

과제구분	아젠다	수행시기		전반기	
연구과제 및 세부과제		연구분야	수행기간	연구실	책임자
콩 신종품 육성		전 작	'05~	농업기술원 소득자원연구소	장은규
울무 유전자 지도작성 집단육성		특 작	'14~'17	농업기술원 소득자원연구소	박건환
색인용어	울무, 유전자지도, 순계집단, 집단육성				

ABSTRACT

This study was conducted to obtain recombinant inbred lines for genome analysis by nurturing mapping groups for gene mapping of adlay. For gene mapping, 「Johyeon」 was used as a female parent and 「Yulmu No.1」 was used as a male parent, which were very different in shape each other. In 2014, F₁ seeds of 2,636 were obtained by artificial crossing between 「Johyeon」 and 「Yulmu No.1」. In 2015, F₁ seeds of 1,026 were planted and then their growth characteristics such as hypocotyl color, blooming time, harvest time, plant height, seed coat color and seed coat shape were investigated to determine if they were actually crossed or not. The plants with intermediate phenotype compared with parents were selected and they were considered to be crossed. In 2016, F₂ seeds of 2,636 were planted and the 157 breeding lines among them were selected. In 2017, the selected 157 breeding lines of F₃ were planted and finally the number of 120 breeding lines were selected and we obtained F₄ seeds from them. The F₄ seeds obtained from the final 120 breeding lines were deposited on Agricultural Genetic Resources Center of Rural Development Administration to be used as a material for genome analysis.

Key words : adlay, gene mapping, recombinant inbred lines, population development

1. 연구목표

울무(*Coix lacrymajobi* L. var. ma-yuen Stapf)는 화본과의 1년생 초본으로 한약재명은 의이인이며 2016년 전국 재배면적은 788ha로 수확량은 1,590톤이었으며, 주산

지는 경기도 연천으로 전국 재배 면적의 47%를 차지하고 있다. 울무는 국내 10대 약용작물로 재배가 용이하고 척박지나 습지 등 환경적응성이 우수하며, 피부를 곱게 하는 미용작용이 있고, 식용으로 죽·떡·엿·과자 등의 원료로도 사용되고, 줄기와 잎을 사료로 사용하며 곡물임에도 불구하고 단백질이 16%정도 함유되어 있어 건강식품으로도 손색이 없는 훌륭한 곡류이다.

경기도원에서는 울무 논 재배기술, 울무 발재배시 안정생산을 위한 적정 재식밀도(2004), 논울무 재배 안정성 증대를 위한 물관리방법(2005) 등 재배법 뿐만 아니라 인공교배를 통해 상강(2001), 조현(2005) 품종을 육성하였다.

울무에는 혈중 콜레스테롤 농도를 저하시키는 작용과 진통작용, 항암작용의 기능성 물질들이 있다고 알려져 있는데 이에 관한 연구가 많이 이루어졌다. 폐결핵 환자의 예방 및 치료에 효과가 입증됐으며 울무쌀에 0.25% 정도 함유된 Coixenolide 성분이 항종양 효과가 있는 것으로 밝혀져 있다. 또한 울무와 꾸지뽕잎 혼합물이 흰쥐의 체지방과 혈청 지질농도를 낮추었다는 보고가 있다(한국식품영양과학회지, 2012)

이와 같은 울무의 우수한 약효성분 메커니즘 구명을 위해서는 유전체 연구를 통한 분자생물학적인 접근이 필요하며 이를 위한 유전체 연구를 위해서는 유전자지도 작성이 필수적이다. 따라서 본 연구에서는 유전자 지도작성을 위한 매핑집단을 육성하여 유전체 분석을 위한 소재를 얻고자 했다.

