏘(알라)	89	39.2
시마진	15	6.6
스톱프	19	8.4
라쏘 + 시마진 혼합	58	25.6
기타(경엽처리 등)	46	20.3
계	227	100.0

다. 제형 및 분무기: 제초제 형태를 보면 손으로 살포할 수 있는 입제와 물에 희석하여 분무기로 살포하는 유제나 수화제가 각각 50%이었다. 입제는 논에 처리할 경우 물에 녹아서 비교적 고르게 퍼짐으로서 제초효과가 높다. 그러나 밭에 살포할 경우 고르게 뿌리기가 어렵고, 땅에 떨어진 입제는 고르게 퍼지지 않으며, 또 토양표면이 건조하면 제초제 층을 고르게 형성하지 못하여 제초효과가 적다. 그래서 동력분무기가 없는 경우에는 다른 농가와 공동으로 이용하여 유제나 수화제를 사용하는 것이 바람직하다.

분무기는 배부식 분무기 9.4%, 소형 동력분무기 48.0%, 트랙터나 경운기에 부착하는 동력분무기가 42.3%이다. 분무기가 있는 경우에도 제초제 전용 노즐인 T-Z 노즐을 사용하는 농가는 25.6%에 불과하고 74.4%는 일반 농약용 노즐을 사용하고 있다. 배부식 분무기와 소형동력분무기는 사람이 등에 지고 일반 농약을 처리하는 노즐로 좌우로 흔들며 제초제를 살포하기 때문에 땅에 고르게 살포하기 어렵다. 경운기와 트랙터에 T-Z 노즐을 부착한 제초제 전용 노즐을 사용할 경우 토양표면에 고르게 제초제가 살포되지만 일반 농약을 사용하는 5두식 노즐을 사용하면 고르게 살포할 수 없으므로 제초제 효과가 낮아진다. 그러므로 축협이나 독농가에서 제초제 전용 노즐을 갖추고 임대하여 사용하면 경비를 줄일 수 있고, 제초효과를 높일 수 있다.

표 18 분무기 종류

분무기	농가수	비율(%)
배부식	16	9.4
소형동력분무기	82	48.0
트랙터, 경운기용 동력동력분무기	73	42.3
계	171	100.0

라. 제초제 처리시기: 제초제 처리시기를 보면 (표 19) 79.9%는 파종 후 잡초발생 전에 처리하는 토양처리 제초제를 처리하는 듯하다. 그러나 파종 전에 처리하는 것은 제초제를 토양과 섞어 기상과 관계없이 제초효과가 좋지만 우리나라에는 보급되지 않으므로 기존의 잡초를 죽이는 것일 가능성이 크다. 잡초 발생 후 처리하는 것은 토양처리 제초제가 실패하여 옥수수가 크게 자랐을 때 글라신(근사미), 파라콰트(그라목손) 등 비선택성 제초제를 옥수수에 묻지 않도록 조심스럽게 살포하는 방법과 토양처리제초제를 처리하지 않고 옥수수가 10cm 정도 자랄 때 원호프 등 선택성 제초제를 살포하면 옥수수는 해를 입지 않고 발생한 잡초만을 효과적으로 죽일 수 있다.

표 19 제초제 처리 시기

제초제 처리시기	농가수	비율(%)
파종전	14	6.4
잡초발생전	175	79.9
잡초발생 후	30	13.7
계	219	100.0

5. 병충해

가. 병해: 농가의 83.6%는 병이 문제되지 않는다고 하여 농약 없이도 재배하기 쉬운 작물이라고 알고 있다. 그러나 병중에서는 흑조위축병 6.4%, 감부기병 3.6%, 그을음병 2.8%로서 흑조위축병이 가장 문제된다 (표 20). 흑조위축병은 병원성 virus를 몸에 지닌 애벌레 구 보독충이 옥수수를 흡즙하므로써 이병 된다. 어릴 때 이병되면 고사하지만 살아 남아도 생육이 극히 억제되어 이삭을 맺지 못한다. 그러나 50cm 이상 자랐을 때는 이병 되어도 거의 정상적으로 자랄 수 있어 애벌레의 발생을 피하여 파종하면 피해를 크게 줄일 수 있다.

표 20 옥수수에 문제되는 병.

병	농가수	비율(%)
흑조위축병	16	6.4
깜부기병	9	3.6
그을음병	7	2.8
기타	9	3.6
문제안됨	209	83.6
계	250	100.0

흑조위축병을 경험한 농민은 50.6%, 경험이 없는 농민이 32.5%, 잘 모르는 농민이 16.9%로서 많은 수의 농민이 흑조위축병을 경험하고 있다. 흑조위축병은 경남북, 전남북 등 남부지방에서 가장 많이 발생하고, 충청남북도에서도 다소 발생하며, 경기, 강원 등에서는 발생이 적다. 경북에서도 남부 평야지역에서는 발병이 심하지만 북부지방에서는 월동하는 애떨구가 적고, 발병도 잘 되지 않는다. 1980년대에는 경산에서 흑조위축병이 크게 발생하였고, 이병성인 수원 19등은 수량이 크게 감소되었다. 그러나 최근 몇 년간은 수원 19호도 이병이 거의 되지 않았지만 2001년에는 다시 이병 되기 시작하여 앞으로 문제가 크게 될 수 있는 병이다. 흑조위축병에 절대적으로 내병성인 국내 육성품종도 없고, 미국 도입종도 없지만 광안옥 등은 내병성이 비교적 크다.

나. 충해: 옥수수의 충해는 조명나방과 멸강나방의 피해가 31.3%, 진딧물이 9.1%이었으나 59.6%는 피해가 없었다. 해충이 발생하였을 때 29.3%는 농약을 살포하지만 70.7%는 농약을 처리하지 않으므로 저항성 품종의 육성이 중요하다.

제 3 절 농가 사일리지 제조 현황 파악

사료용 옥수수의 이용현황을 보면 (표 1) 청예 21.8%, 사일리지 44.6%, 청예 후 재생한 것을 사일리지로 만드는 것이 22.8%, 종실을 이용하는 것이 10.8%이다. 옥수수는 건물로 계산하면 종실과 경엽이 비슷하므로 청예로 이용하면 생육중간에 수확하게 되므로 건물생산량이 사일리지로 이용할 때보다 불리하지만 21.8%나 청예로 이용하고 있다. 생초로 급여할 때는 옥수수보다 재생력이 강하고, 흑조위축병에도 내병성이며, 다수성인 수수/수단그라스 교잡종을 재배하는 것이 더 좋다. 그리고 종실을 이용하는 것도 10.8%나 되었는데 종실과 경엽을 함께 이용하

여 사일리지를 만들면 종실을 이용하는 것보다 건물생산량이 70%는 더 많으므로 사일리지로 이용하는 것이 유리하다. 사일리지 옥수수는 수량이 많을 뿐 아니라 종실과 경엽이 고르게 섞여 있어 농후사료와 조사료의 특성을 모두 갖추고 있어 균형있게 영양분을 공급하며, 다즙성으로 기호성이 좋고, 겨울 철 저장사료로서 알맞다. 이러한 이점 때문에 옥수수는 사일리지를 만드는 것이 다르게 이용하는 것보다 유리하다.

표 21 수확한 사료용 옥수수의 이용

이용	농가수	비율(%)
청예용	20	21.8
사일리지용	41	44.6
청예 + 사일리지	21	22.8
종실용	10	10.8
계	92	100

경북 축산농가의 사일리지의 재료는 83.3%가 옥수수이고, 16.7%는 기타재료로 만들고 있지만 옥수수가 다른 작물보다 사료 생산성이 더 크므로 사일리지 옥수수를 재배하는 것이 유리하다.

사일리지를 만드는 이유는 양질 조사료이고, 다수성이며, 다른 사료보다 경제적이고, 산유량이 증가하고, 소위 기호성이 좋기 때문이라고 사일리지의 장점을 잘 알고 있었다 (표 22). 그러나 사일리지를 만들지 않는 이유는 수확기계가 없어 일손이 부족하고, 일이 번거로우며, 저장시설이 부족하기 때문이었다. 그러나 기술이 부족하기 때문에 사일리지를 만들지 않는 농가는 8.3%에 불과하였다 (표 23).

표 22 사일리지 제조 이유.

조제 이유	농가수	비율(%)
양질 조사료	133	48.7
다수성	66	24.2
경제성	30	11.0
산유량 증가	19	7.0
높은 소의 기호성	25	9.1
계	273	100

표 23 사일리지 조제하지 않는 이유.

이유	농가수	비율(%)
기술부족(조제 어려움)	14	8.3
기계, 설비 부족	72	42.9
일손 부족	69	41.1
번거로움	13	7.7
계	168	100

사일리지를 만들기 위하여 절단하는 옥수수의 길이는 89.9%가 5cm 이하로 대부분 농가가 절단 길이를 잘 알고 있었다. 그러나 5-10cm 이상 절단하는 농가도 4.2% 되었고, 5.9%는 길이는 고려하지 않고 적당히 절단하였다 (표 24).

표 24 사일리지 만들 때 옥수수 절단길이.

절단길이	농가수	비율(%)
5cm <	152	89.9
5-10cm	4	2.4
< 10cm	3	1.8
고려 안함	10	5.9
계	169	100

사일리지를 만들 때 재료의 수분측정은 주로 손으로 만져보고 판정하였으며, 수분함량을 고려하지 않는 농가도 4.8%나 되었다(표 25). 옥수수를 일찍 수확하여 수분함량이 많을 때는 57.6%가 농후사료 등 첨가제를 넣어 수분을 조절하였으며, 25.5%는 포장에서 건조하여 사일리지를 만들고 있으며, 16.9%는 수분함량이 많아도 수분을 조절하지 않아 좋은 품질의 사일리지를 만들기 어려웠을 것으로 생각된다(표 26). 사일리지에 알맞은 수분함량은 65-70%로서 황숙기에 종실의 정부가 들어가고 손톱으로 눌러서 들어갈 정도이므로 알맞은 시기에 수확하여 수분함량의 조절 없이도 수량이 높고 양질의 사일리지를 만들 수 있다. 한편 늦게 수확하여 수분함량이 낮을 때는 농가의 83.1%가 물이나 다즙사료를 첨가하여 수분을 조절하지만 16.9%는 수분함량을 조절하지 않고 사일리지를 만들므로 지도가 필요하다(표 27).

표 25 사일리지 재료의 수분 함량 측정

측정 방법	농가수	비율(%)
손으로 만져봄	169	91.4
전문가 자문	7	3.8
고려 안함	9	4.8
계	185	100

표 26 사일리지 재료의 수분함량이 많을 때 조치

조치 사항	농가수	비율(%)
첨가제로 조절	106	57.6
포장에서 건조	47	25.5
고려 안함	31	16.9
계	184	100

표 27 사일리지 재료의 수분이 적을 때 조치

조치 사항	농가수	비율(%)
물 첨가	64	36.4
다즙재료 첨가	62	35.2
고려 안함	50	28.4
계	176	100

사일리지를 만들 때 진압방법은 사람이 발로 답압하는 것이 31.1%이고, 68.3%는 경운기나 트랙터로 진압하였다. 사일리지를 잘 진압하지 않으면 공기가 많아 호기호흡을 하므로 혐기성인 유산균의 번식이 억제되고, 낙산발효를 하면 품질이 떨어지므로 잘 진압하여야 한다. 충전 후 마감방법은 21.6%가 비닐 또는 보온덮개만 덮고 있으며, 78.4%는 비닐을 덮고 눌러두고 있다.

표 28 사일리지 조제시 답압방식.

답압방식	농가수	비율(%)
사람이 발로 답압	56	31.1
경운기, 트랙터	123	68.3
안한다	1	0.6
계	180	100

사일리지를 조제하는 일수는 84.3%가 5일 이내에 끝내지만 11.0%는 5일 이상이 소요되었는데 이것은 주로 수확기가 없는 농가에서 오래 걸리는 것으로 생각되며, 단시일 내에 사일리지 조제를 끝내기 위하여 수확기계의 공동이용 등 대책이 필요하다.

표 29 사일리지 조제 소요일수

소요일수	농가수	비율(%)
5일 <	145	84.3
5-10일	18	10.5
10일 이상	1	0.5
계속 보충해서 넣는다	8	4.7
계	172	100

사일로는 트렌치형이 45.3%, 비닐사일로가 37.3%, 병커형이 16.2% 이었으며, 타워형은 거의 사용하지 않는다 (표 30).

표 30 사일로 종류

종류	농가수	비율(%)
트렌치형	73	45.3
병커형	26	16.2
타워형	2	1.2
비닐사일로	60	37.3
계	161	100

사일리지의 발효기간은 30일 이하가 15.4%, 30-50일이 51.9%로서 가장 많았으며, 50일 이상 발효시키는 농가는 32.7% 이었다.

표 31 사일리지의 발효기간

발효기간	농가수	비율(%)
30일 <	25	15.4
30-50일	84	51.9
< 50일	53	32.7
계	162	100

사일리지를 조제한 후 31.1%는 침출수가 나왔으며, 침출수가 나오지 않은 농가는 68.9% 이었다. 침출수가 나오는 농가가 31.1%나 되는 것은 농가의 4.3%가 유숙기에 수확하고, 45.1%가 알맞은 수확기에 수확하지 않고 일손에 따라 수확하며 (표 10), 또 16.9%의 농가가 수분함량이 많아도 첨가물을 넣거나 포장에서 건조하지 않고 바로 사일리지를 조제하기 때문으로 생각된다.

사일리지의 냄새는 향긋한 냄새가 난다는 농가가 93.7%로서 양질의 사일리지를 기대하였지만 본인들의 사일리지 평가는 양질이 50.9%, 중질이 43.7%, 하질이 3.0%, 잘 모름이 2.4%로서 사일리지 제조기술을 향상시켜야 할 것으로 생각된다.

표 32 농민의 사일리지의 품질 평가.

품질	농가수	비율(%)
양질	85	50.9
중질	73	43.7
질이 낮다	5	3.0
모름	4	2.4
계	167	100

사일로에서 1일 급식하는 사일리지의 두께를 보면 (표 33) 10cm 이하가 38.1%, 일정하지 않다가 44.8%이며, 10cm 이상 두께로 사일리지를 급식하는 농가가 17.1%에 불과하였다. 이것은 적어도 매일 10cm 이상의 두께로 사일리지를 급여하지 않으면 공기와 접촉한 부분의 사일리지는 부패할 수 있기 때문에 사일로의 크기를 사육두수에 맞게 설계하는 것이 중요하다.

표 33 병커사일로의 1일 급식 두께

두께	농가수	비율(%)
10cm <	67	38.1
10-20cm	10	5.7
< 20cm	20	11.4
일정하지 않다	79	44.8
계	176	100

착유우에 대한 1일 사일리지 급여량은 10kg 이하가 61.9%, 10-20kg이 15.9%로서 사일리지 급여량이 비교적 적다 (표 34). 그리고 급여기간은 50일 이하가 22.8%, 50-100일이 41.1%, 100일 이상이 26.7%이며, 연중 급식하는 농가는 9.4%에 불과하다 (표 35). 사일리지 옥수수가 다른 사료작물에 비하여 수량이 많고, 품질이 우수하므로 가능한 연중 급식할 수 있도록 사일리지 생산량을 늘이는 것이 중요하다.

표 34 착유우의 1일 사일리지 급여량.

급식량	농가수	비율(%)
10kg <	109	61.9
10-20kg	28	15.9
< 20kg	13	7.4
일정하지 않다	26	14.8
계	180	100

표 35 사일리지 급여기간

급여기간	농가수	비율(%)
50일 <	41	22.8
50-100일	74	41.1
< 100일	48	26.7
연중	17	9.4
계	180	100

사일리지 옥수수를 재배하는 농가 중에서 계속해서 옥수수를 사일리지로 조제할 의사를 가진 사람이 75.9%이고, 19.0%는 대답하지 않았으며, 5.1%는 조제하지 않겠다고 대답하였다 (표 36). 농민들은 사일리지를 급여할 경우 산유량이 증가하고, 번식률과 질병이 감소하며, 조사

료 확보 방법이 쉽고, 사양관리가 용이하다는 이점을 잘 알고 있었지만 (표 37) 일부 농가는 노동력이 부족하고, 수확기계와 장비가 부족하고, 제초 등 포장관리가 어려워 (표 38) 사일리지 제조를 주저하고 있는 듯하다.

