

과제구분	센터지원	수행시기		전반기	
중장기 Code		RIMS Code		200803A01082027	
연구과제 및 세부과제		연구분야(Code)	수행기간	연구실	책임자
찰옥수수 신품종 재배환경 변화에 대응하는 재배기술 연구		식량작물 FC0401	'08~'10	홍천군 농업기술센터	박근영
2) 찰옥수수 재배환경 변화에 따른 반응 연구		"	"	옥수수시험장 옥수수연구실	장은하
3) 찰옥수수 친환경 재배단지 조성		"	"	"	박종열
색인용어	찰옥수수, 2기작, 옥묘, 건조, 파습, 친환경재배, 단지조성				

ABSTRACT

The global warming and climate change has been an adverse effect to the crop growing environment. This study aims to evaluate the cultivation adaptability of the superior new corn cultivar to the recent global climate change and was for regional specialization of waxy corn in Hong-cheon county.

In the study of yield response of seedling's leaf number at planting time, the optimal seedling leaf number for economic yield was 2~3 leaves seedling(12~22 days' seedling). The seedling planting method shortened the 4~7 days' harvesting time compared to direct sowing. The planting of 4 leaves seedling(29~30 days' olden seedling) showed high induce rate of abnormal growth character as such tassel degeneration compared to direct sowing and 41~73% reduction of ears' goods rate compared to normal seedling planting.

In the study of water stress response of waxy corn, the yield reduction according to the soil water condition during major growing stages was larger in dry than in over moist condition and also larger on tasseling stage than on young ear formation stage. In drought condition, the proper irrigation time(-30kPa) and irrigation rate in sandy loam soil were estimated as follows: 10M/T per 10a in six day interval after last rain during young ear formation stage(19th May thru 8th June) and 11M/T per 10a in four day interval during tasseling stage(11th June thru 1st July), respectively.

In the study of determination of sowing time at one-week interval production of waxy corn, the economic sowing period was 10 April thru 10 July for direct sowing cultivation of waxy corn in middle and northern region of south Korea. During former period the optimal sowing times for the successful one-week interval harvesting were 10 times as follows: 20 days' interval on April , 12~13 days' on May, 7~8 days' interval on June, 4~5 days' interval on July, respectively. Then it was possible to harvest waxy corn with one-week interval from late July to late September.

In the study of environment friendly cultivation method practice of waxy corn, the proper seedling planting density of "Mibaek #2" was 5,500 plants per 10a. The planting density was more dense in environment friendly than in conventional method. In the study of the high yield environment friendly production of waxy corn kernels, the seedling planting density for environment friendly corn kernel produce of "Mibaek #2" was 5,500 plants per 10a(70×25cm) in consideration of yield capacity, 100 kernels' weight, lodging, etc.

1. 연구목표

식용 찰옥수수(*Zea mays* L.)는 영양학적인 면에서 우수한 건강식품으로 알려져 있어 재배 면적이 점차 늘어나고 있는데 우리나라 중남부지방에서는 찰옥수수 2기작이나 타 작물과의 2모작이 가능하므로 다양한 작부체계를 이용하여 재배하고 있으며 고소득 작물로 정착하여 발전해 가고 있다.

특히 찰옥수수 신품종 미백찰 미백2호, 미흑찰 등의 개발에 힘입어 강원도를 중심으로 전국으로 확산 재배되고 있다.

그러나, 강원도 홍천 지역은 중산간지에 속하며 우수한 상품성을 보이는 찰옥수수 신품종은 중생종에 해당하여 상품성의 저하 없는 2기작 재배가 가능한 재배유형을 탐색할 필요가 있다. 또한 찰옥수수 1기작 재배기간과 2기작 재배기간을 단축하기 위해서는 육묘이식재배가 필수적인데 강원도의 재배여건상 육묘기간의 재배조건에 따라 생육반응 차이가 존재하며 다수 농가에서 육묘와 관련된 조기 출사 및 상품성 저하의 민원이 자주 발생되고 있으므로 옥수수 육묘 기술을 정립하여 수량의 안정성을 확보하고 민원을 해결할 수 있는 기초자료가 필요하다.

그리고, 1982년 경북 북부지역과 남해안 일대의 봄 가뭄, 1994년 7월의 고온현상과 가뭄, 특히 2007년 북한의 경우 가뭄과 고온, 태풍 등 자연재해로 인한 곡물 총 손실량이 140여 만톤에 달하는 등 최근 지구 온난화 및 기후변화로 환경이 작물에 불리하게 진행되고 있는 바 지속적이고 발전적인 찰옥수수 명품화를 위하여 새롭게 육성한 우량 신품종의 기후변화에 대응한 재배적응성 검토 연구가 필요한 때이다.

홍천군은 찰옥수수 지리적표시제 등록(2006. 6)과 함께 찰옥수수 특산화단지로서 농가소득 증대에 상당히 기여하고 있으나 현재 7월 하순에서부터 8월 중순에 집중 출하되면서 과잉생산으로 낮은 가격형성이 문제시 되고 있으므로 분산출하를 위한 재배기술 개발과 기존에 연구 개발된 찰옥수수 친환경 재배기술을 찰옥수수 재배단지에서 현장화 함으로써 구체화하고 체계화하여 농가소득 증대에 기여하고자 한다.

2. 세부과제별 연구추진

<제2세부과제 : 찰옥수수 재배환경 변화에 따른 반응 연구>

1. 찰옥수수 정식기 육묘엽수별 수량 반응 연구

가. 재료 및 방법

(1) 본 시험은 강원도농업기술원 옥수수시험장 연구포(강릉)에서 2008년부터 2010년까지 강원도 자체 육성한 찰옥수수 신품종 미백호(중생종)를 공시하여 수행하였다. 육묘엽수가 2엽, 2.5엽, 3엽, 3.5엽, 4엽이 되는 시기를 역산하여 128공 플러그 셀에 육묘용 상토(원예용 상토 바로커, 서울바이오)를 채운 후 1립씩 파종하여 육묘한 후 본밭 정식은 4월 29일, 5월 27일, 6월 25일, 7월 9일에 “미백2호” 표준 재식밀도(4,000본/10a)에 따라서 재식거리를 휴폭 80cm × 주간거리 30cm로 이식 및 직파하였다. 시비량은 N-P₂O₅-K₂O-퇴비 = 14.3-3-6-1,000kg/10a이었으며, 질소는 기비와 추비(6엽기, 출용기)를 50 : 50으로 분시하였고, 인산, 칼리 및 퇴비는 전량을 기비로 로타리 작업 전에 시용하였다. 기타 재배관리는 농촌진흥청 옥수수 표준 재배법에 준하였다. 시험구 면적은 12m²(휴장 5m, 4열)로 하였으며, 시험구 배치는 난괴법 4반복으로 하였다.

(2) 조사방법은 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사분석기준(농진청, 2003)에 준하였다. 출사기를 조사하여 출사일수를 계산하였고 수확기에 시험구당 20개체를 채취하여 간장, 이삭 길이, 이삭직경 및 이삭중 등을 조사하였으며, 시험구의 상품 이삭수를 이용하여 10a당 상품 이삭수를 계산하였다.

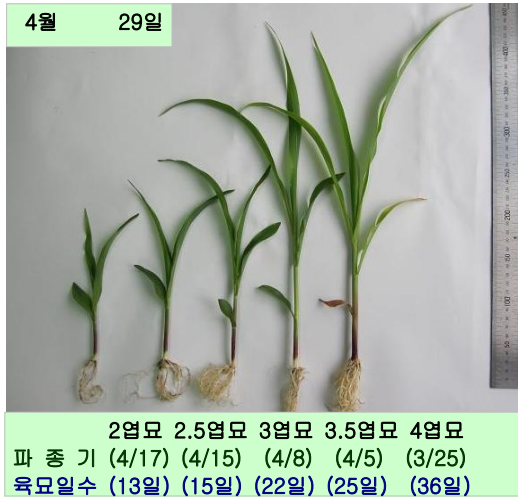
나. 결과 및 고찰

찰옥수수 정식 전 육묘엽수별 생육특성을 표 1-1에서 보면 육묘엽수 2.5엽 이후부터 유묘의 생장이 급격히 진행되어 초장이 웃자랐고, 4월 29일 정식한 3.5엽묘와 4엽묘, 5월 27일 정식한 4엽묘는 유묘의 노화가 진행되어 하위엽이 고사되었다. 반면 4월 29일, 5월 27일 정식한 2엽묘는 묘의 뿌리형성이 덜되어 묘소질이 좋지 않았다.

표 1-1. 찰옥수수 정식 전 육묘엽수별 생육특성

정식시기	육묘엽수	육묘일수 (일)	묘 장 (cm)	간 경 (mm)	근 장 (cm)	건물중 (g/주)	묘충실도 (건물중/묘장)
4월 29일	2.0엽묘	14	18.5	3.2	15.1	0.22	11.7
	2.5엽묘	17	22.9	3.4	15.5	0.30	13.2
	3.0엽묘	22	31.7	3.8	16.8	0.37	11.6
	3.5엽묘	26	37.3	4.2	16.5	0.55	14.8
	4.0엽묘	36	48.5	4.6	17.4	0.92	19.0
5월 27일	2.0엽묘	12	17.2	2.7	13.7	0.20	11.5
	2.5엽묘	14	21.7	3.2	14.7	0.28	12.9
	3.0엽묘	19	30.7	3.7	13.6	0.33	10.7
	3.5엽묘	21	32.5	3.7	13.9	0.38	11.8
	4.0엽묘	29	47.0	4.2	16.3	0.71	15.1

※ 4월 29일 정식 : 온실내 육묘상 전열처리, 이 후 정식 : 무가온 육묘



<그림 1-1> 육묘엽수별 비교



<그림 1-2> 포장전경

찰옥수수 정식시기에 따른 육묘엽수별 생육 및 이삭특성을 표 1-2에서 보면 4월 29일, 5월 27일 직파 및 정식구 공히 직파구의 생육이 가장 좋았고 육묘엽수가 증가할수록 생육이 떨어지는 경향을 보였다.

간장은 직파재배에 비하여 육묘엽수가 증가할수록 짧아져 4엽묘 정식구의 경우 직파재배 대비 61~81% 수준으로 짧았다. 이는 영양생장기간의 대부분을 포트 내에 묘 상태로 지내다가 본밭에 정식 후 미처 다 자라기 전에 생식생장으로 넘어가므로 직파구에 비하여 생육이 떨어지고, 게다가 조기출용 및 조기출사한 것으로 보이게 된다고 사료된다 이러한 결과는 김 등(2010), Park *et al.*(1987), Yun *et al.*(1999) 및 Lee *et al.*(1981)의 보고와 같이 단일과 고온조건에서 영양생장에서 생식생장으로의 상적변화가 빨라 간장이 짧아졌기 때문인 것으로 판단된다.

이삭장은 4월 29일 정식구의 경우 평균 18.2cm로 직파재배 18.8cm에 비하여 3엽묘를 제외하고 1~11% 짧았으며, 5월 27일 정식구의 경우 18.7cm로 직파재배 19.4cm에 비하여 2~5% 짧았다. 특히, 4월 29일 정식구의 경우 육묘엽수가 4엽일 때 이삭장이 16.7cm로 짧아서 이삭 상품성이 크게 떨어졌다. 이러한 결과는 파종기가 늦어져도 이삭장의 차이는 없었다는 Grogan *et al.*(1959)의 보고와는 상이한 결과를 보였으나, 파종기가 늦어질수록 이삭장이 작은 이삭수가 증가하였다는 Zuber(1968)의 보고와 육묘일수가 길어질수록 이삭장이 짧아진다는 김 등(2010)의 보고와 유사한 결과를 보였다.

이삭중은 4월 29일 직파 및 정식구의 경우 직파재배 대비 2엽묘~3엽묘 정식구의 풋옥수수 이삭중 지수가 107~111%로 높게 나타났고, 5월 27일 직파 및 정식구의 경우 직파구 대비 2엽~3.5엽묘 정식구의 풋옥수수 이삭중 지수가 105~108%로 높게 나타났다.

표 1-2. 찰옥수수 정식시기에 따른 육묘엽수별 생육 및 이삭 특성

파종 및 정식시기	육묘엽수	입모율 (%)	간 장 (cm)	착수고율 (%)	이삭장 (cm)	착립장 (cm)	착립율 (%)	이삭경 (mm)	이삭중	
									(g/개)	지 수
4월 29일	직 파	94	198	52	18.8	17.3	92	41.0	166	100
	2.0엽묘	99	181	47	18.4	16.8	91	42.3	182	109
	2.5엽묘	98	179	46	18.7	17.3	93	41.9	184	111
	3.0엽묘	97	169	43	18.8	17.1	91	42.3	178	107
	3.5엽묘	97	158	38	18.4	16.3	88	40.9	160	96
	4.0엽묘	98	120	33	16.7	13.8	83	38.1	137	83
5월 27일	직 파	93	195	49	19.4	17.5	90	40.1	160	100
	2.0엽묘	98	187	48	18.8	17.2	91	41.8	173	108
	2.5엽묘	99	182	49	18.5	16.7	90	41.6	173	108
	3.0엽묘	98	181	46	18.9	17.2	91	41.8	174	108
	3.5엽묘	99	179	48	19.0	17.4	91	41.4	169	105
	4.0엽묘	99	157	43	18.4	16.2	88	40.6	151	94



직파(관행)



4엽묘 정식

<그림 1-3> 생육상황 비교(4월 29일 직파 및 정식)

찰옥수수 정식시기에 따른 육묘엽수별 이상증상 발생비율을 표 1-3에서 보면 4월 29일, 5월 27일 직파 및 정식구 공히 육묘기간이 길어질수록 이상증상이 많이 발생하였는데 특히 4~5월 4엽묘(29~30일 이상된 노화묘) 정식시 직파재배 대비 응수 퇴화, 자수 퇴화, 이삭 발생 불량 등의 이상증상 발생비율이 높았다. 그러나, 포엽엽 발생은 4월 29일, 5월 27일 직파 및 정식구 공히 직파구에서 더 많이 발생했는데 이는 생육상황이 좋을수록 포엽엽 발생도 많아지는 것으로 사료된다.

