

옥수수연구소는 세계 최고의 옥수수 품종을 개발하여 강원 옥수수를 세계화하고 고품질·친환경 재배 및 수확 후 관리기술을 확립하기 위하여, 시험연구사업 11과제 21세부과제를 수행하였다. 그 결과 품종출원 2건, 품종등록 6건, 영농활용 2건, 논문게재 및 발표 9건, 홍보 47건 및 시제품 제작 등의 성과를 거두었다. 또한, 육성된 우수품종의 종자 168,210kg를 전국에 보급하여 도내 및 전국 옥수수 재배농가의 소득을 높이는 데 이바지하였다. 주요 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 옥수수 육종 분야

찰옥수수는 전국 7지역에서 5교잡종을 대상으로 지역적응시험을 수행한 결과 숙기가 빠른 강원찰 48호 등 3교잡종을 선발하였으며, 도내 3지역에서 수행한 지대별 생산력검정시험에서는 흰 찰옥수수 1교잡종(홍교299호)과 김정찰옥수수 1교잡종(홍교307호) 등 2교잡종을 선발하였다. 동계기간 세대 단축을 위해 베트남과 캄보디아에서 세대축진 25kg과 교잡종 생산 40kg, 종자증식용 11kg의 종자를 생산하여 2018년도 시험사업의 육종재료로 활용하였다.

종실·사료용 옥수수는 전국 3지역에서 지역적응시험을 수행하여 사료용은 강원47호 등 5교잡종을 시험하여 강원47호 등 2교잡종을 선발하였으며, 종실용은 강원42호 등 6교잡종을 시험하여 강원 46호 등 3교잡종을 선발하였다. 선발 교잡종은 균일성, 안정성, 우수성을 평가하기 위하여 연차간, 시험장소간 반복 시험을 계속 수행할 예정이다. 강원 3지역에서 수행하는 지대별 생산력검정시험에서 4교잡종(종교175, 178, 179, 185)을 선발하였고, 북방지역에 적용하는 품종을 선발하기 위하여 중국 연변농업과학원에서 수행한 중국현지실증 적응시험에서는 18YB46 등 8교잡종을 선발하였으며, 러시아 연해주농업과학연구소에서 수행한 러시아 현지 적응시험에서는 종실용 18PR09 등 9교잡종, 찰옥수수 18PR45 등 2교잡종을 선발하였다.

튀김용 옥수수는 홍천에서 수행한 생산력검정 본시험에서 오물팝콘 대비 우수한 5교잡종, 생산력 예비검정 시험에서는 7교잡종을 선발하였다. 자색옥수수 또한 홍천에서 수행한 생산력검정 본시험 결과 포엽에서 색소함량과 건조중이 우수한 4교잡종과 알곡에서 색소함량과 종실중이 우수한 2교잡종을 선발하였다. 생산력예비검정 시험에서는 포엽 8, 알곡 7교잡종을 선발하였다. 카로티노이드 고함유 옥수수 품종 육성 시험은 종실용 옥수수 887계통을 대상으로 DNA마커 2종을 이용하여 베타 카로틴 함량이 높은 63계통을 선발하였다.

배가반수체 육종 효율 증진연구에서는 염색체 배가처리 시기 및 배가처리 후 정식방법에 따른 효율성을 비교하기 위해 종실용 옥수수 및 찰옥수수를 이용하였다. 배가처리 시기를 1.5엽기에서 3.5엽기까지 처리한 결과 종실용 옥수수는 1.5엽기, 찰옥수수는 3.5엽기 때 배가효율이 증진되었다. 배가 처리 후 정식방법에서는 배가 후 바로 정식하는 것보다 2차 육묘 후 정식할 때 배가 효율이 높게 나타났다. 또한, 계통선발 효율 증진을 위한 DNA 분자마커를 개발하기 위하여 세균성 줄기 썩음병에 대한 저항성집단을 SNP마커를 활용하여 유전자분석을 하였으며, 앞으로 병 저항성

스크리닝을 통해 관련된 형질과 마커의 상호관계를 분석할 예정이다.

색소찰옥수수는 3지역 지대별 생산력검정시험에서 숙기가 빠르고 내건성에 강하다고 생각되는 색찰교52호 등 5교잡종을 선발하였다. 색소찰 근동질계통을 만들기 위해 여교잡을 통해 색소HW9, 색소HW3를 만들었고, 고정된 계통은 증식 및 교잡종을 생산하였다. 색소찰옥수수를 이용한 “칼라 패키지” 생산단지 조성 및 상품화는 전국 5시군 5단지를 조성하여 레토르트 상품을 생산하였으며, 2019년에는 전문단지를 11시군으로 확대하여 진행할 예정이다.

배가반수체 기술을 이용한 계통육성 및 집단개량에서는 3집단에 대하여 반수체를 유기하였다. 계통육성을 위하여 3집단 278계통을 배가 및 정상종자를 획득하였고, 2017년에 육성한 종실용 계통(D1) 229개 중 47계통을 선발하였다. 또한 DH 육성계통 52계통(종실용 34, 찰옥 18)을 강원 3지역에서 평가하여 종실용 3계통과 찰옥수수 5계통을 선발하였고, DH 육성계통을 활용하여 생산된 30교잡종에 대한 생산력검정을 통해 6교잡종을 선발하였다. 색소옥수수 적용 반수체 유기체 개발을 위하여 분리세대 68계통을 세대 진전시켰고, 반수체 유기율 평가를 위해 미백2호 등 2개 집단과 교배하여 2019년도에 평가할 예정이다.

고위도 지역 적용 수출용 옥수수 품종을 개발을 위하여 교잡종 생산력검정을 실시하였고, 그 결과 사료용 41, 찰초당 3교잡종을 선발하였다. 우량교잡종에 대한 중국 현지 생산력 검정시험을 진행한 결과 사료용 6교잡종 및 찰초당 4교잡종을 선발하였다. 우량교잡종 현지 적용성 검토는 길림성 내 3지역(용정, 돈화, 길림)에서 수행하였으며, 사료용 3교잡종과 찰초당 3교잡종을 선발하였다. 사료용 옥수수에 대한 밀식적용성 평가는 용정, 돈화 2지역에서 수행하였으며 밀식적용성이 양호하다 판단되어 2019년도 길림성 품종심사를 추진할 예정이다. 러시아 현지 지역적용시험에서는 사료용 9교잡종 및 찰옥수수 2교잡종을 선발하였으며, 기존에 선발된 종교187 등 5교잡종에 대한 국내 적용시험에서 3교잡종을 선발하였고 재시험을 할 예정이다.