표 36 앞으로도 옥수수 사일리지를 조제하겠습니까?

의지	농가수	비율(%)
한다	180	75.9
안한다	12	5.1
무응답	45	19.0
계	237	100

표 37 옥수수 사일리지의 잇점

잇점	농가수	비율(%)
산유량 증가	96	40.7
번식률 향상, 질병감소	53	22.5
조사료 확보	78	33.0
사양관리 용이	9	3.8
계	236	100

표 38 사일리지 옥수수 재배 및 이용의 난점

난점	농가수	비율(%)
노동력 부족	48	43.6
수확기계, 장비 부족	21	19.1
포장관리(제초 등)	23	20.9
비용	12	10.9
기타	6	5.5
계	110	100

제 4 절 참고문헌

1. 高永杜, 文泳植, 崔落玟. 1986. 國產 및 道入 옥수수 의 特性과 生産性에 關한 研究. 韓草誌
2. 金順權, 咸永秀, 朴根龍, 朴勝義, 文賢貴, 崔鉉玉, 金奭東 & 제임스·엘·부르베이커. 1978. 옥수수 耐病虫 耐倒伏 多收性 新品種 “水原 19號”. 農事시험연보 20(作物). : 149-153.
3. 金順權, 朴根龍, 金奭東, 文賢貴, 朴勝義, 崔賢玉, 咸永秀 & 제임스 엘 부르베이커. 1978. 옥수수 耐倒伏 多數性 新品種 “水原 21號” 農事시험연보 20(作物) : 163-168.
4. 농약공업협회. 2001. 농약사용지침서.
5. 農事試驗研究調查基準. 1995. 農村振興廳.
6. 朴根龍, 文賢貴, 朴勝義, 咸永秀, 鄭丞根, 金順權. 1981. 새로운 옥수수 三系交雜種 “橫城玉”. 農시보고(作物編) : 163-168
7. 朴根龍, 朴勝義, 文賢貴, 鄭丞根, 咸永秀. 1981. 새로운 옥수수 變形單交雜種 “堤川玉”. 農시보고(作物編) : 169-174.
8. 朴根龍, 朴勝義, 文賢貴, 咸永秀, 崔大雄, 李光錫, 鄭丞根. 1984. 새로운 옥수수 耐黑條萎縮病 三系交雜種 “晋州玉”. 農시보고 26-2 (作物) : 94-98.
9. 朴根龍, 朴勝義, 文賢貴, 姜營吉, 閔黃基, 洪正基, 韓世基, 鄭丞根. 1985. 옥수수 多이삭性 變型 單交雜種 “陽州玉”. 韓作誌. . 27(2) : 161-165
10. 朴根龍, 崔鳳鎬, 鄭丞根, 李錫淳, 朴勝義. 1988. 옥수수 品質改良의 研究動向. 韓作誌. (品質研究 1號) : 49-63
10. 이석순. 1998. 강원도 옥수수 특산화 및 품질향상방안. '98 강원농업 발전방안 심포지움. 강원특산농사농의 우위성 확보방안: 51-74.
10. 이석순. 2001. 사료용 옥수수 재배법 연구. 사료용 슈퍼옥수수 교잡종 육성 현지평가회 자료. 경북대 국제농업연구소: 43-59.
11. 李錫淳, 金台柱, 裴東鎬, 咸泰守. 1986. 南部地方에서 國內育成 및 導入옥수수 品種의 Silage 生産性. 韓作誌. 31(2) : 156-161.
11. 이석순, 이진모. 흑조위축병 발생지역에서 파종기에 따른 Silage 옥수수의 생산성. 한국작물학회지 32(3): 249-256.
11. 이석순, 이진모. 1987. 흑조위축병 다발지역에서 사일리지 옥수수 품종의 생산성. 한국초지학회지 7(3): 140-145.
11. 이석순, 이진모, 1989. 흑조위축병이 심한 남부지방에서 옥수수를 중심으로 한 사료작물 작부체계. 한국작물학회지 34(1): 30-39.
12. 林根發, 崔瑩蕙, 楊種成, 許雲行. 1991. 早熟 옥수수의 飼料生産性에 미치는 晚播와

密植效果. 韓作誌. 36(3) : 209-213

13. 초지 잡초방제 핸드북. 1994. 농촌진흥청 축산시험장. p34.
14. 崔震龍, 朱營國, 宋文台, 吳豪祥, 安東元. 1990. 有效積算溫度에 의한 싸이리지 옥수수의 播種期決定. 韓作誌. 35(3) : 254-258.
15. Aldrich, S. R., W. O. Scott, and R. G. Hoeft. 1986. Morden corn production. 3rd ed. A. & L. Publication Inc. Station, Illinois.
16. Assoc. of official Analytical Chemists. 1984. Official Methods of Analysis (14th ed.) AOAC. Washington, DC.
17. Back, J. H., S. S. Lee, and S. B. Hong. 1992. Growth and yield performance of paddy rice at different cultural methods. Kor. J. Crop Sci. 37(6):550-556.
18. Buendgen, M. R., J. G. Coors, A. W. Grombactor, and W. A. Russel. 1990. European corn borer resistance and cell wall compean of three maize population. Crop Sci. 30:505-510.
19. Choi, S. J., S. S. Lee, and J. H. Back. 1991. Forage productivity of silage corn and sorghum at different planting dates in rice black-streaked dwarf virus prevalent area. J. Korean Grassl Sci. 11(2):129-136.
20. Choi, S. K., S. S. Lee, S. P. Lee, K. S. Lee, and D. W. Choi. 1991. Influence of climatic environment on the growth and yield of rice -Uljin in coastal area and daegu in inland area-. Res. Rept. RDA. 33(1):32-44.
21. Goering, H. K., and P. J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. Agric. Handbook 379, U. S. Gov. print. Office, Washington, DC.
22. Hallauer, A. R. and W. A. Russel. 1961. Effects of selected weather factors on grain moisture reduction from silking to physiological maturity in corn. Agron. J. 53:225-229.
23. Kim, J. C., G. R. Ryu, S. S. Lee. 1991. Forage productivity of corn, sorghum, sorghum/sudangrass hybrid and pearl millet in the mid-mountain area of yeungnam region. Res. Rept. RDA. 33(1):60-65.
24. Kim, S. L., S. U. Park., S. W. Cha., J. H. Seo. and T. W. Jung. 1994. Changes of major quality characters during grain filling in waxy corn and super sweet corn. Korean J. Crop Sci. 39(1):73-78.
25. Knittle, K. H. and J. S. Burris. 1976. Effects of kernel maturation on subsequent seeding vigor in maize. Crop Sci. 16:851-855.
26. Lee, C. W., Y. H. Chang, K. B. Youn, and S. S. Lee. 1991. Forage productivity and

- nutritive value of wheat for whole crop, Res. Rept. RDA, 33(2):16-21.
27. Lee, S. S., and S. J. Choi. 1990. Forage productivity of corn and sorghum hybrids in rice black-streaked dwarf virus prevalent area, Kor. J. Crop Sci, 10(1):42-47.
 28. Lee, S. S., and S. J. Choi. 1990. Nitrogen uptake, yield and gross income of sweet corn as affected by nitrogen, Kor. J. Crop Sci, 35(1):83-89.
 29. Lee, S. S., J. H. Back 1990. Effect of plant population on the number and weight of ear and gross income in sweet corn, Kor. J. Crop Sci, 35(2):117-121.
 30. Lee, S. S., S. J. Choi, and S. B. Hong. 1991. Optimum seeding rate of sorghum and sorghum-sudangrass hybrids for forage production, J. Korean Grassl Sci, 11(2): 116-120.
 31. Lee, S. S., S. J. Choi, and T. J. Kim. 1991. Forage productivity of two sorghum and sorghum-sudangrass hybrids harvested at different growth stages, J. Korean Grassl Sci, 11(2):121-128.
 32. Lee, S. S., J. H. Back, S. C. Kim. 1991. Performance of direct-seeded rice at different seeding dates, Kor. J. Crop Sci, 36(2):154-159.
 33. Lee, S. S., S. B. Hong, and J. H. Back. 1991. Nitrogen level in tillage and no-tillage systems in direct-seeded rice, Kor. J. Crop Sci, 36(2):160-165.
 34. Lee, S. S., S. C. Kim. 1991. Effective herbicide application on dry seeded paddy rice, Kor. J. Weed Sci, 11(1):3-10.
 35. Lee, S. S., S. B. Hong, and J. H. Back. 1992. Nitrogen split application of direct-seeded rice in tillage and no-tillage systems, Kor. J. Crop Sci, 37(5): 405-412.
 36. Lee, S. S., J. H. Back, T. J. Kim. 1992. Performance of direct seeded rice in ridged dry soil at different seeding methods and seeding rates, Kor. J. Crop Sci, 37(6): 514-520.
 37. Lee, S. S., H. S. Suh, 1993. Appraisal of canopy improvement of crops, Kor. J. Crop Sci, Crop Production Technology and Strategy for the future:23-49.
 38. Park, S. G., S. S. Lee, J. H. Lee, K. S. Lee, D. W. Choi, C. S. Lee, and W. P. Choi. 1990. Forage productivity of rye and triticale at different nitrogen levels and seeding rates, Res. Rept. RDA, 32(1):15-23.
 39. Rench, W. E. and R. H. Shaw. 1971. Black layer development in corn, Agron. J, 63:303-309.
 40. Schmidt, J. L. and A. R. Hallouer. 1996. Estimation harvest date of corn in the

field, *Crop. Sci.* 6:227-231.

41. Van Soest, P. J., and J. B. Robertson, 1980. Systems of analysis for evaluating fibrous feeds. Proceedings of a workshop held in Ottawa, Canada.
42. Wann, E. V. 1980. Seed vigor and respiration of maize kernels with different endosperm genotypes. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 105(1):31-34.

제 5 장 경제 분석

제 1 절 시험 목적

사료용 슈퍼옥수수 교잡종에 대한 농가선호를 조사·분석하고, 슈퍼옥수수 교잡종의 농가 포장 실험자료와 여타 자료의 보완조사를 통해, 본 슈퍼옥수수 교잡종의 경영·경제적 잠재력을 분석한다. 년차별 주요 목적은 다음과 같다.

1. 1년차 목표

- 슈퍼옥수수 교잡종에 대한 농가선호 조사·분석.
- 사료용 옥수수의 수익성 분석.

2. 2년차 목표

- 사료용 옥수수 품종별 경제성 분석
- 사료용 옥수수 생산의 작부체계
- 사료용 옥수수 작부체계별 경제성 분석
- 수입 조사료 소비실태 및 가격조건

3. 3년차 목표

- 신교잡종의 다목표의사결정모형 개발
 - 신교잡종 개발의 목표함수 규명
 - 신교잡종 보급의 제약조건 규명
 - 신교잡종 보급과 활동부문

4. 4년차 목표

- 다목표의사결정 모형에 의한 신교잡종의 잠재력 평가 시뮬레이션
- 신교잡종 잠재력 평가를 위한 농가 경영실태 조사

5. 5년차 목표

- 신교잡종의 잠재력 평가를 위한 농가의향조사
- 슈퍼옥수수 교잡종의 생산비 분석
- 슈퍼옥수수 교잡종의 수익-비용 분석
- 다목표의사결정 모형에 의한 현장 농가단위에서의 잠재력 시뮬레이션

제 2 절 연구수행 방법

1. 1년차 연구방법

농가의향 및 투입·산출분석을 위해 전국의 주요 조사료 이용·생산 축산 농가를 대상으로 다음과 같이 실태조사를 수행하였다. 조사대상 축산 농가의 표본선정은 한국낙농년감(1996)에 제시된 전국 젖소 100두 이상 규모의 주요 낙농가를 모집단으로 전수 조사를 시도하였다. 분석대상은 전체 118개 축산 농가 중에서 무성의하게 답변한 것을 제외한 자료를 이용하였다.

2. 2년차 연구방법

경상북도 조사료 이용·생산 축산농가를 방문 청취조사 및 설문조사 하였다. 조사자료를 이용하여 사료용 옥수수 품종 및 작부체계별 투입·산출분석을 수행하였다. 분석대상은 전체 100개 축산 농가 중에서 무성의하게 답변한 것을 제외한 자료를 이용하였다.

3. 3년차 연구방법

사료용 옥수수 기초자료에 대한 현장 설문조사와 농가의 우선 목표를 고려하여 다목표의사결정 응용모형을 구축하였다.

4. 4년차 연구방법

신교잡종의 잠재력을 평가하기 위해 조사료용 옥수수 생산농가를 대상으로 경영실태를 조사하였다. 이러한 기초자료 및 실험포장의 자료를 바탕으로 다목표의사결정 모형에 의한 신교잡종의 잠재력을 평가하였다.

5. 5년차 연구방법

슈퍼옥수수 교잡종에 대한 농가의향 및 경영실태에 대한 1차 조사·분석을 시행하였다. 그리고 수익성 분석에 대한 주요 항목을 설계하였다.

제 3 절 시험성적 및 결과

1. 1년차 연구결과

가. 농가의향조사

조사료 옥수수 품종개발에 관한 의향 조사결과 대다수의 농민들이 신품종을 구입할 의향이 있는 것으로 나타났다. 국제경쟁력을 갖춘 조사료용 옥수수 신품종이 개발되어진다면, 같은 값일 때 현재 재배품종에 비해 수량이 높다면 신품종을 구입하겠다는 의

향이 지배적인 것으로 나타났다. 또한 신품종이 현재 재배품종과 같은 수확량이 보장되면서 신품종의 종자비가 싸게 된다면 구입하겠다는 의향도 대다수로 나타났다.

현재 재배품종의 수확량과 종자비를 100으로 했을 때, 1ha당 신품종에 바라는 수확량과 종자비는 각각 142와 56으로 나타나, 수확량은 42% 증대, 가격은 44% 감소를 기대하는 것으로 나타났다.

현재 농민들이 조사료(청초, 사일리지 등)생산을 위해 가장 필요한 것은 초파기, 트랙타 대형, Corn harvester 등으로 조사되었다. 초파기의 현재 가격조건은 5,000천원인데, 농민들이 바라는 희망가격조건은 3,000천원으로 나타났다. 용자조건은 현재 금리 5%, 금액 5,000천원, 상환기간 15년인데; 희망용자조건은 금리 3%, 금액 3,000천원, 상환기간 20년으로 나타났다. 트랙타의 경우는 현재 가격조건은 23,400천원인데, 농민들이 바라는 희망가격조건은 12,000천원으로 나타났다. 용자조건은 현재 금리 5%, 금액 23,400천원, 상환기간 15년인데, 희망용자조건은 금리 3%, 금액 12,000천원, 상환기간 20년으로 나타났다. Corn harvester의 경우는 현재 가격조건이 5,500천원인데, 농민들의 희망가격조건은 4,500천원으로 나타났다.

〈표 1〉 구입의향품목과 희망조건

(단위: 천원, %, 년)

구입 의향 품목	현재 조건				희망 조건			
	가격조건	용자조건			가격조건	용자조건		
		금리	금액	상환기간		금리	금액	상환기간
초파기	5,000	5	5,000	15	3,000	3	3,000	20
트랙타	23,400	5	23,400	15	12,000	3	12,000	20
Corn harvester	5,500	-	5,500	-	4,500	-	4,500	-

나. 주요 조사료의 구입품종과 장단점

현재 조사료 생산·이용능가가 구입하여 사용하고 있는 조사료용 옥수수품종의 장·단점은 다음과 같다. 품질의 차이는 수입종이 수원19호에 비해 흑조위축병에 강하고 사료포장에서 상대적으로 녹체성을 오래까지 유지하고 있다는 장점이 현장 농민들로부터 지적되고 있다. 수입종, 국산종 모두에 공통되는 단점으로는 도복현상이 지적되고 있다. 따라서 도복현상, 조기황숙현상, 질병(흑조위축병)에 강하면서 생산성이 높은 국산 품종의 개발이 핵심적 과제로 도출된다.