표 1-3. 찰옥수수 정식시기에 따른 육묘엽수별 이상증상 발생 비율

(단위 : %)

파종 및 정식시기	육묘엽수	육묘일수 (일)	용수 퇴화	자수 퇴화	2차 이삭 먼저 출사	이삭 발생 불량	포엽엽 발생
4월 29일	직 파	-	1	0	0	0	66
	2.0엽묘	14	1	0	0	1	35
	2.5엽묘	17	1	0	0	1	33
	3.0엽묘	22	2	0	2	1	20
	3.5엽묘	26	5	2	2	2	45
	4.0엽묘	36	59	2	3	3	50
5월 27일	직 파	-	1	0	0	1	70
	2.0엽묘	12	1	0	0	1	44
	2.5엽묘	14	1	0	0	1	34
	3.0엽묘	19	2	0	0	0	43
	3.5엽묘	21	3	1	0	3	40
	4.0엽묘	29	14	1	1	4	34

표 1-4에서 찰옥수수 정상주 대비 이상증상별 이삭중·이삭장·상품율을 비교해 보면 정상 찰옥수수 대비 이상증상을 보인 찰옥수수의 이삭무게는 15~88% 감소하고, 이삭장은 13~24% 짧아지며, 상품율은 41~73% 수준으로 떨어지는 경향을 보였다. 그러나, 포엽엽이 발생한 찰옥수수는 정상 찰옥수수와 대등한 수량 및 상품율을 보이고 있어 포엽엽 발생이 수량이 미치는 영향은 미미한 것으로 사료된다.

표 1-4. 찰옥수수 이상증상별 이삭중, 이삭장, 상품율, 수량 비교

이상증상	이삭중		이삭장		상품율 ¹⁾		수량 ¹⁾	
	(g/개)	지 수	(cm)	지 수	(%)	지 수	(개/10a)	지 수
정상주(대비)	173	100	18.6	100	90	100	3,733	100
용수퇴화	84	49	16.1	87	31	34	1,264	34
자수퇴화	20	12	15.8	85	50	56	2,084	56
2차이삭 먼저출사	147	85	15.9	85	53	59	2,214	59
이삭발생불량	105	61	14.1	76	24	27	992	27
포엽엽 발생	179	104	18.7	101	87	97	3,626	97

※ 1) : 이삭장 18cm 이상



웅수 퇴화



자수 퇴화



2차 이삭 먼저 출사



이삭 발생 불량



이삭 발생 불량
<그림 1-4> 이상증상



포엽엽 발생

찰옥수수 정식시기에 따른 육묘엽수별 상품율 및 수량을 표1-5에서 보면 상품 이삭수는 4월 29일, 5월 27일 직파 및 정식구 공히 3엽묘 정식구가 각각 3,655개/10a, 3,570개/10a로 가장 높았으나 육묘엽수 4엽을 제외하고, 2엽~3.5엽까지는 육묘엽수에 관계없이 수량이 비슷하였다. 4엽묘에서 수량이 적은 것은 잎이 노화하여 묘소질이 좋지 않아 수량에 까지 영향을 미친 것으로 사료된다. 이러한 결과는 김 등(2010)이 찰옥4호 1기작 재배 시 육묘일수 15일에서 상품이삭수가 가장 높았으나 육묘일수(10일~30일) 간에 큰 차이가 없었다는 보고와는 차이를 보였으나, 2기작 재배 시 육묘일수 30일을 제외하고 육묘일수에 관계없이 수량이 비슷하였다는 보고와는 유사한 경향이였다.

찰옥수수 정식재배시 상품수량은 2~3.5엽묘에 정식하여도 직파재배와 수량차이가 없으나 2엽묘는 뿌리형성이 덜 되어 묘 소질이 불량하고, 3.5엽묘는 본 포장 준비나 기상에 의해 정식이 지연될 때 바로 4엽묘로 진행되기 때문에 안정적인 수량 확보를 위해서는 2.5~3엽묘가 적당 할 것으로 사료된다.

표 1-5. 찰옥수수 정식시기에 따른 육묘엽수별 상품율 및 수량

과종 및 정식시기	육묘엽수	이삭수(개/10a)			상품율 ¹⁾ (%)	수량 ¹⁾	
		20cm 이상	18~20cm	18cm 미만		(개/10a)	지 수
4월 29일	직 파	1,779	1,776	612	85	3,555a	100
	2.0엽묘	496	2,952	719	83	3,448a	97
	2.5엽묘	1,049	2,437	681	84	3,486a	98
	3.0엽묘	607	3,048	512	88	3,655a	103
	3.5엽묘	683	2,592	893	79	3,274a	92
	4.0엽묘	111	1,479	2,577	38	1,590b	45
5월 27일	직 파	2,050	1,527	590	86	3,577a	100
	2.0엽묘	1,364	2,116	687	84	3,480a	97
	2.5엽묘	1,047	2,189	931	78	3,236ab	90
	3.0엽묘	1,455	2,115	597	86	3,570a	100
	3.5엽묘	1,575	1,945	647	84	3,520a	98
	4.0엽묘	1,088	1,805	1,275	69	2,892b	81

※ 1) : 이삭장 18cm 이상

DMRT(5%)

찰옥수수 정식시기에 따른 육묘엽수별 소득분석 결과를 표 1-6에서 보면 4월 29일, 5월 27일 직파 및 정식구 공히 직파구의 소득 및 소득율이 각각 748천원/10a, 67.2%와 892천원/10a, 71.3%로 가장 높았고, 육묘엽수 중에는 3엽묘 이식시의 소득 및 소득율이 각각 730천원/10a, 64.4%와 801천원/10a, 63.9%로 높게 나타났으며, 4엽묘 이식시의 소득 및 소득율이 가장 낮았다. 육묘이식 보다 직파구의 소득 및 소득율이 더 높게 나타난 이유는 3엽묘 이식 재배시의 수량은 직파와 대등하거나 약간 높게 나타난 반면 투입되는 경영비(제재료비, 고용노력비 등)는 더 많이 들어 소득이 적게 나온 것으로 사료된다.

표 1-6. 찰옥수수 정식시기에 따른 육묘엽수별 소득분석

과종 및 정식시기	육묘엽수	수량 (개/10a)	조수입 ¹⁾ (원/10a)	경영비 (원/10a)	소득		소득율 (%)
					(원/10a)	지 수	
4월 29일	직 파	3,555	1,112,447	364,633	747,814	100	67.2
	2.0엽묘	3,448	1,095,015	400,381	694,634	93	63.4
	2.5엽묘	3,486	1,102,494	401,306	701,188	94	63.6
	3.0엽묘	3,655	1,134,457	404,364	730,093	98	64.4
	3.5엽묘	3,274	1,061,543	397,263	664,280	89	62.6
	4.0엽묘	1,590	733,020	367,670	365,350	49	49.8
5월 27일	직 파	3,577	1,252,104	359,934	892,170	100	71.3
	2.0엽묘	3,480	1,235,575	451,434	784,141	88	63.5
	2.5엽묘	3,236	1,192,719	448,089	744,630	83	62.4
	3.0엽묘	3,570	1,253,596	452,534	801,062	90	63.9
	3.5엽묘	3,520	1,242,271	451,467	790,804	89	63.7
	4.0엽묘	2,892	1,111,568	443,359	668,209	75	60.1

※ 1) : 이삭장 18cm 이상 - 가락시장 찰옥수수 8kg 상품 평균가격 적용
그 외 - 가락시장 8kg 중품 평균가격 및 알곡가격 적용

2. 찰옥수수 수분 스트레스에 따른 반응 연구

가. 재료 및 방법

(1) 본 시험은 강원도농업기술원 옥수수시험장(정선)에 있는 250㎡크기의 연동형 플라스틱 하우스에서 2008년부터 2010년까지 강원도 자체 육성한 찰옥수수 신품종 미백호(중생종)를 공시하여 수행하였다. 4월 중순 128공 플러그 셀에 육묘용 상토(원예용 상토 바로커, 서울바이오)를 채운 후 1립씩 파종하여 14일간 육묘한 후 본밭 정식은 4월 하순에 “미백2호” 표준 재식밀도(4,000본/10a)에 따라서 재식거리를 휴폭 80cm × 주간거리 30cm로 1주 1본 이식한 후 점적호스를 설치하고 재배하였다. 시비량은 N - P₂O₅ - K₂O - 퇴비 = 14.3 - 3 - 6 - 1,000kg/10a이었으며, 질소는 기비와 추비(6엽기, 출용기)를 50 : 50으로 분시 하였고, 인산, 칼리 및 퇴비는 전량을 기비로 로타리 작업 전에 사용하였다 기타 재배관리는 농촌진흥청 옥수수 표준재배법에 준하였다. 시험구 면적은 31.2㎡(휴장 4.8m, 7열)로 하였으며, 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였다.

(2) 재배지의 토양은 사질양토였으며, 관수량은 토양수분장력에 기초하여 관수개시점을 달리하여 조절하였는데, 정식 후 수확기까지 모든 처리에서 -30kPa을 기준으로 관수하였고, 유수형성기와 출용기 등 2시기에 각 20일간 처리를 달리하여 관수하였다. 각 처리시기별 관수개시점은 -30kPa 처리를 대조구로 하고 과습조건은 -10kPa, 건조조건은 -50kPa, 단수 등 4 처리로 구분하여 수행하였다. 처리간 및 시험구 외부와의 수분 이동에 대한 영향을 최소화하기 위하여 선라이트를 지하 30cm 깊이로 묻었으며 비가림 하우스 천창과 측창은 평상시에는 열어 놓았고 비가 올 때는 내려 놓았다. 토양수분 조절은 제작한 관수자동제어기를 사용하여 제어하였고, 토양수분장력 측정은 전자식 토양수분장력센서(tension meter, Irrrometer, USA)를 토심 17cm에 설치한 후 사용하였다. 관수조절은 제작한 자동 관수 조절장치 전자벨브, tension meter(Irrrometer, USA)를 이용하여 점적타이푼(Dripline, Netafim, Israel)으로 자동관수하였다. Tension meter 준비는 유공컵 내 과용존산소를 없애기 위하여 정식 1일 전에 24시간 증류수에 담가 흡습시켰으며, 설치장소는 점적테이프와 식물체의 중간이며, 방법은 tension meter의 굽기와 같은 파이프를 이용하여 토양을 17cm 깊이로 구멍을 낸 후 여기에 tension meter를 똑바로 꽂고 가볍게 눌러 준 후 한쪽 전선은 관수를 위하여 설치된 전자벨브의 한쪽 전선과 연결하고 나머지 전선은 제작한 관수조절 박스에 직접 연결하였다.

(3) 조사방법은 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사분석기준(농진청, 2003)에 준하였다.

출사기를 조사하여 출사일수를 계산하였고 수확기에 시험구당 20개체를 채취하여 간장, 이삭길이, 이삭직경 및 이삭중 등을 조사하였으며, 시험구의 상품 이삭수를 이용하여 10a당 상품 이삭수를 계산하였다.

나. 결과 및 고찰

찰옥수수 종자 발아 및 초기 생육을 균일하게 하기 위해 128공 플러그 셀을 이용하여 파종하고 14일간 육묘한 후 비닐하우스 내에 정식하였는데, 정식 전 찰옥수수 묘의 생육 특성을 표1-8에서 보면 묘장 17.4cm, 간경 2.9mm, 엽수 2.4매, 근장 15.2cm, 주중 2.7g 이었다.

