

어젠다코드	4-18-66		구 분	완결	
기술분야코드	V3	기술유형코드	S02	작목구분코드	FC-04-0101
과제종류	공동연구		세세부사업	차세대바이오그린21	
연구과제 및 세부과제			수행기간	소속	과제책임자
색소 옥수수 생산을 위한 분자육종기술			'11~'14	강원대학교	이주경
1) 색소 옥수수 품종 육성 및 육종소재 발굴			'11~'14	옥수수연구소	박기진
색인용어	여교잡, 청춘찰, 색소2호, 색소, 옥수수				

ABSTRACT

The anthocyanin-base maize breeding program was conducted to develop the varieties and to make breeding materials for waxy and grain corn. New anthocyanin heterotic A, B waxy corn populations were made and inbred line was developed by ear-to-row method. The single cross hybrids were made by combination of two inbreds from selfing of high generation and evaluated at 3 sites for 2~3 years to develop new variety. As a result of this research, we developed the first single cross waxy corn variety "Cheongchunchal" and grain corn variety "Sekso#2" with high anthocyanin content in Korea. The candidate inbred lines for good quality anthocyanin waxy corn was also developed by backcross breeding method through crossing anthocyanin genetic source germplasm with HW9 and HW3 as recurrent parents, which are parents of waxy corn variety "Mibaek#2" with good eating quality.

1. 연구목표

고구마, 감자 등 다른 작물에서 안토시아닌 함량이 높은 품종 육성은 상당 부분 추진되어 관련 품종이 있는 실정이지만 안토시아닌 다량 함유된 색소옥수수의 육성은 국내에서는 시작 단계에 놓여있다. 안토시아닌 옥수수는 더 높은 부가가치를 창출하는 새로운 분야로 특히 유효성분의 육종으로 집중한다면 실용적인 품종개발로 농가소득 증대에 기여할 것으로 예상된다. 연구소는 2003년부터 육성을 진행하여 왔으며 육성중인 옥수수의 안토시아닌 효능은 당뇨 억제 등 성인병 예방에 효과적인 성분으로 알려져 있으며 기존의 자색 유색찰인 미흑찰(옥수수연구소 육성, 2004)의 알곡보다 5~10배 이상 증가된 색소함량을 함유하여 풋옥수수나 알곡용으로 활용하고, 사료용옥수수로 육성하면 국내 축산업의 경쟁력 상승에 도움을 줄 것으로 판단된다. 또한 천연색소에 대한 국내 수요는 연간 100억 이상으로 추정되고 전량 수입에 의존하고 있어 바이오매스 생산이 많은 옥수수에서 육성한다면 경쟁력이 있어 천연색소 산업에 기여할 것이다. 따라서 유용한 자색 색소를 다량 보유한 색소 옥수수 품종육성으로 새로운 부가가치를 창출하고 축산업, 농산물가공, 색소, 의약산업에서 필요로 하는 우량한 식품 의약 원료를 제공할 수 있는 토대를 마련할 색소옥수수 육종을 목표로 한다.

2. 재료 및 방법

(시험 1) 색소찰옥수수 품종 육성

가. 모집단 양성

색소찰옥수수의 재료 유전자원은 상당히 일부 제한된 자원으로 교잡 또는 여교잡을 통하여 육성되어 유전적 다양성이 상당히 부족한 실정이다. 이에 자색 안토시아닌 목표 품종육성의 지속성과 고품질 육종을 위해서는 다양한 자원과의 교잡으로 유전적 다양성을 확보해야 할 필요가 있으며, 이것을 위한 가장 효율적인 방법은 기존의 찰옥수수 유전자원 집단인 육종모집단에 자색 안토시아닌 색소를 도입하는 것이 효과적이며 지속적 육종이 가능한 다양성을 확보할 수 있을 것으로 판단하였다. 따라서 이용한 찰옥수수 육종모집단 유전자원은 2003년 양성한 heterotic A(WP03(HS)A), heterotic B(WP03(HS)B)집단에 대하여 각각 색소 유전자원을 도입하여 지속 가능한 색소찰옥수수 육종모집단을 양성하고자 하였다. 집단의 양성방법은 최초 양성한 각각의 heterotic 집단에 대하여 집단내 선발계통의 재조합, 분리, 집단간 교잡과 교잡종의 평가·분리계통의 선발, 다시 재조합의 과정을 거치는 과정으로 추진하였다.

나. 분리계통 육성 및 교잡종 구성 및 평가

안토시아닌 함량과 찰성이 우량한 자원에 대하여 지속적(8회까지)으로 자가수정과 1수1열 방법 재배로 고정된 우량 색소찰옥수수 계통을 육성하고자 하였다. 세대진전을 통하여 농업형질이 불량한 개체를 도태하거나 우량계통은 선발하였으며, 고정된 계통에 대하여는 조합능력 및 생산력검정을 위한 후보 계통으로 증식하였다.

고정된 자식계통을 중심으로 단교잡종을 구성하여 수량평가를 실시하였다. 단교잡종은 생산력검정예비시험, 강원도 지대별 생산력검정시험을 실시하였다. 2~3년 지역적응성 평가와 재종수량성을 평가하여 신품종으로 추천하였다.

(시험 2) 색소찰 isogenic line 육성

색소찰 근동질계통 육성은 기존의 우량 찰옥수수 미백2호의 모본 부분을 각각 반복친으로 하여 수차례 여교잡을 실시하여 최종적으로 색소안토시아닌 함량과 품질이 우수한 색소찰옥수수 계통을 육성하고자 하였으며 재료는 안토시아닌 색소가 우량한 옥수수 자원에 HW9와 HW3을 각각 3회 여교잡을 수행하였다. 여교잡을 위한 교잡은 본 연구소가 운영하는 동계세대축진 연구포장(열대지방, 태국 또는 캄보디아에서 수행, 12월초~익년 4월초)에서 이루어지고 분리 개체의 선발 및 도태는 국내의 정상적인 재배 작기에 육종포에서 수행하였다. 본 과제의 시작인 2011년에는 색소우량 자원과 HW9, HW3과의 각각의 교잡에서 자식분리가 5회 정도 진척되어 고정도가 높은 계통을 모본으로 하고 이것에 대하여 여교잡, 자식교배를 주기로 하여 총 3회를 추진하여 선발하였다.