<표 2> 주요 조사료 구입품종의 장점과 단점

구입 품종		장 점	단 점
국 산 품 종	수원 19호	다수성, 기호성	조기황숙, 도복, 흑조위축병에 약함
	형성옥	재래종에 비해 수량이 높음	도복, 흑조위축병에 약함.
수 입 품 종	G4743	다수성, 조기황숙이 없음	도복에 약함
	파이오니아	다수성, 후기녹체성 우수	도복에 약함
	P3160	다수성, 후기녹체성 우수	도복에 약함
	P3352	내병성, 다수성, 도복강	청예가 적음
	DK729	다수성, 도복강, 청초가 많 음	조기황숙

다. 조사료용 옥수수 투입·산출 분석

1) 수익성 비교

조사료용 옥수수의 경영성과를 살펴보면 1ha당 총 생산량은 7,266.7kg이고, 이를 총 생산물가치로 환산하면 4,234천원에 해당된다. 투하된 경영비는 1ha당 2,187,441원, 소득은 2,046,674원으로 조사되었다. 조사료용 옥수수의 경영성과를 수익 및 비용항목으로 세분하여 정리하면 아래와 같다.

<표 3> 조사료용 옥수수의 경영성과

(단위: 1ha)

비 목 명		수 량(kg)	금 액(원)	비 고	
조 수 입 경	총생산물가치평가액	7,266.7	4,234,115		
	계	7,266.7	4,234,115		
영 경 비	중 간 재 비	종 자 비	50.00	171,920	
		무기질 비료비	415.00	102,030	
		유기질 비료비	32,666.7	735,000	
		제 초 비	11.7	23,500	
		광 열 비	0.00	18,320	
		감가상각비	0.00	253,730	
		수 선 비	0.00	64,774	
		기 타 잡 비	0.00	25,500	
계			1,394,774		
비	입 차 료	-	382,000		
	고용노력비	73.3	410,667		
	계		2,187,441		
자 가 노 력 비		156.3	759,433		
소 득			2,046,674		

2) 경제적 요인 분석

조사료용 옥수수의 주요 경제적 성과를 주요 지표로 요약하면 농업소득, 농업경영 및 자본수익, 부가가치 등의 소득지표들로 다음과 같이 정리해 볼 수 있다. 주산물 생산량에서는 7,266.7kg으로 나타났고, 농업총생산물가치평가액에서는 4,234,115원, 농업소득은 2,046,674로 조사되었다. 농업소득에서 자가노력비를 제한 농업경영·자본수익은 1,287,241원이고, 총생산물가치평가액에서 중간재비를 제한 부가가치는 2,839,341로 조사되었다.

〈표 4〉 조사료용 옥수수의 경제성 주요 지표

구 분	조사료용 옥수수
총생산물가치평가액(원)	4,234,115
단 수(kg)	7,266.7
농 업 소 득(원)	2,046,674
농업경영·자본수익(원)	1,287,241
부 가 가 치(원)	2,839,341

조사료용 옥수수의 영농결과에 대한 경제적 요인을 지표로 비교하면 다음과 같다. 무기질 비료비는 102,030원, 유기질 비료비는 735,000원으로 조사되었다. 종자비는 171,920원, 자가노력비는 759,433원, 고용노력비는 410,667로 조사되었다. 경영비는 2,187,441원, 노동생산가치는 10,482원으로 나타났다.

〈표 5〉 조사료용 옥수수 경제적 요인 지표

(단위: 원)

구 분	조사료용 옥수수
총생산물가치평가액	4,234,115
무기질 비료비	102,030
유기질 비료비	735,000
종 자 비	171,920
고 용 노 력 비	410,667
경 영 비	2,187,441
자 가 노 력 비	759,433
노동생산가치(원/시간)1)	10,482

1) 노동생산가치 = 농업소득/노동투하량

2. 2년차 연구결과

가. 작부체계별 조사료용 옥수수의 수익성 분석

조사료용 옥수수의 주요 작부체계는 옥수수단작, 옥수수→수수류, 옥수수→「수수+호맥」, 옥수수→호맥, 「옥수수+호맥」→옥수수→수수류, 「옥수수+호맥」→수수류, 옥수수→수단그라이스의 유형으로 나누어진다.

주요 작부체계별 수익성을 비교해 보면, 각 유형별 총생산물가치평가액은 제VI유형이 4,425천원으로 가장 높게 나타났고 그 다음으로는 제II유형이 4,260천원, 제V유형이 4,200천원, 제III유형은 4,135천원, 제VII유형 3,978천원, 제I유형 3,840천원, 제IV유형이 3,470천원으로 가장 낮게 나타났다.

각 유형별 경영비를 살펴보면, 제I유형 1,575천원, 제II유형 2,387천원, 제III유형 1,950천원, 제IV유형 1,908천원, 제V유형 2,936천원, 제VI유형 2,130천원, 제VII유형 2,638천원으로 나타났다. 경영비가 가장 높게 나타난 작부체계는 제VII유형이며, 제I유형이 경영비가 가장 낮은 작부체계로 나타났다.

각 유형별 소득을 비교해보면, 제I유형 2,265천원, 제II유형 1,873천원, 제III유형 2,185천원, 제IV유형 1,562천원, 제V유형 1,264천원, 제VI유형 2,295천원, 제VII유형 1,340천원으로 나타났다. 소득이 가장 높은 작부체계는 제VI유형으로 나타났고, 제V유형이 가장 낮게 나타났다.

〈표 6-1〉 작부체계별 조사료용 옥수수의 경영성과

(단위: 원/h)

비 목 명		옥수수단작(I)	옥수수 → 수수류(II)	옥수수 → 「수수+호맥」(III)	옥수수 → 호맥(IV)	
조수입	총생산물가치평가액	3,840,000	4,260,000	4,134,514	3,470,000	
	계	3,840,000	4,260,000	4,134,514	3,470,000	
영	중 간 제 비	종 자 비	119,130	277,135	151,882	110,437
		무기질 비료비	127,333	211,500	167,727	164,667
		유기질 비료비	383,333	655,000	524,545	615,000
		제 초 비	59,833	64,000	59,136	46,667
		광 열 비	120,667	104,667	84,964	104,000
		제 제 료 비	-	-	6,545	3,333
		소 농 구 비	-	-	8,273	5,667
		감가상각비	429,333	240,233	439,345	267,200
		수 선 비	35,333	89,333	83,909	30,333
		기 타 잡 비	-	2,333	5,636	2,000
	계	1,274,962	1,644,201	1,531,962	1,349,304	
비	임 차 료	150,000	100,000	220,455	291,667	
	고용노력비	150,000	64,2333	197,091	266,667	
	계	1,574,962	2,386,534	1,949,508	1,907,638	
	자 가 노 력 비	1,133,333	937,000	813,455	750,000	
소 득		2,265,038	1,873,466	2,185,006	1,562,362	

〈표 6-2〉 작부체계별 조사료용 옥수수의 경영성과(계속)

(단위: 원/ha)

비 목 명		「옥수수+호맥」 → 옥수수 → 수수류(V)	「옥수수+호맥」 → 수수류(VI)	옥수수 → 수단그rais(VII)	
조 수 입	총생산물가치평가 액	4,200,000	4,425,000	3,978,000	
	계	4,200,000	4,425,000	3,978,000	
경 영 비	중 간 재 비	종 자 비	185,350	164,195	269,600
		무기질 비료비	201,050	110,600	113,000
		유기질 비료비	816,500	459,625	690,000
		제 초 비	35,000	56,875	49,500
		광 열 비	65,000	147,200	91,000
		제 재 료 비	-	-	110,000
		소 농 구 비	-	1,500	44,000
		감가상각비	316,400	463,660	50,000
		수 선 비	56,500	69,550	21,000
		기 타 잡 비	35,000	9,125	-
	계	1,710,800	1,482,330	1,438,100	
비	임 차 료	775,000	280,000	900,000	
	고용노력비	450,000	367,500	300,000	
	계	2,935,800	2,129,830	2,638,100	
자 가 노 력 비		850,000	562,500	1,500,000	
소 득		1,264,200	2,295,170	1,339,900	

나. 작부체계별 투입·산출의 경제적 요인 분석 비교

작부체계별 조사료용 옥수수의 주요 경제적 성과를 지표별로 요약하면 농업소득, 농업 경영 및 자본수익, 부가가치 등의 소득지표 및 조수입과 단수지표들로 다음과 같이 정리해 볼 수 있다.

농업소득에서 자가노력비를 제한 농업경영·자본수익은 제 I 유형 1,132천원, 제 II 유형 936천원, 제 III 유형 1,372천원, 제 IV 유형 812천원, 제 V 유형 414천원, 제 VI 유형 1,733천원, 제 VII 유형 -160천원으로 나타났다. 농업경영·자본수익이 가장 높은 작부체계는 제 VI 유형이며, 제 VII 유형이 가장 낮게 나타났다.

총생산물가치평가액에서 중간재비를 제한 부가가치는 제 I 유형 2,565천원, 제 II 유형 2,616천원, 제 III 유형 2,603천원, 제 IV 유형 2,121천원, 제 V 유형 2,489천원, 제 VI 유형 2,943천원, 제 VII 유형 2,540천원으로 나타났다. 부가가치가 가장 높게 나타난 작부체계는 제 VI 유형이며, 제 IV 유형이 가장 낮게 나타났다.

<표 7> 작부체계별 조사료용 옥수수 경제성 주요 지표

(단위: kg, 원/ha)

조사료 작물	총생산물 가치평가 액	토지 생산성	농업소득	농업경영 · 자본수 익	부가가치
옥수수단작(Ⅰ)	3,840,000	6,400	2,265,038	1,131,705	2,565,038
옥수수→수수류(Ⅱ)	4,260,000	7,100	1,873,466	936,466	2,615,799
옥수수→「수수+호맥」(Ⅲ)	4,134,514	7,000	2,185,006	1,371,551	2,602,552
옥수수→호맥(Ⅳ)	3,470,000	5,783	1,562,362	812,362	2,120,696
「옥수수+호맥」→옥수수 →수수류(Ⅴ)	4,200,000	7,000	1,264,200	414,200	2,489,200
「옥수수+호맥」→수수류(Ⅵ)	4,425,000	7,375	2,295,170	1,732,670	2,942,670
옥수수→수단그라이스(Ⅶ)	3,978,000	6,630	1,339,900	-160,100	2,539,900

작부체계별 조사료용 옥수수에 대한 경제적 요인을 지표로 비교하면 다음과 같다. 무기질 비료비는 제Ⅰ유형 127,333원, 제Ⅱ유형 211,500원, 제Ⅲ유형 167,727원, 제Ⅳ유형 164,667원, 제Ⅴ유형 201,050원, 제Ⅵ유형 110,060원, 제Ⅶ유형 113,000원으로 나타났다. 무기질 비료비가 가장 높게 나타난 작부체계는 제Ⅱ유형, 가장 적게 나타난 작부체계는 제Ⅵ유형으로 나타났다.

또한, 유기질 비료비는 제Ⅰ유형 383,333원, 제Ⅱ유형 655,000원, 제Ⅲ유형 524,545원, 제Ⅳ유형 615,000원, 제Ⅴ유형 816,500원, 제Ⅵ유형 459,625원, 제Ⅶ유형 690,000원으로 나타났다. 유기질 비료비가 가장 높은 작부체계는 제Ⅴ유형이며, 제Ⅰ유형이 유기질 비료비가 가장 낮게 나타났다.

종자비는 제Ⅰ유형 119,130원, 제Ⅱ유형 277,135원, 제Ⅲ유형 151,882원, 제Ⅳ유형 110,437원, 제Ⅴ유형 185,350원, 제Ⅵ유형 164,195원, 제Ⅶ유형 269,600원으로 나타났다. 종자비가 가장 높은 작부체계는 제Ⅱ유형이며, 가장 낮은 작부체계는 제Ⅳ유형으로 나타났다.

자가노력비를 각 작부체계별로 비교해 보면, 제Ⅰ유형 1,133,333원, 제Ⅱ유형 937,000원, 제Ⅲ유형 813,455원, 제Ⅳ유형 750,000원, 제Ⅴ유형 850,000원, 제Ⅵ유형 562,500원, 제Ⅶ유형 1,500,000원으로 나타났다. 자가노력비가 가장 높은 작부체계는 제Ⅶ유형이며, 제Ⅵ유형은 자가노력비가 가장 낮은 것으로 나타났다.

<표 8> 작부체계별 조사료용 옥수수 경제적 요인 지표

(단위: 원/ha)

조사료 작부체계	총생산물 가치평가 액	무기질 비료비	유기질 비료비	종자비	고용 노력비	경영비	자가 노력비	노동 생산 가치 ¹⁾
옥수수단작(I)	3,840,000	127,33 3	383,33 3	119,13 0	150,00 0	1,574,96 2	1,133,33 3	8,623
옥수수→수수류(II)	4,260,000	211,50 0	655,00 0	277,13 5	642,33 3	2,386,53 4	937,000	5,794
옥수수→ 「수수+호맥」(III)	4,134,514	167,72 7	524,54 5	151,88 2	197,09 1	1,951,31 8	813,455	10,167
옥수수→호맥(IV)	3,470,000	164,66 7	615,00 0	110,43 7	266,66 7	1,907,63 8	750,000	7,048
「옥수수+호맥」→ 옥수수→수수류(V)	4,200,000	201,05 0	816,50 0	185,35 0	450,00 0	2,935,80 0	850,000	4,862
「옥수수+호맥」 →수수류(VI)	4,425,000	110,60 0	459,62 5	164,19 5	367,50 0	2,129,83 0	562,500	9,426
옥수수 →수단그라이스(VII)	3,978,000	113,00 0	690,00 0	269,60 0	300,00 0	2,638,10 0	1,500,00 0	3,573

주: 1) 노동생산가치(원/시간) = 농업소득/노동투하량

다. 작부체계별 투입·산출의 기술적 요인 분석 비교

작부체계별 생산량은 제 I 유형 6,400kg, 제 II 유형 7,100kg, 제 III 유형 7,000kg, 제 IV 유형 5,783kg, 제 V 유형 7,000kg, 제 VI 유형 7,375kg, 제 VII 유형 6,630kg으로 나타났다. 생산량은 제 II 유형이 가장 높게 나타났고, 제 IV 유형이 가장 낮게 나타났다.

종묘투입량을 각 작부체계별로 비교해 보면, 제 I 유형 32.33kg, 제 II 유형 46.67kg, 제 III 유형 27.64kg, 제 IV 유형 30kg, 제 V 유형 55kg, 제 VI 유형 35kg, 제 VII 유형 80kg으로 나타났다. 종묘량이 가장 높은 작부체계는 제 VII 유형이며, 가장 낮은 작부체계는 제 III 유형으로 나타났다. 고용노력시간은 제 I 유형 36시간, 제 II 유형 131.67시간, 제 III 유형 43.64시간, 제 IV 유형 60시간, 제 V 유형 90시간, 제 VI 유형 73.5시간, 제 VII 유형 75시간으로 나타났다. 자가노력시간을 각 작부체계별로 비교해 보면, 제 I 유형 226.67시간, 제 II 유형 191.67시간, 제 III 유형 171.27시간, 제 IV 유형 161.67시간, 제 V 유형 170시간, 제 VI 유형 170시간, 제 VII 유형 300시간으로 나타났다. 고용노력시간이 가장 높은 작부체계는 제 II 유형, 자가노력시간이 가장 높은 작부체계는 제 VII 유형으로 나타났다.

〈표 9〉 조사료용 옥수수의 투입·산출 물적 지표

(단위: kg, 시간/ha)

조사료 작물	생산량	종묘량	유기질 비료량	고용 노력시간	자가 노력시간
옥수수단작(Ⅰ)	6,400	32.33	16,666.67	36	226.67
옥수수→수수류(Ⅱ)	7,100	46.67	30,000	131.67	191.67
옥수수→「수수+호맥」(Ⅲ)	7,000	27.64	20909.09	43.64	171.27
옥수수→호맥(Ⅳ)	5,783	30.00	26,666.67	60	161.67
「옥수수+호맥」→옥수수 → 수수류 (Ⅴ)	7,000	55	35,500	90	170
「옥수수+호맥」→수수류(Ⅵ)	7,375	35	18,625	73.5	170
옥수수→수단그rais(Ⅶ)	6,630	80	300,000	75	300

라. 주요 구입 품종별 옥수수 수익성 분석

주요 구입 품종별 수익성을 비교해 보면, 각 품종별 총생산물가치평가액은 P3394와 DK689USA가 4,800천원으로 가장 높게 나타났고, 그 다음으로 G4743은 4,680천원, 수입종은 4,476천원, 횡성옥은 4,209천원이고, 수원19호는 3,893천원으로 가장 낮게 나타났다.

