

## 옥수수 自殖系統들에서 化學的 突然變異 誘發物質 처리에 따른 apomixis 誘發과 胚珠發生

李浩鎭\*, 崔根鎭\*\*, 金泰勳\*

(\* 서울대학교 농업생명과학대학, \*\* 작물시험장)

## Induction of Apomixis by Chemical Mutagen Treatment and Ovule Development in Inbred lines of Corn.

Ho Jin Lee\*, Keun Jin Chai\*\*, and Tae Hoon Kim\*

(\* Department of Agronomy, Seoul National University  
Crop Experiment Station, Office of Rural Development)

**ABSTRACT** : M1 plants which were produced from seed soaking in chemical mutagen, EMS or  $\text{NaN}_3$ , appeared wide morphological variations such as dwarf, albino, twisted leaf, white streaked leaf, and purpled stem. In mutants of reproductive organs, there were monoecious plants such as female-flower plant and male-flower plant, multiple spikes, and steriled plants among M1 plants. Also, barren stalk was increased significantly in M1 plants.

Ear bagging at ear initiation stage prevented seed set on cob in normal plants. In spite of ear bagging, M1 plants which had cobs with seed set was 3.9–11.2% of stalks developed from seeds soaking with mutagens, but only three or four kernels could be matured on a cob. Ear bagging after mutagen injection into initiating ear produced 5.1–10% in cobs with seed set, but only 1.7–6.3 kernels could be matured. Cobs removed silk at four hours after artificial pollination increased the rate of cobs with seed set to 27%. Microscopic observation confirmed that ontogeny of kernels matured from ear bagging and mutagen treatment would be both adventitious and diplosporous apomictic reproduction. Chromosome set of M2 seedling was found to be diploid type in chromosomal counting of root tip.

As M<sub>2</sub> plants showed a uniform appearance within each line and their CV of plant height were ranged 4–6% in each line, we concluded that they were apomictic progeny. But we could not find any marker traits combined with apomixis.

Key words : corn, chemical mutagens, apomixis, adventitious embryony, diplosporous apomictic

\* 본 연구는 농촌진흥청 1991년도 산학연구기금에 의하여 지원되었음. <접수일자 '92. 11. 3>

옥수수 1대 雜種은 잡종특유의 우월성을 발휘하여 널리 이용되지만 후대에서는 형질이 분리되어 自家採種을 할수 없고 형질유지가 어렵다. 국내 타식성작물의 육종은 雄性不稔體 확보와 이의 유지에 어려움이 많아 잡종종자 생산과 판매는 거의 외국의 거대한 종묘회사에 독점되고 있는 실정이다. 한편 自殖계통의 육성에는 장기간이 소요되고 후대의 능력이 F1잡종 보다 떨어진다. 옥수수와 같은 타식성작물의 육종에서 유발된 F1의 잡종특성을 고정하고 우수형질의 후대를 다량증식시켜 재배에 이용할수 있다면 이것은 획기적인 육종법으로 기대된다.<sup>13)</sup> 가능한 방법 중 조직배양에 의한 것과 apomixis 법이 있으나 apomixis는 유발된 잡종특성을 종자의 형태로 後代에 유전시킬수 있는 보다 효과적인 방법이다.

apomixis는 無配合의인 종자 번식 방법이며 受精 과정을 경과하지 않고 母植物의 형질이 그대로 後代로 전이될수 있다. 無配合生殖性은 국화과, 박과, 화분과 등 35개 科에서 나타나며<sup>1)</sup> 특히 쾨터키블루그라스에서는 일찌기 無配合生殖性이 알려져<sup>12,17,20)</sup> 육종방법으로 이용되었고<sup>24)</sup>, 버펄그라스<sup>2)</sup>, 바히아그라스<sup>4,15)</sup> 진주조<sup>11,14)</sup>, 수수<sup>26)</sup>, Dichanthium<sup>6)</sup> 등 C4 사료작물의 육종에 시도되고 있다. 또 옥수수의 근연종인 이스턴감마그라스의 배수체들에서 무배합생식성이 확인되었고<sup>3,5)</sup> 이러한 apomixis를 옥수수로 전환하려는 실험적 교배가 시도되었다.<sup>8,23)</sup> 감마그라스에서 control하는 유전 인자는 소수의 劣性因子인 것으로 보고되고 있다.<sup>25)</sup>