(시험 3) 색소 알곡 옥수수 품종 개발

색소 알곡이 우량한 종실옥수수를 개발하기 위한 색소알곡 우량 모집단을 양성하고자 우량 개체를 선발하여 꽃가루 벌크 교잡을 실시하였고 수확 후 색소 우량 교잡종을 알곡을 보면서 다시 선발하였다. 자식계통 육성은 색소찰 육성 방법과 동일하게 지속적인 자식교배를 통하여 불량개체, 집단을 도태하고 품종의 균일성을 위하여 자식계통의 고정도를 높이기 위한 세심한 세대진전을 지속하였다. 최초 2011년에는 분리 S0세대에서 S5세대를 중심으로 자식교배되어 1수1열의 방법으로 파종, 육성되어 2014년에는 분리 S8세대까지 진전되었고 고정 자식계통을 다수 육성하였다. 또한 세대진전과 종자증식이 필요한 경우 동계세대촉진을 활용하기도 하였다. 고정된 고세대의 우량계통을 활용하여 생산력 평가용 단교잡종을 구성하였으며 생산력에 비검정, 강원지대별 생산력검정 평가 등을 실시하여 신품종 개발의 기초 자료로 활용하였다.

3. 결과 및 고찰

(시험 1) 색소찰옥수수 품종 육성

가. 색소찰 모집단 양성

색소찰옥수수의 육종재료는 국내 찰옥수수 유전자원을 바탕으로 하는데 국내 찰옥수수 자원도 상당히 제한적으로 새로운 변이의 창성과 우량 형질의 집적이 절실히 필요하다. 이를 위하여 색소찰 육종모집단을 양성하는 것이 지속적인 육종을 위한 기본 전제 조건이 된다. 색소찰 모집단 양성은 heterotic 2집단(12WCP03(HS)A, B C0)을 최초 양성하고 순환선발을 통하여 자식교배에 의한 분리, 불량계통 도태, 집단간 교잡, 수량평가, 잡종강세 후세를 보이는 계통들의 집단내 재조합 등의 과정을 순환하면서 육성되었다. 다음은 집단별 육성경과를 설명하였다.

- Heterotic A (12WCP03(HS)A C0) 육성 경과

- ① '10년, '10/'11년 찰옥수수 모집단(WP03(HS)A C2)과 색소유전자 공여집단과 교잡
- ② '12년 색소찰 집단의 충분한 재조합을 위한 개체간 사슬교잡 실시 : C0 완성
- ③ '13년 80열 공시 자식교배 80이삭 선발 : C0S0 → C0S1
- ④ '14년 80열 공시 자식교배 150개체 선발 : C0S1 → C0S2

※ 향후 개체별로 B집단과 교잡, 평가, 선발 계통간 집단내 재조합 : A C0S2 → A C1S0

- Heterotic B (12WCP03(HS)B C0) 육성 경과

- ① '10년, 11년 찰옥수수 모집단(WP03(HS)B C2)과 색소유전자 공여집단과 교잡
- ② '12년 색소찰 집단의 충분한 재조합을 위한 개체간 사슬교잡 실시 : C0 완성
- ③ '13년 80열 공시 자식교배 80이삭 선발 : C0S0 → C0S1
- ④ '14년 80열 공시 자식교배 165개체 선발 : C0S1 → C0S2

※ 향후 개체별로 A집단과 교잡, 평가, 선발 계통간 집단내 재조합 : B C0S2 → B C1S0

나. 색소찰 분리계통 육성

모든 계통에 대하여 자식교배를 통하여 세대진전 및 증식을 실시하였다. 처음 '11년에는 S0~S7세대 1,171계통을 시험하여 278계통을 선발하였다. '12년 S0~S6세대 417계통 중 180계통 선발, '13년 S0~S8세대 937계통 중 275계통 선발, '14년 S0~S8세대 546계통 중 222계통 선발하였다(표 1).

표 1. 2014년도 색소찰 분리세대별 공시 내용 및 교배 선발

분리세대	집단수	공시계통수	선발계통(개체)수 (2차선발)	계통선발율 (2차선발, %)	2015년도 활용 (3차선발 후)
S0	70	70	55	63	S1
S1	20	118	개체선발	-	S2
S2	11	123	52	42	S3
S3	5	49	20	41	S4
S4	5	52	26	50	S5
S5	7	64	27	42	S6
S6	7	22	13	59	S7
S7	2	21	14	67	S8
S8	2	27	13	48	계통 증식
계	129	546	222	41	

다. 교잡종 구성 및 평가

연구기간 동안 매년 교배조합을 구성하고 교잡종을 평가하였으며, '14년에는 고세대 중심(S6~S8)으로 교배 244조합 408열, 지대별공시용 8조합 130열을 수행하여 총 150조합 30kg을 생산하여 향후 단교잡종의 수량평가에 활용할 계획이다(표 2).

표 2. 2014년 교잡종 생산 결과

구 분	시험 열수	생산 조합수	활용
'13 / '14 세대축진	58	3조합 2.5kg	'14 생산력예비, 지대별
분리 6, 7, 8세대 등	538	150조합 30kg	'15 생산력예비, 지대별

교잡종의 평가 중 생산력검정예비시험은 옥수수연구소 육종포장인 흥천에서 실시되었으며(표 3), 강원지대별 생산력검정시험은 흥천, 평창, 정선 지역에서 지역적응성을 평가하기 위하여 실시되었다(표 4, 5, 6, 7). 특히 '12년, '13년 2~3개 지역에서의 지대별지역적응성 평가 결과 색찰교6호가 우량하여 '13년 12월 신품종으로 선정되어 청춘찰로 명명되었다.