2. 재료 및 방법

울무 유전체 분석을 위한 유전자 mapping 집단제작을 위한 교배 모부본을 선발하기 위하여 2014년도에 유전자원을 9종 수집하여 특성 조사하였다. 이 중에서 유전적인 유사도가 낮은 조현울무와 울무1호를 선발하여 인공교배를 실시하여 종자를 획득하였고, 2015년부터 2017년에 걸쳐 F₄세대까지 후대를 진전시켜 120계통의 RIL(재조합 순계 집단) 집단을 양성후 종자를 확보하였다. 후대를 진전시키는 과정에서 생육기에 개화기, 성숙기, 간장, 종피색, 종실모양을 조사하여 교배 모부본의 중간표현형을 나타내는 개체가 교배가 된 것으로 판단하여 그 개체를 후대진전 시켰으며, 매년 그 과정을 반복하여 재선발하고 후대로 진전 시켰다. 개화기에 후대로 진전시킬 개체에 대해서는 타가수분을 방지하기 위하여 울무 꽃에 타식방지용 캡을 씌워 보호하였다. 2016년도에는 형태적으로 큰 차이를 보이는 울무1호와 흑석종을 추가로 교배하여 종자를 획득하였고, 종자를 파종하여 생육기중에 잎을 채취하여 DNA 분석을 실시하였는데, 교배 모부본의 특성을 DNA상에서 구분할 수 있는 프라이머를 선발코자 하였다.

2016년도에는 연천에서 울무를 재배하고 있는 농가를 2개소 방문하여 농가의 애로사항과 문제점을 파악하였고, 현지 컨설팅을 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

교배모본으로 사용한 조현울무는 경기도농업기술원에서 육성한 품종으로 수원6호와 오카야마를 교배한 것을 모본으로 하고 UCN300-25를 부분으로 삼원교배 하여 육성한 품종이다. 부분인 울무1호는 작물시험장에서 경남재래종을 육성한 품종이다(그림 1). 조현울무의 엽초색은 연한자색으로 울무1호의 녹색과 비교가 되었으며, 울무1호보다 간장이 작고 성숙기가 빠르며 종피색도 암갈색으로 울무1호와 형태적으로 차이가 있어 형태적 유사도가 낮아 교배를 통해 유전자 지도작성을 수행할 수 있는 적합한 자원으로 판단 되었다(표 1).

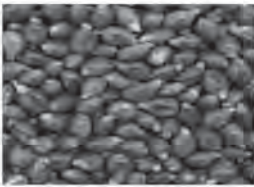
품종명	종자	엽초색	간장
모본 : 조현울무			
부분 : 울무1호			

그림 1. 울무 모부분 선발자원

표 1. 울무1호, 조현울무의 생육특성

품 종	엽초색	간장 (cm)	출수기 (월.일)	개화기 (월.일)	성숙기 (월.일)	종피색
조현울무	연한자색	169	7.15	7.22	9.11	암갈색
울무1호	녹 색	172	7.25	8.05	9.25	담갈색

※ 모·부분은 형태적 다양성이 높고 유사도가 낮아 교배를 통해 유전자 지도작성을 수행할 수 있는 적합한 자원으로 판단

2014년에는 조현울무와 울무1호를 인공교배하여 F₁ 종자를 2,636립 획득하였다(그림 2). 2015년에는 F₁ 2,636립중 1,026립을 파종하여 생육기중에 배축색, 개화기, 성숙기, 간장, 종피색, 종실모양을 조사하였다. 교배 모부분의 중간 표현형을 보여서 교배 가

능성이 높다고 판단되는 개체를 선발하여 개화직전에 타식방지용 캡을 씌워 타가수분이 안되도록 하였다. 2016년에는 F₂ 1,026 개체중 교배가 됐을 것으로 판단되는 157개체를 재선발하여 파종하였고, 다시 재선발 하는 과정을 거쳐 F₃ 세대 157개체중 2017년에는 120개체(계통)을 선발하여 최종 F₄ 종자까지 획득하였다(표 2). 채종된 120계통의 F₄ 종자는 유전체 분석을 위한 소재로 활용하기 위하여 농촌진흥청 농업 유전자원센터에 등록 기탁하였다.