無配合生殖性은 X-ray나 감마선등 방사선을 照射하여 誘起할수 있음이 보고되었고<sup>14,27)</sup> 일장이나 재배조건에 따라서도 발생한다고 알려져 있다.<sup>21)</sup> 화학물질을 사용하여서도 apomixis를 유도할수 있었는데 감자<sup>22)</sup>에 N<sub>2</sub>O과 옥수수<sup>18)</sup>에 DMSO와 생장조절물질의 혼합계를 사용한바 있다. 이들 대부분의 연구들은 半數體를 획득하여 새로운 二胚體계통을 얻는 기간을 단축시키는데 관심이 있었고 多數유전자에 의하여 조정되는 형질들의 선발 효율을 높이는데 사용하였을 뿐이다.

우수 품종의 육종에는 오랜 기간과 인적 노력 투입이 따르나 無配合生殖 종자의 개발은 육종기

간을 단축시키고 이에 따른 노력절감이 크다. 우수한 잡종형질의 고정과 계속적 유지가 가능하고 안전한 종자의 형태로 전파 보급될수 있다.

본 연구는 옥수수 자식계통의 종자 또는 이삭에 돌연변이 화학물질들을 처리하여 胚珠 變異體들을 유발시키고 無配合生殖性의 종자발생 類型을 胚珠의 조직학적조사로서 규명하였다.

## 材料 및 方法

1. Mutagen의 처리 : 작물시험장 전작과에서 보유하였던 옥수수 자식성 9계통에 無配合生殖性 돌연변이 유발을 위하여 Mutagen Chemical로서 Ethylene Methanesulfonic Acid(EMS)와 Sodium Azide(NaN<sub>3</sub>)를 각각 종자에 침지처리한 후 파종하거나 감수분열기의 幼穗에 주입하였다. 종자에 침지처리는 건조종자들을 6시간 흡수시킨 후 EMS(0.3%) 또는 NaN<sub>3</sub>(10-3M)에 16시간 담겨두었다가 水洗 후 파종하였다. 또 mutagen을 幼穗에 주입처리는 각 이삭당 5ml씩 苞葉속으로 주사기를 사용하여 穗軸의 雌性小穗에 흡수되도록 주입하였다.

2. 無配合生殖性의 확인, 특성조사 : 옥수수의 타가수분을 방지하고 無配合生殖性을 확인하기 위하여 幼穗形成期에 授粉防止袋를 씌우거나 出絲期에 수분 처리후 4시간에 silk를 절단하고 수분방지대를 씌웠다가 성숙후에 수확하여 무배합생식성을 조사하였다.

3. 현미경용 시료조작과 檢鏡 : Mutagen 처리된 자식계통들을 V16기로부터 R6기까지 포장에서 성장중인 암이삭들을 채취하여 FAA에 고정시켰다. paraffin법으로 해부조직 slide를 제작하였고 광학현미경으로 검경한후 필요한 부위는 촬영하였다.

4. M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub> 식물체의 특성조사 : Mutagen 처리한 식물체의 생육특성들을 R4에 초장, 분얼수, 稈長, 着穗高, 無雌穗개체율 등을 조사하였고 수확후 着粒數, 不稔率 등을 조사하고 개체별로 종자를 탈립하여 보관하였다. 이듬해 M2개체를 증식하고 무배합생식성과 관련된 제반 특성들과 염

색체 수를 조사하였다.

## 結果 및 考察

### 1. mutagen 처리에 의한 M<sub>1</sub>식물체의 성장

본 연구에서는 옥수수 자식계통들에서 apomixis 변이를 유도하기 위하여 weak mutagen으로 알려진 化學濟材들인 EMS<sup>22)</sup>, NaN<sub>3</sub><sup>16)</sup>를 종자에 浸漬하거나 幼穗에 注入하는 방법으로 처리하였다.