표 3. 2014년 생산력검정예비 공시 55교잡계의 생육 및 수량 특성 결과

Entry No.	출사 일수 (일)	간장 (cm)	착수 고율 (%)	내도 복성 (1-9)	이삭장 (cm)	착립 장율 (%)	이삭폭 (cm)	이삭 열수	이삭 썩음	조명 나방	꽃 이삭수 (개/10a)	지수	꽃 이삭중 (kg/10a)	지수	이삭 상품성
색4301	76	219	55	1.0	18.4	90	3.8	13.0	0.0	0.0	5,918	100	512	100	2.0
색4302	69	197	53	1.0	17.3	100	4.1	14.4	0.5	0.0	5,238	89	818	160	1.3
색4305	79	192	63	1.3	14.3	100	3.8	12.2	2.5	0.0	8,775	148	569	111	3.0
색4311	78	202	62	1.3	15.1	99	3.6	11.3	4.5	0.0	6,734	114	502	98	2.7
색4312	77	216	63	1.0	15.0	97	3.6	12.0	4.6	0.0	7,211	122	506	99	3.0
색4313	76	209	62	1.3	16.2	94	3.8	12.2	2.5	0.0	6,666	113	525	103	2.0
색4314	77	207	68	1.3	15.2	94	3.7	11.8	6.6	0.3	5,646	95	508	99	3.3
색4316	78	190	63	1.3	13.5	100	3.6	12.9	0.7	0.0	8,231	139	572	112	2.7
색4317	79	205	61	1.3	16.3	94	3.9	11.8	2.3	0.0	7,619	129	630	123	2.7
색4320	76	204	57	1.0	16.0	93	3.5	12.4	2.2	0.0	7,347	124	486	95	2.7
색4321	78	225	54	1.0	18.5	87	3.7	12.0	0.6	0.0	5,850	99	561	110	2.0
색4322	71	185	54	1.0	17.4	99	4.0	14.0	0.1	0.0	4,898	83	711	139	1.3
색4325	77	211	61	1.3	14.4	94	3.6	11.8	2.0	0.0	8,707	147	476	93	3.0
색4326	78	217	64	1.0	15.5	100	3.4	11.8	1.4	0.0	8,571	145	591	115	2.3
색4329	78	209	57	1.7	15.1	97	3.9	12.2	0.8	0.3	6,258	106	490	96	3.0
색4330	77	217	59	1.0	15.6	91	4.0	13.1	0.6	0.3	6,054	102	503	98	2.3
색4335	74	203	53	1.3	18.8	93	3.8	14.4	3.7	0.0	6,462	109	758	148	2.0
색4336	74	178	54	1.7	17.9	95	3.8	14.0	1.7	0.0	5,374	91	564	110	1.7
색4341	77	205	61	1.3	18.7	87	3.7	12.4	0.6	0.0	7,211	122	618	121	2.3
색4342	68	166	55	1.0	17.3	100	4.0	14.7	0.4	0.0	4,966	84	720	141	1.7
색4344	72	189	55	2.0	16.9	97	4.1	15.3	2.7	0.0	4,966	84	599	117	1.7
색4345	70	173	54	2.0	16.8	97	4.0	14.4	3.5	0.0	4,898	83	566	110	2.0
색4346	70	184	54	1.7	16.1	97	4.1	15.3	1.5	0.0	5,374	91	659	129	1.7
색4347	70	189	52	1.7	16.9	100	4.0	13.3	1.0	0.0	4,966	84	628	123	1.0
색4349	75	215	64	1.0	19.4	90	3.8	12.7	1.8	0.0	4,626	78	557	109	1.7
색4350	77	195	66	1.0	17.8	91	3.8	12.4	2.4	0.0	4,762	80	472	92	2.0
색4353	77	204	59	1.0	18.7	89	3.9	12.4	1.0	0.0	4,830	82	470	92	2.0
색4354	76	189	64	1.0	18.9	87	3.8	12.7	0.8	0.0	4,830	82	543	106	1.7
전체평균	76	194	59	1.3	16.0	94	3.7	12.8	2.6	0.1	5,616	110	469	84	2.6

⇒ 색4317, 4335, 4346을 선발하고 종자확보 한 후 향후 지대별생산력검정에 공시

표 4 2012년도 강원지대별 적응시험 결과, 2지역(홍천, 정선) 평균

구분	년차	출사 일수 (일)	간장 (cm)	착수 고율 (%)	내도 복성 (1-9)	이삭 장 (cm)	착립 율 (%)	이삭 폭 (cm)	이삭 열수 (열)	이삭 씩음 (0-9)	이삭수 (개/10a)	이삭중 지수 (kg/10a)	이삭중 지수 (kg/10a)	이삭 상품성 (1우-5불)	100 립중 (g)	과피 두께 (μ m)	
미백2호	표준	70	179	50	1.0	15.7	91	4.0	13.3	1.2	6,167	100	685	100	2.4	27.8	18.3
일미찰	대비	72	193	54	1.1	16.5	100	4.2	11.5	1.0	6,284	102	778	113	1.6	38.4	29.8
미흑찰	대비	73	214	59	1.8	15.3	97	4.0	14.8	3.7	5,351	87	593	87	4.4	24.9	16.8
색찰교01	2	74	208	46	1.3	17.5	94	3.6	12.0	2.5	5,507	89	533	78	2.0	24.5	18.6
색찰교04	2	79	301	61	2.3	13.9	92	3.7	12.2	0.4	7,060	114	426	62	2.8	27.4	42.5
색찰교06	1	74	198	50	1.0	16.0	92	3.9	12.4	1.2	6,284	102	659	96	1.6	30.6	32.6
색찰교07	1	76	202	53	1.8	16.9	94	3.9	12.1	1.6	5,002	81	544	79	2.0	28.2	16.9
색찰교08	1	75	193	53	2.0	15.6	87	3.8	12.0	1.9	5,351	87	580	84	2.8	28.9	26.4
색찰교09	1	75	224	56	2.0	15.1	94	4.0	12.0	1.8	4,263	70	518	75	3.0	27.6	27.2
색찰교10	1	76	222	54	2.3	16.4	93	3.5	12.2	2.1	4,093	67	508	74	2.8	29.2	32.0
색찰교11	1	76	220	51	1.0	18.4	94	3.6	12.5	2.5	6,124	99	582	84	3.1	26.2	26.2
색찰교12	1	76	241	52	1.9	17.1	92	3.8	11.5	2.2	5,416	88	519	75	3.4	31.3	27.0
색찰교13	1	77	259	50	3.3	16.6	83	3.5	12.3	2.1	4,407	72	504	73	3.3	27.8	26.4
색찰교14	1	77	274	49	2.0	16.5	78	3.6	12.4	1.9	4,331	71	548	80	3.1	29.2	27.8
색찰교15	1	79	257	49	2.1	17.7	86	3.6	13.2	1.1	4,133	68	476	69	3.3	28.0	27.2
색찰교16	1	77	256	53	1.8	16.4	78	3.4	12.4	1.9	4,174	68	444	64	2.6	27.9	28.7
전체평균	1	75	227	52	1.8	16.4	90	3.8	12.4	1.8	5,247	85	556	81	2.8	28.6	26.5