앞으로도 강원 옥수수의 경쟁력과 부가가치 향상을 위하여 다양한 용도와 기능성 및 내재해성을 앞세운 고품질 찰옥수수, 고위도 적용 다수성 품종, 수입사료 대체 종실용 옥수수, 튀김용 옥수수의 품종 개발, 천연색소 산업화를 위한 색소옥수수 품종 육성에 최선을 다하고, 우리 도가 옥수수 종자 산업을 선도할 수 있도록 종자 산업의 기초를 다져 나갈 것이다.



【대륙2호】



【꽃미할】

나. 옥수수 재배 및 기타 분야

강원찰48호 및 강원32호에 대한 재종시험은 종자친과 화분친을 동시에 파종하였을 때 강원찰48호는 2:1에서 10a당 54kg 생산되었으나, 모부분 교환 재종 검토가 필요하다고 생각되었고, 강원 32호는 2:1 비율로 정식하였을 때 10a당 335kg의 종자를 무난히 생산할 수 있었다. 찰옥수수 출하시기에 따른 상품기준 및 재식밀도 설정을 위해 조사한 결과 지역별로 파종시기 및 재배작형이 다양하였고 출하시기별 풋옥수수 가격도 7월 하순까지 감소하다가 10월 이후부터 상승하는 양상을 확인하였다. 옥수수 계통 DB구축을 위한 특성검정을 조사하였고 육종의 기초자료로 축적하고자 하였다.

국산팍콘용 옥수수튀김조건 설정 및 수확 후 관리기술개발 시험에서는 튀김부피 향상을 위한 적정 수확 시기는 출사 후 60~70일이 적정하였으며, 건조방법은 자연건조가 열풍건조 보다 튀김 부피가 우수하였다. 또한 알곡 수확 후 관리를 위해 적정 저장방법 및 저장온도시험에서는 일반 저장보다는 비닐을 이용한 저장이 수분관리에 유리하였으며, 저장온도는 상온저장보다 15℃이하 저온저장 시 튀김품질이 우수하게 나타났다. 국내육성품종과 수입산 알곡의 품종판별을 위한 SSR 분석에서는 밴드 차이를 보이는 BNGL490, PHI115 프라이머를 선발하였다. 알곡 균일도 향상을 위해 정선선별체 규격을 $\varnothing 5.0\text{mm}$ 로 하여 시제품을 제작하였다.

다. 자체육성 신품종 종자생산 및 보급 사업

우리 도에서 자체 개발한 품종에 대한 종자 공급량은 168.2톤(찰옥수수 156, 종실용 12, 튀김용 0.2)으로 전년의 공급량 149.3톤 대비 13% 증가하였으며 전국 찰옥수수 종자의 약 78%를 점유하는 성과를 거두었다. 종자생산을 위한 수매자금은 강원도농어촌진흥기금 종자계정을 이용하게 되어 종자생산의 안정성을 높였다. 강원도 3시군(원주, 홍천, 영월) 150농가 65ha에서 생산된 종자 123.3톤(미백2호 80.5, 흑점2호 8.7, 미흑28.7, 드림옥5.4)의 수매대금은 19.8억 원으로 재종농가 소득에 기여하였다.

어젠다코드	3 - 2 - 2		구분	세부완결	
기술분야코드	V2	기술유형코드	C04	작목구분코드	FC-04-0401
과제종류	기관고유		세부사업(약어)	-	
과제명	옥수수 재배법 개선 연구				
과제책임자	성명		직급	소속기관 및 부서	
	류시환		농업연구사	강원도원 옥수수연구소	
연구기간	2005 ~ 계속		참여연구기관	-	
세부과제명			부서	세부책임자	연구기간
2) 색소 대량생산 재배법 구명 시험			옥수수연구소	박종열	'14~'18
색인용어	옥수수, 안토시아닌, 색소1호, 수확시기				

ABSTRACT

The purpose of this study was to contribute to the corn industrialization by increasing income of field corn farmers as well as expanding field corn cultivation area in Korea by development of processing materials. In the cultivation method for maximizing the production of corn husk, high density culture(9,500 plants per 0.1ha) and detasseling could increase 50% of corn husk yield compared to the standard method. The secondary ear was able to increase the yield of corn husk by 50% when it was harvested around 2~4 days after first ear harvest. We have investigated various cultivation methods for the maximum production of anthocyanin pigment of purple corn husk. The limit planting time was at the end of May and the harvest time was around 25~30 days after silking. Nitrogen fertilizer application rate was enough with the corn standard application. Based on these cultivation methods, we will provide stable production of corn husk for development of functional coloring products through the standard cultivation method in the future.

1. 연구목표

옥수수(*Zea mays* L.)는 벼, 밀과 함께 세계 3대 중요작물 중의 하나로 단위면적당 수량이 높아 식량작물 중 생산량이 가장 높은 작물로 식용뿐만 아니라 사료용, 공업용 및 바이오 에너지 등 용도가 다양하다. 국내에서는 대부분 찰옥수수 위주로 재배되고 있고 2017년도에 15,074ha가 재배

되었다(통계청). 그 중 강원도가 전체면적의 36%인 5,498ha를 차지하고 있다. 우리나라에서 찰옥수수는 간식이라는 인식 때문에 소비가 크게 증가되지 않고 10a당 조수입도 지역 간의 차이는 있으나 2017년 전국 평균 163만원 정도(농촌진흥청)로 큰 변화가 없어 재배면적이 정체가 되고 있다(통계청). 2017년 국내 옥수수 생산량은 약 73천톤이고(통계청), 2018년 옥수수 수입량은 10,166천톤(관세청)으로 자급률이 0.7% 수준이며, 옥수수 수입량은 멕시코, 일본에 이어 세계 3위이며, 수입량의 20% 정도는 매년 식용으로 수입되고 있으며 식용 옥수수의 GMO 수입량은 매년 50%이상을 차지하고 있는 실정이다(식품의약품안전처). 국내에서도 종실용 옥수수의 품종육성은 계속 수행되고 있으나, 가공용 수입옥수수에 비해 가격 경쟁력이 현저히 떨어져 국내산 옥수수를 이용한 가공연구는 활발하지 못한 실정이다.