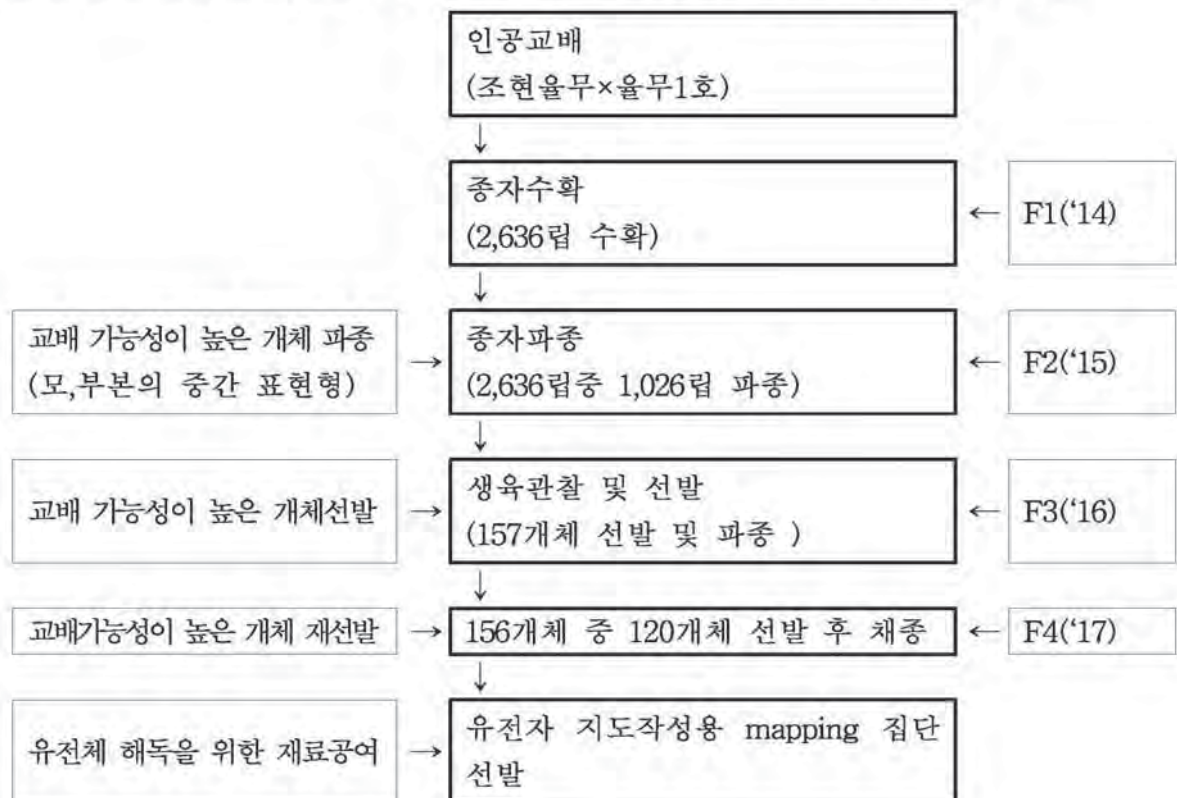
<격리재배>

<수정>

<종자 수확>

그림 2. 울무 격리재배, 교배 및 종자수확 과정(2014년)

표 2. 울무 유전자 지도작성을 위한 mapping집단(조현울무×울무1호) 세대진전





울무 세대진전



타식방지용 캡씩우기

그림 3. 울무 세대진전 및 타식방지를 위한 캡핑작업

그림 3은 울무 세대 진전시의 생육상황과 개화기에 타가수정을 방지하기 위하여 캡을 씌워 타식방지를 하므로써 순계진전이 되도록 하는 광경이다.

표 3은 2017년도에 최종으로 선발된 F₃ 개체의 개화기, 성숙기, 간장 등 생육상황과 종피색, 종실모양 등 종자형태, 립수, 백립중, 수량성을 나타낸 것으로 형태적으로 교배 모부본의 중간형태를 띄어서 교배가 됐을 것으로 판단되는 개체들의 특성을 나타내었다.