표 5. 2013년도 강원지대별 적응시험 결과, 2지역(홍천,평창) 평균

구분	년차	출사 일수 (일)	간장 (cm)	착수 고율 (%)	내도 복성 (1-9)	이삭 장 (cm)	착립 율 (%)	이삭 폭 (cm)	이삭 열수 (열)	이삭 씩음 (0-9)	이삭수 (개/10a)	지 수 (kg/10a)	이삭중 지 수 (kg/10a)	100 주당 이삭수	이삭 상품성 (1우-5불)	
미백2호	표준	62	220	56	1.9	14.4	98	3.9	13.8	3.0	5342	100	517	100	89	4.0
일미찰	대비	68	222	57	2.3	17.0	98	4.2	11.7	2.2	5749	110	748	149	101	2.6
미흑찰	대비	66	235	67	3.4	15.3	93	4.1	14.1	3.4	4535	85	498	94	79	3.1
색찰교1	3	68	223	60	3.5	14.9	81	3.1	11.7	1.8	4059	76	210	38	71	3.7
색찰교6	2	68	234	52	2.5	13.9	89	3.8	13.5	1.7	4285	79	345	64	75	3.5
색찰교8	2	70	227	60	4.8	14.7	83	3.3	10.9	2.4	2713	47	224	37	55	3.9
색찰교9	2	71	225	60	3.8	13.4	87	3.3	10.4	1.3	4029	72	253	42	73	3.4
색찰교11	2	70	236	57	4.1	16.2	89	3.4	11.7	1.8	4474	85	339	63	82	3.4
색찰교17	1	68	249	59	3.0	15.2	89	3.5	11.1	1.2	4223	75	313	54	75	3.6
색찰교18	1	69	223	61	3.4	13.1	89	3.7	12.4	2.5	2727	49	205	36	65	4.1

표 6. 선발한 청춘찰(색찰교6호)의 농업적 특성('12~'13, 강원2지역)

구분	출사 일수 (일)	간장 (cm)	착수 고율 (%)	내도 복성 (1-9)	이삭 장 (cm)	착립 율 (%)	이삭 폭 (cm)	이삭 열수 (열)	이삭 썩음 (0-9)	이삭수 (개/10a)	이삭중 지수 (kg/10a)	100주 이삭 당 중량 (g)	100 립중 (g)	과피 두께 (μ m)			
미백2호	66	200	53.0	1.4	15.0	94	3.9	13.5	2.1	5754	100	601	100	89	3.2	27.8	18.3
색찰교6호	71	216	50.7	1.8	14.9	90	3.9	12.9	1.5	5285	90	502	80	75	2.6	30.6	32.6

⇒ 색찰교6호를 청춘찰로 명명하고 품종보호 출원 : 출원2014-228호

표 7. 2014년도 강원지대별 적응시험 결과, 3지역(홍천,평창,정선) 평균

품종명	출사 일수 (일)	간장 (cm)	착수 고율 (%)	내도 복성 (1-9)	주당 측지 수	줄기 썩음 (0-9)	이삭장 (cm)	착립 율 (%)	이삭 폭 (cm)	이삭 썩음 (0-9)	이삭수 (개/10a)	이삭중 (kg/10a)	이삭 지수	이삭 상품성 (1우-5불)	
청춘찰	77	230	50	1.0	0.2	0.2	19.2	90.7	3.9	1.4	4,098	100	515	100	1.7
미백2호	70	202	48	1.0	0.0	0.8	17.7	95.7	4.2	1.0	6,585	161	1,026	199	1.8
색찰교11	78	222	50	1.3	0.3	0.3	17.2	89.6	3.9	2.4	6,031	147	646	125	2.9
색찰교19	76	233	45	1.3	0.1	0.4	19.2	95.3	4.1	1.6	7,648	187	841	163	1.3
색찰교20	79	229	59	1.1	0.2	0.4	15.2	92.5	4.1	3.2	3,627	89	319	62	3.7
색찰교21	77	240	56	1.0	0.0	0.1	16.3	98.6	4.0	4.0	4,836	118	473	92	3.7
색찰교22	77	228	56	1.3	0.1	1.1	14.8	99.5	4.0	2.2	7,337	179	710	138	3.4
색찰교23	79	221	58	1.0	0.1	0.3	14.2	95.8	3.8	2.8	4,916	120	335	65	4.0
색찰교24	80	220	52	1.3	0.1	0.0	14.3	97.2	3.7	1.2	5,060	123	362	70	3.4
색찰교25	75	192	48	1.1	0.0	0.1	14.4	95.9	3.7	3.2	5,380	131	405	79	4.3
전체평균	77	222	52	1.1	0.1	0.4	16.2	95.1	3.9	2.3	5,552	135	563	109	3.0

⇒ 색찰교19와 색찰교22호를 선발하여 '15년도 강원지대별생산력검정 2년차로 시험

(시험 2) 색소찰 isogenic line 육성

고품질의 색소찰 계통을 육성하기 위하여 현재까지 품질이 가장 우수한 미백2호의 모부분을 반복친으로 활용하고자 하였다. '11년에 색소계통과 각각 교배한 후 분리 5세대까지 진전된 계통을 1차 여교잡을 실시하였다. 그 이후 3회에 걸쳐 여교잡으로 미백2호의 모부분 각각에 대하여 93.8% 동일한 일명 색소HW9, 색소HW3을 육성하였다. 이러한 과정에 대한 연도별 추진내용을 아래와 같이 정리하였다(표 8).

- ('11) 색소X HW3, HW9 교잡 분리 5세대(선발, 국내)
- ('11/'12동계) 색소HW3, HW9 여교잡(교잡, 동계세대촉진)
- ('12) 색소HW3 BC1 분리 후 2조합, 색소HW9 BC1 후 분리 4조합(선발, 국내)
- ('12/'13동계) 색소HW3 BC2 14이삭, 색소HW9 BC2 21이삭 여교배(교잡, 동계세대촉진)
- ('13) 자식 분리 후 우량개체 선발 (BC2F2)(선발, 국내)
- ('13/'14동계) 선발조합별 BC3 양성 (BC3F1)(교잡, 동계세대촉진)
- ('14) 자식 분리 후 우량개체 선발(93.8% 동일) (BC3F2)(선발, 국내)