최근에 소비자들의 소득 수준이 높아지고 양보다 질에 대한 관심이 높아지면서, 고품질, 기능성을 갖는 작물이나 이를 이용한 가공품을 선호하는 경향이 증가하면서 건강기능성 식품에 대한 소비와 연구가 활발히 이루어지고 있다. 식품의 색은 소비자의 호감도를 증진시키는 역할을 할 뿐 아니라 식품의 선택 등에 중요한 영향을 미치기 때문에 식품의 가공에서 다양한 색소를 사용하게 된다. 식품에 사용되는 색소는 합성과 천연 색소로 구분 할 수 있는데 천연색소는 합성색소에 비해 안전하다는 인식으로 인하여 선호도가 증가하고 있다. 전 세계적으로 안토시아닌은 약 10,000톤이 생산되고 있으며, 오직 포도에서만 추출되고 있고, 인간의 식습관에 중요한 역할을 하고 있다(Kim *et al.* 2008). 이러한 안토시아닌 색소의 중요성과 기능성 등을 고려하여, 강원도 옥수수연구소에서는 안토시아닌이 많이 함유된 옥수수 품종이 개발되고 있다. 색소1호, 청춘찰(국립종자원)이 그 중의 하나로 색소1호는 옥수수의 포엽 및 속대에서 안토시아닌 함량이 높은 가공용 일반 옥수수이고, 청춘찰은 찰옥수수로 알곡에 안토시아닌 함량이 높은 품종으로 찻옥수수 형태로 소비할 수 있어 기존의 찰옥수수보다 부가가치를 높일 수 있는 장점이 있다고 할 수 있다. Lee *et al.*(2016)은 고지방과 고 콜레스테롤 식이와 옥수수 색소추출물을 먹었을 때 체중감소와 HDL 콜레스테롤을 높여주는 효과가 있다고 하였다. 특히 기능성을 갖는 여러 가지 물질 중에 안토시아닌 색소는 250여종으로 식물에서 광범위하게 존재하는 색소로 다양한 식물체로부터 추출되고 다양하게 이용되고 있고, 옥수수에서 추출한 붉은 계열 식용색소인 'Corn red'에는 10여종의 안토시아닌 계열의 색소가 있다고 하였다(Pascual-Teresa *et al.* 2002). 안토시아닌은 천연 착색료(Cevallos-Casals *et al.* 2004), 항산화(Oki *et al.* 2002), 항비만(Tsuda *et al.* 2003), 항당뇨 및 합병증 예방(Huang *et al.* 2015) 등 여러가지 효능이 알려져 있다. 일본에는 매년 자색옥수수로부터 추출한 색소인 'Corn red'가 음료와 제과업 등에 사용되고 있다(Tsuda *et al.* 2003). 안토시아닌 색소함량은 옥수수 품종과 가공처리에 따라 달라진다고 하였고, 흑찰옥수수 품종은 항암, 항당뇨 및 항노화성 성분이 높고, 볶음과 평화처리 가열에서 안토시아닌 함량이 감소하였으나, 고압가열처리(retort)는 색소 함량을 유지한다고 하였다(Yu *et al.* 2010). 안토시아닌 색소의 열에 대한 안정성에 대한 연구가 엘더베리(Sadilova *et al.* 2006), 블루베리(Brownmiller *et al.* 2008), 라즈베리(Garcia-Viguerera & Zafrilla, 2001), 적색양배추(R. Lo Scalzo *et al.* 2008) 등에서 추진되었다.

따라서 국내에서 색소옥수수의 가공 소재화 개발로 국내 옥수수 재배농가 소득뿐만 아니라 옥수수 산업화에 기여하고자 국내에서 육성된 색소옥수수의 대량생산 및 고품질 표준재배법을 탐색하고자 본 연구를 수행하였다.

2. 재료 및 방법

〈제2세부과제: 색소 대량생산 재배법 구명 시험〉

(시험 1) 옥수수 포엽 생산 최대화를 위한 재식밀도 및 제웅

본 연구는 2014년, 2015년 2년간 강원도 홍천 옥수수연구소 시험포장에서 색소1호 품종을 이용하여 자색옥수수 포엽의 생산량 최대를 위해 재식밀도 및 제웅시험을 수행하였다.

파종기는 4월 하순, 질소시비량은 기비로 옥수수 표준시비량($N-P_2O_5-K_2O$: 14.7-3-6kg/10a)의 50%, 추비로 옥수수 7~8엽기에 50% 시비하여 수행하였고, 재식밀도는 2년간 70×15, 20, 25, 30cm 등 4처리로 수행하였고, 각 재식밀도에 옥수를 제거하는 제웅과 무제웅을 추가하여 시험하였다. 옥수수 포엽을 출사 후 29일에 수확하여 포엽생산량과 안토시아닌 함량을 조사하였다. 총 안토시아닌 분석은 옥수수 포엽 건조분말시료 0.1g을 1% citric acid가 함유된 30% 에탄올을 10mL씩 첨가하고 12시간동안 상온 교반하여 2회 반복 추출하였다. 추출액을 0.45µm membrane filter에 통과시킨 후 분광광도계(Evolution 201, Thermo, Waltham, MA, USA)를 사용하여 535nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 cyanidin 3-O-glucoside chloride(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 사용하여 정량곡선을 작성하고 함량을 정량하였다(Ryu *et al.* 2003).

(시험 2) 강원지대별, 파종기 및 포엽 수확시기 구명

강원도 지역에 따른 안토시아닌 색소 함량 차이를 구명하기 위해 색소1호 품종을 이용하여 2014년부터 2016년까지 강원도 4개 지역에서, 2014년과 2015년에는 파종기를 지역에 따라 2~3회 파종을 하였고, 2016년에는 4월 30일경 파종하여 시험을 수행하였다. 질소시비량은 기비로 옥수수 표준시비량($N-P_2O_5-K_2O$: 14.7-3-6kg/10a)의 50%, 추비로 옥수수 7~8엽기에 50% 시비하여 수행하였고, 재식밀도는 70×20cm로 수행하여 옥수수 포엽 수량과 색소함량을 조사하였다. 수확시기 시험은 옥수수 수염 출현 후 20일부터 3일 간격으로 5~6회를 수확하여 안토시아닌 함량을 측정하였다. 총 안토시아닌 함량 측정방법은 (시험 1)과 동일하게 수행하였다.

(시험 3) 옥수수 포엽 건조방법 및 건조온도 구명

옥수수 포엽 건조방법을 구명하기 위해 색소1호 품종을 이용하여 2014년부터 2015년까지 2년간 강원도 홍천 옥수수연구소에서 시험을 수행하였다. 파종기는 4월 하순, 질소시비량은 기비로 옥수수 표준시비량($N-P_2O_5-K_2O$: 14.7-3-6kg/10a)의 50%, 추비로 옥수수 7~8엽기에 50% 시비하여 수행하였고, 재식밀도는 70×20cm로 수행하였고 건조는 동결건조, 냉풍건조, 열풍건조, 자연건조의 4처리로 수행하였다. 그리고 열풍건조의 건조온도 설정을 위해 2016년 건조방법과 동일한 방법으로 재배하여 건조온도를 40, 60, 80℃ 처리로 시험을 수행하여 포엽을 출사 후 29일에 수확하여 포엽 생산량과 안토시아닌 함량을 조사하였다. 총 안토시아닌 함량 측정방법은 (시험 1)과 동일하게 수행하였다.