自殖系 옥수수의 계통들을 EMS와 NaN<sub>3</sub> 수용액에 종자침지 후 파종했을 때 유묘의 출현율이 저하하였다. 정상종자에서는 평균 76%의 유묘출현을 보였으나 EMS의 처리종자에서는 63%, NaN<sub>3</sub>의 종자처리에서는 50.5%로 감소되었다. mutagen 처리에 따라 종자의 발아력저하와 발아하였더라도 albino 개체 발생이 증가되었기 때문이었다. 출현개체들의 생장이 상당히 억제되어 矮性 개체의 출현이 많았고 또 초장을 EMS처리는 평균 40cm, NaN<sub>3</sub> 처리는 평균 37cm씩 무처리에 비하여 감소되었다. 이에 따라 着穗高度 낮아졌으며 생체중 역시 상당한 감소를 보였다. 식물들에서 矮性식물, albino 등 그들의 성장과 형태적 특징은 표1 과 같았다.

### 2. mutagen 처리 M<sub>1</sub>식물의 稔性

옥수수 자식계통들에 chemical mutagen을 처리하여 얻어진 M<sub>1</sub> 식물들의 稔性は 일반적으로 크게 저하하였다. 不稔性は 雄穗와 雌穗의 결합으로 표시될 수 있는데 정상개체에서 雄穗의 불임율은 0.28%로 거의 불수 없는 현상이었으나 EMS 처리한 M<sub>1</sub>에서는 25.46%로 크게 증가하였고 NaN<sub>3</sub> 처리는 14.88%로 증가하였다. 한편 자식계통들의 정상개체에서 자수 불임 발생율은 3.09%로 매우 낮은 현상이었으나 EMS처리에서는 평균 19.01%, NaN<sub>3</sub> 처리는 평균 12%로 높아졌다. 자식 계통중 mutagen처리에 특히 민감하게 반응한 계통들에는 KS16LF, KI16A 들이었다. 이들 계통의 불임자수 발생율은 60%까지 높아지기도 하였다.

### 3. mutagen 및 授粉방지 처리가 着粒과 種子성숙에 미치는 영향

Mutagen 종자 침지 처리후 발생된 M<sub>1</sub>개체들의 생식과 감수분열의 변이를 알기위하여 雌穗의 형성 초기에 폴리에틸렌 플라스틱으로 만들어진 수분방지용 봉지를 씌웠고 化分の 낙하를 방지하였다. 대부분의 이삭들에는 종실의 착생이 불가능하였으나 일부 이삭들에서 극소수의 착립이 발생하였다. 이러한 착립은 mutagen을 처리하지 않은 개체들에서도 발생하였고 착립이삭비율이 처리별로 평균 3.9-11.2% 이었고 이삭당 착립율은 평균 3.2-4.3%에 불과하였다. 종실의 무게는 대체로 소립으로 200mg에서 450mg까지 큰변이를 보였다. 이들 종실들은 未授粉에 불구하고 종자가 형성된 과정은 매우 흥미로운 것으로 無配合生殖의 가능성을 제기해볼 수 있었다.(표 2) 또 이들 처리식물에서는 생식기관인 암수이삭의 변이체들이 다양하게 발생하였는데 암이삭만 가진 雌性개체, 수술만 발생한 雄性개체, 암이삭 상부에 수술이 형성된 雌雄同花개체 및 包穎 내에 여러개의 이삭이 나타나는 多穗性개체 등이 유발되었다.

또 감수분열기의 mutagen 주입처리 이삭들에 수분방지용 봉지를 씌었던바 착립이삭비율은 평균 5.1-10%에 달하였으며 H114계통에서 無受粉 이삭형성율이 높게 나타났다. 일단 인위적으로 꽃가루를 떨어뜨려 수분시킨후 4시간만에 雌絲를 잘라낸 이삭들에서는 이삭형성율이 향상되어 평균 26.8%에 달하였다. 또 이삭당 성숙립비율은 평균 1.67-6.27%로 종자처리들과 차이가 없었다. 수분후 雌絲 절단처리에서도 이삭당 성숙립비율은 평균 3.22%에 머물러 授粉 자극이 성숙립비율은 현저히 증가시키지 못하였음을 알 수 있었다. 성숙종자중의 변이도 평균 263-324mg 로 나타나 비교적 등숙이 불충분하였다.(표 3)

### 4. 옥수수 수정과 발생의 조직학적 조사

감수분열기 이후부터 배성숙까지 각 처리별로 암이삭을 채취하여 현미경관찰을 위한 시료조작을 하였고 이들의 해부현미경적인 관찰을 통하여 옥수수 無受精種子 형성 과정을 조사하였다. 초기 자방의 내부세포에서 大孢子母세포가 분화되