표 8. 색소찰 근동질계 육성 연도별 교배내용

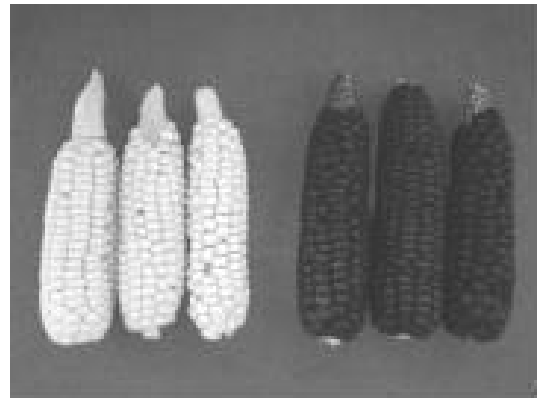
육성년도	표현	공여친	반복친	교배방법
'05, '06		PurPop.		색소포엽 모집단 양성 Bulk Pollen
'06/'07		Peru		Peru 수집
2007	F ₁	Peru	↙ PurPop.	F ₁ 교잡
'07/'08	F ₁ '	Peru/PurPop.	↙ HW9, HW3	F ₁ 교잡
2008	F ₁ S ₁	Peru/PurPop.//HW-⊗		S ₁ 자식
2009	F ₁ S ₂	Peru/PurPop.//HW-⊗2		S ₂ 자식
2010	F ₁ S ₃	Peru/PurPop.//HW-⊗3		S ₃ 자식
'10/'11	F ₁ S ₄	Peru/PurPop.//HW-⊗4		S ₄ 자식
2011	F ₁ S ₅	Peru/PurPop.//HW-⊗5		S ₅ 자식
'11/'12	BC1	Peru/PurPop.//HW//HW	↙ HW9, HW3	BC ₁ 여교잡
2012	BC1S1	Peru/PurPop.//HW//HW-⊗		S ₁ 자식
'12/'13	BC2	Peru/PurPop.//HW//HW//HW	↙ HW9, HW3	BC ₂ 여교잡
2013	BC2S1	Peru/PurPop.//HW//HW//HW-⊗		S ₁ 자식
'13/'14	BC3	Peru/PurPop.//HW//HW//HW//HW	↙ HW9, HW3	BC ₃ 여교잡
2014	BC3S1	Peru/PurPop.//HW//HW//HW//HW-⊗		S ₁ 자식

○ 개량된 색소HW9{(Peru/PurPop.//HW9)BC3}



HW9

색소HW9BC3



HW9

색소HW9BC3

○ 개량된 색소HW3{(Peru/PurPop.//HW3)BC3}



HW3

색소HW3BC3



HW3

색소HW3BC3

⇒ 색소HW9와 색소HW3 교잡하여 품질, 수량 평가 후 색소미백2호 품종 개발 예정

(시험 3) 색소 알곡 옥수수 품종 개발

알곡에서 색소함량이 우량한 옥수수 품종을 개발하고자 모집단 양성, 분리세대 계통 육성, 교잡종 생산 및 평가를 실시하였고 모집단 양성은 알곡 색소우수 개체 선발 후 꽃가루를 bulk하여 교배하고 수확 후 알곡에서의 색소함량을 육안 조사 후 최종 선발하였다. 자식계통 육성은 '14년에는 S0~S8세대 502계통을 시험하여 199계통을 선발하였다(표 9).

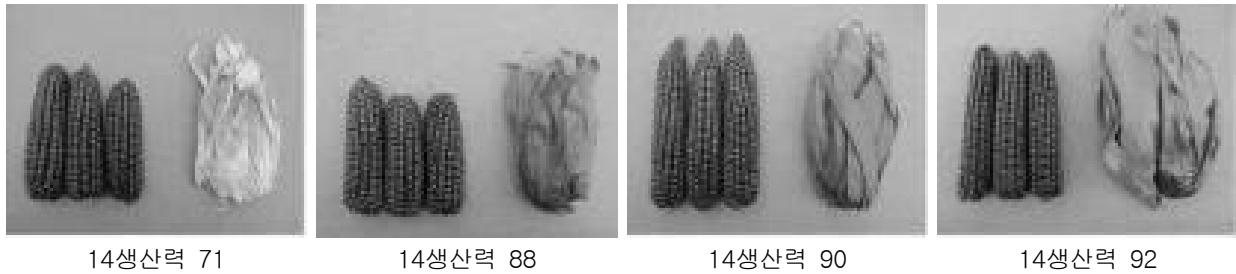
표 9. 2014년도 알곡색소 우량 분리계통

알곡 세대	시험		선발		활용계획
	집단수	계통수	집단수	계통수	
S ₀	1	1	1	1	세대진전, 고정계통 위주 교잡종 생산
S ₁	11	49	8	20	
S ₂	7	125	5	58	
S ₃	3	38	3	17	
S ₄	4	133	4	52	
S ₅	1	66	1	21	
S ₆	1	2	1	1	
S ₇	4	22	3	7	
S ₈	3	66	3	22	
계	35	502	29	199	

또한 세대가 높은 고정계통을 위주로 교잡종을 생산하였으며 생산된 교잡종은 생산력 검정 시험 등 수량평가에 활용하였다. '14년에는 30교잡계를 생산하였고 생산력검정은 76교잡계를 시험하여 색소 알곡함량 및 농업특성이 우량한 8교잡계를 선발하였다(표 10). 특히 생산력 88은 '11년도(생산력52), 12년도 성적을 종합한 결과 색소 알곡 함량이 우량하여 신품종으로 선정되어 품종 출원하였다.

표 10. 2014년도 생산력검정시험 선발 교잡계(파종기 5월 3일)

조합명	종실중 (kg/10a)	지수 (%)	분지수 (개/주)	알곡색	출사 일수 (일)	도복 (1-9)	간장 (cm)	착수 고율 (%)	이삭(cm)		100립 중(g)	
									길이	폭		
색소1호(표준)	632	100	0.9	Y	75	3	184	64	17.0	3.9	30.3	
강일옥	804	128	0.1	Y	72	2	217	57	17.6	4.8	37.3	
12CS7026/12알6036	62	698	110	1.5	B	75	1	197	64	17.0	4.5	34.8
12CS7023/12알6036	63	583	92	0.9	B	76	1	194	65	15.5	4.3	31.4
12S7056/12알6036	86	563	89	0.4	B	76	1	214	64	16.5	4.4	36.9
12알6017/09S9001	88	548	87	1.0	B	74	2	221	62	16.7	4.0	23.0
12S7056/12알5017	90	572	91	0.2	B	73	1	232	63	18.5	3.8	26.2
12S7056/12알3013	91	542	86	0.4	B	73	2	233	60	18.3	3.9	25.8
12S7056/12알3025	92	616	97	0.7	B	71	1	221	54	19.0	3.9	25.4
12알4002/12S8034	162	556	88	1.1	B	76	3	212	68	14.8	3.5	17.1



4. 적 요

- 가. 색소옥수수 지속 육종이 가능하도록 육종시스템을 구축하여 육종모집단, 분리세대 양성, 강원지대별 지역적응평가 등을 실시하였다.
- 나. 색소찰옥수수 「청춘찰」을, 색소알곡 일반옥수수 「색소2호」를 본 과제를 통하여 국내 최초로 개발하여 품종출원 하였다.
- 다. 특히 색소찰옥수수 육종모집단은 색소 육종자원의 다양성을 확보하고자 찰옥수수 잡종 강제적 육종모집단(heterotic population)에 색소 유전자원을 도입하여 지속적 색소찰 옥수수 육종이 가능하도록 훌륭한 육종소재로 개발하였다.
- 라. 또한 품질과 내재해성이 강한 우량 품종 미백2호의 모부분을 활용하여 색소찰옥수수 근 동질계통을 육성함으로써 향후 품질이 우량한 색소찰옥수수를 개발(가칭 색소미백2호)을 목전에 두고 있다.
- 마. 다양한 색으로 분리된 찰옥수수 근동질 자식계통 육성의 기반을 마련하였고 색소옥수수를 이용한 기능성색소 산업화의 신소재로 발전할 수 있는 옥수수 개발로 수입 대체 및 신부가가치 창출의 기회를 제공할 것으로 기대한다.