표 1-8. 찰옥수수 묘 생육특성

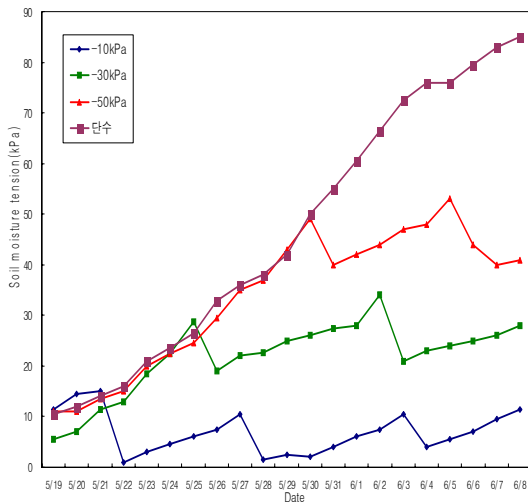
파종기	육묘일수 (일)	정식기	묘 장 (cm)	간 경 (mm)	엽 수 (매)	근 장 (cm)	주 중 (g/주)
4월 9일	14일	4월 23일	17.4	2.9	2.4	15.2	2.7



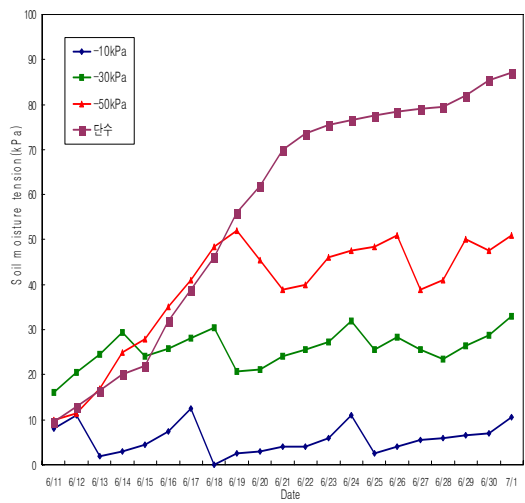
<그림 1-6> 자동관수시스템 설치



<그림 1-7> 정식 및 수분장력계 설치



< 유수형성기 >



< 출용기 >

<그림 1-8> 토양수분장력의 변화

이식 후 초기에는 적정 관수(관수개시점 -30kPa)를 실시하다가 유수형성기간(6~7엽기, 5. 19 ~ 6. 8)과 출용기간(6. 11 ~ 7. 1)에 각 시험구별로 관수개시점을 달리하여 20일간 관수처리를 실시하였다. 각 관수처리내용별 토양수분장력의 변화는 그림 8에서 보는 바와 같이 대조구인 적정 관수구(관수개시점 -30kPa)에서 -5.5~-34kPa, 과습 처리구(-10kPa)에서 0~-15kPa, 건조 처리구(-50kPa)에서 -10~-53kPa로 각각 유지되었고, 단수 처리구는 토양수분장력이 서

서히 증가하여 처리 후 20일에 -87kPa 까지 올라가 찰옥수수의 생육에 영향을 미쳤을 것으로 판단되었다.

찰옥수수 수분 처리시기 및 처리내용별 생육 특성을 보면 표1-9와 같이 전반적으로 각 수분 처리시기 공히 적정 수분처리구에 대비하여 과습 처리구가 간장이 비슷하였고 건조 처리구는 간장이 작아지는 경향을 보였다. 이는 영양 생장을 가장 많이 할 시기에 단수에 의한 수분 부족으로 영양 생장을 충분히 못한 것으로 판단된다. 또한 간경, 엽장도 적정 관수가 각각 16.8mm, 89.8cm인데 비해 유수형성기 단수 처리구는 간경이 15.8mm, 엽장이 83.4cm로 가늘거나 작고, 출용기 단수 처리구도 같은 경향이였다 이는 이식 이후 영양 성장 속도가 가장 빠른 영양 성장 기간에 단수를 함으로서 한발에 의한 생육 장애로 영양 생장을 하지 못하였기 때문인 것으로 판단된다. 이러한 결과는 한 등(1985)이 토양수분함량을 포장용수량의 100, 80, 60 및 40%에 가깝게 유지되도록 수위를 조절하였을 때 옥수수의 초장과 최대엽의 엽신장은 60% 수분구가 가장 길었고 그 이외의 처리에서는 짧았다는 보고와 김 등(1999)이 작약에서 지상부 생육 최성기인 4월~5월에 단수를 했을 때 한발에 의해 지상부 생육이 가장 저조하였다는 보고와 유사한 경향이였다.

표 1-9. 찰옥수수 관수 처리시기 및 처리내용별 생육 특성

관수처리 시기	관수처리내용 (관수개시점)	간장 (cm)	착수고율 (%)	응수분지수 (개)	간경 (mm)	엽수 (매)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)
적 정	(-30kPa)	227	44	11.2	16.8	17.0	89.8	9.5
유수형성기	과 습 (-10kPa)	225	48	11.7	17.8	18.0	94.0	10.1
	건 조 (-50kPa)	231	46	11.2	16.7	16.9	89.4	9.5
	단 수	197	44	11.4	15.8	16.0	83.4	9.0
출용기	과 습	253	49	11.8	17.8	17.8	92.8	9.9
	건 조	219	47	11.3	16.6	16.9	88.9	9.5
	단 수	192	50	11.2	16.4	16.2	88.5	9.3
유수형성기 + 출용기	단 수	140	53	11.4	14.9	16.0	80.4	9.0

찰옥수수 수분 처리시기 및 처리내용별 수확 후 이삭특성을 보면 표1-10과 같이 적정 관수처리구에 대비하여 이삭장, 착립장, 이삭경, 이삭중 모두 과습, 건조, 단수 처리구 순으로 작아졌고, 유수형성기보다는 출용기에 더 작아지는 경향을 보였다

이삭장 및 착립장은 적정 관수처리구에서 각각 18.6cm, 15.7cm인데 비해 유수형성기 과습 및 건조처리구와 출용기 과습처리구는 비슷하나 출용기 단수처리구는 각각 14.3cm, 13.0cm로 짧았고 이삭경도 마찬가지로 적정 관수처리구에서 41.8mm인데 비해 유수형성기 과습 및 건조처리구와 출용기 과습 및 건조처리구는 비슷하나 출용기 단수처리구는 37.3mm로 가늘었으며 이삭중에 있어서는 적정 관수처리구가 110g인데 비해 유수형성기 단수처리구는

72g으로서 35% 감소되었고, 출용기 단수처리구는 15g으로서 86%나 감소되었다. 이는 유수형성기 한발 시가 출용기 한발 시보다 생육에 피해를 덜 받고 출용기 이후에 회복이 된 것으로 판단되며 생육 최적기인 출용기 한발은 생식 생장에 필요한 충분한 영양 생장이 어려워 이삭중 감소가 더 컸던 것으로 판단된다. 이러한 결과는 김 등(2000)이 홍화를 생육시기별로 단수처리했을 때 생육 초기나 생육 후기 보다 영양 성장 속도가 가장 빠른 생육 중기에 수량구성요소(유효 화두수, 등숙 립수, 등숙 비율, 백립중)의 감소가 가장 컸다는 보고와 비슷한 경향이였다.

표 1-10. 찰옥수수 관수 처리시기 및 처리내용별 수확 후 이삭 특성

관수처리 시기	관수처리내용 (관수개시점)	포엽엽장 (cm)	이삭장 (cm)	착립장 (cm)	착립율 (%)	이삭경 (mm)	이삭중 (g/개)	이삭중 지 수
적 정	(-30kPa)	0.9	18.6	15.7	85	41.8	110	100
유수형성기	과 습 (-10kPa)	1.5	19.5	16.1	83	43.5	94	86
	건 조 (-50kPa)	1.2	18.2	15.3	83	42.0	85	78
	단 수	0.9	17.0	14.3	84	39.8	72	65
출용기	과 습	1.3	19.3	16.0	83	43.8	97	88
	건 조	1.2	17.4	14.6	83	41.4	60	54
	단 수	0.9	14.3	13.0	87	37.3	15	14
유수형성기 + 출용기	단 수	0.1	13.9	12.3	89	36.1	10	9

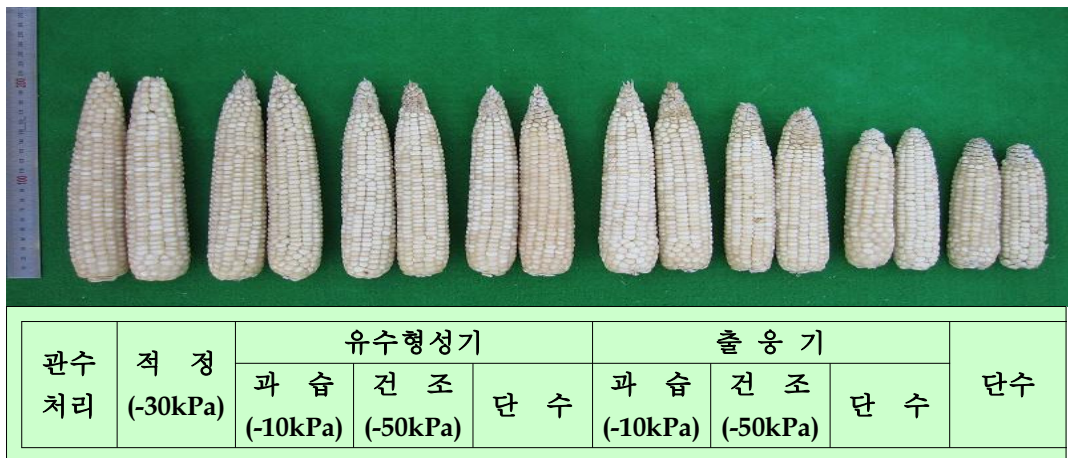
찰옥수수 관수 처리시기 및 처리내용별 수량 및 상품율을 보면 표1-11과 같다. 우선, 관수 처리내용별 수량 및 상품율을 보면 전반적으로 각 관수 처리시기 공히 적정 관수처리구(관수개시점 -30kPa)에 대비하여 과습(-10kPa), 건조(-50kPa), 단수 처리구 순으로 수량 및 상품율이 낮아지는 경향을 보였는데, 상품성 있는 이삭 수량은 유수형성기와 출용기 전 기간 적정 관수처리구 2,639개/10a 대비 수분조건은 과습보다는 건조처리구에서 처리시기는 유수형성기보다 출용기에 수량감소가 컸고 특히 전 기간 단수 처리구는 278개/10a로 89% 감소되었다. 따라서, 찰옥수수 “미백2호”의 수량 반응은 유수형성기보다는 출용기의 수분 스트레스에 더 민감하게 작용한다고 사료된다. 이러한 결과는 김과 고(1997)가 콩에서 착협 시부터 30일간 단수 시 개체당 협수, 개체당 립중의 감소율이 가장 컸다는 보고와 최 등(1997a)이 보리에서 출수 10일간 즉 유숙기의 한발 처리 시 간장 주당 수수, 립수, 천립중, 수량 등의 감소가 가장 컸다는 보고와 비슷한 경향이였다.

표 1-11. 찰옥수수 관수 처리시기 및 처리내용별 상품율 및 수량 (단위 : %)

관수처리시기	관수처리내용 (관수개시점)	이삭수(개/10a)			상품율 ¹⁾ (%)	수량 ¹⁾	
		20cm 이상	18~20cm	18cm 미만		(개/10a)	지수
적 정	적 정 (-30kPa)	868	1,771	1,528	63	2,639a	100
유수형성기	과 습 (-10kPa)	764	1,389	2,014	52	2,153ab	82
	건 조 (-50kPa)	313	1,702	2,153	48	2,014ab	76
	단 수	278	1,597	2,292	45	1,875ab	71
출용기	과 습	486	1,528	2,153	48	2,014ab	76
	건 조	104	1,250	2,813	33	1,354b	51
	단 수	0	417	3,750	10	417c	16
유수형성기 + 출용기	단 수	0	278	3,889	7	278c	11

※ 1) : 이삭장 18cm 이상

DMRT(5%)



<그림 1-9> 관수처리조건별 수확이삭

찰옥수수 관수 처리시기 및 처리내용별 소득분석 결과를 표1-12에서 보면 적정 관수처리구(관수개시점 -30kPa)의 소득 및 소득율이 각각 761천원/10a, 69.2%로 가장 높았고, 과습(-10kPa), 건조(-50kPa), 단수 처리구 순으로 수량 및 상품율이 낮아지는 경향을 보였는데 특히 출용기 단수 처리구의 소득 및 소득율이 각각 295천원/10a, 50.1%로 적정 관수처리구 대비 67% 더 낮았다. 이상의 결과, 토양수분조건에 따른 찰옥수수의 생육 및 수량반응은 수분조건은 과습보다는 건조 조건하에서, 처리시기는 유수형성기보다 출용기에 민감하게 반응하는 것으로 나타났다. 따라서 재배환경 변화에 대비한 찰옥수수 재배 시 안정적 생산을 위한 토양수분조건은 유수형성시기보다는 출용기에 그리고 과습 조건보다는 건조 조건시에 보다 철저한 수분관리가 이루어져야 할 것으로 판단되었다.

표 1-12. 찰옥수수 관수 처리시기 및 처리내용별 소득분석

관수처리시기	관수처리내용 (관수개시점)	수 량 (개/10a)	조수입 ¹⁾ (원/10a)	경영비 (원/10a)	소 득		소득율 (%)
					(원/10a)	지 수	
적 정 (-30kPa)		2,639	1,099,376	338,805	760,571	100	69.2
유수형성기	과 습 (-10kPa)	2,153	998,937	328,869	670,068	88	67.1
	건 조 (-50kPa)	2,014	960,582	326,153	634,429	83	66.0
	단 수	1,875	925,282	323,225	602,057	79	65.1
출용기	과 습	2,014	967,026	326,047	640,979	84	66.3
	건 조	1,354	816,269	312,596	503,673	66	61.7
	단 수	417	588,083	293,628	294,455	39	50.1
유수형성기 + 출용기	단 수	278	541,385	290,807	250,578	33	46.3

※ 1) : 이삭장 18cm 이상 - 가락시장 찰옥수수 8kg 상품 평균가격 적용
그 외 - 가락시장 8kg 중품 평균가격 및 알곡가격 적용

표 1-13은 한발 처리 후 경과일수와 토양수분장력과의 관계를 회귀식으로 계산하고 관수시기를 예측한 것으로 주요 생육시기별 장기간 한발 시 토양수분장력 -30kPa을 관수 시점으로 했을 때 사양토에서의 적정 관수시기 및 관수량은 유수형성기(5/19~6/8)는 무강우 후 약 6일 간격 10톤/10a, 출용기(6/11~7/1)는 약 4일 간격, 11톤/10a으로 예측되었다. 즉 단수 시기별로 관수 예측 시기 및 관수량이 상이한데 이는 찰옥수수 생육단계 및 시기별로 수분의 흡수량과 기상 환경이 상이하기 때문인 것으로 판단된다. 이러한 결과는 김 등(1996)이 토천궁에 대한 포장 용수량 수준의 토양 수분 조건에서 유효 수분 지속일은 토양 20cm 깊이의 경우 유식물기에는 23일 정도, 개화기에는 10일 정도, 근경 비대기에는 13일 정도라고 하였고, 김 등(2000)은 홍화에 대해서 토양 수분 장력 0.5bar를 관수 시점으로 했을 때 관수시기가 생육 초기(3월 20일~4월 18일)는 단수 후 23일, 생육 중기(4월 29일~5월 28일)는 10일 그리고 생육 후기(6월 8일~7월 7일)는 9일째가 각각 관수시기로 예측하여 본 연구 결과와 비슷한 경향이었으며 유(1993)는 우리나라 밭토양에서 20cm 깊이의 유효 수분 지속일은 약 20일이라고 하였는데 생육 시기와 기상 토양 및 작물에 따라 다소의 차이는 있을 것으로 추측된다.