Table 1. Effects of mutagen treatments of corn seed on growth of M1 plants

Treatment	Inbred	Emergence rate(%)	Plant height(cm)	Ear height(cm)	Fresh wt. (g/plant)	Rate of barren stalk(%)	
						Tassel	Ear
Control	H95	65.0	176	82	240	0	5
	H114	62.0	162	71	330	0	0
	KS8	70.0	208	98	776	0	3
	KS15a	80.0	195	96	360	0	3.9
	KS16	93.0	207	94	366	0	1.3
	KS16Lf	85.0	218	89	390	2.5	2.5
	KI16A	85.0	162	79	180	0	2.6
	KL88026	68.0	200	88	300	0	8.0
	KL88007	80.0	212	112	330	0	1.5
$\bar{X}$	76.0	193	90	363	0.3	3.1	
EMS	H95	77.0	111	33	150	13.9	7
	H114	52.0	99	46	120	35	24.7
	KS8	69.0	134	56	270	19.4	24.2
	KS15A	62.3	165	72	272	41.3	13.8
	KS16	52.3	140	52	150	12.3	5.5
	KS16Lf	76.0	101	49	120	48.0	48.0
	KI16A	70.0	127	50	120	55.2	16.5
	KL88026	65.0	131	49	179	0	23.7
	KL88007	45.0	182	80	270	3.9	7.8
$\bar{X}$	63.0	132	54	183	25.5	19.0	
Na <sub>3</sub>	H95	59.3	159	51	120	22.4	9.0
	H114	48.0	132	52	180	0	1.6
	KS8	34.3	171	64	200	12.17	3.1
	KS15A	50.3	158	57	271	0	3.8
	KS16	50.0	140	47	180	20.4	14.4
	KS16Lf	45.0	147	56	210	18.6	18.6
	KI16A	57.3	148	48	61	60.2	34.3
	KL88026	55.0	158	77	210	0	14.4
	KL88007	55.0	198	114	300	0	8.6
$\bar{X}$	50.5	157	62.8	204	14.9	12.0	
F-test	Treatment	14.4**	32.5**	33.7**	13.4**	6.44**	7.56**
	(LSD 0.5)	(2.5)	(3.4)	(2.54)	(4.43)	(0.43)	(0.26)
	Inbred	NS	4.1**	6.53**	4.05**	NS	NS
	(LSD 0.5)		(4.5)	(2.39)	(2.37)		

있다가 4분체를 형성하였고 그중 極點쪽의 大胞子세포가 비대성장하였으나 나머지 3개의 대포자 세포들은 퇴화하여 버렸다. 남겨진 하나의 대포자 세포 내에서 3번의 핵분열이 일어나고 그중 두개가 珠孔쪽에 위치하여 조세포를 만들고 인접하여 1개의 난세포가 발생하였다. 중앙에 위치한 두개의 현저한 핵들은 극핵세포를 이루고 극점쪽에 3개의 세포들이 반쪽세포를 형성하여 기존의 연구들에서와 같이<sup>9,10,18</sup> 정상적인 배낭을 완성하였다.

(그림 1)

일부 胚珠들에서는 수정되지 않은 胚囊내부에서 前胚가 성장하여 胚를 형성하는 apospory apomictic 과정(그림 2)을 관찰할수 있었고 또 배낭 바깥의 珠心세포에서 세포분열이 왕성하게 일어나 제2의 胚를 형성하는 adventitious apomictic reproduction의 胚 발생 과정을 발견할수 있었다.(그림 3) 그러나 apomixis를 가진 일부식물에서 나타나는 雙胚현상은 볼수 없었는데 이것은

Table 2. Effects of mutagen treatments of corn seeds and bagging for pollination control on kernel maturation.