그림 4는 새로운 교배조합(울무1호×흑석중)을 추가로 작성하여 인공교배 후 종자를 획득 후 파종하여 생육중에 있는 울무 잎을 채취하여 DNA분석을 실시한 결과이다. 이것은 교배모부본의 특성을 DNA상에서 구분할 수 있는 프라이머를 선발한 것으로 후대검정의 DNA 분석을 통하여 교배 유전자의 전이 여부를 판별 할 수 있는 결과이다.

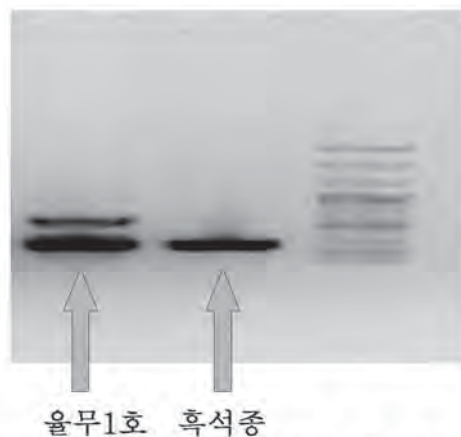


그림 4. 교배 모부본의 특성을 DNA상에서 구분할 수 있는 프라이머 선발

표 3. 최종 세대진전된 F₃ 개체의 생육, 종자특성, 수량성(120개체 선발)

번호	개체 번호	개화기 (월/일)	성숙기 (월/일)	간장 (cm)	종피색 J (1~9)	종실모양 J (1~3)	립수 (개/주)	백립중 (g)	주당수량 (g)
1	1/49-4	7/25	9/18	171	5	2	1380	13.17	170.47
2	13	7/25	9/18	171	3	2	1028	13.31	127.41
3		7/25	9/18	186	3	2	1626	11.7	182.13
4	1/148-6	7/18	8/31	180	2	2	627	9.25	56.29
5		7/24	8/31	193	1	2	620	9/97	59.6
6		7/24	8/31	195	7	2	760	11.61	82.39
7	1/148-24	7/25	8/31	185	7	2	756	9.78	73.41
8		7/27	8/31	186	7	2	777	10.5	81.11
9	3/43-13	7/24	9/11	197	1	2	815	7.57	61.67
10		7/24	9/7	197	1	2	915	9/34	81.04
11		7/24	9/18	204	1	2	674	8/26	60.96
12		7/24	9/11	185	1	2	979	9.19	82.38
13		7/24	9/11	203	1	3	813	8.54	67.37
14		7/24	9/11	186	1	2	741	8.79	65.46
15	16	7/24	9/18	192	7	2	584	10.73	60.03
16	25	7/25	9/18	206	1	3	1072	7.92	86.7
17		7/28	9/18	213	1	3	1145	7.3	99.43
18		7/25	9/11	206	1	2	1144	8.68	95.65
19		7/25	9/11	203	1	3	902	7.66	70.89
20		7/24	9/13	200	1	3	933	8.75	79.59
21		7/23	9/11	203	1	3	1094	8.31	88.1
22		7/23	9/11	194	1	3	1018	8.23	84.42
23		7/23	9/13	202	1	3	668	8.73	57.16
24	3/48-15	7/23	9/11	182	2	1	411	10.49	44.05
25		7/24	9/18	194	1	2	256	10.95	29.47
26		7/24	9/18	176	1	2	454	10.78	45.52
27		7/24	9/18	181	1	2	383	10.12	37.35
28		7/24	9/18	167	1	2	354	11.73	39.77
29	24	7/25	9/18	177	1	2	395	9.27	34.92
30		8/1	9/18	187	1	2	389	10.87	41.3
31		8/1	9/18	182	1	2	390	11.23	41.1
32		7/25	9/18	182	1	2	451	10.89	48.68
33	3/60-5	7/23	8/31	187	3	2	512	12.23	58.9
34		7/25	9/11	184	5	2	704	9.98	73.99
35		7/24	9/18	188	1	2	951	8.03	76.01
36		7/28	9/7	192	2	2	833	9.42	74.01
37	4/36-11	7/26	9/18	186	5	2	587	10.84	61.4
38		7/24	9/18	200	5	2	738	11.07	78.8
39		7/24	9/4	201	1	2	610	8.58	48.55
40		7/24	8/30	204	1	2	768	9.24	67.85