5. 인용문헌

- Bauman, L.F. 1981. Review of methods used by breeders to develop superior corn inbreds. Proc. Annu. Corn Sorghum Ind. Res. Conf. 36:199-208.
- Brink, R.A. and I.M. Greenblatt. 1954. Diffuse, a pattern gene in *Zea mays*. Epistatic to red pericarp. J. Hered. 45: 47-50
- Chandler, V.L., J.P. Radicella, T.P. Robbins, J. Chen, and D. Truks. 1989. Two regulatory genes of the maize anthocyanin pathway are homologous : Isolation of B using R genomic sequences. Plant Cell 1: 1175-1183.
- Coe, E.H. 1958. A new recessive aleurone color factor. Maize Genet. Coop. News Lett. 32: 102. East, E.M. and H.K. Hayes. 1911. Inheritance in maize. Conn. Agric. Exp. Stn, Bull. (New Haven) 167: 1-142.
- Eckhardt, R.C. and A.A. Bryan. 1940b. Effect of the method of combining two early and two late inbred lines of corn upon the yield and variability of the

resulting double cross. Agron. J. 32:645-654.

Emerson, R.A. 1918. A fifth pair of factors, Aa, for aleurone color in maize, and its relation to the C and Rr pairs. Cornell Univ. Agric. Exp. Stn. Memoir 16: 225-289.

Emerson, R.A. 1921c. The genetic relations of plant colors in maize. Cornell Univ. Agric. Exp. Stn. Memoir 70 : 3-16.

Griffing, B. and E.W. Lindstrom. 1954. A study of the combining abilities of corn inbreds having varying proportions of Corn Belt and non-Corn Belt germplasm.. Agron. J. 46:545-552.

Hallauer, A.R., 1972. Third phase in the yield evaluation of Synthetic varieties of maize. Crop Sci. 12:16-18.

Hallauer, A.R., W. A. Russell and K.R. Lamkey. 1988. Corn Breeding In Corn and Corn Improvement.

Jenkins, M.T. 1932. An additional pair of factors affecting anthocyanin pigment in maize J. Agric. Res. 44:495-502.

Lindstrom, E.W. 1935. Some new mutants in maize. Iowa S. Coll. J. Sci. 9:451-459.

Lock, R. H. 1906. Studies in plant breeding in tropics. R. Bot. Gard. Ann. 3: 95-184.

Moll, R.H., J.H. Lonquist, J.V. Fortuna, and E.C. Johnson. 1965. The relation of heterosis and genetic divergence in maize. Genetics 52:139-144.

Nuffer, M.G. 1954. Redesignation of pa. Maize Genet. Coop. News Lett. 28:63.

Nuffer M. G., E. H. Coe and S. W. Wessler. 1997. Mutant of maize.

Rhoades, M.M. 1952a. The effect of the bronze locus on anthocyanin formation in maize. Am. Nat. 86:105-108.

Sprague G. F. and J. W. Dudley. 1988. Corn and corn improvement.

6. 연구결과 활용

연도(연차)	활용구분	제 목
2012(2년차)	논문게재 (비SCI)	Genetic Analyses for Yield Components and Taste-Associated Traits in F2:3 Population Derived from the Cross between Waxy and Sugary Maize Inbred Line
2012(2년차)	논문게재 (비SCI)	찰옥수수과 단옥수수간의 교잡으로부터 유래된 F2:3 집단에서 수량 및 식미관련 형질의 유전분석
2013(3년차)	품종출원	청춘찰(출원2014-228호)
2014(4년차)	품종출원	색소2호(출원준비 중)
2014(4년차)	특허출원	옥수수 자색포엽 추출물의 추출 방법 및 옥수수 자색 포엽 추출물을 포함하는 기능성 조성물, 출원번호 : 10-2014-0190286(2014.12)

7. 연구원 편성

구분		소속	직급	성명	수행업무	참여년도			
						'11	'12	'13	'14
주관	책임자	강원대학교	교수	이주경	주관과제 책임				
1) 색소 옥수수 품종 육성 및 육종 소재 발굴	책임자	옥수수연구소	농업연구관	박기진	세부과제 책임	○	○	○	○
	연구원	"	농업연구사	박종열	색소종실용 육성	○	○	○	○
	"	"	"	류시환	선발 및 평가	○	○	○	○
	"	"	"	고병대	선발, 조사	○	○		
	"	"	"	서영호	선발, 조사			○	○
	"	"	"	장은하	선발 및 평가	○	○	○	
	"	"	"	최재근	선발 및 평가				○
	"	"	농업연구관	방순배	과제 검토, 평가	○	○		
	"	"	"	김경희	과제 검토, 평가			○	○
	"	"		용우식	조사협력, 포장관리	○	○	○	○
"	"		이상민	조사협력, 인력관리	○	○	○	○	

【참고 : 품종육성자료】

옥수수 (*Zea mays* L.)
품종명 : 청춘찰(색찰교6호)

1. 육성목적

안토시아닌 색소함량이 높은 찰옥수수 품종 개발

2. 육성내력

가. 교배조합 : HCW1(HW9//Peru/PurPop) × HCW2(Peru/PurPop//HW3)

나. 교배년도 : 2011년

다. 강원지역 적응시험 : 2012(홍천, 정선), 2013(홍천, 평창)

라. 육성기관 : 강원도농업기술원 옥수수연구소

3. 주요특성

가. 중생종, 안토시아닌 다량 함유 자색찰옥수수

나. 내도복성, 충해저항성

다. 용도 : 간식용 옥수수

4. 적응지역 : 강원

5. 재배상의 유의점

가. 습해에 약하므로 파종 후 수분 관리에 주의

나. 열성 인자(*wx*)를 보유하고 있어 다른 옥수수와 격리재배가 요구됨

다. 잡종강세를 이용한 단교잡종이므로 매년 갱신된 F₁ 종자 사용

라. 적기 수확하여야 최고의 품질유지

6. 보완을 요하는 특성

과피두께, 수량성 개선 필요

7. 시험성적

가. 고유특성(당해년도 1년 성적)

○ 청춘찰은 단교잡종임.

○ 웅수와 약의 색은 미백2호와 비교하여 안토시아닌색소가 강하게 발현되었으며 과피색은 미백2호와 동일한 흰색의 찰옥수수임.