표 1-13. 찰옥수수 주요 생육시기별 한발시 관수시기 및 관수량 예측

한발 시기 (월/일)	관수시기 예측 회귀식 (R ²)	단수 후 관수간격(일)		1회 관수량(ℓ/10a)	
		-30kPa ¹⁾	-50kPa	-30kPa ¹⁾	-50kPa
유수형성기 (5/19~6/8)	y=3.3331x+11.648 (0.8307)	6	12	10,207	15,121
출용기 (6/11~7/1)	y=3.6970x+16.171 (0.8660)	4	9	11,095	16,023

※ 1) -30kPa : 관수가 필요한 시점 ※ 토성 : 사양토

3. 찰옥수수 1주일 간격 생산을 위한 파종기 설정 연구

가. 재료 및 방법

(1) 본 시험은 강원도농업기술원 옥수수시험장 연구포장(홍천)에서 2009년부터 2010년까지 강원도 자체 육성한 찰옥수수 신품종 미백호(중생종)를 공시하여 수행하였다. 흑색 P.E. Film으로 멀칭하고 “미백2호” 표준 재식밀도(4,000본/10a)에 따라서 재식거리를 휴폭 80cm × 주간거리 30cm로 직파하였다. 시비량은 N-P₂O₅-K₂O-퇴비 = 14.3-3-6-1,000kg/10a 이었으며, 질소는 기비와 추비(6엽기, 출용기)를 50 : 50으로 분시하였고, 인산, 칼리 및 퇴비는 전량을 기비로 로타리 작업 전에 사용하였다. 기타 재배관리는 농촌진흥청 옥수수 표준재배법에 준하였다. 시험구 면적은 160㎡(휴장 8m, 26열)로 하였다.

(2) 2009년 파종계획은 기존에 산출되어 있는 미백찰의 GDD 988℃와 미백찰에 비해 미백2호의 숙기가 4~5일 늦은 점을 기초로 하여 1주일 간격으로 미백2호를 수확할 수 있는 파종기를 설정하였다. 그리고, 지구온난화로 인한 기온상승으로 재배가능기간이 연장되었을 것으로 판단되어 재배한계기를 보기 위한 파종기도 추가하였다

- “미백찰”의 GDD를 기초로 한 1주일 간격 생산을 위한 “미백2호” 파종계획 (2009년)

구 분	1차	2차	3차	4차	5차	6차	7차	8차	9차	10차	11차	12차	13차
파종기 (월/일)	4/1	4/20	5/7	5/22	6/2	6/12	6/21	6/28	7/2	7/6	7/10	7/14	7/18
예측 수확기 (월/일)	7/23	7/30	8/6	8/13	8/20	8/27	9/4	9/11	9/18	9/25	10/2	10/9	10/16
실제 파종기 (월/일)	4/10	4/20	5/7	5/22	6/2	6/12	6/21	6/28	7/2	7/6	7/10	7/15	7/19

- 파종시기(13회) : 4월 20일 파종의 수확예정일부터 1주일 간격 수확 가능한 일자에 파종, 재배한계기 구명을 위한 파종기 추가
- “미백찰” GDD 988℃ + 75℃ = 1063℃ 적용(흑색비닐피복재배)
 (“미백찰”에 비해 “미백2호” 수확일은 5일 정도 늦음, 즉 75℃ 더 계산)
- GDD 계산법 : $(H'+L')/2-10^{\circ}\text{C}$ → 변이를 최소로 하는 계산법

※ GDD(Growing Degree Days) : 유효적산온도

H' : 일 최고기온이 30℃ 이상일 경우 30℃으로 보정

L' : 일 최저기온이 10℃ 이하일 경우 10℃으로 보정

최고·최저기온 : 홍천 30년 평년기온 적용

(3) 2010년 파종계획은 2009년도에 산출한 미백2호의 GDD 1,145℃와 홍천군의 5년간 (2005~2009년) 평균 최고·최저온도를 기초로 하여 1주일 간격으로 미백2호를 수확할 수 있는 파종기를 설정하였다. 그리고, 지구온난화로 인한 기온상승으로 재배가능기간이 연장되었을 것으로 판단되어 재배한계기를 보기 위한 파종기도 추가하여 시험하였다

- “미백2호”의 GDD를 기초로 한 1주일 간격 생산을 위한 파종계획 (2010년)

구 분	1차	2차	3차	4차	5차	6차	7차	8차	9차	10차	11차	12차	13차
파종기 (월/일)	4/10	4/30	5/13	5/25	6/5	6/14	6/22	6/27	7/2	7/6	7/10	7/14	7/18
예측 수확기 (월/일)	7/28	8/4	8/11	8/18	8/25	9/1	9/8	9/15	9/22	9/29	10/6	10/13	10/20

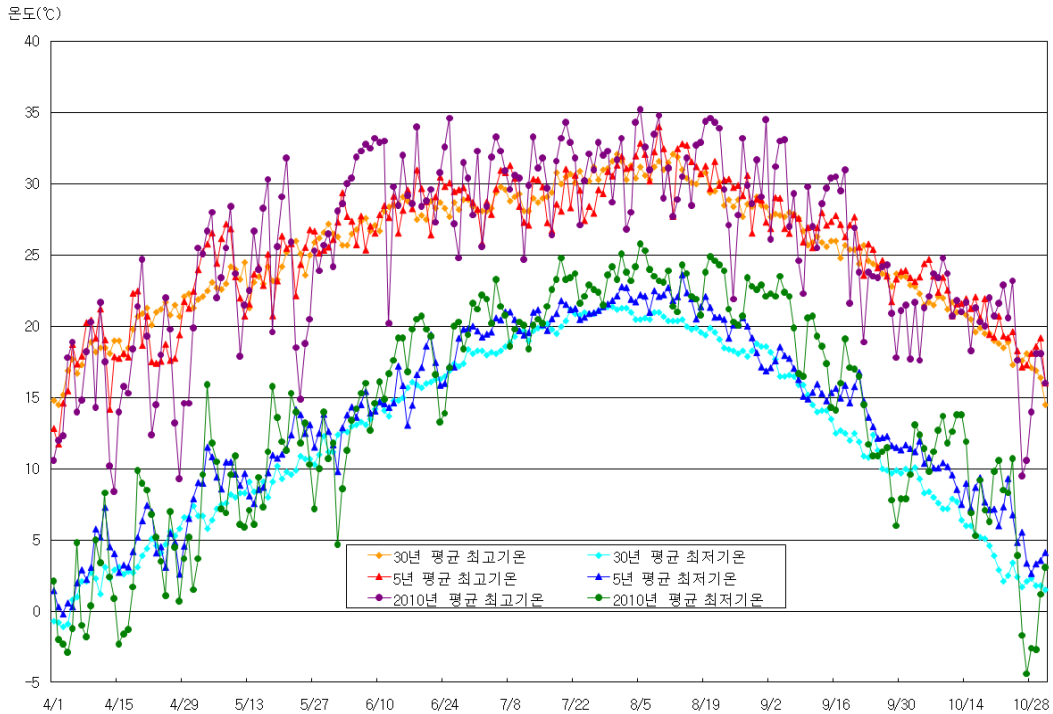
- 파종시기(13회) : 4/10~7/10을 파종가능기간으로 설정,
재배한계기 구명을 위한 파종기 추가
- 미백2호 GDD 1145℃ 적용
- GDD 계산법 : $(H'+L')/2-10^{\circ}\text{C}$ → 변이를 최소로 하는 계산법
- ※ GDD(Growing Degree Days) : 유효적산온도
 - H' : 일 최고기온이 30℃ 이상일 경우 30℃ 으로 보정
 - L' : 일 최저온도가 10℃ 이하일 경우 10℃ 으로 보정
 - 최고· 최저기온 : 홍천 5년(2005~2009년) 평균기온 적용

(4) 조사방법은 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사분석기준(농진청, 2003)에 준하였다.

출사기를 조사하여 출사일수를 계산하였고 수확기에 시험구당 20개체를 채취하여 간장, 이삭길이, 이삭직경 및 이삭중 등을 조사하였으며, 시험구의 상품 이삭수를 이용하여 10a당 상품 이삭수를 계산하였다.

나. 결과 및 고찰

강원도 홍천지역의 2010년, 최근 5년(2006년~2010년) 및 30년간(1971년~2000년) 일평균 최고, 최저기온을 보면 그림 1-10과 같다. 30년간 일평균 최고기온은 4월 초에는 약 16.9℃ 였으나 점점 상승하여 8월 상순에는 약 31.0℃가 되었고, 그 후 기온이 감소하여 10월 하순에는 약 17.4℃가 되었다. 30년간 일평균 최저기온도 마찬가지로 경향으로 4월 초에는 약 0.8℃ 였으나 점점 상승하여 7월 하순에는 약 21.1℃가 되었고, 그 후 기온이 감소하여 10월 하순에는 약 2.2℃가 되었다. 2010년은 봄 저온현상과 여름 잦은 강우 등의 기후환경 변화로 일평균 최고, 최저기온이 30년간 최고, 최저기온보다 변이가 심하였다. 최근 5년(2006년~2010년)간 홍천군의 평균기온은 30년(1971년~2000년) 기온 대비 1.2℃ 상승하였고, 찰옥수수 재배 기간인 4월~10월까지의 최고, 최저기온은 각각 0.3℃, 1.8℃ 상승하였다.



<그림 1-10> 홍천군 기상현황

강원도 홍천에서 찰옥수수 “미백2호”를 2009년~2010년에 흑색 P.E. film 피복으로 재배하여 파종기별 생육 및 이삭특성을 보면 표 1-14와 같다. 간장은 4월 10일~5월 13일 파종구까지는 증가하다가 그 이후 파종구부터는 점차 감소되는 경향을 보였다 이삭장은 4월 10일~7월 14일 파종구 간에 큰 차이는 없었지만 7월 18일 파종구에서는 다른 파종구보다 짧았다 이는 생육 기간 중 저온과 단일에 의해 생육을 제대로 하지 못했기 때문으로 사료된다 이러한 결과는 이 등(2006)이 찰옥수수 “미백찰” 파종기에 따른 생육상황 중 간장을 보면 4월 1일에서 5월 11일 파종기까지는 차이가 없었으나 그 이후에는 파종기가 지연 될수록 간장이 감소하였다는 보고와 비슷한 경향이었다.

이삭중은 5월 13일 파종구에서 가장 높았고 4월 10일 및 4월 30일 파종구는 5월 13일 파종구와 큰 차이가 없었으며, 그 이후의 파종구부터는 이삭중이 적으면서 파종기에 따른 일정한 경향은 없었다. 그 이유는 옥수수 생육기간 동안 잦은 강우, 이상 저온, 일사량 부족 등의 환경변화로 인한 입묘불량, 수정장애 및 종실의 발육불량 등으로 파종기에 따른 찰옥수수의 생산성을 정상적으로 평가하기 어려웠다 그리고, 6월 28일에 파종한 것은 생육이 좋았으나 출웅, 출사기가 장마기간과 겹쳐서 수정이 불량하였다 이러한 결과는 이 등(2006)이 찰옥수수 “미백찰” 파종기에 따른 자수 특성을 보면 4월 1일에서 6월 10일 파종기까지는 자수장, 착수장, 자수중이 비슷하였지만 6월 20일 파종에서는 모든 특성이 감소하기 시작하여 그 이후에는 파종기가 늦을수록 현저히 감소하였다는 보고와 비슷한 경향이었다

표 1-14. 찰옥수수 파종기별 생육 및 이삭 특성

구 분	파종기 (월/일)	출아기 (월/일)	간 장 (cm)	착수고율 (%)	이삭장 (cm)	착립율 (%)	이삭경 (mm)	이삭중	
								(g/개)	지 수
1차	4/10	4/29	205	49	18.8	94	40.1	152	101
2차(대조)	4/30	5/8	229	48	18.6	90	40.3	151	100
3차	5/13	5/18	249	52	19.0	93	39.9	158	105
4차	5/25	5/31	231	51	17.2	84	36.7	134	88
5차	6/5	6/9	207	53	17.1	90	38.7	114	75
6차	6/14	6/17	215	45	18.4	91	38.9	126	83
7차	6/22	6/25	205	44	18.4	95	39.7	138	91
8차	6/28	6/30	198	46	17.1	89	39.1	77	51
9차	7/2	7/4	186	43	17.8	88	39.5	113	75
10차	7/6	7/8	198	46	18.5	81	40.4	137	91
11차	7/10	7/13	187	46	18.0	87	40.0	100	66
12차	7/14	7/16	191	46	17.1	88	39.5	43	29
13차	7/18	7/20	179	50	15.9	91	40.4	22	15



<그림 1-11> 비닐멀칭작업



<그림 1-12> 파종작업



<그림 1-13> 포장전경(4/10 파종)



<그림 1-14> 포장전경(전체)

찰옥수수 파종기별 상품율 및 수량을 표1-15에서 보면 4월 30일 파종구의 10a당 이삭수량 3,802개 대비 4월 10일~7월 10일 파종구의 풋옥수수 이삭수량 지수가58~108%로 나타났다으나, 7월 14일, 7월 18일 파종구는 각각 33%, 15%로 적게 나타났다. 특히, 6월 28일 파종구의 10a당 이삭수량이 1,979개로 4월 30일 파종구 대비 58% 수준 밖에 되지 않은 것은 출용, 출사기가 장마기간과 겹쳐서 수정불량에 원인이 있다고 사료되고 7월 14일 파종구 부터는 온도가 낮고 일장이 짧아져서 수량이 급격히 감소하였다 이러한 결과는 이 등(2006)이 찰옥수수 “미백찰” 파종기에 따른 30주당 상품성 있는 자수수가 4월 1일에서 6월 19일 파종기까지는 크게 감소하지 않았으나 6월 30일 파종 이후부터는 파종기가 늦을수록 현저히 감소하였다는 보고와 비슷한 경향이였다.