Treatment	Inbred	Kernel setting ear(%)	Matured kernel(%)	Kernel wt. (mg)
Control	H95	13.5	7.8	315
	H114	17.2	7.8	458
	KS8	13	1.6	404
	KS15A	11.1	2.3	443
	KS16	2.7	2	330
	KS16Lf	5.2	2	250
	KI16A	16	3.3	371
	KL88026	15.3	1	400
	KL88007	7.1	1.3	217
	$\bar{X}$	11.2	3.2	354
EMS	H95	0	0	—
	H114	4.4	28.3	275
	KS8	13	2.7	347
	KS15A	6.4	1	392
	KS16	6.6	2	380
	KS16Lf	0	0	—
	KI16A	4.3	4.7	247
	KL88026	0	0	—
	KL88007	0	0	—
	$\bar{X}$	3.9	4.3	256
NaN <sub>3</sub>	H95	6.6	1	459
	H114	15.8	1.7	454
	KS8	0.3	0.3	—
	KS15A	5.8	1	380
	KS16	0.3	0.3	—
	KS16Lf	0.3	0.3	197
	KI16A	11	9	245
	KL88026	0.3	0.3	220
	KL88007	5.1	21.4	76
	$\bar{X}$	4.9	3.8	294
F-test	Treatment	7.0**	NS	NS
	(LSD 0.5)	(0.58)		
	Inbred (LSD 0.5)	NS	NS	NS

배발생 과정동안 양분경합에 따라 다른 하나의 胚가退化해 버린것으로 추정된다.

이러한 현상은 캔터키블루그라스의 無配合生殖性이 apospory type<sup>20)</sup>하였고 이스턴감마그라스에서는 apospory and diplospory type인 두가지가 모두 관찰되었던것<sup>3)</sup>으로 볼때 본 실험에서 유도된 옥수수의 無配合生殖특성은 近緣種인 감마그라스와 유사한 것으로 추정되고 수수에서 관찰된 multiple embryos와 차이가 있었다.<sup>26)</sup> 수정

과정의 관찰에 효율성을 높이기 위하여서는 Young<sup>29)</sup>의 방법을 사용하는 것에 대한 검토가 필요하다. 또 하나의 의문은 胚乳의 발생인데 수정되지 않은 極核세포의 단위성증식으로 배유가 완성된것인지 또는 내낭 외부의 珠心조직의 양분축적에 의한 外胚乳性의 조직인지 확인이 필요하다.

##### 5. M2식물의 발아와 염색체 조사

Mutagen 처리후 이삭을 밀봉하여 얻어진 옥수

Table 3. Effects of mutagln injection to corn ear and bagging for pollination control on kernel maturation

Treatment	Inbred	Kernel setting ear (%)	Matured kernel (%)	Kernel wt. (mg)
Control	H95	4.6	1.8	379
	H114	17.7	2.33	350
	KS8	18.4	1.3	250
	KS15A	17.8	3.5	262
	KS16	2.7	8.2	382
	KS16Lf	5.6	2.2	364
	KI16A	11.6	2.5	203
	KL88026	3.4	0.6	300
	KL88007	7.6	1.1	245
$\bar{X}$	9.9	2.62	304	
EMS	H95	0.3	3	250
	H114	13	5.3	387
	KS8	9.5	1.1	266
	KS15A	7.1	1.1	275
	KS16	0.3	0	272
	KS16Lf	0.8	1.5	415
	KI16A	7.6	4.7	281
	KL88026	7.7	1.2	388
	KL88007	0.3	0	380
$\bar{X}$	5.1	1.67	324	
NaN <sub>3</sub>	H95	0.3	0	380
	H114	55.6	2.7	392
	KS8	5.3	0.8	227
	KS15A	0.3	0	203
	KS16	13.3	23.9	175
	KS16Lf	5.3	25.4	305
	KI16A	10.5	3.5	209
	KL88026	0.3	0.3	210
	KL88007	0.3	0	220
$\bar{X}$	10	6.27	258	
Silk-cut	H95	7.4	3.5	318
	H114	33.3	0.8	292
	KS8	12.5	2.2	300
	KS15A	36.6	11.5	277
	KS16	35.8	1.9	250
	KS16Lf	41.7	3.5	200
	KI16A	27.3	2.9	282
	KL88026	14.3	1.2	227
	KL88007	31.3	1.5	230
$\bar{X}$	26.8	3.22	263	
F-test	Treatment	7.85**	NS	NS
	(LSD 0.5)	(0.11)		
	Inbred	NS	NS	NS
	(LSD 0.5)			