(’12, 홍천)

교잡계명	교잡유형	안토시아닌색소(1-9) ^b				과피색
		응수 영기부	응수 기부제외	약	수염	
청춘찰	단교잡종	9	9	9	9	적자색
미백2호	단교잡종	3	3	1	3	흰 색

b 1-매우 약함, 5-중간, 9-매우 강함.

나. 가변특성

- 출사기는 5일정도 늦고, 간장은 다소 크고, 이삭특성은 비슷하였지만 100주당 이삭수는 미백2호보다 다소 떨어짐.

(’12~’13 강원지대적응)

교잡계명	출사일수 (일)	간 장 (cm)	착수고율 (%)	이삭특성(cm, %)			100주당 이삭수
				길이	착립장률	폭	
청춘찰	71	216	51	14.9	90	3.9	75
미백2호	66	200	53	15.0	94	3.9	89

다. 병해충저항성

- 도복저항성은 1.8정도로 우량함.
- 감부기병, 깨씨무늬병, 그을음무늬병, 조명나방 등 대부분의 항목에서 미백2호와 비슷한 저항성을 보임.

(’12~’13 강원지대적응)

교잡계명	도 복 (1-9)	병해(0-9)			충해(0-9)	
		감부기 (포장)	깨씨무늬병 (포장)	그을음무늬병 (포장)	이삭썩음병	조명나방 (포장자연)
청춘찰	1.8	1.0	1.5	2.0	2.1	0.3
미백2호	1.4	1.0	1.5	1.5	1.5	0.2

라. 수량성

1) 강원지대별 적응시험

- 낫이삭수는 평균 5,285개/10a로 미백2호 대비 92% 수준임.

(’12~’13 강원지대 적응)

지 역	청춘찰(A)			지수(%) A/B	미백2호(B)		
	’12	’13	평균		’12	’13	평균
홍 천	6,766	3,285	5,026	92	6,299	4,571	5,436
평 창	-	5,285	5,285	86	-	6,112	6,112
정 선	5,803	-	5,803	96	6,035	-	6,035
평 균	6,285	4,285	5,285	92	6,167	5,342	5,754

○ 이삭중은 502kg/10a로 미백2호보다 대비 84% 수준임

(’12~’13 강원지대적응)

지역	청춘찰(A)			지수(%) A/B	미백2호(B)		
	’12	’13	평균		’12	’13	평균
홍천	633	213	423	79	661	408	535
평창	-	477	477	76	-	625	625
정선	686	-	686	97	709	-	709
평균	660	345	502	84	685	517	601

마. 품질특성

- 과피두께가 32.6 μ m로 미백2호 대비 더 두꺼움.
- 식미관련 대부분의 형질들에서 미백2호와 비슷하거나 다소 떨어짐.

(’13 자체)

교잡계명	과피두께 (μ m)	아밀로펙틴 함량 (%)	식미검정결과(1:나뭇-9:우수)			
			외관	찰진맛	씹는맛	전체 기호도
청춘찰	32.6	89.5	4.5	5.0	5.9	5.3
미백2호	18.3	92.1	5.0	6.5	6.2	6.0

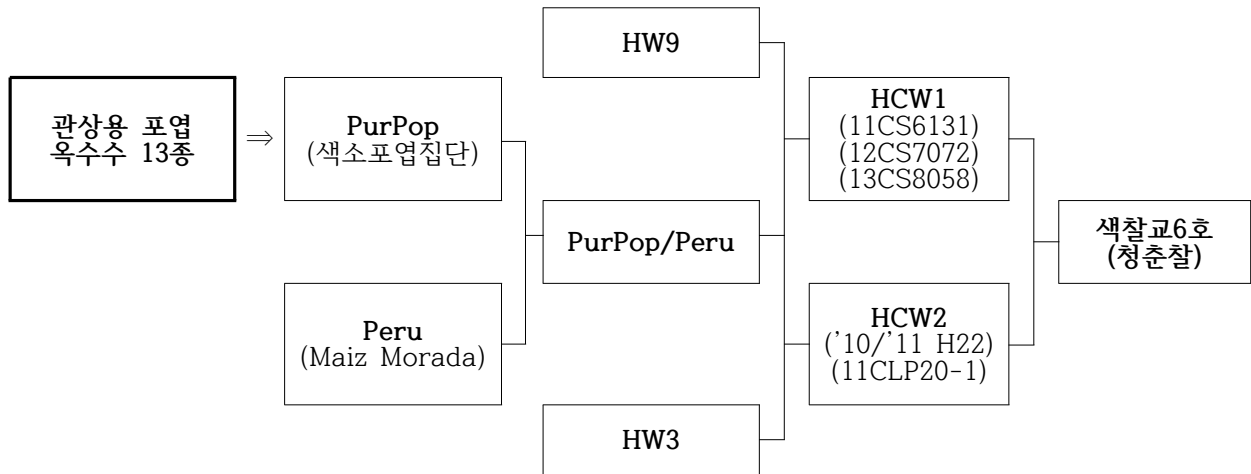
8. 육성경과

가. 육성계통도

년도	’00	’01~’04	’05	’06	’07	’07 / ’08 동계
모본 (♀)	관상용 (알곡, 포엽) 캐나다 6종 미국 7종	자식 2~4회 후 종자 Bulk (\otimes B)	6,000주 재식 → 포엽색소 우량 174개체 자식선발	174이삭 (2,100개체) → 우량개체 꽃가루 Bulk교배 158개체 선발 동일립씩 혼합 ⇒ 포엽색소집단 (PurPop)	포엽색소집단 (PurPop) X 색소알곡 (Maiz Morada) ⇒ PurPop/Peru	<u>HW9</u> X PurPop/Peru (CS06 ~ CS08)
부분 (♂)				Peru 수집종 (Maiz Morada)		PurPop/Peru X <u>HW3</u> (CS01 ~ CS04)
세대	수집종	$S_0 \sim S_{34}$ 혼재		교잡 Bulk	F_1	$F_1 (S_0)$
과정	관상용 수집	관상용 선발	포엽색소 계통선발	포엽색소집단 양성 알곡색소 수집	교잡 (집단×수집종)	교잡 (집단×수집종)×자식계통