(시험 4) 옥수수 포엽 생산을 위한 시비량 및 시비방법 구명

옥수수 포엽 생산을 위한 시비량 및 시비방법 구명을 위해 색소1호 품종을 이용하여 2014년부터 2016년까지 3년간 강원도 홍천 옥수수연구소에서 시험을 수행하였다. 파종기는 4월 하순, 질소 시비량은 기비로 옥수수 표준시비량(N-P₂O₅-K₂O: 14.7-3-6kg/10a)의 50%, 2014, 2015년 2년간은 옥수수 7~8엽기에 0, 50, 100, 200, 400% 시비하여 질소 시비량이 안토시아닌 색소함량에 미치는 영향을 조사하였고, 2016년에는 옥수수 7~8엽기, 출용 시 2번의 추비시험을 수행하였다. 재식밀도는 70×20cm로 수행하였고 옥수수 포엽을 출사 후 29일에 수확하여 포엽 생산량과 안토시아닌 함량을 조사하였다. 총 안토시아닌 함량 측정방법은 (시험 1)과 동일하게 수행하였다.

(시험 5) 옥수수 포엽 2차 이삭 수확시기 구명

옥수수 포엽 생산량 최대화를 위한 옥수수 2차 이삭 수확시기를 구명하기 위해 색소1호 품종을 이용하여 2017년 강원도 홍천 옥수수연구소에서 시험을 수행하였다. 파종기는 4월 하순, 질소시비량은 기비로 옥수수 표준시비량(N-P₂O₅-K₂O: 14.7-3-6kg/10a)의 50%, 추비로 옥수수 7~8엽기에 50% 시비하여 수행하였고, 재식밀도는 70×20cm로 수행하였고 옥수수 포엽을 출사 후 29일에 수확하여 포엽생산량과 안토시아닌 함량을 조사하였다. 총 안토시아닌 함량 측정방법은 (시험 1)과 동일하게 수행하였다.

(시험 6) 옥수수 포엽 생산물 저장온도 구명

옥수수 포엽 생산물의 저장을 위한 저장온도를 구명하기 위해 색소1호 품종 포엽 생산물을 이용하여 2017년 강원도 홍천 옥수수연구소에서 시험을 수행하였다. (시험 5)에서 수확한 1차이삭 포엽을 저장온도 25℃, 4℃, -20℃에서 6개월간 저장하여 안토시아닌 함량을 조사하였다. 총 안토시아닌 함량 측정방법은 (시험 1)과 동일하게 수행하였다.

(시험 7) 다른 품종에 대한 재배법 적용 가능성 검토

2014년부터 4년간 수행한 결과를 다른 품종에 적용 가능성 검토를 위해 2018년 1년간 옥수수 포엽을 위해 색소3호 품종을, 2017년 지역특화과제 완결에 옥수수 알곡을 위해 색소4호 품종에 대하여 강원지역 시험을 위해 홍천, 영월에서 시험을 수행하였고, 홍천에서 질소시비량, 수확시기 시험을 수행하여 색소1호와 색소2호의 결과가 다른 품종에서 적용 가능성을 검토하였다. 총 안토시아닌 함량 측정방법은 (시험 1)과 동일하게 수행하였다.

3. 결과 및 고찰

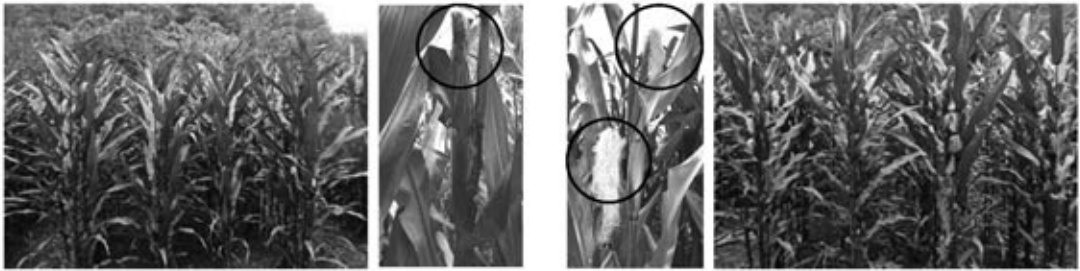
〈제2세부과제: 색소 대량생산 재배법 구명 시험〉

(시험 1) 옥수수 포엽 생산 최대화를 위한 재식밀도 및 제웅

색소옥수수 포엽 생산량 최대화를 수행한 결과는 (표 1)과 같다. 2년간 결과를 보면 옥수를 제거하는 시험에서 옥수수 포엽 생산량이 높았다. 이것은 옥수 제거에 의한 2차 이삭이 많이 발생한 것이었기 때문이고, 재식밀도 시험에서는 밀식이 포엽 생산량이 높은 경향을 보였고, 제웅을 하지 않는 밀식에서는 도복이 조금 발생하였다. 그래서 색소옥수수 포엽 생산량 최대를 위해서는 옥수를 제거하고 밀식(70×15cm)에서 포엽 생산량이 최대 50% 이상 증수할 수 있었다. (그림 1)은 옥수 제거와 무 제거에 따른 2차 이삭 발생 경향을 보여 주고 있다. 제웅에 따른 5시간/10a의 추가노력이 소요되었지만 생산량 포엽 생산량이 증가로 농가소득 증대에 기여할 것으로 기대된다. 안토시아닌 색소 함량은 (표 1)에서 보는바와 같이 재식밀도나 옥수 제거 유무에 따른 차이는 뚜렷한 경향을 보이지 않았다.