각 품종별 경영비를 살펴보면, 수원19호 2,066천원, 횡성옥 2,333천원, 수입종 2,417천원, DK689USA 1,955천원, G4743 2,150천원, P3394 2,158천원으로 나타났다. 경영비가 가장 높은 품종은 수입종, 가장 낮은 품종은 DK689USA로 나타났다.

각 품종별 소득을 비교해보면, 수원19호 1,827천원, 횡성옥 1,876천원, 수입종 2,059천원, DK689USA 2,845천원, G4743 2,530천원, P3394 2,642천원으로 나타났다. 소득이 가장 높은 품종은 DK689USA, 가장 낮은 품종은 수원19호로 나타났다.

〈표 10〉 주요 구입품종별 옥수수의 경영성과

(단위: 원/ha)

비 목 명		수원19호	횡성옥	수입종	DK689USA	G4743	P3394	
조수입	총생산물가치평가액	3,893,077	4,209,000	4,476,000	4,800,000	4,680,000	4,800,000	
	계	3,893,077	4,209,000	4,476,000	4,800,000	4,680,000	4,800,000	
경영비	중간재비	종자비	139,227	168,140	259,300	120,000	211,720	330,000
		무기질비료비	170,719	69,175	223,360	78,000	141,000	139,000
		유기질비료비	546,846	534,750	502,000	690,000	552,500	750,000
		제초비	59,962	585,000	50,330	27,000	42,000	54,000
		광열비	80,392	149,500	116,360	208,000	73,600	26,000
		제제료비	2,000	55,000	1,500	10,500	2,000	-
		소농구비	2,462	22,000	4,800	7,500	2,500	7,000
		감가상각비	325,834	155,100	530,660	800,000	214,300	340,000
		수선비	39,977	70,500	88,500	14,000	60,000	70,000
		기타잡비	8,577	-	2,000	-	25,000	12,000
	계	1,375,996	1,282,665	1,778,810	1,955,000	1,324,620	1,728,000	
비	임차료	372,115	750,000	150,000	-	397,500	250,000	
	고용노력비	317,769	300,000	488,600	-	427,500	180,000	
	계	2,065,880	2,332,665	2,417,410	1,955,000	2,149,620	2,158,000	
	자가노력비	797,692	1,050,000	729,800	1,200,000	932,500	765,000	
	소득	1,827,197	1,876,335	2,058,590	2,845,000	2,530,380	2,642,000	

마. 주요 구입 품종별 경제적 요인 분석 비교

주요 구입 품종별 조사료용 옥수수의 주요 경제적 성과를 지표별로 요약하면 농업소득, 농업경영 및 자본수익, 부가가치 등의 소득지표와 그리고 조수입과 생산성지표들로 다음과 같이 정리해 볼 수 있다.

농업소득에서 자가노력비를 제한 농업경영·자본수익은 수원19호 1,030천원, 횡성옥 826천원, 수입종 1,329천원, DK689USA 1,645천원, G4743 1,598천원, P3394 1,877천원으로 나타났다. 농업경영·자본수익이 가장 높은 품종은 P3394, 가장 낮은 품종은 횡성옥으로 나타났다. 총생산물가치평가액에서 중간재비를 제한 부가가치는 수원19호 2,517천원, 횡성옥 2,926천원, 수입종 2,697천원, DK689USA 2,845천원, G4743 3,355천원, P3394 3,072천원으로 나타났다. 부가가치가 가장 높은 품종은 G4743, 가장 낮은 품종은 수원19호로 나타났다.

<표 11> 주요 품종별 조사료용 옥수수의 경제성 주요 지표

(단위: kg, 원/ha)

주요 품종	총생산물 가치평가액	생산량	농업소득	농업경영· 자본수익	부가가치
수원19호	3,893,077	6,535	1,827,197	1,029,505	2,517,081
형성옥	4,209,000	7,015	1,876,335	826,335	2,926,335
수입종	4,476,000	7,460	2,058,590	1,328,790	2,697,190
DK689USA	4,800,000	8,000	2,845,000	1,645,000	2,845,000
G4743	4,680,000	7,800	2,530,380	1,597,880	3,355,380
P3394	4,800,000	8,000	2,642,000	1,877,000	3,072,000

주요 품종별 조사료용 옥수수에 대한 경제적 요인을 지표로 비교하면 다음과 같다. 무기질 비료비는 수원19호 170,719원, 형성옥 69,175원, 수입종 223,360원, DK689USA 78,000원, G4743 141,000원, P3394 139,000원으로 나타났다. 무기질 비료비가 가장 높은 품종은 수입종, 가장 낮은 품종은 형성옥으로 나타났다.

또한 유기질 비료비는 수원19호 59,962원, 형성옥 58,500원, 수입종 50,330원, DK689USA 27,000원, G4743 42,000원, P3394 54,000원으로 나타났다. 유기질 비료비가 가장 높은 품종은 수원19, 가장 낮은 품종은 DK689USA로 나타났다.

각 품종별로 종자비를 비교해 보면, 수원19호 139,227원, 형성옥 168,140원, 수입종 259,300원, DK689USA 120,000원, G4743 211,720원, P3394 330,000원으로 나타났다. 종자비가 가장 높은 품종은 P3394, 가장 낮은 품종은 DK689USA로 나타났다.

자가노력비를 각 품종별로 비교해 보면, 수원19호 797,692원, 형성옥 1,050,000원, 수입종 729,800원, DK689USA 1,200,000원, G4743 932,500원, P3394 765,000원으로 나타났다. 자가노력비가 가장 높은 품종은 DK689USA, 가장 낮은 품종은 수입종으로 나타났다.

<표 12> 주요 품종별 조사료용 옥수수 경제적 요인 지표

(단위: 원/ha)

주요 구입 품종	총생산물 가치평가액	무기질 비료비	유기질 비료비	종자비	고용 노력비	경영비	자가 노력비	노동생 산가치 1)
수원19호	3,893,077	170,719	546,846	139,227	317,769	2,065,880	797,692	7,246
형성옥	4,209,000	69,175	534,750	168,140	300,000	2,332,665	1,050,000	6,762
수입종	4,476,000	223,360	502,000	259,300	488,600	2,417,410	729,800	8,105
DK689USA	4,800,000	78,000	690,000	120,000	-	1,955,000	1,200,000	11,854
G4743	4,680,000	141,000	552,500	211,720	427,500	2,149,620	932,500	9,372
P3394	4,800,000	139,000	750,000	330,000	180,000	2,158,000	765,000	12,581

주: 1) 노동생산가치(원/시간) = 농업소득/노동투하량

바. 주요 품종별 기술적 요인 분석 비교

주요 품종별 조사료용 옥수수의 기술적 요인을 비교해 보면, 1ha당 생산량은 수원19호 6,535kg, 횡성옥 7,015kg, 수입종 7,460kg, DK689USA 8,000kg, G4743 7,800kg, P3394 8,000kg으로 나타났다.

종묘량을 각 품종별로 비교해 보면, 수원19호 41kg, 횡성옥 60kg, 수입종 29kg, DK689USA 20kg, G4743 30kg, P3394 30kg으로 나타났다. 종묘량이 가장 높은 품종은 횡성옥이고 가장 낮은 품종은 DK689USA로 나타났다.

고용노력시간은 수원19호 69시간, 횡성옥 68시간, 수입종 101시간, G4743 85시간, P3394 40시간으로 나타났다. 고용노력시간이 가장 높은 품종은 수입종이고 가장 낮은 품종은 P3394로 나타났다.

자가노력시간을 각 품종별로 비교해 보면, 수원19호 170시간, 횡성옥 210시간, 수입종 153시간, DK689USA 240시간, G4743 185시간, P3394 170시간으로 나타났다. 자가노력시간이 가장 높은 품종은 DK689USA, 가장 낮은 품종은 수입종으로 나타났다.

〈표 13〉 주요 품종별 옥수수의 투입·산출 지표

(단위: kg, 시간/ha)

주요 구입 품종	생산량	종묘량	유기질 비료량	고용노력시간	자가노력시간
수원19호	6,535	41	23,692	69.04	170.24
횡성옥	7,015	60	23,250	67.50	210.00
수입종	7,460	29	20,000	101.00	153.00
DK689USA	8,000	20	30,000	-	240.00
G4743	7,800	30	22,500	85.00	185.00
P3394	8,000	30	30,000	40.00	170.00

사. 사료용 옥수수생산의 충분조건 분석

1) 국내 생산농가의 사료이용 유형간의 비교

○ IMF시대 옥수수 사일리지 생산농가와 TMR 구입사료 의존농가의 사료비 비교:

조사농가를 수입사료곡과 수입건초 등을 주재료로 만들어지는 TMR사료를 구입하는 낙농가와 국내 조사료(옥수수중심) 사일리지 의존도가 비교적 높은 낙농가의 경우로 구분하여 경영비 개념에서 투입되는 사료비를 비교·분석하면 다음과 같다.

<표 14> 등절기 착유우 1일 1두당 사료비 비교¹⁾

(단위: 원)

구분	TMR 의존형 낙농가(A)	사일레지 의존형 낙농가(B)	A-B
볏짚	2.5kg/두×160원=400	2kg/두×160원=320	
농우사료	-	9.5kg/두×400원=3,800	
TMR	23.1kg/두×320원=7,392	-	
사일레지	-	18.2kg/두×95원=1,729	
계	7,792(100%)	5,849(75.1%)	1,943

주: 1) 비교기준: 0 1,450원/\$, 0 사육규모 착유우 35.3두, 0 부부전업농가 노동투하의 경우, 0 TMR 의존형 낙농가의 조사료 평균생산면적은 0.71ha, 사일레지 의존형 낙농가의 평균생산면적은 2.53ha의 경우임.

<표 15> 청초기(춘·하·추) 착유우 1일 1두당 사료비 비교¹⁾

(단위: 원)

구분	TMR 의존형 낙농가(A)	사일레지 의존형 낙농가(B)	A-B
볏짚	-	2kg/두×160원=320	
청예조사료 ²⁾	20kg/두×0원=0	40.5kg/두×0원=0	
TMR	23kg/두×320원=7,360	-	
농우사료	-	7.2kg/두×400원=2,880	
계	7,360(100%)	3,200(43.5%)	4,160

주: 1) 비교기준: 0 1,450원/\$, 0 사육규모 착유우 35.3두, 0 부부전업농가 노동투하의 경우, 0 TMR 의존형 낙농가의 조사료 평균생산면적은 0.71ha, 사일레지 의존형 낙농가의 평균생산면적은 2.53ha의 경우임.

2) 부부 자가 노동력과 조사료 생산농지의 토지용역비용을 각각 주어진 것으로 보고, 청초기 자가공급 청예조사료 가격은 "0"으로 전제함.

IMF시대를 맞아 사료비 지출이 과중한 부담이 되고 있는 시기에 조사료생산 자가공급 의존도가 높은 낙농가가 수입원료에 의존도가 높은 TMR 의존 낙농가에 비해 등절기에 약 25%, 청초기에는 56.5%의 사료비 지출을 평균적으로 낮은 것으로 분석됨.

3. 3년차 연구결과

가) 슈퍼옥수수에 대한 농가 선호

- 0 조사료 슈퍼옥수수 신제품개발에 관한 의향 조사결과 대다수의 농민들이 신제품을 구입할 의향이 있는 것으로 나타났음.
- 0 국제경쟁력을 갖춘 조사료용 옥수수 신제품이 개발된다면, 현재의 가격수준이면서 수량이 높다면 신제품을 구입하겠다는 의향이 지배적인 것으로 나타났음.
- 0 신제품이 현재 재배품종과 같은 수확량이 보장되면서 신제품의 종자비가 싸게 된다면 구입하겠다는 의향도 대다수로 나타났음.

0 1ha당 현재 재배품종의 수확량과 종자비를 100으로 했을 때, 신품종에 바라는 수확량과 종자비는 각각 142와 56으로 나타나, 수확량은 42% 증대, 가격은 44% 감소를 기대하는 것으로 나타났음.

나) 다목표의사결정 모형의 기본 체계와 자료

1) 다목표의사결정 모형의 기본 체계

본 모형의 개념적 틀은 사료용 슈퍼 옥수수가 개발되어 현장에 보급될 경우 중요시 되는 목표들을 농가자원 제약하에서 농업생산활동 및 각 활동별 목표와의 관계를 체계화하는 것이다.

이러한 개념적 체계를 목표계획법이 갖는 장점을 이용해 수식으로 체계화해 보면 다음과 같다.

$Min Z = C \cdot d$ 단, X : 의사결정변수 벡터

$AX + Rd = b$ b : 목표 또는 자원제약 RHS 벡터

$X_i, d_i \geq 0$; X_i, d_i 는 각각 의사결정변수와 편차변수임.

$d_i^-, d_i^+ = 0$; d_i^- 와 d_i^+ 는 각각 음의 편차변수와 양의 편차변수임.

$C = [W_1P_{j1}, W_2P_{j2}, \dots, W_mP_{jm}]$

단, W 와 P 는 각각 실수의 가중치와 우선순위

$d = [d_1^-, d_2^-, \dots, d_m^-; d_1^+, d_2^+, \dots, d_m^+]$

A : $m \times n$ 행렬 (기술계수행렬임)

R : $m \times 2m$ 행렬 (편차계수행렬임)

본 모형의 목표계획적 접근은 먼저 의사결정변수를 명확히 하고 신품종 개발의 목표에 의해 요구되는 모형의 제약조건의 확정과 그리고 정책목표들간의 우선순위와 적합한 제약조건상의 편차변수를 포함하는 목표함수를 만들게 되면 완전한 목표계획법 모형이 형성되는 것이다.

2) 신품종 개발의 목표함수 설정

0 본 연구의 최종목표는 내병성과 도복에 관한 국내 적응성과 생산성이 높은 사일리지용 슈퍼 옥수수 교잡종을 육성하려는 것이다. 이러한 목표의 슈퍼옥수수가 개발될려면 다음과 같은 몇가지 중요한 조건이 충족되어야 한다.

0 기본목표:

- ① 기존 품종(미국 도입종, 국내 육성종)에 비해 본 품종 이용시 사일리지용 생산농가 및 그 생산물 이용 축산 농가의 수익성 증대.
- ② 국내 사료곡 자급률 증대.
- ③ 옥수수 종자 및 사료수입 대체효과 증대.

0 세부목표:

이상의 기본목표를 만족시킬려면 다음의 세부목표들의 충족이 요구됨.

- ① 생산성(토지/노동)
- ② 국내외 가격조건
- ③ 흑조위축병 내병성
- ④ 도복에 강한 품종
- ⑤ 후기녹체성
- ⑥ 청에 사일레지의 요건 충족(생체중, 이삭중, 맛, 영양 등)

3) 활동부문별 주요 자료

0 부부중심 자가노력 조사료 생산·이용 축산농가의 수익성 분석

0 부부 노동력을 이용하여 조사료를 생산·이용하는 축산 농가의 조수입은 100,870천 원이고 소득은 31,364천원으로 나타났음.

0 경영비는 69,506천원이고, 자가노력비는 15,476천원이고 순소득은 15,888천원으로 나타났음.