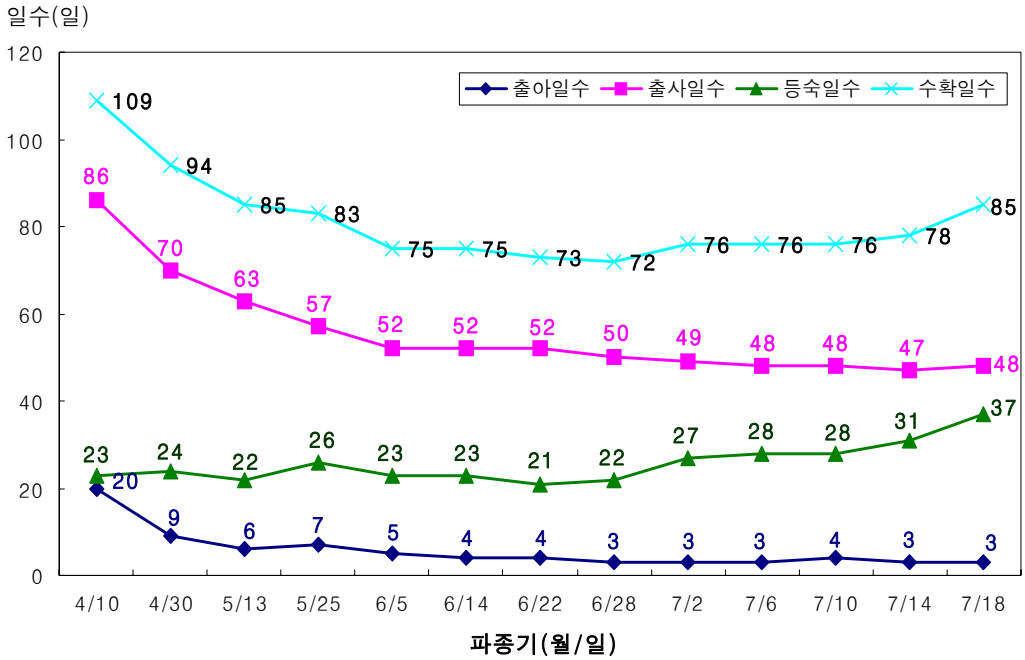
표 1-15. 찰옥수수 파종기별 상품율 및 수량

구 분	파종기 (월/일)	이삭수(개/10a)			상품율 ¹⁾ (%)	수 량 ¹⁾	
		20cm 이상	18~20cm	18cm 미만		(개/10a)	지 수
1차	4/10	885	2,917	365	91	3,802a	111
2차(대조)	4/30	1,094	2,344	729	83	3,438ab	100
3차	5/13	1,250	2,448	469	89	3,698a	108
4차	5/25	2,188	781	1,198	71	2,969ab	86
5차	6/5	521	2,188	1,458	65	2,709bc	79
6차	6/14	1,667	1,250	1,250	70	2,917ab	85
7차	6/22	885	2,448	833	80	3,334ab	97
8차	6/28	469	1,511	2,188	48	1,979cd	58
9차	7/2	573	2,292	1,302	69	2,865abc	83
10차	7/6	417	2,917	833	80	3,334ab	97
11차	7/10	365	2,292	1,511	64	2,656bc	99
12차	7/14	52	1,094	3,021	28	1,146de	33
13차	7/18	0	521	3,646	13	521e	15

※ 1) : 이삭장 18cm 이상

DMRT(5%)

찰옥수수 파종기별 출아, 출사, 등숙, 수확일수를 보면 그림 1-15와 같다. 출아일수와 출사일수는 4월 10일 파종에서는 각각 20일, 86일이 소요되다가 그 이후 기온이 상승하면서 출아일수와 출사일수도 단축되어 6~7월 파종에서는 각각 3~5일과 47~52일로 짧아졌다. 이러한 결과는 이 등(2006)이 초당옥수수 파종기별 재배 시 온도와 출아일수와의 관계를 보면 발아까지 평균기온 절대값의 역수와 출아소요일수의 역수와는 부의 상관이었다는 보고와 비슷한 경향이였다.



<그림 1-15> 찰옥수수 파종기별 출아, 출사, 등숙, 수확일수



파종기	4/10	4/30	5/13	5/25	6/5	6/14	6/22	6/28	7/2	7/6	7/10	7/14	7/18
수확기	7/28	8/2	8/6	8/16	8/19	8/28	9/3	9/8	9/16	9/20	9/24	9/30	10/11

<그림 1-16> 파종기별 수확이삭

표 1-16에서 찰옥수수 파종기별 소득은 4월 30일 파종구 738천원/10a 대비 4월 10일~7월 10일 파종구의 소득지수가 95~140% 였으나, 7월 14일, 7월 18일 파종구는 각각 59%, 36%로 적어 경제성이 없었다. 따라서, 기상상태와 경제성을 고려하여 판단하면 상품성 있는 찰옥수수를 생산할 수 있는 경제적 파종가능기간은 4월 10일~7월 10일로 사료된다. 이러한 결과는 이 등(2006)이 찰옥수수 “미백찰”의 경제적 재배한계기를 보면 착수장 18cm 이상의

상품성 있는 자수수를 고려한 “미백찰”의 조파 한계기는 4월 초순, 만파 한계기는 6월 20일 경으로 생각된다는 보고와 유사한 경향이였다.

표 1-16. 찰옥수수 파종기별 소득분석

구 분	파종기 (월/일)	수 량 (개/10a)	조수입 ¹⁾ (원/10a)	경영비 (원/10a)	소 득		소득율 (%)
					(원/10a)	지 수	
1차	4/10	3,802	1,273,114	469,165	803,949	109	63.1
2차(대조)	4/30	3,438	1,200,048	461,590	738,457	100	61.5
3차	5/13	3,698	1,412,097	467,001	945,096	128	66.9
4차	5/25	2,969	1,230,986	451,830	779,156	106	63.3
5차	6/5	2,709	1,173,082	446,419	726,663	98	61.9
6차	6/14	2,917	1,378,702	450,748	927,954	126	67.3
7차	6/22	3,334	1,492,384	459,426	1,032,959	140	69.2
8차	6/28	1,979	1,130,514	431,227	699,286	95	61.9
9차	7/2	2,865	1,364,131	449,666	914,466	124	67.0
10차	7/6	3,334	1,493,294	459,426	1,033,868	140	69.2
11차	7/10	2,656	1,282,881	445,316	837,565	113	65.3
12차	7/14	1,146	849,662	413,892	435,771	59	51.3
13차	7/18	521	670,350	400,885	269,465	36	40.2

※ 1) : 이삭장 18cm 이상 - 가락시장 찰옥수수 8kg 상품 평균가격 적용
그 외 - 가락시장 8kg 중품 평균가격 및 알곡가격 적용

목적하는 시기에 옥수수를 출하하기 위해서는 수확 예정 일자에서 옥수수의 생육기간을 역산하면 파종기가 결정된다. 그런데, 옥수수의 생육기간은 같은 품종이라도 파종기에 따라 현저히 다르므로 수확기를 예측하기 어렵지만 growing degree days (GDD)를 이용하면 파종기에 관계없이 파종에서 수확기까지 GDD는 거의 일정하여 목적하는 일자에 수확할 수 있는 파종기를 결정할 수 있다. GDD는 heat unit라고도 하며, 한국작물학회가 발행한 작물 학용어집에는 유효적산온도 (effective accumulated temperature)와 같은 개념이다. 파종에서 수확까지의 생육기간을 GDD로 표시하면 일 GDD는 최고기온, 최저기온, 기준온도에 따라 다르다. 그러나, 생육기간을 GDD로 나타내어 파종기 간에 변이가 가장 적은 방법을 찾으면, 생육기간을 달력상의 일수로 표시하는 것과는 달리 파종기에 관계없이 일정한 값으로 나타낼 수 있다. (Andrew 등, 1982; 이 등, 1980; 이 등, 1981; 이 등, 1983; 이 등, 1985; 정 등, 1986.)

생육기간의 GDD를 계산하는 방법은 여러 가지 개발되어 있는데 미백호의 파종기별 GDD를 표 1-17에서 보면 파종에서 수확까지 일 최고기온과 최저기온을 합하여 2로 나눈 후 기준온도 10℃를 빼서 GDD를 계산하는 방법이 변이계수를 최소로 하는 계산법이였다. 이 때 일 최고기온이 30℃가 넘을 때는 30℃로 대체하고 최저기온이 기준온도 이하일 때는 기준온도로 대체하여 $GDD \sum [(H' + L') / 2 - 10^\circ C]$ 를 계산하였다. 최근의 기후변화를 기초로 한 파종기를 예측하고자 흥천기상청의 5년간(2006~2010년) 최고·최저기온을 이용하여 4월 1일부터 10월 31일까지의 일 GDD와 누적 GDD를 계산한 표를 만든 후 경제적 파종가

능기간인 4월 10일부터 7월 10일 사이의 각 파종기별로 수확기까지의 누적 GDD를 구한 후 그 평균 GDD는 1,148℃였다.

표 1-17. 미백2호의 파종기별 GDD

구 분	파종기 (월/일)	출아기 (월/일)	출사기 (월/일)	수확기 (월/일)			수확일수 (일)	GDD
				예 측	실 제	차이일수		
1차	4/10	4/29	7/5	7/28	7/28	0	109	1119
2차	4/30	5/8	7/9	8/4	8/2	-2	94	1133
3차	5/13	5/18	7/15	8/11	8/6	-5	85	1141
4차	5/25	5/31	7/21	8/18	8/16	-2	83	1173
5차	6/5	6/9	7/27	8/25	8/19	-6	75	1148
6차	6/14	6/17	8/5	9/1	8/28	-4	75	1154
7차	6/22	6/25	8/13	9/8	9/3	-5	73	1154
8차	6/28	6/30	8/17	9/15	9/8	-7	72	1148
9차	7/2	7/4	8/20	9/22	9/16	-6	76	1174
10차	7/6	7/8	8/23	9/29	9/20	-9	76	1158
11차	7/10	7/13	8/27	10/6	9/24	-12	76	1130
12차	7/14	7/16	8/30	10/13	9/30	-13	78	-
13차	7/18	7/20	9/4	10/20	10/11	-9	85	-
평 균								1148

미백2호의 GDD를 기초로 한 1주일 간격 생산을 위한 파종기 설정을 표 1-18에서 보면 최근 5년간(2006~2010년) 홍천지역 최고·최저기온을 기초로 하여 수확 예정일의 누적 GDD에서 찰옥수수 “미백2호”의 파종에서 수확까지 소요되는 GDD를 빼서 그 값에 해당하는 날이 파종기가 된다. 홍천에서 찰옥수수 “미백2호”의 상품성 있는 이삭을 수확할 수 있는 마지막 시기를 9월 29일로 보고, 이때부터 역산하여 1주일 간격으로 수확하고자 하면 수확기는 9월 29일, 9월 22일, 9월 15일, 9월 8일, 9월 1일, 8월 25일, 8월 18일, 8월 11일, 8월 4일, 7월 28일이 된다. 그러면 이때 수확하기 위해서는 수확일자 of 누적 GDD에서 파종에서 수확기까지 소요되는 GDD인 1,148℃를 빼면 파종기는 각각 7월 8일, 7월 3일, 6월 29일, 6월 22일, 6월 15일, 6월 7일, 5월 25일, 5월 13일, 4월 30일, 4월 10일이 된다. 즉 홍천지역에서 찰옥수수 “미백2호” 경제적 파종가능기간인 4월 10일부터 7월 10일 사이의 1주일 간격 수확가능 파종적기는 총 10회로 4월 파종은 20일 간격, 5월은 12~13일 간격, 6월은 7~8일 간격, 7월은 4~5일 간격으로 파종하면 7월 하순부터 9월 하순까지 1주일 간격으로 수확이 가능하다.