J 종피색 : 1 황색, 3 담갈색, 5 갈색, 7 암갈색, 9 흑색

J 종실모양 : 1 원형, 2 단타원형, 3 장타원형

번호	개체 번호	개화기 (월/일)	성숙기 (월/일)	간장 (cm)	종피색 J (1-9)	종실모양 J (1-3)	립수 (개/주)	백립중 (g)	주당수량 (g)
41	5/16-20	7/24	8/30	196	3	1	439	12.62	52.98
42	5/158-1	7/24	9/18	198	7	2	719	8.98	65.19
43		7/24	9/7	173	5	2	659	11.32	73.24
44	9	7/23	9/4	181	5	2	650	8.81	65.15
45		7/24	9/4	177	3	2	587	8.17	44.97
46		7/25	9/4	192	3	2	705	8.46	57.26
47	6/40-7	7/23	9/18	186	1	2	545	10.28	54.39
48	6/66-23	7/27	9/13	202	1	2	481	11.07	53.08
49		7/28	9/13	210	5	2	489	11.11	52.34
50	7/12-27	7/26	9/13	204	3	2	561	11.25	61.5
51		7/24	9/7	195	3	2	585	11.75	67.05
52		7/25	9/13	182	1	2	642	9.01	53.88
53		7/28	9/7	192	1	2	583	9.13	51.88
54		7/25	9/13	194	3	2	819	10.23	80.28
55	7/16-4	7/27	8/30	198	3	2	490	9.73	46.37
56		7/28	8/30	208	2	2	480	10.65	49.79
57		7/28	9/4	200	3	2	740	10.2	64.2
58	17	7/26	9/13	209	1	2	417	9.76	38.75
59	7/22-11	7/25	8/30	194	7	2	457	12.41	52.51
60		7/25	8/30	193	3	2	417	11.58	46.58
61		7/24	8/30	194	3	2	457	11.04	49.97
62	30	7/23	8/30	195	3	2	251	10.87	26.33
63		7/24	8/30	196	5	2	387	9.15	34.87
64		7/25	8/30	198	3	2	401	10.53	40.57
65	7/64-3	7/25	9/18	202	5	2	462	8.92	39.61
66	8	7/24	9/7	206	1	2	675	9.14	58.05
67		7/25	9/18	204	5	2	424	10.97	44.72
68	26	7/27	9/13	178	7	2	639	11.03	71.54
69	29	7/24	9/11	195	5	2	409	9.07	35.76
70		7/24	8/30	207	3	2	285	9.23	25.1
71		7/24	8/30	215	5	2	711	10.96	74.53
72		7/24	9/11	206	3	2	415	9.02	36.81
73	7/95-7	7/26	9/13	216	1	2	351	8.2	27.58
74	8/21-36	7/26	9/4	212	5	2	512	9.06	47.92
75		7/26	9/4	204	7	2	501	10.05	49.96
76	37	7/26	9/13	194	7	2	716	9.2	66.06
77		7/25	9/11	192	1	2	536	9.32	51.62
78		7/25	9/11	192	1	2	371	10.92	39.7
79	8/33-9	7/29	9/18	203	5	2	1347	9.55	120.04
80		7/29	9/18	209	1	2	600	7.54	43.55