<표 16> 자가노력 조사료 생산·이용 축산농가 경영분석(젖소 50두규모)

(단위: 천원, kg)

비 목 명		수 량	단가	금 액	비 고	
조수입	총생산물 평가액	170,800	525원	89,670		
	부산물 평가액	40	280	11,200		
	계			100,870		
경 영 비	토 지 자 본 이 자	9,000평	500	450	임차료1/10수준	
	노 동 력 투 입	자가노력				
		임차노력	40	5,300	212	파종사일레지 제조시 5명사용
		소 계	5	5,300	662	
	조사료 급여량	91,250	240	21,190		
	농후사료급여량	175,200	272	47,654	1포당 6,800원	
	계			69,506		
자가노력비	2,920	5,300	15,476	1일4시간×2인		
소 득			31,364			
순 소 득			15,888			

- 규모: 착유우 28두, 건유우 12두, 육성우 10두
- 착유우 28두×년간우유생산량 6,100kg
- 번식회수 40두×년 0.8회×두당 280,000원
- 농후사료급여 1일 12kg×40두×365일
- 조사료급여 1일(벧짚, 생초, 사일레지) 5kg×50두×365일
- 사일레지제조급여 1일 10kg×80일(겨울철)
- 임차노력: 고용노력인부 2명×8시간×365일÷1/2
- 0 임차노력 중심 조사료 생산·이용 축산농가의 수익성 분석

- 0 임차노동력 중심으로 조사료를 생산·이용하는 축산 농가의 조수입은 100,870천원이고 소득은 13,711천원으로 나타났음.
- 0 경영비는 87,159천원이고, 자가노력비는 7,738천원이고 순소득은 5,973천원으로 나타났음.

<표 17> 임차노동력 조사료 생산·이용 경영분석(젓소 50두규모)

(단위: 천원, kg)

비 목 명		수 량	단 가	금 액	비 고	
조수입	총생산물 평가액	170,800	525원	89,670		
	부산물 평가액	40	280	11,200		
	계			100,870		
경 영 비	토 지 자 본 이 자	9,000평	500	450	임차료1/10수준	
	노 동 력 투 입	자가노력				
		임차노력	2,920	5,300	15,476	고용인부2인×8시간일시사역
		소 계	2,920	5,300	15,476	
	조사료급여량	76,650	389	29,816		
	농후사료급여량	105,120	394	41,417	1포당6,800원	
	계			87,159		
자 가 노 력 비		1,460	5,300	7,738	1일2시간×2인	
소 득				13,711		
순 소 득				5,973		

- 규모: 착유우 28두, 건유우 12두, 육성우 10두
- 착유우 28두×년간우유생산량 6,100kg
- 번식회수 40두×년 0.8회×두당 280,000원
- 농후사료급여 1일 12kg×40두×365일
- 조사료급여1일(벧짚, 생초, 사일레지) 5kg×50두×365일
- 사일레지제조급여 1일 10kg×80일(겨울철)
- 임차노력: 고용노력인부 2명×8시간×365일÷1/2

- 0 완전혼합사료(TMR) 이용 축산 수익성 분석
- 0 완전혼합사료(TMR)를 이용하는 축산 농가의 조수입은 107,191천원이고 소득은 33,308천원으로 나타났음.
- 0 경영비는 73,883천원이고, 자가노력비는 15,476천원, 순소득은 27,832천원으로 나타났음.

<표 18> 완전혼합사료(TMR) 이용 경영분석(젖소 50두규모)

(단위: 천원, kg)

비 목 명		수 량	단 가	금 액	비 고
조수입	총생산물 평가액	182,840	525원	95,991	
	부산물 평가액	40	280	11,200	
	계			107,191	
경 영 비	토지자본이자				임차료1/10수준
	노동력 투입	자기노력			
		임차노력			
		소 계			
	TMR사료급여량	200,250	340	68,085	TDN75%기준
농후사료급여량	14,716	394	5,798	착유우28두×2KG	
계			73,883		
자 가 노 력 비		2,920	5,300	15,476	1일4시간×2인
소 득				33,308	
순 소 득				27,832	

- 규모: 착유우 28두, 건유우 12두, 육성우 10두
 - 착유우 28두×년간 우유 생산량 두당 6,530kg
 - 번식회수 40두×년 0.8회×두당 280,000원
 - 농후사료급여 1일 2kg×착유우 28두×365일
 - TMR 급여: 동절기150일×1일 23kg, 춘추기: 100일×18, 하절기 95일×15
 - 청초급여: 동절기 사일레지 1일 10kg, 춘추기 20kg, 하절기 20kg
- 자 료 1. TMR사료 이용농가 10호조사 평균치임.
 2. 축산기술 연구논문집(농업과학 논문집 '98. 2, p. 50~51)

0 환율변동에 따른 국내생산 조사료 경쟁력 비교
 0 환율이 변동(1\$=906원→1\$=1,200원)함에 따라 배합사료는 329원에서 419원으로 인상되었고, 수입 알팔파는 562원에서 717원으로 상승하였음.

<표 19> 환율변동에 따른 국내생산 조사료 경쟁력 비교

구 분	환율 1\$ = 960원	환율 1\$ = 1,200원
배 합 사 료	329	419
수입 알팔파	562	717
옥수수 담근먹이	287	313
답리작 사료	332	362
벗 짚(원형근포)	347	378

* '97대비 생산비 증가 9%추정치임.

0 환율변동에 따른 배합사료 가격동향
 0 환율이 상승함에 따라 배합사료의 가격도 상승하는데 환율이 1\$당 800원이면 배합사

료 가격은 6,075원이고, 환율이 1,400원이면 배합사료 가격은 6,745원, 환율이 2,000원일때는 배합사료 가격은 8,585원으로 상승하였음.

<표 20> 환율별 배합사료 가격동향

(단위: 원/20kg)

사료종류 \ 환율	1\$당				
	800 ('97. 6월)	1,400 ('97. 12월)	2,000 ('98. 2월)	1,400 ('98. 12월)	1,200 ('99. 2월)
평 균	6,075	6,745	8,585	6,145	6,030
비육전기후레이크	5,770	6,400	8,150	5,870	5,760
낙 농 피 크	6,380	7,090	9,020	6,420	6,300

자료 : 조사농가의 실적치.

- 0 환율인상에 따른 축종별 경영비 상승
- 0 환율인상에 따라 젖소 경영비 상승은 환율이 890원에서 1,000원으로 상승하면 7.9% 증가하고, 생산비는 11.7% 증가하는 것으로 나타났음. 이 경우 비육우는 경영비가 3.8% 증가, 생산비는 3.0% 증가하는 것으로 나타났음.

<표 21> 환율인상에 따른 축종별 경영비 증가율

축 종	환율1\$=1,000원		1\$=1,200원		1\$=1,500원	
	경영비 증가율	생산비 증가율	경영비 증가율	생산비 증가율	경영비 증가율	생산비 증가율
젖 소	7.9	4.9	11.7	7.2	23.0	14.2
비 육 우	3.8	3.0	5.7	4.6	11.0	8.8

자료: IMF체제가 농업에 미치는 영향과 대책(농촌진흥청 1998. 10, p. 35)

※주: 1) 기준환율은1\$=890원

2) 축협 사료기준 배합사료인상률에 근거('97. 12. 26)

4). 다목표의사결정 응용 모형 구축

가) 다목표의사결정 모형의 목표 결정

0 목표 결정시 고려해야 할 주요 사항

- 경제·경영적 목표로서 효율성과 안정성
- 환경보전 및 식품안전 목표

0 경제·경영적 목표

- 효율성 측면: 소득증대, 생산성 증대
- 안정성 측면:

- 생산성 및 소득변화가 적어 상대적으로 안정적일 것
- 수입종 도입에 대한 불안정을 극복할 수 있는 신품종 개발이 고려될 것

- 수입종자 대체효과와 국내 종자 산업 육성을 통한 식량안보가 고려될 것
- 0 환경보전 및 식품안전 목표
 - 농약 및 화학비료 사용 회수 목표: 국내 기존의 실태 조사(수입종과 국내종의 차이)
 - 국민의 건강을 위협하지 않는 안전 농산물 생산

나) 다목표의사결정 응용 모형 구축

(1) 목적함수

$$\text{Min } Z = C \cdot d$$

(2) 목표제약함수와 자원제약함수의 체계

$$I = CI + BI$$

$$CI = aA$$

$$BI = bB$$

$$Y \geq A \text{ or } Y \leq A, \quad Y \geq B \text{ or } Y \leq B$$

$$L \geq A$$

$$E \geq n_1A + n_2B$$

단, I : 농가소득, CI : 조사료 생산 농가소득, LI : 축산생산 농가소득

a : 농업생산활동 부문별 소득계수 벡터, b : 축산부문별 소득계수 벡터

A : 농업활동부문별 식부면적, B : 사육두수 벡터

Y : 농업부문별 식부면적 또는 사육두수 목표

L : 농지자원제약, E : 노동력 제약

n_1 : 농업생산활동 부문별 노동투입계수 행렬

n_2 : 축산 부문별 노동투입계수 행렬

4. 4년차 연구결과

가. 신교잡종 잠재력 평가를 위한 농가 경영실태

신교잡종의 잠재력을 평가하기 위한 다목표의사결정 모형에 투입되는 농가 경영실태 자료 중 현장 농가자료는 조사료용 옥수수 생산·축산 농가를 중심으로 조사하였다.

신교잡종 잠재력 평가를 위한 농가의 경영실태를 조사한 결과는 다음과 같다. 조사 농가의 평균 생산면적은 5,948평이고, 생산량은 6,615kg으로 나타났다. 생산면적이 가장 적은 농가는 2,000평이고, 가장 큰 농가는 14,000평으로 나타났다. 그리고 생산량이 가장 적은 농가는 3,200kg이고, 가장 큰 농가는 9,000kg으로 조사되었다.

〈표 22〉 조사 농가의 생산면적과 생산량

구분	평균	최소값	최대값
총경지면적(평)	5,947.9	2,000	14,000
생산량(kg/1ha)	6,614.6	3,200	9,000

조사료용 옥수수 생산농가의 비료 및 농약투입량은 다음과 같다. 조사 농가의 평균 비료 투입량은 642.2kg이고, 농약투입량은 17.7kg으로 조사되었다. 조사 농가 중 비료 투입량이 가장 적은 농가는 400kg이고, 가장 많은 농가는 740kg으로 나타났다. 농약투입량이 가장 적은 농가는 12kg이고, 반면에 가장 많은 농가는 24kg으로 조사되었다.

〈표 23〉 조사 농가의 비료 및 농약 투입량

구분	평균	최소값	최대값
비료투입량(kg)	642.2	400.0	740.0
농약투입량(kg)	17.7	12.0	24.0

조사료용 옥수수를 생산·이용하고 있는 농가의 노동투입량을 살펴보면 아래와 같다. 자가노동의 이용시간은 총 188.1시간으로 조사되었는데, 이 중 남자의 노동투입시간은 99.2시간이고, 여자는 88.9시간으로 나타났다. 고용노동의 이용시간은 총 25.9시간으로 나타났고, 이 중 남자의 노동투입시간은 0.4시간이고, 여자는 25.5시간으로 조사되었다.

〈표 24〉 조사 농가의 노동투입량

구분	평균	최소값	최대값
자가노동(남, 시간)	99.2	43	157
자가노동(여, 시간)	88.9	32	157
고용노동(남, 시간)	0.4	0	8
고용노동(여, 시간)	25.5	0	72

나. 다목표의사결정 모형에 의한 신고잡종의 잠재력 분석결과

사료용으로 사용되고 있는 기존 옥수수 품종을 대체할 수 있는 신고잡종 슈퍼옥수수가 개발될 경우의 잠재력을 다목표의사결정 모형을 적용하여 분석하였다. 신고잡종 슈퍼옥수수가 농가에 보급될 경우의 잠재력을 평가하기 위해 다음과 같은 시나리오에 의해 분석을 실시하고자 한다.

- 0 시나리오 I-1: 농가소득 목표를 현재 조사농가 평균수준보다 10% 상승시키면서, 실험 포장에서의 신교잡종 슈퍼옥수수 생산성이 현장 일반 농가에는 70%수준으로 적용될 경우.
- 0 시나리오 I-2: 농가소득 목표를 현재 조사농가 평균수준보다 10% 상승시키면서, 실험 포장에서의 신교잡종 슈퍼옥수수의 생산성이 현장 일반 농가에는 80%수준으로 적용될 경우.
- 0 시나리오 I-3: 농가소득 목표를 현재 조사농가 평균수준보다 10% 상승시키면서, 실험 포장에서의 신교잡종 슈퍼옥수수의 생산성이 현장 일반 농가에는 90%수준으로 적용될 경우.
- 0 시나리오 II-1: 농가소득 목표를 현재 조사농가 평균수준보다 20% 상승시키면서, 실험 포장에서의 신교잡종 슈퍼옥수수의 생산성이 현장 일반 농가에는 70%수준으로 적용될 경우.
- 0 시나리오 II-2: 농가소득 목표를 현재 조사농가 평균수준보다 20% 상승시키면서, 실험 포장에서의 신교잡종 슈퍼옥수수의 생산성이 현장 일반 농가에는 80%수준으로 적용될 경우.
- 0 시나리오 II-3: 농가소득 목표를 현재 조사농가 평균수준보다 20% 상승시키면서, 실험 포장에서의 신교잡종 슈퍼옥수수의 생산성이 현장 일반 농가에는 90%수준으로 적용될 경우.

1) 시나리오 I-1의 분석결과

시나리오 I-1은 농가소득 목표를 현재 조사농가 평균수준보다 10% 상승시키면서, 실험포장에서의 신교잡종 슈퍼옥수수의 생산성이 현장 일반 농가에는 70%수준으로 적용될 경우의 신교잡종 잠재력을 평가하였다.

신교잡종 슈퍼옥수수가 현장 농가에 보급될 경우, 신교잡종의 생산량은 6,545.9kg으로 조사료 총생산량의 30%를 차지하는 것으로 분석되었다. 농가당 평균 축산 사육두수는 35두로 잠재력이 평가되었다.

<표 25> 의사결정변수 결과치

의사결정변수	결과치
수원19호 생산량(kg)	-
수입종자 생산량(kg)	15348.4
신교잡종 생산량(kg)	6545.9
축산 사육두수(두)	35

농가소득 목표를 현재 조사농가 평균수준보다 10% 상승시키면서, 실험포장에서의 신교잡종 슈퍼옥수수의 생산성이 현장 일반 농가에는 70%수준으로 적용될 경우 조사료용 옥수수 생산농가의 목표수준 및 자원제약은 다음과 같다.

제1목표인 소득목표는 조사 농가 평균수준의 10%가 상승하는 것으로 분석되었다. 즉, 신교잡종 슈퍼옥수수가 개발되어 농가에 보급된다면 농가는 현재보다 10%의 소득증대가 가능하다.

제2목표수준인 사료 자급률 목표는 현 조사농가의 생산량 수준으로 설정하였다. 신교잡종 슈퍼옥수수가 개발되어 현장 농가에 보급된다면 이러한 목표수준을 달성가능한 것으로 나타났다. 세 번째 목표인 농약투입량은 신교잡종이 보급될 경우 농약살포량을 감소시킬 수 있는 잠재력이 있는 것으로 분석되었다. 현재 조사 농가의 농약투입수준은 47.9kg인데, 신교잡종이 보급될 경우 4.5kg을 감소시킬 수 있는 잠재력이 있는 것으로 평가되었다. 네 번째 목표인 비료투입량은 현재 수준에서 목표 및 자원제약수준을 달성가능한 것으로 나타났다. 즉, 현재 투입수준으로 소득목표를 달성할 수 있는 것으로 분석되었다. 조사농가 평균 노동투입은 688.1시간이었는데, 신교잡종이 도입될 경우 노동투입시간은 564.5시간으로 18%의 노동절감효과가 있는 것으로 분석되었다.

<표 26> 시나리오 I -1의 분석결과

	목표 및 자원제약	초과편차	부족편차
농가소득목표(원)	45,804,000	0.0	0.0
사료자급률목표(kg)	21,894.2	0.0	0.0
농약투입목표(kg)	47.9	0.0	4.5
비료투입목표(kg)	697.0	0.0	0.0

2) 시나리오 I-2의 분석결과

시나리오 I-2는 농가소득 목표를 현재 조사농가 평균수준보다 10% 상승시키면서, 실험포장에서의 신교잡종 슈퍼옥수수의 생산성이 현장 일반 농가에는 80%수준으로 적용될 경우의 신교잡종 잠재력을 평가하였다.