표 1-18. 미백2호의 GDD를 기초로 한 1주일 간격 생산을 위한 파종기 설정

구 분	1차	2차	3차	4차	5차	6차	7차	8차	9차	10차
파 종 기 (월/일)	4/10	4/30	5/13	5/25	6/7	6/15	6/22	6/29	7/3	7/8
수 확 기 (월/일)	7/28	8/4	8/11	8/18	8/25	9/1	9/8	9/15	9/22	9/29

<제3세부과제 : 찰옥수수 친환경 재배단지 조성>

1. 찰옥수수 친환경 재배방법 실증

가. 재료 및 방법

본 시험은 2008년에는 흥천군농업기술센터에서, 2009년부터 2010년까지 강원도농업기술원 옥수수시험장에서 유기인증을 받은 시험포장에서 강원도 자체 육성한 찰옥수수 신품종 미백 2호를 공시하여 시험하였다. 2008년 흥천군농업기술센터에서는 친환경 기준에 부합되는 유기질 비료와 일반 화학비료를 조합하여 80×30cm로 시험을 수행하였고, 본 과제를 옥수수시험장으로 이관 받은 후 시험은 기존 옥수수시험장에서 화학비료와 유기질 비료의 조합 유기질 비료 선발 등은 이미 구명하였기 때문에 연구방법을 달리하여 친환경 재배를 함으로서 소득을 높일 수 있는 방법으로 시험을 수행할 목적으로 재식밀도 시험을 수행하였다 그리고 유기재배 농가 중 일부에서 이용하는 균배양체도 추가하여 시험하였다 재식밀도는 209년에는 80×25cm(5,000주/10a), 80×30(4,160주), 80×35(3,570주), 2010년에는 70×20cm(7,140주/10a), 25(5,710주), 30(4,760주), 35cm(4,080주)로 시험하였고, 유기질비료(혼합유박), 유기질 비료에 균배양체를 첨가하는 시험을 수행하였다 유기질 비료와 균배양체는 표준량을 전량 기비로 시비하였다. 파종기는 토양조건에 따라 4월 하순경에 2~3립씩 직파를 하여 밭아 후 쏙음작업을 하여 1주 1본으로 시험하였고, 2010년에는 2기작 가능성을 보기 위해 1기작 수확 직전인 7월 하순에 파종을 하여 시험을 수행하였다. 기타 재배관리는 농촌진흥청 옥수수 표준재배법에 준하였고 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였다.

옥수수 생육조사는 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사 분석기준(농진청, 2003)에 준하였다. 출사기를 조사하여 출사일수를 계산하였고 수확기에 시험구당 20개체를 채취하여 간장, 이삭길이, 이삭직경 및 이삭중 등을 개체별로 조사하였으며, 친환경 기준에 따른 옥수수 상품 이삭수를 이용하여 10a당 상품 이삭수를 계산하였다.

나. 결과 및 고찰

(1) 토양의 이화학성

친환경 재배방법 실증 시험포장은 유기인증을 받은 포장으로 시험 전 후의 토양 이화학성 분석결과는 표 2-1과 같다.

표 2-1. 시험 전, 후의 토양의 이화학성

구 분*	pH (1:5)	EC (dS m ⁻¹)	OM (g kg ⁻¹)	K Ca Mg			유효인산 (mg kg ⁻¹)	
				(cmol(+) kg ⁻¹)				
적정범위	6.0~6.5	0~2.0	20~30	0.45~0.55	5.0~6.0	1.5~2.5	150~250	
시험 전	6.8	0.3	25	1.28	4.3	1.9	358	
시험 후	유기질비료	6.7	0.5	25	1.16	4.6	2.3	413
	유기+균배양체	6.6	0.4	22	0.93	4.1	2.0	345

시험 전 후의 토양분석 결과 P₂O₅ 함량이 유기질비료 사용에서 조금 증가하는 경향을 보였고, 시험기간 동안 이화학성은 옥수수 재배의 적정 범위보다 유효인산과 K⁺이 다소 높게

나타났고, pH도 적정범위 보다 높았다. 토양 중에 칼륨이 과다하면 다른 양분의 흡수가 저해되며, 특히 Ca, Mg, B와 같은 원소의 흡수가 저해되어 이들 원소의 결핍증을 유발한다. 칼륨이 결핍되면 효소계의 이상과 체내의 여러 가지 물질 대사의 진행이 억제되며 그 결과로 작물은 전체적으로 생육이 저해된다. 또 뿌리와 줄기는 가늘어지고 특히 줄기의 유관속은 목질화가 억제되어 내도복성이 매우 약해진다고 하였다(김 등, 2006; 최 등, 1997b; 최와 박, 1997a).

(2) 찰옥수수 생육 및 수량성

2008년 시험은 표 2-2에서 보는바와 같이 초기생육(초장, 엽수)은 처리구별 큰 차이가 없었으나 유기질비료 시용구가 화학비료 시용구보다 출용·출사 및 생육이 빨랐고, 간장, 엽수, 착수고는 모든 처리구에서 비슷한 수준을 보여 처리간에 큰 차이가 없었다 임과 이(1992)는 무, 배추 생육에 대한 유기질비료 시용효과 시험에서 유기질비료 제품 및 원료 등 비종 간에 차이가 크다고 지적하였고, 유기질비료 단용보다는 N, P, K 등 비료 3요소 복합비료와 병행할 때 절대 수량의 차이가 있어 병용 시에 수량이 월등히 높았다고 하였는데 따라서 유기질비료 사용 시에는 속효성의 3요소 화학비료가 병용되어야 보다 효과적이라고 지적했다. 옥수수시험장(2008)에서는 유기질비료 100% 단용 처리만으로도 일반 관행의 화학비료 처리와 비슷한 효과를 보여 찰옥수수의 경우에는 유기질비료 단용으로 충분히 절대 수량 확보가 가능하다고 하였고 유기질 비료간의 효과에서는 혼합유박 비료가 혼합유기질 및 유기복합 비료에 비해 높은 효과를 보여 유박성분을 원료로 하는 유기질비료가 찰옥수수 친환경 생산에 가장 적절하다고 하였다. 수량성에 있어서 이삭장, 착립장 또한 차이가 인정되지 않았고 이삭중은 화학 50%+화학50% 처리구에서 다른 처리구에 비해 높았으나 뚜렷한 차이는 인정되지 않아 유기질 비료 단용에 의해 화학비료를 대체 가능함을 확인하였다.

표 2-2. 유기질비료 시비에 따른 찰옥수수 생육 및 수량성(2008)

구 분 (기비+추비)	정식일 (월. 일)	출용기 (월. 일)	출사기 (월. 일)	간장 (cm)	엽수 (엽)	착수고 (cm)	이삭장 (cm)	착립장 (cm)	이삭중 (g/개)	이삭중 지수
유기100+유기0	5. 2	6. 27.	6. 29.	207.0	14.2	98.7	18.1	16.7	181.5	97
유기50 + 유기50		6. 28.	6. 30.	205.5	14.2	97.0	18.1	17.0	182.4	98
유기70 + 화학30		6. 28.	6. 30.	205.1	14.0	94.4	18.0	16.9	182.1	98
화학50 + 화학50		6. 29.	7. 01	206.6	13.9	94.2	17.9	17.2	186.7	100

구 분 (기비+추비)	수량 (kg/10a)	이삭수(개/10a)				상품화율 ¹⁾ (%)
		>20cm	18~20cm	16~18cm	<16cm	
유기100+유기0	756.1	694	1,805	1,528	139	60
유기50 + 유기50	759.9	-	2,777	1,250	139	67
유기70 + 화학30	758.6	417	2,638	833	278	73
화학50 + 화학50	777.8	1,100	2,500	417	139	86

¹⁾ 이삭장 18cm 이상

상품성이 높은 18cm이상의 이삭수는 화학비료구가 가장 많았고 유기 100 처리구가 가장 적었으나, 친환경농산물의 경우 이삭크기가 일반농산물 보다 작아도 상품으로서 가치가 있기 때문에 큰 문제가 되지 않는다.

2009년과 2010년에는 유기질 비료 시험이 아닌 혼합유박을 기비로 전량 시비한 후 친환경 재배로 상품성 있는 이삭 많이 생산할 수 있는 재배법을 구명하고자 재식밀도 시험을 수행한 결과는 표2-3과 2-4에서와 같다. 균배양체 단기적 사용은 효과는 없었으며, 오히려 경영비에 따른 소득이 감소하였으나, 일부 친환경 농가는 장기적인 토양개량을 목적으로 균배양체를 사용하는 것으로 나타났다. 재식거리에 따른 출사기, 간장, 착수고 등 옥수수 생육상황은 큰 차이가 없었고 옥수수 개당 이삭중은 4월 파종 시험에서는 2009년과 2010년 모두 소식재배가 밀식재배 보다 우수하였으나, 2010년 7월 파종 시험은 생육중반 집중호우로 70×40cm 시험구가 작게 나왔으나 전반적으로 소식에서 우수하였다. 4월 파종에서는 친환경 단체(홍천 남면)에서 상품성 기준으로 옥수수 포엽 포함 200g에 적합한 재식밀도는 약 5,500주/10a에서 상품수량 및 소득이 우수 하였으나 상품기준을 관행 재배 기준(250g)으로 할 경우 4,500주/10a가 우수하였다. 7월 파종에서는 수확기가 10월 이후에 가능하기 때문에 친환경 상품기준이 4월 파종보다 작은 180g이상(홍천 남면)으로 하여도 비 상품 이삭이 많아지기 때문에 4월 파종보다 소식재배가 유리할 것으로 사료되었다 하지만 7월 파종은 2010년 1년 결과이고 또 집중호우에 의한 결과이기 때문에 추가적인 검토가 요구된다

표 2-3. 재식거리에 따른 찰옥수수 생육 및 수량성(2009)

비 중	재식 거리	파종기 (월.일)	출용기 (월.일)	출사기 (월.일)	간장 (cm)	착수고 (cm)	이삭장 (cm)	착립장 (cm)	이삭경 (cm)	포엽 포함 이삭중 ¹⁾ (g/개)	이삭중 ¹⁾ (g/개)	지수
유기질	80×25	4. 23	6. 29	7. 2	227	104	18.9	16.5	4.1	243.9d	173.8b	93
	80×30		6. 28	7. 2	228	102	19.0	17.4	4.2	274.5abc	186.5a	100
	80×35		6. 28	7. 1	223	103	18.8	17.2	4.2	285.2a	186.4a	100
유기질+ 균배양체	80×25		6. 28	7. 1	233	104	18.8	16.8	4.2	255.0cd	181.0ab	97
	80×30		6. 28	7. 2	223	102	18.9	17.0	4.1	260.8bcd	180.7ab	97
	80×35		6. 27	7. 1	226	101	19.1	17.6	4.2	276.9ab	191.0a	102

비 중	재식 거리	이삭중 (kg/10a)	이삭수 (개/10a)	이삭수(개/10a) ¹⁾			
				>300g ²⁾	300~250	250~200	<200g
유기질	80×25	826	4,750	250c	2,250	1,583ab	667
	80×30	751	4,027	903ab	1,875	1,111ab	139
	80×35	654	3,511	1,309a	1,428	774bc	-
유기질+ 균배양체	80×25	860	4,750	83c	2,417	1,833a	417
	80×30	728	4,027	347c	2,430	1,180ab	69
	80×35	671	3,511	833b	1,964	595c	119

¹⁾ DMRT(5%), 이삭수 통계는 >300, >250, >200g의 합으로 분석

²⁾ 포엽포함 개당 이삭중

표 2-4. 재식거리에 따른 찰옥수수 생육 및 수량성(2010)

파종기 (월. 일)	비 종	재식 거리	재식본수 (주/10a)	출용기 (월. 일)	출사기 (월. 일)	수확기 (월. 일)	간장 (cm)	착수고 (cm)
4. 21	유기질	70×20	7,142	7. 1	7. 4	7. 27	245	122
		70×25	5,714	7. 1	7. 4		235	114
		70×30	4,761	7. 2	7. 5		226	108
		70×40	3,571	7. 2	7. 5		217	103
	유기질+ 균배양체	70×20	7,142	7. 1	7. 4		224d	115
		70×25	5,714	7. 2	7. 5		227	118
		70×30	4,761	7. 2	7. 5		223	112
		70×40	3,571	7. 2	7. 5		228	106

파종기 (월. 일)	비 종	재식 거리	이삭장 (cm)	착립장 ¹⁾ (cm)	이삭경 ¹⁾ (cm)	포엽 포함 ¹⁾ 이삭중(g/개)	이삭중 ¹⁾ (g/개)	지 수
4. 21	유기질	70×20	17.9	14.1c	3.8cd	190.5d	140.7d	75.3
		70×25	18.3	17.5ab	4.2ab	252.8c	187.2abc	100.2
		70×30	18.5	17.8ab	4.2ab	257.2bc	186.8abc	100.0
		70×40	18.9	18.4ab	4.2ab	282.5ab	198.1ab	106.0
	유기질+ 균배양체	70×20	15.5	13.8c	3.7d	171.6d	125.1d	67.0
		70×25	18.6	16.6b	4.0bc	231.1c	170.6c	91.3
		70×30	19.1	17.8ab	4.1ab	258.6bc	182.3bc	97.6
		70×40	19.5	18.9a	4.3a	289.1a	211.9a	113.4
7. 20	유기질	70×20	16.8	14.2	3.8	183.8	137.4	86.5
		70×25	17.4	15.9	4.0	214.5	155.9	98.1
		70×30	17.6	16.3	3.9	215.4	158.9	100.0
		70×40	16.8	15.0	3.9	209.2	149.0	93.8
	유기질+ 균배양체	70×20	16.8	14.4	3.8	184.2	134.2	84.5
		70×25	17.4	15.3	3.7	204.7	143.3	90.2
		70×30	17.6	16.2	3.9	214.8	156.8	98.7
		70×40	15.1	11.0	3.5	139.9	102.9	64.8