수종자들을 수확하였다가 실내에서 발아시키고 그들의 幼植物과 염색체 변이를 조사하였다. 옥수수 자식계들의 M2 유식물들의 뿌리 분열조직의 염색체들의 핵형은 모두  $2n=20$ 으로 밝혀졌다. (그림4) 좀 더 충분한 시료의 조사가 없어 반수체나 기타 배수변이체가 관찰되지 못하였다. 이러한 二倍性 胚의 발생은 1) 珠心이나 주변의 체세포 분열에 따른 不頂芽的 發生(adventitious embryony), 2) 大胞芽母細胞의 非減數性 分裂(diplospory), 3) 배낭내의 非減數性 卵細胞의 증식(apospory)들로서 가능하나<sup>13)</sup> 본 연구의 현미경시료 조사에서 배주내의 체세포에서 형성되었거나 배낭에서 형성된 無配合生殖性 종자 형성인 것으로 보이고 reduced embryony는 거의 없는 것으로 推定된다.

#### 6. M2 식물들의 생육과 無配合生殖性

無配合生殖性 종자들을 포장에 파종하였을 때 출현율이 41-78%에 이르렀고 정상적인 발육을 나타내었으며 그들의 생장특성의 變異係數가 초장은 4-6%, 이삭높이는 6-11%로서 비교적 균일하였다. 즉 無配合生殖의 후대에서 개체간의 변이는 적었고 형질의 相同性이 인정되었다. 그러나 동일 포장에 母系統를 재배치 않아 母植物體의 생육과 비교하지 못하였고 母系와의 형질의 相同性 여부 확인은 이루어지지 못하였다. (표 4) 생장형질의 형태적 相同性을 확인하는 것 이외에 無配合生殖性의 발생을 증명하는 방법으로는 핵산이나 동위효소의 판별법에 의한 상동성 확인이 가능하다 하겠다.

잡종세대의 고정에 無配合生殖法을 활용하려면 이들을 조절하는 유전인자를 認知하고 연관된 標識形質을 발견하여야 한다. 그 다음 無配合生殖性 유전인자를 회망계통에 교배나 유전공학적 방법으로 이전시켜야 할 것이다. 본 연구에서 M2 식물들에서 단위생식성 표지형질을 발견하려 시도하였으나 용이하지 않았다. 유전적으로 조절되는 無配合生殖性만이 타 계통과 授粉하지 않고도 우월한 잡종특성을 反復시킬 수 있고 똑같이 再現시킬 수 있기 때문이다. 그리고 無配合生殖性의 유전이 優性이며 obligate 한 것일 때라야 타형질의 混入이 없이 잡종특성의 고정이 가능하게 될 것이다.

### 摘 要

1. 옥수수의 자식계 9계통에 화학적 돌연변이 유기체를 처리하여 얻어진 M<sub>1</sub> 식물들은 형태적으로 矮性化, 白色化 등 다양한 변이체로 나타났고 생식기관의 변이는 雌性개체, 雄性개체, 雌雄同花, 多穗性들을 보였고 不稔개체들이 증가하였다.

2. mutagen의 종자침지처리후 이삭에 授粉防止帶를 씌웠을 때는 3.9-11.2%의 이삭착립율이 나타났으나 이삭당 成熟粒數는 3.8-4.3개에 불과하였다. 한편 mutagen의 이삭주입처리에서는 5.1-10%의 착립이삭율과 이삭당 성숙립수는 1.7-6.3이었고 자연수분후 4시간만에 雄絲를 절단하였던 이삭들은 착립이삭수가 27%로 증가하였다.