표 1. 재식밀도 및 제웅에 따른 옥수수 포엽 생산량 및 색소함량

년도	제웅 유무	재식밀도 (cm)	간장 (cm)	착수고 (cm)	도복 (1-9)	포엽 건조중 (kg/10a)	지 수 (%)	안토시아닌 함량(%)
2014	무제웅	평균	249	136	-	76	-	8.41
		70×15	251	135	2	67	81	7.92
		70×20	273	140	1	75	82	7.98
		70×25	236	134	1	82	100	9.50
		70×30	236	134	1	82	100	8.23
	제웅	평균	-	-	-	99	-	6.38
		70×15	-	-	1	106	129	5.44
		70×20	-	-	1	101	123	6.15
		70×25	-	-	1	103	125	6.80
		70×30	-	-	1	86	105	7.14
2015	무제웅	평균	248	141	1	62	-	8.96
		70×15	246	145	1	65	114	9.00
		70×20	250	146	1	65	113	9.17
		70×25	248	137	1	61	108	7.40
		70×30	247	136	1	57	100	10.29
	제웅	평균	-	-	1	93	-	10.16
		70×15	-	-	1	103	181	10.92
		70×20	-	-	1	84	147	10.72
		70×25	-	-	1	91	160	8.91
		70×30	-	-	1	92	162	10.09



무제웅

제웅

그림 1. 자색옥수수 웅수 제거에 따른 2차 이삭 발생

(시험 2) 강원지대별, 파종기 및 포엽 수확시기 구명

3년간 수행한 강원 지대 및 파종기에 따른 색소옥수수 포엽 생산량 및 안토시아닌 색소 함량은 (표 2, 3, 4)에 나타내었다. 강원 지대에 따른 포엽 생산량과 안토시아닌 함량의 차이는 연차간, 지역 간의 차이는 있었으나 큰 경향을 보이지 않았고, 안토시아닌 함량 최대화를 위한 적정 파종기는 강원 지역에서 4~5월로 나타났다. 2014년 2015년 2년간 수행한 색소옥수수 1차 이삭 포엽 수확 시기에 따른 생산량과 안토시아닌 색소 함량은 (표 2, 5, 6)과 (그림 2)와 같다. 2년간 결과를 보면 옥수수 포엽 생산량과 안토시아닌 함량 최대화를 위한 수확 시기는 출사 후 25~30일경으로 나타났다. 이것은 수경 후 초기는 모든 옥수수 포엽에서 색소가 축적되지 않았고, 30일 이후 외부 포엽부터 자외선에 의한 안토시아닌 색소의 파괴에 의해 기인한 것으로 사료된다.

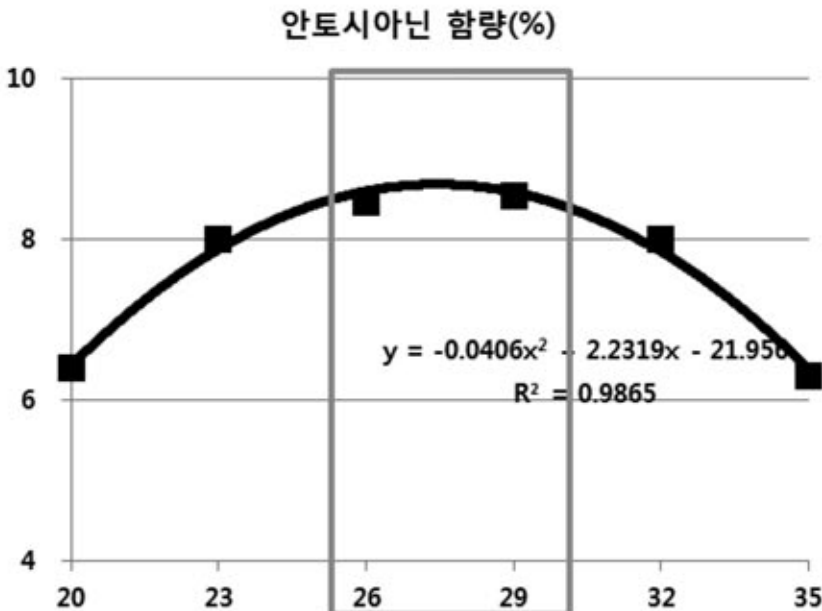


그림 2. 출사 후 수확일수에 따른 포엽의 안토시아닌 함량

표 2. 강원지대별, 파종기 및 수확시기에 따른 옥수수 포엽 생산량 및 색소함량(2014년)

시험장소 (해발)	파종기 (월.일)	수확기 (월.일)	간장 (cm)	착수고 (cm)	포엽건조중 (kg/10a)	지수 (%)	안토시아닌 함량(%)	지수 (%)	
강릉 (50m)	4. 15	7. 25	221	124	64	110	4.19	65	
		7. 28	-	-	67	116	5.31	82	
		7. 30	-	-	86	148	6.16	96	
		8. 2	-	-	75	129	8.35	129	
		8. 5	-	-	67	116	7.97	124	
		8. 14	209	116	78	134	6.5	101	
	5. 19	8. 17	-	-	69	119	7.77	120	
		8. 20	-	-	68	117	9.22	143	
		8. 23	-	-	61	105	8.72	135	
		8. 26	-	-	63	109	9.19	142	
		4. 23	8. 2	240	146	58	100	6.45	100
			8. 5	-	-	61	105	8.11	126
8. 8	-		-	68	117	8.16	127		
8. 11	-		-	62	107	8.6	133		
8. 14	-		-	70	121	8.33	129		
8. 11	233		134	53	91	7.18	111		
5. 14	8. 14	-	-	54	93	7.37	114		
	8. 17	-	-	57	98	7.52	117		
	8. 20	-	-	66	114	6.91	107		
	8. 23	-	-	50	86	6.41	99		
	4. 16	8. 2	246	153	84	145	5.98	93	
		8. 5	-	-	69	119	8.12	126	
8. 8		-	-	61	105	8.64	134		
8. 11		-	-	70	121	9.21	143		
8. 14		-	-	65	112	8.89	138		
8. 17		227	130	76	131	7.93	123		
5. 19	8. 20	-	-	75	129	8.57	133		
	8. 23	-	-	69	119	8.66	134		
	8. 26	-	-	62	107	8.86	137		
	8. 29	-	-	62	107	8.61	133		
	5. 14	8. 17	230	116	59	102	5.72	89	
		8. 20	-	-	69	119	7.3	113	
8. 23		-	-	60	103	6.80	105		
8. 26		-	-	64	110	7.49	116		
8. 29		-	-	68	117	7.29	113		
9. 12		197	136	64	110	5.61	87		
6. 9	9. 15	-	-	57	98	7.00	109		
	9. 18	-	-	56	97	8.52	132		
	9. 21	-	-	56	97	7.75	120		
	9. 24	-	-	58	100	8.02	124		

표 3. 강원지대별, 파종기에 따른 옥수수 포엽 생산량 및 색소함량(2015년)