표 2-4. 계속

파종기 (월. 일)	비 종	재식 거리	이삭중 (kg/10a)	이삭수 (개/10a)	이삭수(개/10a) ¹⁾			
					>300g ²⁾	300~250	250~200	<200g
4. 21	유기질	70×20	938	6,666	-b	476c	3,333a	2,857
		70×25	1,049	5,524	190b	2,667ab	2,286a	381
		70×30	824	4,444	476b	2,698a	1,111a	159
		70×40	684	3,542	1,190a	1,547ab	595ab	119
	유기질+ 균배양체	70×20	864	6,902	-b	-c	1,666b	5,236
		70×25	975	5,714	-b	1,333bc	3,809a	571
		70×30	781	4,285	159b	3,174a	635a	317
		70×40	757	3,571	1,190a	1,905a	476a	-
7. 20	유기질	70×20	883	6,428	-	-	2,381	4,047
		70×25	801	5,143	-	762	3,047	1,333
		70×30	706	4,444	-	476	2,857	1,111
		70×40	532	3,571	-	714	1,547	1,309
	유기질+ 균배양체	70×20	831	6,188	-	-	2,380	3,808
		70×25	740	5,143	-	-	3,238	1,905
		70×30	697	4,444	-	476	2,539	1,428
		70×40	368	3,571	-	-	595	2,976

¹⁾ DMRT(5%), 이삭수 통계는 >300, >250, >200g의 합으로 분석

²⁾ 포엽포함 개당 이삭중

(3) 찰옥수수 상품성과 소득

친환경 단지(홍천 남면) 기준에 의한 옥수수 상품수량과 소득은 표 2-5와 2-6에서 보는바와 같이 균배양체에 대한 효과는 없었고, 오히려 경영비 증가에 따른 소득감소를 초래하였으나, 일부 친환경 재배농가는 장기적인 토양개량 목적으로 균배양체를 사용하는 것으로 추정되었다. 2009년 재식거리에 따른 상품수량과 소득은 관행적으로 추천하는 재배보다 다소 밀식인 80×25cm(5,000주/10a)에서 가장 높게 나왔다. 그래서 2010년에는 5,000주 이상의 밀식을 검토한 결과 70×25cm에서 상품수량과 소득이 가장 좋았다 이상의 결과에서 친환경 찰옥수수 재배에서는 상품기준에 따라 소득의 차이가 나는 것을 알 수 있었다 일부 친환경 단체에서 상품기준으로 정한 옥수수 포엽 포함 200g이상을 상품성이 있어 판매가 가능하다면 재식밀도는 약 5,500주/10a 정도 파종을 하면 상품화율이 약 90%로 5,100개 정도의 이삭을 수확하여 높은 소득을 올릴 수 있었다. 하지만 상품기준이 관행재배와 동일한 기준(250g)을 적용했을 때는 약 4,500주/10a 정도로 파종을 하여야 상품화율이 80~90%로 약 4,100개 정도의 이삭을 수확할 수 있었다. 찰옥수수 후작재배인 7월 파종은 4월 파종보다 상품이삭수량 및 소득이 낮았다. 하지만 친환경 단지에서 9월 이후 수확 옥수수는 상품기준이 180g으로 낮게 적용이 되기 때문에 수량 및 소득은 조금 좋아질 것으로 생각이 되지만 4월 파종보다는 소식을 하는 것이 유리하리라 사료된다.

표 2-5. 재식거리에 따른 찰옥수수 소득분석(2009)

비종	재식거리	상품수량 ¹⁾ (개/10a)	지수	가격 ²⁾ (원/개)	조수입 (원/10a)	경영비 (원/10a)	소득 (원/10a)	지수
유기질	80×25	4,083	105	500	2,041,500	495,360	1,546,140	106
	80×30	3,888	100		1,944,000	485,360	1,458,640	100
	80×35	3,511	90		1,755,500	475,360	1,280,140	88
유기질+ 균배양체	80×25	4,333	114		2,166,500	593,360	1,573,140	108
	80×30	3,958	102		1,979,000	583,360	1,395,640	96
	80×35	3,392	87		1,696,000	573,360	1,122,640	77

¹⁾ 친환경 단지(홍천 남면) 기준 : 포엽 포함 200g 이상

²⁾ '09/'10년 친환경 계약 가격(홍천 남면) : 500원/개(7, 8월)

표 2-6. 재식거리에 따른 찰옥수수 소득분석(2010)

파종기 (월. 일)	비종	재식 거리	상품수량 ¹⁾ (개/10a)	상품화율 (%)	가격 ²⁾ (원/개)	조수입 (원/10a)	경영비 (원/10a)	소득 (원/10a)	지수
4. 21	유기질	70×20	3,809	53.3	500	1,904,500	609,176	1,295,324	82.2
		70×25	5,143	90.0		2,571,500	589,232	1,982,268	125.7
		70×30	4,285	90.0		2,142,500	566,088	1,576,412	100.0
		70×40	3,333	93.3		1,666,500	547,744	1,118,756	71.0
	유기질+ 균배양체	70×20	1,666	23.3		833,000	707,176	125,824	8.0
		70×25	5,143	90.0		2,571,500	687,232	1,884,268	119.5
		70×30	3,968	83.3		1,984,000	664,808	1,319,192	83.7
		70×40	3,571	100		1,785,500	645,744	1,139,756	72.3
7. 20	유기질	70×20	2,381	33.3	540	1,285,740	609,176	676,564	54.8
		70×25	3,809	66.7		2,056,860	589,232	1,467,628	119.0
		70×30	3,333	70.0		1,799,820	566,088	1,233,732	100.0
		70×40	2,262	63.3		1,221,480	547,744	673,736	54.6
	유기질+ 균배양체	70×20	2,380	33.3		1,285,200	707,176	578,024	46.9
		70×25	3,238	56.7		1,748,520	687,232	1,061,288	86.0
		70×30	3,015	63.3		1,628,100	664,808	963,292	78.1
		70×40	595	16.7		321,300	645,744	-324,444	-26.3

¹⁾ 친환경 단지(홍천 남면) 기준 : 포엽 포함 200g 이상

²⁾ '09/'10년 친환경 계약 가격(홍천 남면) : 500원/개(7, 8월), 540원(9월 이후)

2. 찰옥수수 친환경 알곡 다수확을 생산을 위한 재식밀도 구명

가. 재료 및 방법

본 시험도 2008년에는 홍천군농업기술센터에서, 2009년부터 2010년까지 강원도농업기술원 옥수수시험장 연구포장에서 강원도 자체 육성한 찰옥수수 신품종 미백호를 공시하여 시험하였고, 2010년에는 옥수수시험장에서 육성한 알곡용 찰옥수수 아리찰을 추가하여 시험하였다. 2008년에는 재식밀도를 60×25cm(6,660주/10a), 70×20cm(7,140주/10a), 70×25(5,710주), 70×30(4,760주), 80×30cm(4,160주)로 시험하였고, 2009~2010년에는 주간거리를 고정(70cm)하여 2009년에는 70×20(7,140주), 25(5,710주), 30(4,760주/10a) 70×35cm(4,080주/10a)로, 2010년에는 밀식을 추가하여 70×15cm(9,520주/10a), 20(7,140주/10a), 25(5,710주), 70×30cm (4,760주/10a)로 시험을 수행하였다. 유기질 비료(혼합유박)는 표준량을 전량 기비로 시비하였다. 파종기는 토양조건에 따라 2008년에는 옥수수를 2~3엽묘로 육묘를 하여 5월 상순 정식을 하였고, 2009~2010년에는 4월 하순에 2~3립씩 직파를 하여 발아 후 쭉음작업을 하여 1주 1분으로 시험하였다. 기타 재배관리는 농촌진흥청 옥수수 표준재배법에 준하였고 시험구 배치는 난괴법 4반복으로 하였다.

옥수수 생육조사는 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사 분석기준농진청, 2003)에 준하였다. 출사기를 조사하여 출사일수를 계산하였고 수확기에 시험구당 20개체를 채취하여 간장, 이삭길이, 이삭직경, 종실중 등을 조사하였다. 시험에 사용된 통계는 SAS 프로그램을 이용하여 분석을 하였다.

나. 결과 및 고찰

(1) 찰옥수수 생육 및 수량성

2008년 시험은 표2-7에서와 같이 간장, 엽수, 착수고는 처리간 큰 차이를 보이지 않았고 이삭장, 착립장, 건조 종실중은 60×25cm, 70×20cm에서 적어지고 나머지 처리에서 커지며 건조 이삭중 지수는 70×25, 30과 80×30cm처리에서 큰 차이를 보이지 않았다. 재식밀도에 따른 알곡수량은 60×25cm처리가 가장 적고 80×30cm처리가 가장 많아 주간과 조간거리가 길수록 이삭당 립수가 많아서 알곡수량도 80×30cm처리에서 가장 많았고 70×25cm처리를 기준으로 수량에 차이를 보여 안정적 알곡다수확을 위해 70×25cm 이상의 재식밀도가 적절할 것으로 판단되었다.

2008년 시험 결과를 토대로 2009년과 2010년은 주간거리를 고정(70cm)한 후에 조간거리에 차이를 두고 시험한 결과는 표 2-8, 2-9와 같다. 품종내 재식밀도에 따른 출용기 및 출사기는 처리간 차이가 없었고, 미백2호가 아리찰보다 숙기가 빨랐다. 간경은 소식재배에서 밀식재배보다 컸으며, 2009년에는 70×20cm 시험구가 도복이 많이 발생하였으나 2010년에는 미백2호는 도복이 발생하지 않았으나, 아리찰은 밀식재배에서 도복이 많이 발생하여 아리찰재배에서 알곡 다수확을 위한 밀식재배는 피하는 것이 좋을 것으로 판단된다. 찰옥수수 종실 수량은 2009년에는 70×20cm가 수량이 가장 우수하였으나 2010년에는 70×25cm가 우수하게 나왔다. 그래서 미백2호는 100립중, 종실중 및 도복 등을 고려할 때 70×25cm(5,500주/10a)가 친환경 찰옥수수 알곡 생산을 위해서 적당할 것으로 생각이 되고, 아리찰은 도복에

미백2호보다 약하기 때문에 미백2호보다 소식인 약 4,500주/10a이하 재배가 적당할 것으로 사료된다.

표 2-7. 재식밀도에 따른 찰옥수수 생육 및 수량성(2008)

재식밀도	정식일 (월. 일)	출용기 (월. 일)	출사기 (월. 일)	간장 (cm)	엽수 (엽)	착수고 (cm)	이삭장 (cm)	착립장 (cm)	이삭중 (g/개)	이삭중 지수
60×25cm	5. 2	6. 27.	6. 29.	222.7	14.9	107.2	16.4	15.2	133.1	86
70×20cm		6. 27.	6. 29.	226.6	15.2	110.1	16.4	15.5	135.3	87
70×25cm		6. 28.	6. 30.	218.5	14.7	105.7	17.0	16.2	150.7	97
70×30cm		6. 28.	6. 30.	210.7	14.4	99.4	17.2	16.7	155.2	100
80×30cm		6. 28.	6. 30.	215.0	15.1	102.0	17.1	16.5	156.4	101

재식밀도	주수(주/10a)	이삭당 립수	100립중(g)	종실중(kg/10a)	지수
60×25cm	6,600	241	14.3	231	63
70×20cm	7,100	269	14.4	275	75
70×25cm	5,700	381	15.7	341	93
70×30cm	4,700	443	17.6	366	100
80×30cm	4,160	488	18.3	372	102

표 2-8. 재식밀도에 따른 찰옥수수 생육 및 수량성(2009)

재식거리	파종기 (월. 일)	출용기 (월. 일)	출사기 (월. 일)	간경 ¹⁾ (cm)	간장 (cm)	착수고 (cm)	도복 (1-9)
70×20	4. 27	7. 6	7. 10	25.3b	232	113	5
70×25		7. 6	7. 9	26.8ab	229	110	4
70×30		7. 5	7. 9	27.8a	234	112	4
70×35		7. 5	7. 8	28.6a	229	106	2

재식거리	엽수	엽당립수	이삭장 ¹⁾ (cm)	착립장 ¹⁾ (cm)	이삭경 ¹⁾ (cm)	100립중 ¹⁾ (g)	종실중 ¹⁾ (kg/10a)	지수
70×20	13	34	17.2c	16.3c	4.28c	28.4b	814a	143
70×25	13	34	18.5b	18.0b	4.36b	30.2ab	735b	129
70×30	13	35	19.1ab	18.4ab	4.44ab	31.1a	655c	115
70×35	13	35	19.5a	19.0a	4.45a	31.2a	570d	100

¹⁾ DMRT(5%)

표 2-9. 재식밀도에 따른 찰옥수수 생육 및 수량성(2010)