번 호	개체 번호	개화기 (월/일)	성숙기 (월/일)	간장 (cm)	종피색 (1~9)	종실모양 (1~3)	립수 (개/주)	백립중 (g)	주당수량 (g)
81	8/33-9	7/27	9/18	186	1	3	882	8.16	71.75
82	14	7/25	9/7	214	3	2	478	10.77	49.04
83	29	7/26	9/18	211	3	2	486	10.56	51.12
84		7/27	9/18	203	5	2	467	9.89	45.4
85		7/25	9/4	208	3	2	367	9.83	34.99
86		7/27	9/18	208	2	3	875	8.99	76.55
87	8/38-1	7/27	8/31	221	5	2	510	8.71	43.26
88		7/27	8/31	212	5	2	658	7.53	48.82
89	8/147-4	7/18	9/7	212	3	2	563	9.57	53.31
90	8/190-8	7/27	9/13	205	5	2	495	9.83	45.91
91	8/245-4	7/26	9/11	215	5	2	506	11.32	52.58
92		7/18	9/7	203	3	2	540	10.67	59.23
93		7/20	9/13	208	5	2	485	9.54	44.67
94		7/20	9/13	201	7	2	551	10.5	53.5
95	9	7/27	9/18	198	3	3	752	8.26	60.36
96	8/249-24	7/23	9/7	208	3	2	368	9.84	34.02
97		7/23	9/7	195	3	2	471	11.19	50.4
98	8/259-16	7/23	9/7	211	1	2	262	9.1	21.5
99		7/23	9/7	205	5	2	325	10.59	32.33
100		7/23	9/7	212	3	2	301	10.73	30.93
101	8/260-2	7/27	9/10	203	1	3	586	8.33	45.44
102	19	7/31	9/13	220	1	2	735	8.38	61.19
103	27	7/23	9/13	202	3	3	731	11.05	73.59
104		7/22	9/13	200	5	2	510	9.29	57.13
105		7/22	9/4	208	5	3	1083	9.67	100.79
106	8/288-1	7/24	9/11	209	3	2	550	10.29	54.05
107	2	7/22	9/13	197	3	2	778	10.58	78.64
108	9/15-7	7/26	9/7	188	3	2	670	9.36	58.62
109		7/25	9/7	198	7	2	523	9.7	49.15
110		7/22	9/9	200	5	2	474	9.6	42.82
111		7/22	9/7	200	7	2	457	9.81	43.82
112		7/22	9/13	192	3	2	481	10.01	40.03
113	29	7/27	9/13	196	7	2	456	9.26	42.81
114	9/21-3	7/27	9/13	195	5	2	397	9.58	36.66
115		7/27	9/13	204	5	2	666	11.71	75.71
116		7/27	9/13	191	5	2	741	12.18	91.28
117		8/4	9/13	186	5	2	742	10.35	75.89
118	4	7/31	9/7	203	5	2	805	12.08	96.24
119	5	7/24	9/4	200	7	2	761	10.18	77.62
120		7/24	8/30	223	5	2	1020	10.3	101.7

5. 인용문헌

김대균 등. 2005. 울무 논재배시 물관리 기술시험. 경기도농업기술원 완결보고서
 이은섭. 2001. 병다수성 울무 「상강」 육성. 경기도농업기술원 완결보고서
 이한범 등. 2004. 울무 논재배시 적정 파종기 및 재식밀도. 경기도농업기술원 완결보고서
 장정희 등. 2004. 울무 조숙 단간 다수성 신품종 “조현”. 경기도농업기술원 완결보고서
 박주현 등. 2012. 울무와 꾸지뽕잎 혼합물이 고지방식이를 급여한 흰쥐의 체지방 및
 혈청 지질농도에 미치는 영향. 한국식품영양과학회지 제41권 제7호

6. 연구결과 활용제목

○ 유전체 분석을 위한 울무 유전자원 기탁(유전자원 등록 기탁)

7. 연구원 편성

세부과제	구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도
울무 유전자 지도 작성 집단육성	책임자	농업기술원 소득자원연구소	농업연구사	박건환	세부과제총괄	‘16~‘17
	공동연구자	소득자원연구소	농업연구사	장은규	재배관리	‘14~‘17
		소득자원연구소	농업연구사	한정아	유전자분석	‘14~‘15
		소득자원연구소	농업연구관	조창휘	연구방향자문	‘17