시험장소 (해발)	파종기 (월.일)	수확기 (월.일)	포엽건조중 (kg/10a)	지수(%)	총 색소 함량(%)	지수(%)
홍천 (250m)	4월하순	8. 11	63	100	8.47	100
	5월하순	8. 25	85	135	9.06	107
	6월하순	9. 18	87	138	6.30	74
강릉 (50m)	4월하순	8. 10	66	105	7.63	90
	5월하순	9. 14	66	105	6.15	73
평창 (600m)	4월하순	8. 18	87	138	9.58	113
	5월하순	8. 31	72	114	10.13	120
태백 (700m)	5월중순	9. 4	86	137	7.59	90
	6월중순	9. 25	58	92	6.82	81

표 4. 강원지대별에 따른 안토시아닌 색소함량(2016년)

시험장소(해발)	파종기(월.일)	수확기(월.일)	총 색소 함량(%)	지수(%)
강릉(50m)	4. 29	8. 6	7.46	104
홍천(250m)	4. 29	8. 6	7.15	100
영월(400m)	5. 1	8. 4	6.76	95
평창(600m)	4. 29	8. 18	7.70	108

표 5. 수확시기에 따른 옥수수 포엽 생산량 및 안토시아닌 색소함량(2015년)

수확기	포엽건조중(kg/10a)	지수(%)	총 색소 함량(%)	지수(%)
출사후 20일	69	110	6.35	75
23일	68	108	7.88	93
26일	63	100	8.76	103
29일	63	100	8.47	100
32일	63	100	7.69	91
35일	65	103	6.30	74

표 6. 수확시기에 따른 옥수수 안토시아닌 함량(2014~2015년)

수확기	총 색소 함량(%)		
	2015	2014	평균
출사 후 20일	6.35	6.45	6.40
23일	7.88	8.11	8.00
26일	8.76	8.16	8.46
29일	8.47	8.60	8.54
32일	7.69	8.33	8.01
35일	6.30	-	6.30

(시험 3) 옥수수 포엽 건조방법 및 건조온도 구명

2014, 2015년 2년간 수행한 색소옥수수 건조방법에 따른 안토시아닌 색소 함량은 (표 7)과 같다. 동결, 냉풍, 열풍 건조가 자연건조보다 색소함량이 높았으나, 동결건조의 경우 시간과 비용이 많이 소요되어 효율이 떨어지기 때문에 색소옥수수 포엽 건조를 위한 방법은 냉풍과 열풍건조가 유리한 것으로 나타났다. 2016년 1년간 수행한 열풍건조를 위한 건조온도 구명을 위한 결과는 (표 8)과 같다. 포엽의 안토시아닌 함량 유지를 위한 건조온도는 고온에서 가능한 빨리 건조하는 것이 안토시아닌 색소 감소가 적었다. 건조온도가 색소함량 감소에는 큰 영향이 없고 온도보다는 건조시간을 최소화 하는 건조가 유리 한 것으로 생각된다.

표 7. 건조방법에 따른 옥수수 포엽 안토시아닌 색소함량

구 분	동결건조	냉풍건조	열풍건조	자연건조
안토시아닌 색소함량(%)	8.30	8.24	7.97	7.01
지수(%)	118	118	114	100

표 8. 건조온도에 따른 옥수수 포엽 안토시아닌 색소함량

구 분	40℃	60℃	80℃
건조시간(h)	110	24	18
안토시아닌 함량(%)	7.78	8.82	8.91
지수(%)	100	113	114

(시험 4) 옥수수 포엽 생산을 위한 시비량 및 시비방법 구명

색소옥수수 포엽 생산을 위한 질소시비량과 시비방법에 따른 포엽 생산량 및 안토시아닌 색소 함량은 (표 9, 10)과 같다. 질소시비량 증가에 따른 옥수수 포엽 생산량과 포엽의 안토시아닌 함량에 큰 영향이 없는 것으로 판단되어 옥수수 표준시비만으로 포엽 생산과 색소함량 유지가 가능할 것으로 사료된다. 2016년 수행한 시비시기 효과를 본 결과 추비 시기는 옥수수 표준재배법과 같은 6~7엽기 1회 추비만으로도 충분하였다.

표 9. 질소시비량에 따른 포엽 생산량 및 색소함량(2014~2015년)

년도	시비수준		간장 (cm)	착수고 (cm)	포엽건조중 (kg/10a)	지 수 (%)	안토시아닌 함량(%)	지 수 (%)
	기비(%)	추비(%)						
2014	50	0	175	120	64	96	8.45	103
		50	183	122	67	100	8.17	100
		100	198	135	67	100	8.32	102
		200	196	128	84	125	8.19	100
		400	219	138	83	124	9.12	112
2015	50	0	267	166	76	101	10.88	92
		50	272	166	75	100	11.88	100
		100	261	162	67	89	9.26	78
		200	261	158	67	89	7.40	62
		400	265	161	69	92	8.99	76

표 10. 질소 시비방법에 따른 포엽 생산량 및 색소함량(2016년)

질소 시비시기			출사일수 (일)	간장 (cm)	착수고 (cm)	포엽건조중 (kg/10a)	지 수 (%)	안토시아닌 함량 (%)	지 수 (%)
기비 (%)	추비1 (%)	추비2 (%)							
50	0	0	72	273	158	73	92	6.84	94
	50	0	72	278	160	79	100	7.28	100
	100	0	73	281	163	83	104	7.43	102
	0	50	73	290	168	83	104	6.81	94
	0	100	74	309	180	77	97	6.68	92

※ 추비시기: 추비1(6~7엽), 추비2(출용시)

(시험 5) 옥수수 포엽 2차 이삭 수확시기 구명

옥수수 2차 이삭은 1차 이삭의 생육보다 조금 늦기 때문에 포엽생산을 위한 2차 이삭의 수확시기 구명을 위한 결과는 (표 11)과 같다. 안토시아닌 함량을 고려한 2차 이삭 수확시기는 1차 이삭 수확 후 2~4일 경에 수확을 하면 안토시아닌 함량이 5~7% 높은 것으로 나타났다. 이렇게 수확하면 색소함량은 비슷하고 포엽 생산량은 50% 증수 할 수 있을 것으로 판단되었다.

표 11. 옥수수 포엽 2차 이삭 수확시기에 따른 안토시아닌 함량

수확시기 (1차이삭 수확 후 일수)	0	2	4	6
안토시아닌 함량(%)	13.00	13.67	13.92	12.66
지 수(%)	100	105	107	97

(시험 6) 옥수수 포엽 생산물 저장온도 구명

생산된 옥수수 포엽을 장기저장 방법 구명을 위한 저장온도 및 저장기간에 따른 안토시아닌 함량은 (표 12)와 같다. 표에서 보는 바와 같이 저장온도 및 기간에 따른 색소함량은 뚜렷한 경향을 보이지 않았기 때문에 저장기간 동안 병해 유입과 햇빛의 차단 조치로 옥수수 포엽의 생산물 저장이 가능할 것으로 판단된다.