품 종	재식거리	재식본수 (주/10a)	출용기 (월. 일)	출사기 (월. 일)	엽수 (매)	간 장 (cm)	착수고 (cm)	도복 (1-9)
미백2호	70×15	9,523	7. 5	7. 11	18.4	238	116	1
	70×20	7,142	7. 5	7. 11	18.5	236	117	1
	70×25	5,714	7. 5	7. 11	18.9	232	112	1
	70×30	4,761	7. 5	7. 11	18.7	233	114	1
아리찰	70×15	9,523	7. 14	7. 16	17.3	282	165	9
	70×20	7,142	7. 13	7. 15	18.1	280	163	4
	70×25	5,714	7. 13	7. 15	17.1	276	166	3
	70×30	4,761	7. 13	7. 15	17.1	283	167	2

품 종	재식거리	엽수	열당 립수	이삭장 ¹⁾ (cm)	착립장 ¹⁾ (cm)	이삭경 ¹⁾ (cm)	100립중 ¹⁾ (g)	종실중 (kg/10a)	지 수
미백2호	70×15	13	30	14.2b	12.9	3.8b	28.1c	579	96.2
	70×20	14	31	15.2b	12.1	4.0ab	29.5bc	627	104.8
	70×25	13	33	16.3a	14.4	4.1a	31.3ab	692	115.7
	70×30	14	34	16.5a	15.2	4.1a	32.0a	598	100.0
아리찰	70×15	12	31	16.6c	15.4c	3.6c	31.9c	681	108.1
	70×20	11	32	17.6bc	16.8bc	3.8bc	35.6bc	578	91.7
	70×25	12	34	18.8ab	18.3ab	3.9ab	37.3ab	692	109.8
	70×30	12	35	19.3a	19.3a	4.1a	39.7a	630	100.0

¹⁾ DMRT(5%)

(2) 찰옥수수 상품성과 소득

친환경 단지(홍천 남면) 기준에 의한 찰옥수수 종실 수량과 소득은 표2-5와 2-6에서 보는 바와 같이 미백2호와 아리찰 모두 70×25cm에서 수량이 우수 하여 소득이 높았으나, 앞에서도 언급하였듯이 아리찰의 경우 도복에 문제가 있어 안정적 생산을 위해서는 소식을 하는 것이 유리하다. 이상의 결과에서 친환경 찰옥수수 알곡 생산을 위해 미백2호는 도복, 100립중, 수량 등을 고려할 때 약 5,500주/10a(70×25cm)에서 안정적이고 아리찰은 도복에 큰 문제가 있어 미백2호보다 소식인 4,500주/10a 이내 파종이 안정적 소득을 확보할 수 있었다.

표 2-10. 재식거리에 따른 찰옥수수 소득분석(2010)

품 종	재식거리	종실중 (kg/10a)	가 격 ¹⁾ (원/kg)	조수입 (원/10a)	경영비 (원/10a)	소 득 (원/10a)	지수
미백2호	70×15	579	3,000	1,737,000	630,472	1,106,528	88.9
	70×20	627		1,881,000	599,080	1,281,920	103.0
	70×25	692		2,076,000	574,088	1,501,912	120.6
	70×30	598		1,794,000	549,096	1,244,904	100.0
아리찰	70×15	681	3,000	2,043,000	633,672	1,409,328	105.2
	70×20	578		1,734,000	602,280	1,131,720	84.5
	70×25	692		2,076,000	575,688	1,500,312	112.0
	70×30	630		1,890,000	550,696	1,399,304	100.0

¹⁾ '09/'10 친환경 찰옥수수 알곡 계약 가격(홍천 남면)

4. 적 요

최근 지구 온난화 및 기후변화로 환경이 작물에 불리하게 진행되고 있는 바 지속적이고 발전적인 홍천군 찰옥수수 명품화를 위하여 새롭게 육성한 우량 신품종의 기후변화에 대응한 재배적응성을 검토해 보고자 3년에 걸쳐 수행한 본 과제의 연구 결과는 다음과 같다.

- 찰옥수수 정식기 육묘엽수별 수량 반응 연구에서는 찰옥수수“미백2호” 정식재배시 안정적 수량 확보를 위한 적정 육묘엽수는 2~3엽묘(12~22일묘)이고, 직파 대비 4~7일 정도의 수확기 단축효과가 있음 4엽묘(29~30일 이상된 노화묘) 정식시 직파재배 대비 응수퇴화 등 이상증상 발생비율이 높고, 정상주 재배시의 이삭 상품을 대비 41~73% 감소되었다.
- 찰옥수수 수분 스트레스에 따른 반응 연구에서는 찰옥수수 주요 생육시기별 토양수분 조건에 따른 수량은 수분조건은 과습보다는 건조조건에서 처리시키는 유수형성기보다는 출용기에 수량감소가 컸고 한발시 사양토에서의 적정 관수시기(-30kPa) 및 관수량은 유수형성기(5/19~6/8)는 무강우 후 약 6일 간격 10톤/10a, 출용기(6/11~7/1)는 약 4일 간격, 11톤/10a으로 예측되었다.
- 찰옥수수 1주일 간격 생산을 위한 파종기 설정 연구에서는 중·북부지역 찰옥수수 직파재배시 경제적 파종가능기간은 4/10~7/10 이고, 이 기간의 1주일 간격 수확가능 파종적기는 총 10회로 4월 파종은 20일 간격, 5월은 12~13일 간격, 6월은 7~8일 간격, 7월은 4~5일 간격으로 파종하면 7월 하순부터 9월 하순까지 1주일 간격으로 수확이 가능하였다.
- 찰옥수수 친환경 재배방법 실증 시험에서는 찰옥수수“미백2호”의 친환경 기준에 맞는 재식밀도는 관행보다 밀식인 5,500주/10a가 적당하였다.
- 찰옥수수 친환경 알곡 다수확 생산을 위한 재식밀도 구명에서는 찰옥수수“미백2호” 친환경 알곡 다수확을 위한 재식밀도는 수량성, 100립중, 도복 등을 고려할 때 70×25cm(약 5,500주)가 적당하였다.

3. 인용문헌

- 김기재, 박소득, 박준홍, 김재철, 김세중. 1999. 작약 재배방법에 따른 생육과 수량 : 약용작물 재배 기술 개발 연구. 경상북도 농업기술원 시험연구보고서
- 김성국, 정태욱, 이유영, 송득영, 유홍섭, 이춘우, 김이기, 이재은, 곽창길, 정승근. 2010. 이식재배가 찰옥수수 생육 및 수량에 미치는 영향 한작지 55(1) : 24-30.
- 김성무, 윤병성, 조동하. 2006. 염류집적 시설재배 온실 토양에서의 cleaning crop인 옥수수 생리적 특성과 제염효과. 한국유기농업학회지. 14(2):179-189.
- 김세중, 김기재, 박준홍, 박소득. 2000. 홍화 재배 기술 개발 연구 : 약용작물 재배 기술 개발 연구. 경상북도 농업기술원 시험연구보고서
- 김정제, 이상규. 1987. 유기질 비료 Bio-com[®] 시용이 토양의 미생물상 및 화학성에 미치는 영향. 한국토양비료학회지. 20(4):351-357.
- 김종구, 이상복, 김성조. 2001. 유기물원이 다른 퇴비 연용이 밭토양의 물리성 및 미생물상 변화에 미치는 영향. 한국토양비료학회지. 34:365-372.
- 김충주, 고문환. 1997. 생육단계별 한발처리가 콩의 생육 및 수량에 미치는 영향 한작지 42(1) : 89-94.
- 김청국, 강병화, 고문환, 정동희, 서종허. 1996. 토양수분 부족이 토착콩의 생육에 미치는 영향. 한국약용작물학회. 4(4) : 301-307.
- 박천서. 1978. 우리나라에서의 유기물 시용 효과 한국토양비료학회지. 11(3): 175-194.
- 성락춘, 김형곤, 박세준. 1996. 수분포텐셜이 콩, 땅콩 및 옥수수 종자의 발아와 화학성분에 미치는 영향. 한작지 41(5) : 569-577.
- 옥수수시험장. 2008. 찰옥수수 친환경 생산기술 연구. 지역특화기술개발사업 완결보고서. 농촌진흥청.
- 유성준, 황경숙, 김선익, 장기운. 1996. 유기질 비료 시용이 토마토 근권 미생물 상에 미치는 영향. 한국토양비료학회지. 29(3):297-302.
- 윤순강, 유수호. 1993. 토양중 질산태 질소의 행방과 지하수질. 한국환경농학회지. 12(3) : 281-297.
- 용영록, 정문교, 김병섭, 홍세진, 전창후, 박세원. 2004. 플러그셀 크기가 여름 시금치 묘생육에 미치는 영향. 한국원예학회지. 22(4) : 422~425.
- 이석순, 윤성호, 정길용, 박근용, 함영수. 1980. 벼, 콩, 옥수수에 있어서 Growing Degree Days의 이용 가능성 검토. 남서 흥기창박사경갑기념논문집 : 129-135.
- 이석순, 박근용, 정승근. 1981. 파종기가 종실 및 싸일레이지 옥수수의 생육기간 및 수량에 미치는 영향. 한작지 26(4) : 337-343.
- 이석순. 1983. Growing Degree Days를 이용한 수도품종의 생육기간 측정방법과 이용. 한작지 28 : 173~183.
- 이석순, 민황기. 2006. Growing Degree Days를 이용한 초당옥수수와 찰옥수수의 수확기 예측. 농림부. P. 45-86.
- 이석순, 백준호. 1985. 비닐 피복, 질소시비량 및 시비방법이 토양의 이화학적 특성과 단옥

수수의 생육에 미치는 영향. 한작지 30(3) : 334-339.

이석순, 김태주. 1986. 파종기와 Polyethylene 필름 피복방법이 단옥수수의 생육에 미치는 영향. 한작지 31(1) : 84-90.

임선옥, 오재섭, 김복진. 1983. 유기질 특수비료의 사용이 옥수수 및 배추 생육에 미치는 영향. 한국토양비료학회지. 16(2):156-161.

임선옥, 유진창, 홍종운. 1979. 유기질 비료의 사용이 배추와 무우의 생육과 수량 및 토양의 이화학적성에 미치는 영향. 한국토양비료학회지. 12(3):125-132.

임수길, 이규하. 1992. 무우, 배추 생육에 대한 수종의 유기질비료 사용효과 한국토양비료학회지. 25(1):52-56.

작물시험장. 1995. 식용옥수수 재배유형별 년중 공급 생력기계화 일관작업체계 확립연구 시험연구보고서(전·특작) : 166-170.

정승근, 이석순, 박근용. 1986. 옥수수의 생육기간 예측을 위한 Growing Degree Days의 계산방법. 한작지 31(2) : 186-194

차선우, 문현귀. 2000. 옥수수재배(표준영농교본-67). 농촌진흥청. P. 21-26.

최원열, 권용웅, 박종환, 1997a. 보리생식생장기의 수분부족이 수량 및 몇가지 생리적 반응에 미치는 영향. 한작지 42(3) : 263-269.

최원열, 박종환, 권용웅. 1997b. 보리 생식생장기의 염(NaCl)처리가 수량 및 몇 가지 생리적 반응에 미치는 영향. 한국작물학회지. 42(6):687-692.

최원열, 박종환. 1997c. 보리 유묘기 한해와 염해반응. 한국작물학회지. 42(6): 693-698.

최진룡, 이석순, 윤을수. 1995. 지속농업체계에서 작물생산의 원리와 실제. 영남농업시험장 30주년 기념 심포지엄. 환경보전형 저에너지 요구 농업기술개발전략 pp. 30-54.

현해남, 양재의. 2007. 친환경농업 실천을 위한 토양관리 방안. 토양과 비료. 32:31-50.

한홍전, 한민수, 안수봉, 1985. 토양수분함량이 수수속작물과 옥수수의 생육 및 건물축적에 미치는 영향. 한작지 5(2) : 143-151.

4. 연구결과 활용

연도(연차)	활용구분	제 목
2009(2년차)	논문발표	○ 주요 생육시기별 토양수분조건에 따른 찰옥수수 생육 및 수량 반응
2010(3년차)	영농활용	○ 찰옥수수 『미백2호』 이식재배 시 적정 육묘엽수
	영농활용	○ 찰옥수수 한발 시 관수시기 및 적정 관수량
	영농활용	○ 중부지역 찰옥수수 직파재배 시 1주일 간격 생산을 위한 파종기 설정
	영농활용	○ 찰옥수수 친환경 재배 시 상품기준에 따른 재식밀도 설정
	영농활용	○ 찰옥수수 친환경 알곡 생산을 위한 적정 재식밀도
	논문발표	○ GDD를 이용한 찰옥수수 1주일 간격 생산을 위한 파종기 예측

5. 연구원 편성

구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무	참여년도		
					'08	'09	'10
책 임 자	옥수수시험장 옥수수연구실	농업연구사	장은하	제 2세부과제 총괄	○	○	○
공동연구자	"	농업연구사	박종열	연구 협조	○	○	○
"	"	농업연구사	고병대	"	○	○	○
"	"	농업연구사	윤병성	"	○	○	○
"	"	농업연구사	박기진	"	○	○	○
"	"	농업연구관	장진선	"	○	○	○
책 임 자	옥수수시험장 옥수수연구실	농업연구사	박종열	제 3세부과제 총괄	○	○	○
공동연구자	"	농업연구사	장은하	연구 협조	○	○	○
"	"	농업연구사	고병대	"	○	○	○
"	"	농업연구사	윤병성	"	○	○	○
"	"	농업연구사	박기진	"	○	○	○
"	"	농업연구관	장진선	"	○	○	○