년도	'08	'08/'09 동계	'09	'09/'10 동계	'10	'10/'11 동계	'11	'11~'12	'12~'13
세대	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	-	S ₆	교잡	
모본 (♀)	CS08-B35	T1 (H165)	2 (CS3147)	T1 (H452)	5 (CS5185)	-	1 (CS6131)	HCW1 (11CS6131) (12CS7072)	⇒ 색찰교6호 (청춘찰)
부분 (♂)	CS01-B6	T1 (H37)	1 (CS3023)	-	2 (CS4022)	T1 (H22)	2 (CS6178)	HCW2 (^{'10/'11} H22) (12CLP20-1)	
세대	S ₁	S ₂	S ₃	-	S ₄	S ₅	S ₆	교잡	교잡종 평가
과정	분 리 육 성 (자식 ⊗)							조합구성	강원지역적응

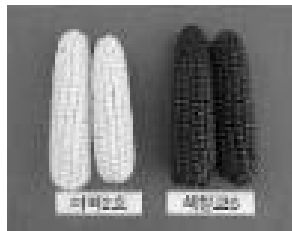
나. 육성계보도



숙대비교
(미백2호 청춘찰 미흑찰)



알곡비교
(미백2호 청춘찰 미흑찰)



이삭 비교



청춘찰 꽃이삭

【참고 : 품종육성자료】

옥수수 (*Zea mays* L.)
계통명 : 색소2호(생산력52)

1. 구 분 : 육성품종

2. 육성내력

- 가. 교 배 조 합 : HA 3 × HA 4
- 나. 교 배 년 도 : 2010년
- 다. 생산력검정시험 : 2011, 2012, 2014(3년, 홍천)
- 라. 육 성 자 : 강원도농업기술원 옥수수연구소

3. 주요특성

- 가. 약한 자색을 띠는 식물체, 포엽은 자색
- 나. 이삭색은 흑자색, 옥수수 속대는 자색, 반경립종
- 다. 용도 : 가공용 일반 옥수수

4. 적응지역 : 강원

5. 재배상의 유의점

- 가. 습해에 약하므로 파종 후 수분 관리에 주의
- 나. 잡종강세를 이용한 단교잡종이므로 매년 갱신된 F₁ 종자 사용
- 다. 알곡 색소 이용 시 최고의 색소함량 위해 적기 수확 요망

6. 보완을 요하는 사항

도복

7. 시험성적

가. 고유특성

- 색소2호는 단교잡종으로 반경립종 임 ('14, 홍천)

교잡계명	교잡유형	엽끝모양	엽자세	엽 녹색정도	과피색
색 소 2호	단교잡종	타원형	매우 강하게 휨	녹색	흑자색
색 소 1호	단교잡종	둥근형	곧거나 약하게 휨	진한녹색	황 색

나. 가변특성

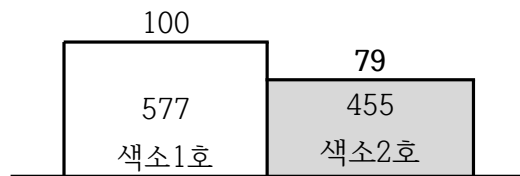
- 색소1호 대비 출사일수는 1일 늦음
- 착수고율은 색소1호 대비 다소 낮은 54.3%임
- 이삭길이는 16.4cm이며 이삭폭은 3.9cm 임

('11, '12, '14, 흥천)

교잡계명	출사일수 (일)	간 장 (cm)	착수고율 (%)	도복 (1~9)	이삭특성(cm)	
					길이	폭
색 소 2호	76	226	54.3	2.7	16.4	3.9
색 소 1호	75	221	56.7	1.7	16.8	3.8

다. 수량성

- 생산력검정('11, '12, '14, 흥천) 색소1호 대비 종실중 79%



- 지역적응시험

- 종실중 (kg/10a)

('11, '12, '14, 흥천)

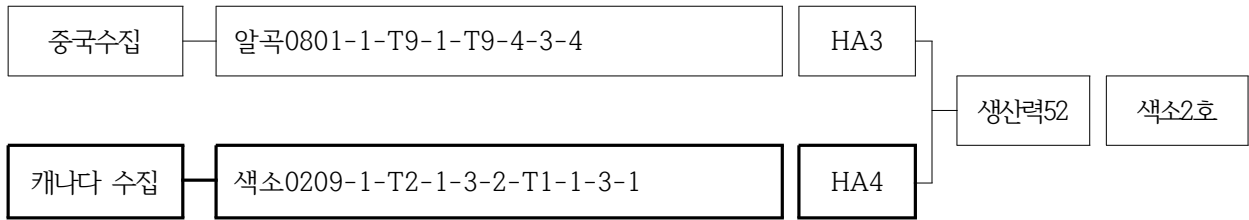
지 역	색소2호(A)				지수(%) A/B	색소1호(B)			
	'11	'12	'14	평균		'11	'12	'14	평균
흥 천	339	479	548	455	79	434	666	632	577

8. 육성경과

가. 육성계통도

년도	♀	'08	'08	'09	'09 동계	'10	'10 동계	'11	'12	'13	'10 동계	'11	'12, '14
	♂		'02	'03	'03 동계	'04	'05	'06	'06 동계	'07			
세대			S ₀	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	교잡종
모본 (♀)	중국 수집	0801	1	T9	1	T9	4	3	2		HA3	} →	생산력52 색소2호
부분 (♂)	캐나다 수집	0209	1	T2	1	3	2	T1	1	3	1		
과정	수집						⊗				계통명명 조합구성	생예	생본

나. 육성계보도



9. 종자 확보량

가. 기본식물 및 시험재배용

계통명	기본식물	시험재배용(F1)	비고
HA3	1.0kg	2kg	
HA4	0.5kg		

10. 대체품종 : 없음

11. 기타 참고사항

가. 품종명칭 추천안 및 명명사유

작물명	교잡계명	명 명 안	명명사유
옥수수	생산력52	색소2호(Saekso 2)	연구소 개발 2번째 색소옥수수

나. 추천 교잡종 장려도 지정(안) : 강원

다. 품종 특성표

- 작성기관 : 강원도농업기술원 옥수수연구소
- 대조 품종명 : 색소1호

No	형 질	표 현 형 태									출 원 품 종		대 조 품 종	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	No	실 측 치	No	실 측 치
2	엽1엽 : 엽끝모양	뾰족하다	다소뾰족하다	등글다	다소타원	타원					5	타원	3	등글다
4	엽 : 엽신 가장자리의 파도모양의 정도	없거나 매우 약하다	중간	강하다							2	강하다	1	없거나 매우 약하다
6	엽 : 엽의 자세	곧거나 매우 약하게 휨		약하게 휨		휨		강하게 휨		매우 강하게 휨	5	휨	1	곧거나 매우 약하게 휨
19	엽 : 엽초의 안토시아닌 색소	없거나 매우 약하다		약하다		중간		강하다		매우 강하다	3	약하다	7	강하다

라. 품종 사진



웅수



자수



이삭모양