신교잡종 슈퍼옥수수가 현장 농가에 보급될 경우, 신교잡종의 생산량은 21,894.2kg으로 조사료 총생산량의 100%를 차지하는 것으로 분석되었다. 즉, 실험포장 생산성이 현장 농가에 80% 수준으로 적용가능 하다면 신교잡종이 기존의 수원 19호 및 수입종을 대체가능한 것으로 평가되었다. 농가당 평균 축산 사육두수는 35두로 잠재력이 평가되었다.

<표 27> 의사결정변수 결과치

의사결정변수	결과치
수원19호 생산량(kg)	-
수입종자 생산량(kg)	-
신교잡종 생산량(kg)	21,894.2
축산 사육두수(마리)	35.0

농가소득 목표를 현재 조사농가 평균수준보다 10% 상승시키면서, 실험포장에서의 신교잡종 슈퍼옥수수의 생산성이 현장 일반 농가에는 80%수준으로 적용될 경우 조사료용 옥수수 생산농가의 목표수준 및 자원제약은 다음과 같다.

제1목표인 소득목표는 조사 농가 평균수준의 10%가 상승하는 것으로 분석되었다. 즉, 신교잡종 슈퍼옥수수가 개발되어 농가에 보급된다면 농가는 현재보다 10%의 소득증대가 가능하다.

제2목표수준인 사료 자급률 목표는 현 조사농가의 생산량 수준으로 설정하였다. 신교잡종 슈퍼옥수수가 개발되어 현장 농가에 보급된다면 이러한 목표수준을 달성가능한 것으로 나타났다. 세 번째 목표인 농약투입량은 신교잡종이 실험포장 생산성의 80%수준으로 농가에 보급될 경우 농약살포량을 감소시킬 수 있는 잠재력이 있는 것으로 분석되었다. 현재 조사 농가의 농약투입수준은 47.9kg인데, 신교잡종이 보급될 경우 6.7kg을 감소시킬 수 있는 잠재력이 있는 것으로 평가되었다.

네 번째 목표인 비료투입량은 현재 수준에서 목표 및 자원제약수준을 달성가능하면서 추가적으로 감소시킬 수 있는 것으로 나타났다. 즉, 현재 투입수준보다 146.4kg을 추가적으로 감소시킬 수 있는 것으로 분석되었다.

현재 조사농가의 평균 노동투입은 688.1시간으로 조사되었는데, 신교잡종이 도입될 경우 노동투입시간은 684.1로서 0.5%정도의 노동투입 감소효과가 나타났다.

〈표 28〉 시나리오 I-2의 분석결과

	목표 및 자원제약	초과편차	부족편차
농가소득목표(원)	45,804,000	0.0	0.0
사료자급률목표(kg)	21,894.2	0.0	0.0
농약투입목표(kg)	47.9	0.0	6.7
비료투입목표(kg)	697.0	0.0	146.4

3) 시나리오 I-3의 분석결과

시나리오 I-3는 농가소득 목표를 현재 조사농가 평균수준보다 10% 상승시키면서, 실험포장에서의 신교잡종 슈퍼옥수수의 생산성이 현장 일반 농가에는 90%수준으로 적용될 경우의 신교잡종 잠재력을 평가하였다.

신교잡종 슈퍼옥수수가 실험포장 생산성의 90%수준으로 농가에 보급될 경우, 신교잡종의 생산량은 21,894.2kg으로 조사료 총생산량의 100%를 차지하는 것으로 분석되었다. 농가당 평균 축산 사육두수는 35두로 잠재력이 평가되었다.

〈표 29〉 의사결정변수 결과치

의사결정변수	결과치
수원19호 생산량(kg)	-
수입종자 생산량(kg)	-
신교잡종 생산량(kg)	21,894.2
축산 사육두수(마리)	35.0

농가소득 목표를 현재 조사농가 평균수준보다 10% 상승시키면서, 실험포장에서의 신교잡종 슈퍼옥수수의 생산성이 현장 일반 농가에는 90%수준으로 적용될 경우 조사료용 옥수수 생산농가의 목표수준 및 자원제약은 다음과 같다.

제1목표인 소득목표는 조사 농가 평균수준의 10%가 상승하는 것으로 분석되었다. 즉, 신교잡종 슈퍼옥수수가 개발되어 농가에 보급된다면 농가는 현재보다 10%의 소득증대가 가능하다.

제2목표수준인 사료 자급률 목표는 현 조사농가의 생산량 수준으로 설정하였다. 신교잡종 슈퍼옥수수가 개발되어 현장 농가에 보급된다면 이러한 목표수준을 달성가능한 것으로 나타났다. 세 번째 목표인 농약투입량은 신교잡종이 실험포장 생산성의 90%수준으로 농가

에 보급될 경우 농약살포량을 감소시킬 수 있는 잠재력이 있는 것으로 분석되었다. 현재 조사 농가의 농약투입수준은 47.9kg인데, 신고잡종이 보급될 경우 11.3kg을 감소시킬 수 있는 잠재력이 있는 것으로 평가되었다.

네 번째 목표인 비료투입량은 현재 수준에서 목표 및 자원제약수준을 달성가능하면서 추가적으로 감소시킬 수 있는 것으로 나타났다. 즉, 현재 투입수준보다 209.5kg을 추가적으로 감소시킬 수 있는 것으로 분석되었다.

조사료 생산농가의 평균 노동투입은 688.1시간으로 조사되었고, 신고잡종 도입시 투입시간은 618.9으로 조사되어 10%정도 노동투입이 감소되는 것으로 나타났다.

<표 30> 시나리오 I-3의 분석결과

	목표 및 자원제약	초과편차	부족편차
농가소득목표(원)	45,804,000.0	0.0	0.0
사료자급률목표(kg)	21,894.2	0.0	0.0
농약투입목표(kg)	47.9	0.0	11.3
비료투입목표(kg)	697.0	0.0	209.5

4) 시나리오 II-1의 분석결과

시나리오 II-1는 농가소득 목표를 현재 조사농가 평균수준보다 20% 상승시키면서, 실험포장에서의 신고잡종 슈퍼옥수수의 생산성이 현장 일반 농가에는 70%수준으로 적용될 경우의 신고잡종 잠재력을 평가하였다.

신고잡종 슈퍼옥수수가 현장 농가에 보급될 경우, 신고잡종의 생산량은 6,545.9kg으로 조사료 총생산량의 30%를 차지하는 것으로 분석되었다. 농가당 평균 축산 사육두수는 39두로 잠재력이 평가되었다.

<표 31> 의사결정변수 결과치

의사결정변수	결과치
수원19호 생산량(kg)	-
수입종자 생산량(kg)	15,348.4
신고잡종 생산량(kg)	6,545.9
축산 사육두수(마리)	39.0

농가소득 목표를 현재 조사농가 평균수준보다 20% 상승시키면서, 실험포장에서의 신고잡종 슈퍼옥수수의 생산성이 현장 일반 농가에는 70%수준으로 적용될 경우 조사료용 옥수수 생산농가의 목표수준 및 자원제약은 다음과 같다.

제1목표인 소득목표는 조사 농가 평균수준의 20%가 상승하는 것으로 분석되었다. 즉, 신교잡종 슈퍼옥수수 개발되어 농가에 보급된다면 농가는 현재보다 20%의 소득증대가 가능하다.

제2목표수준인 사료 자급률 목표는 현 조사농가의 생산량 수준으로 설정하였다. 신교잡종 슈퍼옥수수가 개발되어 현장 농가에 보급된다면 이러한 목표수준을 달성가능한 것으로 나타났다. 세 번째 목표인 농약투입량은 신교잡종이 실험포장 생산성의 80%수준으로 농가에 보급될 경우 농약살포량을 감소시킬 수 있는 잠재력이 있는 것으로 분석되었다. 현재 조사 농가의 농약투입수준은 47.9kg인데, 신교잡종이 보급될 경우 4.5kg을 감소시킬 수 있는 잠재력이 있는 것으로 평가되었다.

네 번째 목표인 비료투입량은 현재 수준에서 목표 및 자원제약수준을 달성가능한 것으로 분석되었다. 현재 조사농가의 평균 노동투입은 688.1시간으로 조사되었고, 신교잡종 도입 시에는 노동투입시간이 576.4시간으로 16%정도의 노동절감 효과가 있는 것으로 나타났다.

<표 32> 시나리오 II-1의 분석결과

	목표 및 자원제약	초과편차	부족편차
농가소득목표(원)	49,968,000.0	0.0	0.0
사료자급률목표(kg)	21,894.2	0.0	0.0
농약투입목표(kg)	47.9	0.0	4.5
비료투입목표(kg)	697.0	0.0	0.0

5) 시나리오 II-2의 분석결과

시나리오 II-2는 농가소득 목표를 현재 조사농가 평균수준보다 20% 상승시키면서, 실험포장에서의 신교잡종 슈퍼옥수수의 생산성이 현장 일반 농가에는 80%수준으로 적용될 경우의 신교잡종 잠재력을 평가하였다.

신교잡종 슈퍼옥수수가 현장 농가에 보급될 경우, 신교잡종의 생산량은 21,052.5kg으로 조사료 총생산량의 96%를 차지하는 것으로 분석되었다. 농가당 평균 축산 사육두수는 38두로 잠재력이 평가되었다.

<표 33> 의사결정변수 결과치

의사결정변수	결과치
수원19호 생산량(kg)	-
수입종자 생산량(kg)	841.7
신교잡종 생산량(kg)	21,052.5
축산 사육두수(마리)	38.0

농가소득 목표를 현재 조사농가 평균수준보다 20% 상승시키면서, 실험포장에서의 신교잡종 슈퍼옥수수 생산성이 현장 일반 농가에는 80%수준으로 적용될 경우 조사료용 옥수수 생산농가의 목표수준 및 자원제약은 다음과 같다.

제1목표인 소득목표는 조사 농가 평균수준의 20%가 상승하는 것으로 분석되었다. 즉, 신교잡종 슈퍼옥수수가 개발되어 농가에 보급된다면 농가는 현재보다 20%의 소득증대가 가능하다.

제2목표수준인 사료 자급률 목표는 현 조사농가의 생산량 수준으로 설정하였다. 신교잡종 슈퍼옥수수가 개발되어 현장 농가에 보급된다면 이러한 목표수준을 달성가능한 것으로 나타났다. 세 번째 목표인 농약투입량은 신교잡종이 실험포장 생산성의 80%수준으로 농가에 보급될 경우 농약살포량을 감소시킬 수 있는 잠재력이 있는 것으로 분석되었다. 현재 조사 농가의 농약투입수준은 47.9kg인데, 신교잡종이 보급될 경우 6.7kg을 감소시킬 수 있는 잠재력이 있는 것으로 평가되었다.

네 번째 목표인 비료투입량은 현재 수준에서 목표 및 자원제약수준을 달성가능하면서 추가적으로 감소시킬 수 있는 것으로 나타났다. 즉, 현재 투입수준보다 139.8kg을 추가적으로 감소시킬 수 있는 것으로 분석되었다.

<표 34> 시나리오 II-2의 분석결과

	목표 및 자원제약	초과편차	부족편차
농가소득목표(원)	49,968,000.0	0.0	0.0
사료자급률목표(kg)	21,894.2	0.0	0.0
농약투입목표(kg)	47.9	0.0	6.7
비료투입목표(kg)	697.0	0.0	139.8

6) 시나리오 II-3의 분석결과

시나리오 II-3는 농가소득 목표를 현재 조사농가 평균수준보다 20% 상승시키면서, 실험포장에서의 신교잡종 슈퍼옥수수의 생산성이 현장 일반 농가에는 90%수준으로 적용될 경우의 신교잡종 잠재력을 평가하였다.

신교잡종 슈퍼옥수수가 현장 농가에 보급될 경우, 신교잡종의 생산량은 21,894.2kg으로 조사료 총생산량의 100%를 차지하는 것으로 분석되었다. 즉, 신교잡종 슈퍼옥수수가 수원 19호 및 수입종을 완전히 대체할 수 있는 것으로 평가되었다. 농가당 평균 축산 사육두수는 38두로 잠재력이 평가되었다.

〈표 35〉 의사결정변수 결과치

의사결정변수	결과치
수원19호 생산량(kg)	-
수입종자 생산량(kg)	-
신교잡종 생산량(kg)	21,894.2
축산 사육두수(마리)	38.0

농가소득 목표를 현재 조사농가 평균수준보다 20% 상승시키면서, 실험포장에서의 신교잡종 슈퍼옥수수 생산성이 현장 일반 농가에는 90%수준으로 적용될 경우 조사료용 옥수수 생산농가의 목표수준 및 자원제약은 다음과 같다.

제1목표인 소득목표는 조사 농가 평균수준의 20%가 상승하는 것으로 분석되었다. 즉, 신교잡종 슈퍼옥수수가 개발되어 농가에 보급된다면 농가는 현재보다 20%의 소득증대가 가능하다.

제2목표수준인 사료 자급률 목표는 현 조사농가의 생산량 수준으로 설정하였다. 신교잡종 슈퍼옥수수가 개발되어 현장 농가에 보급된다면 이러한 목표수준을 달성가능한 것으로 나타났다. 세 번째 목표인 농약투입량은 신교잡종이 실험포장 생산성의 90%수준으로 농가에 보급될 경우 농약살포량을 감소시킬 수 있는 잠재력이 있는 것으로 분석되었다. 현재 조사 농가의 농약투입수준은 47.9kg인데, 신교잡종이 보급될 경우 11.3kg을 감소시킬 수 있는 잠재력이 있는 것으로 평가되었다.

네 번째 목표인 비료투입량은 현재 수준에서 목표 및 자원제약수준을 달성가능하면서 추가적으로 감소시킬 수 있는 것으로 나타났다. 즉, 현재 투입수준보다 209.5kg을 추가적으로 감소시킬 수 있는 것으로 분석되었다.

노동투입수준은 조사 농가 평균수준은 688.1시간 이었는데, 신교잡종이 도입될 경우에는 630.8시간으로 8%정도의 노동절감효과가 있는 것으로 분석되었다.

〈표 36〉 시나리오 II-3의 분석결과

	목표 및 자원제약	초과편차	부족편차
농가소득목표(원)	49,968,000.0	0.0	0.0
사료자급률목표(kg)	21,894.2	0.0	0.0
농약투입목표(kg)	47.9	0.0	11.3
비료투입목표(kg)	697.0	0.0	209.5

5. 5 년 차 연구 결과

가. 사료용 슈퍼옥수수 교잡종에 대한 농가의향조사

사료용 슈퍼옥수수 교잡종이 개발될 경우 기존 옥수수 종자를 대체하여 수용할 것인가에 대한 농가의향을 조사·분석하였다. 조사 분석결과 슈퍼옥수수 교잡종이 개발된다면 대다수의 농가들이 이를 구입할 의향이 있는 것으로 나타났다. 즉, 국제경쟁력을 갖춘 조사료용 슈퍼옥수수 교잡종이 개발될 경우, 신품종에 대한 농가의 수용의사는 매우 높게 나타났다.

현재 옥수수 재배품종의 수확량과 종자비를 100으로 했을 때, 농가들이 슈퍼옥수수 교잡종에 바라는 수확량과 종자비는 각각 130과 80으로 조사되었다. 따라서 현재 사료용 옥수수 재배 농가는 슈퍼옥수수 교잡종이 수확량은 약 30% 증대하고 종자가격은 20% 감소하기를 기대하는 것으로 나타났다.

나. 사료용 슈퍼옥수수 교잡종의 생산비 분석

슈퍼옥수수 교잡종의 경제성을 평가하기 위해 먼저 조사료 생산비와 배합사료가격을 비교하면 다음과 같다(표 1). 배합사료가격이 kg당 372원인데 반해, 조사료인 수수, 호맥, 유채, 연맥의 생산비는 배합사료보다 비싼 것으로 나타났다. 단, 청예옥수수와 옥수수 사일리지만이 배합사료보다 경제성이 있는 것으로 나타나고 있다. 청예옥수수는 배합사료가격의 76% 수준에 불과하고, 옥수수 사일리지(silage: 담근먹이)도 배합사료가격의 91%수준에 불과한 실정이다. 현재 청예옥수수로 이용되고 있는 수원19호, 광안옥, 수입종(Pioneer 3223 등)이 다른 사료작물은 물론 배합사료보다 가격측면에서 경쟁력이 있는 것으로 분석되고 있다.