표 12. 옥수수 포엽 건조 후 저장온도 및 저장 기간에 안토시아닌 함량

저장온도	수확 건조 후 저장기간(개월)					
	1	2	3	4	5	6
상온(25℃)	5.96	7.06	6.70	7.67	7.50	7.13
냉장(4℃)	5.55	9.06	6.76	7.79	7.19	7.27
냉동(-20℃)	5.98	7.28	6.72	7.08	6.92	7.08

(시험 7) 다른 품종에 대한 재배법 적용 가능성 검토

지금까지 4년간 수행한 옥수수 포엽 생산량과 포엽의 안토시아닌 색소함량에 대한 연구는 색소1호를 대상으로 수행하였다. 그리고 옥수수연구소에서 지난 3년간 지역특화연구과제로 수행된 옥수수 알곡의 생산과 안토시아닌 함량에 대한 연구는 색소2호라는 품종으로 연구를 수행하였다. 하지만 옥수수 연구소에서 개발한 다른 품종에서도 동일한 재배방법 적용이 가능한지 검토한 결과는 (표 13~18)과 같다. 옥수수 포엽의 생산성을 검토하기 위하여 색소3호라는 품종을 이용하여 강원지대(표 13), 질소시비방법(표 14), 수확시기 구명(표 15)을 연구하였다. 그리고 옥수수 알곡의 생산성을 검토하기 위하여 색소4호라는 품종을 이용하여 강원지대(표 16), 질소시비방법(표 17), 수확시기 구명(표 18)을 연구한 결과를 나타내고 있다. 두 품종 모두 홍천보다는 영월에서 함량이 높았으나, 2018년 극심한 가뭄과 폭염으로 인해 안토시아닌 색소함량 차이는 의미가 없을 것으로 생각된다. 그리고 질소시비량은 기존 품종과 비슷한 결과를 보였고, 색소3호의 수확 시기는 색소1호와 비슷하였으나, 색소4호의 수확 시기는 품종의 숙기차이로 인해 색소2호보다 조금 늦은 경향이 있었으나 큰 차이는 없었다. 지금까지 결론으로 옥수수 포엽과 알곡 생산을 위한 표준재배법은 색소1호와 색소2호의 결과와 비슷하게 적용이 가능할 것이라 판단되었다.

표 13. 강원 지대에 따른 포엽 생산량 및 안토시아닌 함량

지역	파종기 (월.일)	출사일수 (일)	간장 (cm)	착수고 (cm)	포엽건조중 (kg/10a)	안토시아닌 함량 (%)
홍천 두촌	4.27	89	158	92	69	3.77
영월 상동	4.30	93	235	139	72	5.52

표 14. 질소시비방법에 따른 포엽 생산량 및 안토시아닌 함량

구분	질소 시비량		출사일수 (일)	간장 (cm)	착수고 (cm)	포엽건조중 (kg/10a)	지 수 (%)	안토시아닌 함량 (%)
	기비 (kg/10a)	추비 (kg/10a)						
무비	0	0	94	230	135	50	72	2.37
1/2	7.4	0	89	244	139	56	81	3.65
표준	7.4	7.4	89	235	139	69	100	3.77
2배	7.4	22.2	92	236	147	64	93	4.96

표 15. 옥수수 포엽 수확시기에 따른 안토시아닌 함량

수확기	출사 후 23일	26일	29일	32일
총 안토시아닌 함량(%)	3.68	3.92	4.49	2.37
지수(%)	82	87	100	53

표 16. 강원 지대에 따른 알곡생산량 및 안토시아닌 함량

지역	파종기 (월.일)	출사일수 (일)	간장 (cm)	착수고 (cm)	종실중 (kg/10a)	안토시아닌 함량(%)
홍천 두촌	4.27	84	234	117	532	0.22
영월 상동	4.30	86	184	93	564	0.36

표 17. 질소시비방법에 따른 알곡 생산량 및 안토시아닌 함량

구분	질소 시비량		출사일수 (일)	간장 (cm)	착수고 (cm)	종실중 (kg/10a)	지 수 (%)	안토시아닌 함량 (%)
	기비 (kg/10a)	추비 (kg/10a)						
무비	0	0	84	225	119	548	103	0.21
1/2	7.4	0	84	232	121	571	107	0.23
표준	7.4	7.4	84	234	117	532	100	0.22
2배	7.4	22.2	84	230	117	545	102	0.23

표 18. 옥수수 알곡 수확시기에 따른 안토시아닌 함량

수확기	종실중(kg/10a)	지수(%)	총 안토시아닌 함량(%)	지수(%)
출사후 40일	557	95	0.23	82
45일	568	97	0.22	79
50일	570	97	0.26	93
55일	585	100	0.28	100
60일	-	-	0.24	86

4. 적 요

〈제2세부과제: 색소 대량생산 재배법 구명 시험〉

(시험 1) 옥수수 포엽 생산 최대화를 위한 재식밀도 및 제용

가. 옥수수 포엽 생산 최대화를 위한 밀식(70×15cm)과 응수제거 방법을 이용하면 포엽 생산량이 기존보다 50% 증수가 가능하였음.

나. 옥수수 응수 제거 노력이 추가로 5시간/10a 소요되었음.

(시험 2) 강원지대별, 파종기 및 포엽 수확시기 구명

가. 색소옥수수 포엽 생산을 위한 강원 지대별 차이는 뚜렷한 경향을 보이지 않았음.

나. 옥수수 포엽 생산을 위한 강원 지역 적정 파종기는 4~5월이었음.

다. 옥수수 포엽의 안토시아닌 함량 최대화를 위한 1차 이삭 수확 시기는 출사 후 25~30일 경이었음.

(시험 3) 옥수수 포엽 건조방법 및 건조온도 구명

가. 색소옥수수 포엽 건조방법은 색소함량, 시간과 비용 등을 고려할 때 냉풍 및 열풍건조가 유리하였음.

나. 열풍건조를 위한 건조온도는 가능한 고온에서 건조시간을 최소화하는 것이 색소함량이 우수 하였음.

(시험 4) 옥수수 포엽 생산을 위한 시비량 및 시비방법 구명

가. 색소함량을 유지할 위한 질소시비량은 표준시비, 6~7엽기 1회만으로 충분하였음.

(시험 5) 옥수수 포엽 2차 이삭 수확시기 구명

가. 옥수수 포엽 생산량 및 색소함량 증대를 위한 2차 이삭 수확 시기는 1차 이삭 수확 후 2~4일이 적당하였음.