3. Mutagen처리와 수분방지처리에서 형성된

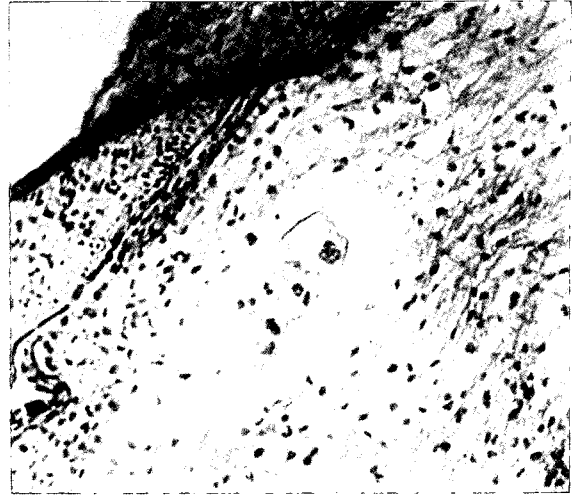
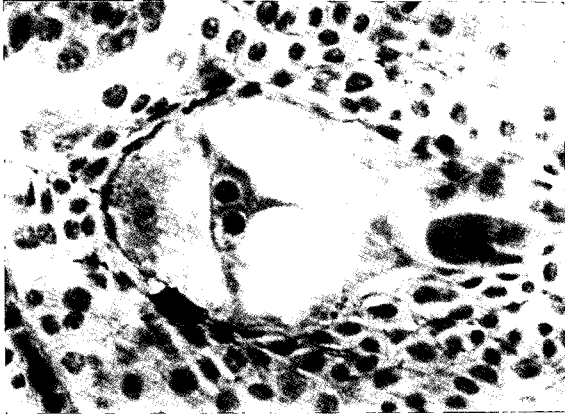
Table 4. Plant characters of apomictic plants(M<sub>2</sub>)

lines	No. of apm. seeds	Rate of emerg. (%)	plant height (cm)	CV	ear height (cm)	CV
H 95	35	54.3	280.5 ± 8.6	4.1	105.4 ± 6.6	6.2
H 114	140	40.7	196.6 ± 9.5	4.8	87.5 ± 7.8	8.9
KS 15A	23	47.8	201.3 ± 11.2	5.6	86.2 ± 9.3	10.8
KS 16	92	41.3	218.5 ± 10.6	4.9	98.0 ± 8.2	8.4
KS 16LF	36	77.8	225.4 ± 12.8	5.7	92.4 ± 9.6	10.4
KI 16A	20	65.0	172.4 ± 8.1	6.3	80.3 ± 7.9	9.8

\* apm, seeds : apomictic seeds

\*\* emerg. : field emergence

\*\*\* CV : coefficient of variance, %





종자들의 조직학적 관찰은 aposporous apomictic reproduction이나 adventitious embryony의 가능성을 보여주었고 M2식물의 根端엽색체를 조사하였을때 모두 2배체로서 확인되었다.

4. 無配合生殖性 종자에서 출현된 식물들은 草長의 변이계수가 4-6%로 비교적 낮았고 외부형태상의 均一性을 보여주었다. 그러나 이들 無配合生殖성과 결부된 標識形質을 발견할수는 없었다.