<표 37> 조사료와 배합사료의 가격 비교 분석

	사 료 작 물					옥수수 사일리지	배합사료
	청예옥수수	수수·단	호맥	유채	연맥		
생산량	톤/ha 70.5	63.8	51.7	58.5	36.0	-	-
생산비 (TDN)	원/kg 30 (284)	40 (413)	73 (605)	35 (376)	41 (405)	- (338)	- (372)

자료: 농림부, 『조사료 생산 이용 교육 교재』, 2001.

현재 조사료용 옥수수로 재배되고 있는 수원19호, 광안옥, 수입종(P3223 등)은 다음과 같은 문제점을 갖고 있다. 먼저, 수원19호는 남부지방에서 발생율이 높은 흑조위축병에 매우 취약한 품종이다. 흑조위축병이 발생할 경우 수원19호의 수확량은 급격히 감소하며, 후기녹체성이 떨어져 사일리지용으로 적합하지 못하다. 이에 반해 수원19호는 광안옥에 비해 종자

생산이 용이하다는 장점을 갖고 있다.

광안옥은 다른 옥수수 품종에 비해 흑조위축병에 강한 특성을 갖고 있다. 그러나 광안옥은 종자생산이 어렵다는 단점으로 인해 2000년부터 종자생산이 중단된 상황이다.

수입종(P3223 등)은 수확량과 후기녹체성은 국산 품종에 비해 우수하지만, 수원19호와 마찬가지로 흑조위축병에 약하다는 단점이 있다. 또한, 수입종은 종자가격이 국산에 비해 2~3배 정도 비싸다는 문제점을 갖고 있다.

〈표 38〉 사료용 옥수수 기존 품종의 장·단점

	장 점	단 점
수원 19호	○ 종자생산이 용이함.	○ 후기녹체성이 떨어짐. ○ 흑조위축병에 약함.
광안옥	○ 흑조위축병에 강함.	○ 종자생산이 어려움 (2000년 종자생산 중단)
수입종(P3223)	○ 다수성 ○ 후기녹체성이 강함.	○ 흑조위축병에 약함.

신교잡종과 기존 옥수수 품종간의 생산비를 분석한 결과는 다음과 같다(표 3). 신교잡종 6개 품종과 수원19호, 광안옥, 수입종(P3223)의 생산비를 분석하면, 건물중 kg당 생산비는 신교잡종Ⅵ가 160.9원으로 가장 낮은 것으로 나타났고, 그 다음으로 5개 품종의 신교잡종의 생산비가 168.6원으로 분석되었다. 수원19호는 건물중 kg당 생산비가 208.2원으로 가장 높게 나타났는데, 이는 흑조위축병으로 생산량이 크게 감소했기 때문이다. 그리고 기존 품종 중에서는 광안옥이 189.5원으로 생산비가 가장 낮은 것으로 분석되었다. 즉, 흑조위축병이 발생할 경우 광안옥이 수원19호나 수입종에 비해 생산비가 낮은 것으로 나타났다.

<표 39> 신교잡종과 기존 옥수수 품종간의 생산비 분석

(단위: 원, 톤)

	수원19 호	광안옥	P3223	신교잡 종 I	신교잡 종 II	신교잡 종 III	신교잡 종 IV	신교잡 종 V	신교잡 종 VI
종자비)	16,812	20,940	23,031	16,812	16,812	16,812	16,812	16,812	16,812
비료비	60,384	72,429	76,022	60,384	60,384	60,384	60,384	60,384	60,384
농약비	5,850	5,996	4,320	5,850	5,850	5,850	5,850	5,850	5,850
토지+노력비	230,817	242,660	264,651	230,817	230,817	230,817	230,817	230,817	230,817
기타비용	40,140	74,907	60,686	40,140	40,140	40,140	40,140	40,140	40,140
경영비	228,423	243,263	211,664	228,423	228,423	228,423	228,423	228,423	228,423
생산비	354,003	416,932	428,710	354,003	354,003	354,003	354,003	354,003	354,003
10a당 생체중 생산량	4.2	6.1	5.2	6.1	5.5	5.2	5.3	6	6
10a당 건물중 생산량	1.7	2.2	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.2
생체중 kg당 생산비	84.3	68.3	82.4	58.0	64.4	68.1	66.8	59.0	59.0
건물중 kg당 생산비	208.2	189.5	204.1	168.6	168.6	168.6	168.6	168.6	160.9

주: 1) 신교잡종의 종자비는 시장가격이 존재하지 않기 때문에 옥수수 종자가격에 중요한 영향을 미치는 종자생산의 용이성을 고려하여 수원19호 종자가격을 적용하였음.

자료: 1) 본 연구 2차연도 조사결과.

2) 윤광서, 『조사료 생산 축산농가의 경영성과 비교분석』, 경북대학교 석사학위논문, 1999.

남부지방에서 자주 발생하는 흑조위축병의 발생정도에 따라서 옥수수 생산량에는 상당한 차이가 나타난다. 따라서 흑조위축병의 발생정도에 따른 옥수수 품종간 생산비를 분석한 결과는 다음과 같다(표 4). 흑조위축병이 다량 발생한 지역의 생산비를 살펴보면, 신교잡종 II, III이 건물중 kg당 생산비가 177원으로 가장 낮게 나타났다. 그 다음으로는 신교잡종 IV, V가 건물중 kg당 생산비 186.3원으로 나타났다. 상대적으로 다른 품종에 비해 흑조위축병에 내성이 강한 광안옥의 생산량이 2.1톤으로 가장 높게 나타났지만, 종자생산이 상대적으로 어려워 건물중 kg당 생산비는 198.5원으로 분석되었다. 흑조위축병이 발생할 경우 수량 감소가 가장 크게 나타나는 수원19호는 건물중 kg당 생산비가 252.9원으로 분석되었다. 흑조위축병이 소량으로 발생할 경우 옥수수 품종간의 생산비를 비교해보면 다음과 같다. 흑조위축병이 소량발생할 경우 건물중 kg당 생산비는 신교잡종 I, VI이 153.9원으로 가장 낮게 분석되었다. 기존 옥수수 품종들의 생산비를 비교해보면, 흑조위축병이 소량 발생할 경

우에도 광안옥이 가장 생산비가 낮은 것으로 나타났다. 그러나 다량 발생할 경우와 비교하면 수원19호와 수입종의 생산량 증가로 건물중 kg당 생산비가 하락하였다. 흑조위축병이 소량 발생할 경우에도 신교잡종이 기존 옥수수 품종들보다 생산비가 낮은 것으로 분석되었다.

<표 40> 흑조위축병 발생정도에 따른 신교잡종과 기존 옥수수 품종간의 생산비 분석

(단위: 원, 톤)

	수원19호	광안옥	P3223	신교잡 종 I	신교잡 종 II	신교잡 종 III	신교잡 종 IV	신교잡 종 V	신교잡 종 VI
10a당 생산비	354,003	416,932	428,710	354,003	354,003	354,003	354,003	354,003	354,003
다 량 발 생	10a당 생체중 생산량	3.3	5.8	5.2	5.1	5.4	5.0	5.6	5.3
	10a당 건물중 생산량	1.4	2.1	2.0	1.6	2.0	2.0	1.9	1.9
	생체중 kg당 생산비	107.3	71.9	82.4	69.4	65.6	70.8	63.2	66.8
	건물중 kg당 생산비	252.9	198.5	214.4	221.3	177.0	177.0	186.3	186.3
소 량 발 생	10a당 생체중 생산량	4.5	6.2	5.2	6.5	5.6	5.3	5.2	6.2
	10a당 건물중 생산량	1.9	2.3	2.2	2.3	2.2	2.1	2.2	2.2
	생체중 kg당 생산비	78.7	67.2	82.4	54.5	63.2	66.8	68.1	57.1
	건물중 kg당 생산비	186.3	181.3	194.9	153.9	160.9	168.6	160.9	160.9

다. 슈퍼옥수수 교잡종의 수익-비용 분석

신교잡종과 기존 옥수수 품종간의 수익-비용을 분석한 결과는 다음과 같다(표 5). 신교잡종 6개 품종과 수원19호, 광안옥, 수입종(P3223)의 경제성을 평가하기 위해 수익-비용을 분석하였다. 조수입이 가장 높게 나타난 품종은 광안옥과 신교잡종Ⅵ이 633,600원으로 나타났고, 가장 낮은 품종은 수원19호로 489,600원으로 나타났다. 순소득 측면에서는 광안옥에 비해 종자 생산이 용이한 신교잡종Ⅵ의 순소득이 279,597원으로 가장 높게 나타났고, 그 다음으로는 여타 신교잡종의 순소득이 높게 나타났다. 수익-비용 분석결과 신교잡종이 기존 품종에 비해 경제성이 있는 것으로 분석되었다.

<표 41> 신교잡종과 기존 옥수수 품종간의 경제성 분석

(단위: 톤, 원/10a)

	수원19호	광안옥	P3223	신교잡 종 I	신교잡 종 II	신교잡 종 III	신교잡 종 IV	신교잡 종 V	신교잡 종 VI
건물중 생산량	1.7	2.2	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.2
조수입	489,600	633,600	604,800	604,800	604,800	604,800	604,800	604,800	633,600
경영비	228,423	243,263	211,664	228,423	228,423	228,423	228,423	228,423	228,423
생산비	354,003	416,932	428,710	354,003	354,003	354,003	354,003	354,003	354,003
농업소득	261,177	390,337	393,136	376,377	376,377	376,377	376,377	376,377	405,177
순소득	135,597	216,668	176,090	250,797	250,797	250,797	250,797	250,797	279,597

흑조위축병의 발생정도에 따른 옥수수 품종간 수익-비용을 분석한 결과는 다음과 같다(표 6). 흑조위축병이 다량발생할 경우 조수입은 광안옥이 604,800원으로 가장 높게 나타났고, 그 다음으로는 신교잡종 II, III이 576,000원으로 나타났다. 반면에 수원19호는 생산량 감소로 인해 조수입이 403,200원으로 가장 낮게 나타났다. 순소득측면에서는 신교잡종 II, III이 221,997원으로 여타 옥수수 품종에 비해 경제성이 있는 것으로 분석되었다. 흑조위축병이 다량발생할 경우 수원19호는 남부지방에서 경제성이 거의 없는 것으로 나타났고, 광안옥의 생산량은 가장 높았다. 이에 반해 신교잡종은 광안옥에 비해 수량은 다소 떨어졌지만, 순소득측면에서 광안옥에 비해 경제성이 있는 것으로 분석되었다.

흑조위축병이 소량발생할 경우 광안옥과 신교잡종 I, VI의 조수입이 가장 높게 나타났다. 순소득측면에서는 종자생산이 용이한 신교잡종 I, VI이 광안옥보다 경제성이 높은 것으로 분석되었다.

흑조위축병 발생정도에 따른 경제성 분석결과 흑조위축병이 다량 발생할 경우에는 신교잡종 II, III이, 소량 발생할 경우에는 신교잡종 I, VI이 경제성이 있는 것으로 분석되었다. 흑조위축병의 발생정도에 관계없이 기존 옥수수 품종에 비해 신교잡종이 경제성이 높은 것으로 나타났다.

<표 42> 흑조위축병 발생정도에 따른 신교잡종과 기존 옥수수 품종간의 경제성 분석

(단위: 톤, 원/10a)

	수원 19호	광안옥	P3223	신교 잡종 I	신교잡 종 II	신교잡 종 III	신교잡 종 IV	신교잡 종 V	신교잡 종 VI	
다 량 발 생	10a당 건물중 생산량	1.4	2.1	2.0	1.6	2.0	2.0	1.9	1.9	1.8
	조수입	403,200	604,800	576,000	460,800	576,000	576,000	547,200	547,200	518,400
	경영비	228,423	243,263	211,664	228,423	228,423	228,423	228,423	228,423	228,423
	생산비	354,003	416,932	428,710	354,003	354,003	354,003	354,003	354,003	354,003
	농업소득	174,777	361,537	364,336	232,377	347,577	347,577	318,777	318,777	289,977
	순소득	49,197	187,868	147,290	106,797	221,997	221,997	193,197	193,197	164,397
소 량 발 생	10a당 건물중 생산량	1.9	2.3	2.2	2.3	2.2	2.1	2.2	2.2	2.3
	조수입	547,200	662,400	633,600	662,400	633,600	604,800	633,600	633,600	662,400
	경영비	228,423	243,263	211,664	228,423	228,423	228,423	228,423	228,423	228,423
	생산비	354,003	416,932	428,710	354,003	354,003	354,003	354,003	354,003	354,003
	농업소득	318,777	419,137	421,936	433,977	405,177	376,377	405,177	405,177	433,977
	순소득	193,197	245,468	204,890	308,397	279,597	250,797	279,597	279,597	308,397

이상의 분석결과에서 신교잡종이 기존 품종에 비해 경제성이 있는 것으로 계측된다. 따라서 현재 수입 옥수수 종자가 신교잡종으로 대체될 경우 수입절감액은 다음과 같다(표 7). 2000년 옥수수 종자수입액은 2,210백만 원(1,934천 달러)이며, 신교잡종이 수입종자를 30% 대체할 경우 수입절감액은 1,105백만 원(580천 달러), 신교잡종이 널리 보급되어 옥수수 종자 수입을 완전 대체할 경우의 수입절감액은 2000년 기준 2,210백만 원(1,934천 달러)으로 환산된다.

<표 43> 신교잡종에 의한 옥수수 수입종자 대체효과(2000년 실적 기준)

	2000년 종자수입액	신교잡종 30% 대체시 수입절감액	신교잡종 50% 대체시 수입절감액	신교잡종 100% 대체시 수입절감액
원화 기준	2,210백만원	663백만원	1,105백만원	2,210백만원
달러 기준	1,934천 달러	580.2천 달러	967천 달러	1,934천 달러

라. 다목표의사결정모형에 의한 슈퍼옥수수 교잡종 잠재력 평가

사료용으로 사용되고 있는 기존 옥수수 품종을 대체할 수 있는 신교잡종 슈퍼옥수수가 개발될 경우의 잠재력을 사전적으로 평가하기 위하여 다목표의사결정 모형을 적용한다. 이를 위해 먼저 목표계획법의 목적함수를 설정하고, 각 목표별 수준과 제약조건을 설정한다. 또한, 모형에 투입될 기술계수와 주요 활동변수를 조사한다.

1) 목적함수의 구성

목표계획법의 목적함수 구성은 편차변수(d_i^+ , d_i^-)와 목표간의 우선순위 및 동일한 우선순위 목표간의 가중치로 구성된다. 여기서 편차변수는 설정하고자 하는 목표에 따라 부족편차(d_i^-)와 초과편차(d_i^+)로 나누어진다. 우선순위는 상위의 목표가 하위의 목표보다 우선적으로 달성되어야 한다는 것이다. 따라서 우선순위가 $i > j$ 이면 반드시 $P_i \gg \gg P_j$ 되는 성질을 갖게 되며, 하위의 우선순위를 갖는 목표에 아무리 높은 가중치를 주더라도 ($P_i \gg \gg nP_j$ 목표달성의 순위에는 변함이 없다. 즉, 첫 번째 우선순위는 그 이하의 우선순위보다 먼저 목표치가 달성되어야 한다는 것이다. 마지막으로 가중치의 의미는 동일한 우선순위에서 가중치가 높은 목표가 먼저 달성되어야 한다는 것이다.

가) 목적함수의 편차함수

조사료용 슈퍼옥수수의 종자를 농가에 보급하여 달성하고자 하는 주요 목표는 ① 조사료용 생산농가의 소득증대, ② 사료(조사료)의 자급률 증대, ③ 환경보호를 위한 농약투입량 절감, ④ 환경보호를 위한 비료투입량 절감 등 총 4개로 구성되어 있다. 이들 각각의 목표와 이와 관련된 생산활동 등에 대해서 목표치와 달성치간에 초과편차 또는 부족편차의 합이 최소가 되도록 하나의 목적함수를 구성해야 한다.