나. 2차 이삭의 포엽 수량은 1차 이삭의 약 50% 생산이 가능하였음.

(시험 6) 옥수수 포엽 생산물 저장온도 구명

가. 옥수수 포엽 생산물 저장을 위한 저장온도는 뚜렷한 경향이 없었고, 저장기간 동안 병해 유입 및 햇빛 차단 조치로 함량 감소를 최소화 가능 함.

(시험 7) 다른 품종에 대한 재배법 적용 가능성 검토

가. 색소옥수수 다른 품종도 옥수수 포엽 생산을 위해서 색소1호, 알곡 생산을 위해서는 색소2호 재배법 적용이 가능 함.

5. 인용문헌

관세청. 2018. 수출입무역통계. <https://unipass.customs.go.kr:38030/ets/>.

국립종자원. <http://www.seed.go.kr/seed/270/subview.do>

농촌진흥청. 2017. Standard Incomes for Agricultural and Livestock Products. pp: 11.

<http://www.nongsaro.go.kr/portal/ps/psb/psbf/frmprdIncomeInfoNew.ps?menuId=PS00085>.

식품의약품안전처. 2017. 2017 수입식품 등 검사연보. pp: 131-132.

<http://www.mfds.go.kr/index.do?mid=1590&pageNo=1&seq=30847&cmd=v>

통계청. http://kosis.kr/statisticsList/statisticsList_01List.jsp?vwcd=MT_ZITITLE&parentId=F#SubCont.

Brownmiller, C., Howard, L. R., & Prior, R. L. (2008). Processing and storage effects on monomeric anthocyanins, percent polymeric colour, and antioxidant capacity of processed blueberry products. *Journal of Food Science*, 5(73): H72-H79.

Cevallos-Casals BA, Cisneros-Zevallos, L. 2004. Stability of anthocyanin-based aqueous extracts of Andean purple corn and red-fleshed sweet potato compared to synthetic and natural colorants. *Food Chem*. 86: 69-77.

Garcia-Viguera, C & Zafrilla, P. 2001. Changes in anthocyanins during food processing: influence on color. *ACS Symposium Series 775(chemistry and physiology of selected food colorants)*. American Chemical Society. p.56-65.

Huang B, Wang Z, Park JH, Ryu OH, Choi MK, Lee JY, Kang YH, Lim SS. 2015. Anti-

- diabetic effect of purple corn extract on C57BL/KsJ db/db mice. *Nutr Res Pract*, 9(1): 22-9.
- Kim MK, Kim HA, Koh KO, Kim HS, Lee YS, Kim YH. 2008. Identification and quantification of anthocyanin pigments in colored rice. *Nutrition Research and Practice* 2(1): 46-49
- Lee KY, Kim JY, Hong SY, Kim TH, Noh HS, Kim SC, Park JY, Ahn MS, Kim HY. 2016. Effect of Saekso 2 Corn Kernels and Cobs extracts on Antioxidant activity in Rats Fed High Fat-cholesterol Diet. *Korean Soc. Food Hygiene & Safety*, 31(6): 399-405.
- Oki T., Masuda M., Furuta S., Nishiba Y., Terahara N., Suda I. 2002. Involvement of anthocyanins and other phenolic compounds in radical-scavenging activity of purple-fleshed sweet potato cultivars. *J. Food Sci*, 67: 1752-1756.
- Pascual-Teresa S., Santos-Buelga C., Rivas-Gonzalo J.C., 2002. LC-MS analysis of anthocyanins from purple corn cob. *J. Sci. Food Agric*, 82: 1003-1006.
- R. Lo Scalzo, A. Genna, F. Branca, M. Chedin, H. Chassaigne. 2008. Anthocyanin composition of cauliflower(*Brassica oleracea* L. var. botrytis) and cabbage(*B. oleracea* L. var. capitata) and its stability in relation to thermal treatments. *Food Chemistry*, 107: 136-144.
- Ryu SN, Park SZ, Kang SS, Han SJ. 2003. Determination of C-3-G content in blackish purple rice using HPLC and UV-Vis spectrophotometer. *Korean J. Crop Sci*, 48(5): 369-371.
- Sadilova, E., Stintzing, F. C., & Carle, R. 2006. Thermal degradation of acylated and nonacylated anthocyanins. *Journal of Food Science*, 71: C504-C512.
- Tsuda T., Horio F., Uchida K., Aoki H., Osawa T. 2003. Dietary cyanidin 3-O-D-glucoside-rich purple corn color prevents obesity and ameliorates hyperglycemia in mice. *J. Nutr*, 133: 2125-2130.
- Yu MH, Kim EO, Choi SW. 2010. Quantitative Changes of Hydroxycinnamic Acid Derivatives and Anthocyanin in Corn(*Zea mays* L.) According to Cultivars and Heat Processes. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39(6): 843-852.

6. 연구결과 활용

연도(연차)	활용방안	제 목
2015(2년)	영농기술	자색옥수수 포엽 생산량 증대를 위한 재배방법
		자색옥수수 포엽 수확시기 및 건조방법
2016(3년)	영농정보	자색옥수수 포엽 건조온도 제설정
		포엽용 자색옥수수 질소시비 방법
2017(4년)	영농정보	색소옥수수 포엽 안토시아닌 증산을 위한 2번째 이삭 수확시기

성과지표명	연도	1년차(2014)		2년차(2015)		3년차(2016)		4년차(2017)		5년차(2018)		계	
		목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적
영농 활용	기술	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-	2	2
	정보	-	-	-	-	2	2	1	1	-	-	3	3
계		-	-	2	2	2	2	1	1	-	-	5	5

7. 연구원 편성

구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도				
					'14	'15	'16	'17	'18
과제책임자	옥수수연구소	농업연구사	류시환	과제 총괄	○	○	○	○	○
2세부책임자	옥수수연구소	농업연구관	박종열	세부주관 수행	○	○	○	○	○
공동연구자	옥수수연구소	농업연구관	박기진	시험수행 및 평가	○	○	○	○	○
	"	농업연구사	최제근	평가분석 지원	○	○	○	○	○
	"	"	남궁민	조사평가 지원	-	-	○	○	○
	"	"	류시환	평가분석 지원	○	○	○	○	○
	"	"	최승출	조사평가 지원	-	-	-	-	○
	"	"	김문종	"	-	-	-	-	○
	"	농업연구관	최준근	시험수행 및 평가	-	-	○	○	○
	환경농업연구과	농업연구사	서영호	조사평가 지원	○	○	○	-	-
	옥수수연구소	농업연구관	김경희	시험수행 및 평가	○	○	○	-	-