## 引用文獻

- 1) Bashaw, E. C. 1980. Apomixis and its application in crop improvement. pp45-63. In W. R. Fher and H. H. Hadley (ed.) Hybridization of crop plants. American Society of Agronomy and Crop Science Society of America, Madison, WI.
- 2) Bashaw, E. C., and K. W. Hignight. 1990. Gene transfer in apomictic buffelgrass through fertilization of an unreduced egg. *Crop Sci.* 30 : 571-575.
- 3) Burson, B. L., P. W. Voigt, R. A. Sherman, and C. L. Dewald. 1990. Apomixis and sexuality in eastern gammagrass. *Crop Sci.* 30 : 86-89.
- 4) Burton, G. W., and I. Forbes, Jr. 1960. The genetics and manipulation of obligate apomixis in common bahiagrass (*Paspalum notatum* Flugge). Proceedings of the Eighth International Grassland Congress. pp 66-71.
- 5) Dewald, C. L., B. L. Burson, J. M. J. de Wet, and J. R. Harlan. 1987. Mophology, inheritance, and evolutionary significance of sex reversal in *Tripsacum dactyloides* (Poaceae). *Amer. J. Bot.* 74(7) : 1055-1059.
- 6) de Wet, J. M. J., and J. R. Harlan. 1970. Apomixis, polyploidy, and speciation in *Dichanthium*. *Evolution* 24 : 270-277.
- 7) de Wet, J. M. J., and J. R. Harlan, and C. A. Grant. 1971. Origin and evolution of teosinte (*Zea maxicana* (Scharad.) Kuntze). *Euphytica* 20 : 255-265.
- 8) de Wet, J. M. J., J. R. Harlan, L. M. Engle, and C. A. Grant. 1973. Breeding behavior of maize-tripsacum hybrids. *Crop Sci.* 13 : 254-256.
- 9) Diboll, A. G. 1968. Fine structural developement of the megagametophyte of *Zea mays* following fertilization. *Amer. J. Bot.* 55(7) : 787-806.
- 10) Diboll, A. G., and D. A. Larson. 1966. An electron microscopic study of the mature megagametophyte in *Zea mays*. *Amer. J. Bot.* 53(4) : 391-402.
- 11) Dujardin, M., and W. W. Hanna. 1983. Apomictic and sexual pearl millet x *Pennisetum squamulatum* hybrids. *Journal of Heredity* 74 : 277-279.
- 12) Grazi, F., M. Umaerus, and E. Akerberg. 1961. Observations on the mode of reproduction and the embryology of *Poa pratensis*. *Hereditas.* 47 : 489-541.
- 13) Hanna, W. W., and E. C. Bashaw. 1987. Apomixis : Its identification and use in plant breeding. *Crop Sci.* 27 : 1136-1139.
- 14) Hanna, W. W., and J. B. Powell. 1973. Stubby head, an induced facultative apomict in pearl millet. *Crop Sci.* 13 : 726-728.
- 15) Hanna, W. W., J. B. Powell, J. C. Millot, and G. W. Burton. 1973. Cytology of obligate sexual plants in *Panicum maximum* Jacq. and their use in controlled hybrids. *Crop Sci.* 13 : 695-697.
- 16) Hasegawa, H., and M. Inoue. 1980. Mutagenic effect of sodium azide in barley. *Japan. J. Breed.* 30(1) : 20-26.
- 17) Hobin, A. W., C. C. Berg, E. C. Bashaw, R. L. Buckner, D. R. Dewey, G. M. Dunn,

- C. S. Hoveland, C. M. Rincker, and G. M. Wood. 1976. Effects of geographic origin and seed production environments on apomixis in Kentucky bluegrass. *Crop Sci.* 16 : 635–638.
- 18) Hu, Gongshe, G. H. Liang, and C. E. Wassom 1991 Chemical induction of apomictic seed formation in maize. *Euphytica* 56 : 97–105
- 19) Kapil, R. N., and A. K. Bhatnagar. 1981. Ultrastructure and biology of female gametophyte in flowering plants. *International Review of Cytology.* Vol. 70 : 291–349.
- 20) Kellogg, E. A. 1987. Apomixis in the *Poa secunda* complex. *Amer. J. Bot.* 74(9) : 1431–1437.
- 21) Knox, R. B. 1967. Apomixis : Seasonal and population differences in a grass. *Science* 157 : 325–326.
- 22) Kontezuma-de-Carvalho, J., 1967. The effect of N<sub>2</sub>O on pollen tube mitosis and its potential significance for inducing haploidy in potato. *Euphytica* 16 : 109-112.
- 23) Nilan, R. A. 1987. Trends in barley mutagenesis. *Barley Genetics V* : 241–249.
- 24) Pepin, G. W., and C. R. Funk. 1971. Intraspecific hybridization as a method of breeding Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.) for turf. *Crop Sci.* 11 : 445–447.
- 25) Petrov, D. F., E. S. Fokina, and N. I. Belousova. 1985. Experimental production of apomixis in corn. Translated from 'Doklady Akademii Nauk SSSR', Vol. 281, No. 2, pp. 509–512.
- 26) Schertz, K. F., and E. C. Bashaw. 1970. Apospory in *Sorghum bicolor* L. moench. *Science* 170 : 338–339.
- 27) Seilova, L. B., A. A. Abdurakhmanov, and N. A. Khailenko. 1984. Embryology of induced apomixis in sugar beet. *Tsitologiya i Genetica*, vol. 18, No. 2, pp. 90–92.
- 28) Tang, C. Y., K. F. Schertz, and E. C. Bashaw. 1980. Apomixis in sorghum lines and their F1 progenies. *Bot. Gaz.* 141(3) : 294–299.
- 29) Young, B. A., R. T. Sherwood, and E. C. Bashaw. 1979. Cleared pistil and thick-sectioning techniques for detecting aposporous apomixis in grasses. *Can. J. Bot.* 57 : 1668–1672.