나) 목적함수의 우선순위

조사료용 옥수수를 재배하고 있는 농가들이 신교잡종(조사료용 슈퍼옥수수)을 도입할 경우 달성가능한 목표가 어떻게 될 것인가를 사전적으로 분석하여 그 잠재력을 검토하게 된다. 이를 위해서는 일련의 경영목표에 대한 우선순위를 설정할 필요가 있다. 고려되는 주요 순위는 일단 다음과 같이 설정해 볼 수 있다. 첫 번째 목표는 생산성이 높은 신교잡종을 도입하여 농가의 소득을 증대하는 것이다. 두 번째 목표는 조사료 대체에 의한 축산농가 사료의 자급률을 증대하는 것이다. 세 번째 목표는 조사료 생산에 있어 농약을 적게 투입하는 농법을 실천하여 환경을 보호하는 것이다. 네 번째 목표는 조사료 생산에 있어 비료를 적게 투입하는 농법을 실천하여 환경을 보호하는 것이다. 여타 생산활동과 관련된 일련의 목표들의 순서도 적절히 고려되어야 할 것이다.

이상과 같은 다양한 목표 및 우선순위를 고려하여 다음과 같은 다목표의사결정 모형의

목적함수를 설정하고자 한다.

$$MIN Z = P_1 d_1^- + P_2 d_2^- + P_3 d_3^+ + P_4 d_4^+ + \dots + P_n d_n$$

2) 목표수준의 합리적 설정

목표계획법에서 달성하고자 하는 목표수준을 결정하는 것이 무엇보다도 중요하고 또한 이러한 목표는 합리적으로 설정되어야 한다. 제1목표인 사료용 슈퍼옥수수를 생산하는 축산 농가의 소득수준을 도시근로자 평균 가계소득과 비교하여 합리적으로 설정하고자 한다. IMF 관리체제와 같은 외환위기상황에서 환율의 평가절하는 수입사료의 가격상승을 초래하여 축산농가의 경영비를 상승시켰고 결국 이는 경영악화를 초래하였다. 따라서 제2목표는 사료작물의 국내 자급률 증대로 설정한다. 제3목표는 조사료용 옥수수 생산에 있어 기존 품종에 비해 신품종은 농약을 적게 투입하여 환경을 보호할 수 있도록 환경보호 효과로 설정한다. 제4목표는 조사료용 옥수수 생산에 있어 기존 품종에 비해 신품종은 비료를 적게 투입하여 환경을 보호할 수 있도록 환경보호 효과로 설정한다.

<표 44> 축산농가의 목표 및 목표수준

	목 표	목표수준
제1목표	소득증대	G1
제2목표	사료(조사료)의 자급률 증대	G2
제3목표	농약 사용량 감소	G3
제4목표	비료 사용량 감소	G4

3) 제약조건의 설정

목표계획법은 선형계획법과는 달리 제약함수가 크게 목표제약과 일반 자원제약으로 나누어진다. 목표제약함수는 부족편차와 초과편차를 최소화시키는 것이고, 이런 편차를 최소화시키도록 설정된 제약식이 목표제약식이다. 따라서 본 목표계획법에서는 4개의 목표제약식이 있다.

일반제약으로는 목표를 달성하기 위해서 토지, 노동 등의 제약을 가지고 있다.

목표제약함수

$$\sum_{j=1}^n C_{1j} X_j + d_1^- - d_1^+ = G_1 \quad (\text{제1목표 제약수준})$$

$$\sum_{j=1}^n C_{2j} X_j + d_2^- - d_2^+ = G_2 \quad (\text{제2목표 제약수준})$$

$$\sum_{j=1}^n C_{3j} X_j + d_3^- - d_3^+ = G_3 \quad (\text{제3목표 제약수준})$$

$$\sum_{j=1}^n C_{4j} X_j + d_4^- - d_4^+ = G_4 \quad (\text{제4목표 제약수준})$$

일반제약함수

$$\sum_{j=1}^n a_{1j} X_j \leq b_1$$

$$\sum_{j=1}^n a_{2j} X_j \leq b_2$$

$$\sum_{j=1}^n a_{3j} X_j \leq b_3$$

⋮

$$\sum_{j=1}^n a_{nj} X_j \leq b_n$$

단, d_i^+ : 초과편차변수, d_i^- : 부족편차변수

C_{ij} : 목표제약에 대한 활동변수의 기술계수

G_i : 목표수준

X_j : 생산활동을 포함한 실질활동의 가동수준

a_{ij} : 기술제약에 대한 활동변수의 기술계수

b_i : 자원제약량

4) 기술계수

제반 기술계수는 본 교잡종 육성 실험결과와 더불어 현장 농가 조사자료, 그리고 필요한 경우 기존 통계자료를 이용한다. 먼저 노동투입에 대한 기술계수는 평당으로 환산하여 적용한다.

활동변수로 선택된 모든 작물 및 축산의 이익계수는 조수익에서 기초생산비를 차감하여 도출하였다. 환경질감효과를 측정하는 방법은 화학비료와 농약의 투입감소량으로 계산한다.

<표 45> 다목표의사결정 모형의 주요 기술계수

	수원19호	광안옥	P3223	신교잡종
kg당 농약투입계수	0.012	0.010	0.010	0.010
kg당 비료투입계수	0.155	0.120	0.126	0.125

마. 본 모형에 의한 분석결과

사료용으로 사용되고 있는 기존 옥수수 품종을 대체할 수 있는 신교잡종 슈퍼옥수수가 개발될 경우의 잠재력을 다목표의사결정 모형을 적용하여 분석하였다. 신교잡종 슈퍼옥수수가 농가에 보급될 경우의 잠재력을 평가하기 위해 다음과 같은 시나리오에 의해 분석을 실시하고자 한다.

0 시나리오 I: 농가소득 목표를 현재 조사농가 평균수준보다 10% 상승시킬 경우.

0 시나리오 II: 농가소득 목표를 현재 조사농가 평균수준보다 20% 상승시킬 경우.

1) 시나리오 I의 분석결과

시나리오 I은 농가소득 목표를 현재 조사농가 평균수준보다 10% 상승시킬 경우, 신교잡종의 잠재력을 평가하였다. 신교잡종 슈퍼옥수수가 현장 농가에 보급될 경우 신교잡종은 기존 옥수수 품종을 완전 대체하는 것으로 분석되었다. 또한, 현재의 농가 소득수준을 10% 상승시키기 위해서는 10a당 건물중 생산량은 2,340kg이 되어야 하는 것으로 분석되었다. 이러한 수준의 생산성은 흑조위축병 소량 발생시에 달성가능한 것이다(신교잡종 IV의 경우). 또한, 표본농가의 농가당 평균 축산 사육두수는 80두이다.

<표 46> 의사결정변수 결과치

의사결정변수	결과치
수원19호 생산량(kg/10a)	-
광안옥 생산량(kg/10a)	-
수입종자 생산량(kg/10a)	-
신교잡종 생산량(kg/10a)	2,340
축산 사육두수(두)	80

농가소득 목표를 현재 조사농가 평균수준보다 10% 상승시킬 경우 조사료용 옥수수 생산 농가의 목표수준 및 자원제약은 다음과 같다.

제1목표인 소득목표는 조사 농가 평균수준의 10%가 상승되는 것으로 분석되었다. 즉, 신교잡종 슈퍼옥수수가 개발되어 농가에 보급된다면 기존 옥수수 품종을 대체하면서 농가 소득도 10% 상승시키는 것으로 나타났다.

제2목표수준인 사료 자급률 목표는 현 조사농가의 생산량 수준으로 설정하였다. 신교잡종 슈퍼옥수수가 개발되어 현장 농가에 보급된다면 이러한 목표수준을 충분히 달성가능한 것으로 나타났다.

세 번째 목표인 농약투입량은 신교잡종이 보급될 경우 농약살포량을 감소시킬 수 있는 잠재력이 있는 것으로 분석되었다. 현재 조사 농가의 농약투입수준은 21.0kg인데, 신교잡종이 보급될 경우 4.5kg을 감소시킬 수 있는 잠재력이 있는 것으로 평가되었다.

네 번째 목표인 비료투입량은 신교잡종이 보급될 경우 비료살포량을 감소시킬 수 있는 잠재력이 있다. 현재 10a당 평균 비료투입량 264kg을 75.7kg 감소시킬 수 있는 것으로 분석되었다. 즉, 신교잡종은 생산량 증대효과와 비료와 농약 사용량을 감소시키는 친환경적인 농업의 잠재력이 있는 것으로 분석되었다.

<표 47> 시나리오 I의 분석결과

	목표 및 자원제약	초과편차	부족편차
농가소득목표(원)	90,456,887	0.0	0.0
사료자급률목표(kg)	8,100.0	0.0	0.0
농약투입목표(kg)	21.0	0.0	4.5
비료투입목표(kg)	264.12	0.0	75.7

2) 시나리오 II의 분석결과

시나리오 II는 농가소득 목표를 현재 조사농가 평균수준보다 20% 상승시킬 경우, 신교잡종의 잠재력을 평가하였다. 신교잡종 슈퍼옥수수가 현장 농가에 보급될 경우 신교잡종은 기존 옥수수 품종을 완전 대체하는 것으로 분석되었다. 즉, 농가는 기존 옥수수 품종대신 경제성이 있는 신교잡종을 도입하는 것으로 나타났다. 또한, 현재의 농가 소득수준을 20% 상승시키기 위해서는 10a당 건물중 생산량은 2,650kg이 되어야 하는 것으로 분석되었다. 건물중 생산성 요구량면에서 금년(2001) 한 해 농가실험 결과에만 의존한다면 흑조위축병 소량 발생의 경우에도 수용하기 어려울 것으로 평가된다. 또한, 농가당 평균 축산 사육두수는 87두로 잠재력이 평가되었다.

<표 48> 의사결정변수 결과치

의사결정변수	결과치
수원19호 생산량(kg/10a)	-
광안옥 생산량(kg/10a)	-
수입종자 생산량(kg/10a)	-
신교잡종 생산량(kg/10a)	2,650
축산 사육두수(두)	87

농가소득 목표를 현재 조사농가 평균수준보다 20% 상승시킬 경우 조사료용 옥수수 생산능가의 목표수준 및 자원제약은 다음과 같다.

제1목표인 소득목표는 조사 농가 평균수준의 20%가 상승되는 것으로 분석되었다. 즉, 신교잡종 슈퍼옥수수가 개발되어 농가에 보급된다면 기존 옥수수 품종을 대체하면서 농가소득도 20% 상승시키는 것으로 나타났다.

제2목표수준인 사료 자급률 목표는 현 조사농가의 생산량 수준으로 설정하였다. 신교잡종 슈퍼옥수수가 개발되어 현장 농가에 보급된다면 이러한 목표수준을 충분히 달성가능한 것으로 나타났다. 세 번째 목표인 농약투입량은 신교잡종이 보급될 경우 농약살포량을 감소시킬 수 있는 잠재력이 있는 것으로 분석되었다. 현재 조사 농가의 농약투입수준은 21.0kg인데, 신교잡종이 보급될 경우 8.2kg을 감소시킬 수 있는 잠재력이 있는 것으로 평가되었다.

네 번째 목표인 비료투입량은 신교잡종이 보급될 경우 비료살포량을 감소시킬 수 있는 잠재력이 있다. 즉, 현재 10a당 평균 비료투입량 264kg을 97.5kg 감소시킬 수 있는 것으로 분석되었다. 즉, 신교잡종은 생산량 증대효과와 비료와 농약 사용량을 감소시키는 친환경적인 농업의 잠재력이 있는 것으로 분석되었다. 또한 질소질 비료 효율이 높은(Nitrogen use efficient ; NUE) 옥수수 품종 개발과 옥수수 + 콩재배 등으로 비료 사용량을 줄여, 지속 가능한 농업(sustainable agriculture)으로 전환이 기대된다.

<표 49> 시나리오 II의 분석결과

	목표 및 자원제약	초과편차	부족편차
농가소득목표(원)	98,680,241	0.0	0.0
사료자급률목표(kg)	8,100	0.0	0.0
농약투입목표(kg)	21.01	0.0	8.2
비료투입목표(kg)	264.1	0.0	97.5

제 4 절 . 적 요

1. 청에 및 사일리지 옥수수로 이용되고 있는 수원19호, 광안옥, 수입종(P3223 등)이 다른 사료작물은 물론 배합 사료보다 가격측면에서 경쟁력이 있는 것으로 분석되고 있다.
2. 광안옥, 수원19호나 수입종 등에 비해 신교잡종의 생산비가 다소 낮은 것으로 분석되었다.
3. 단, 흑조위축병이 다량발생할 경우 수원19호는 남부지방에서 경제성이 거의 없는 것으로 나타났고, 광안옥의 생산량은 가장 높았다. 이에 반해 신교잡종은 광안옥과 수량은 비슷하나 종자생산이 쉬워(암.수 개화기 동일), 순소득측면에서 광안옥에 비해 경제성이 있는 것으로 분석되었다.
4. 흑조위축병 발생정도에 따른 수익-비용 분석결과 흑조위축병이 다량 발생할 경우에는 신교잡종Ⅱ,Ⅲ이, 소량 발생할 경우에는 신교잡종Ⅰ,Ⅵ이 경제성이 있는 것으로 분석되었다. 흑조위축병의 발생정도에 관계없이 기존 옥수수 품종에 비해 신교잡종이 경제성이 높은 것으로 나타났다.
5. 다목표의사결정모형에 의한 신교잡종의 잠재력을 평가한 결과, 신교잡종 슈퍼옥수수가 현장 농가에 보급될 경우 신교잡종은 기존 옥수수 품종을 완전 대체하는 것으로 분석되었다. 즉, 농가는 기존 옥수수 품종대신 경제성이 있는 신교잡종을 도입하는 것으로 나타났다.
6. 다목표의사결정모형에 의한 신교잡종의 잠재력을 평가한 결과, 신교잡종 슈퍼옥수수가 개발되어 농가에 보급된다면 기존 옥수수 품종을 대체하면서 농가소득도 10% 정도 상승시킬 수 있는 잠재력이 있는 것으로 나타났다. 또한, 신교잡종은 생산량 증대효과와 비료와 농약 사용량을 감소시키는 친환경적인 농업의 잠재력이 있는 것으로 분석되었다. 따라서 신교잡종을 국산종자로 개발할 수 있는 가능성이 있음이 확인되었다고 본다. 그러나 농가실험이 단 1년에 지나지 않았으므로 종자상품화의 신뢰성을 갖추려면 향후 3년~5년 동안 지속적인 농가포장실험과 그 경제성을 확인하는 작업이 필요할 것으로 판단된다.
7. 쌀생산 과잉문제로 대체작목에 대한 연구가 시급히 필요한 시점이다. 쌀을 대체하여 국내생산 경쟁작목을 재배하게 된다면 여타 작목의 가격폭락으로 한국 농업기반의 붕괴가 우려된다. 따라서 쌀 과잉문제를 해결하는 동시에 여타 농업부문에 연쇄파급 피해를 방지하려면 국내생산이 미미하여 수입에 의존하고 있는 사료작물인 옥수수를 대체작물로 권장하는 방안을 개발할 필요가 있다.

제 5절 참고문헌

1. 김동건, 「비용·편익분석」, 박영사, 1997.
2. 김영진, 「비용-편익분석에서의 적정할인율 이론에 관한 고찰」, 고려대학교 석사학위 논문, 1989.
3. 김충실, “양계전업농의 경영목표 달성 잠재력 평가”, 농업정책연구 제23권 제2호, 1996.
4. 김충실, 『개방이후의 농업농가경제의 비전평가 및 대응방안개발을 위한 다목표의사 결정모형 - 농업구조 및 유통개선사업측면의 농업농가경제 비전과 대응방안-』, 농촌진흥청, 1995.
5. 김충실, “쌀시장의 점진적 개방효과와 한국농업의 진로”, 성곡논총 24, 1993.
6. 김홍배, 「비용편익분석론」, 홍문사, 2000.
7. 윤광서, 『조사료 생산 축산농가의 경영성과 비교분석』, 경북대학교 석사학위 논문, 1999.
8. Shin, Euisoon, “Extended Cost-Benefit Analysis on the Kyung-In Area LNG Gas Project in Korea,” Occasional Paper(No. 5), Institute of East and West Studies, Yonsei University, February 1987.
9. Rubin, J., Helfand, G. and Loomis, J. 1991. A benefit-cost analysis of the northern spotted owl, *Jouranal of Forestry* 89.