

## 마늘 유전자원의 주요 생리적 특성과 RAPD 패턴과의 관련성

송연상, 최인후, 장영석, 안영섭, 조상균, 최원열<sup>1)</sup>  
호남농업시험장 목포시험장, <sup>1)</sup>전남대학교 농과대학 응용식물학부

### Relationship with major physiological characters and RAPD patterns of garlic (*Allium sativum* L.) germplasm.

Yeon Sang Song, In Hu Choi, Young Seok Jang, Young Sup Ahn, Sang Kyun Cho, and Won yul Choi<sup>1)</sup>  
Mokpo Experiment Station, Honam Agr. Exp. Sta. RDA., Muan 534-830, Korea  
<sup>1)</sup>Division of Applied Plant Sciences, Chonnam Natl Univ., Kwangju 500-757, Korea

#### ABSTRACT

This study was conducted to clarify of relationship with major physiological characters and RAPD patterns of garlic(*Allium sativum* L.) germplasm collected from the worldwide using randomly amplified polymorphic DNA(RAPD) analysis. Eighty-four garlic accessions were classified into ten varietal groups by physiological characters with the single linkage clustering based on Q correlations. The majority was early maturing varieties collected from East-Asia, late maturing varieties were Europe. RAPD marker, WE61<sub>1,630</sub> was amplified with late maturing varieties and high correlation have shown, though three accessions weren't amplified. Clove undifferentiation and secondary growth had mainly occur accessions collected from Europe, but hadn't shown perfect linkage to RAPD. RAPD marker, WF70<sub>1,400</sub> appeared in bolting garlic and WF64<sub>1,400</sub> appeared only in fertile garlic. Unknown garlic amplified in WF64<sub>1,400</sub> might be fertile garlic, because of their collection site were from Central-Asia.

**Key words** : garlic, physiological characters, RAPD marker

#### 서 언

마늘은 원산지가 중앙아시아(Hong 등, 1997)이며 세계 각지로 전파되어 열대에서 한대까지 폭 넓게 분포하고 있고 그 특성도 다양한데(Ogawa 등, 1975), 종자번식을 하지 않는 마늘이 극단적으로 다른 지역

에서 적응하고 재배가 이루어지는 것은 품종의 분화에 있어서 매우 흥미 있는 문제이다. 마늘은 특정한 지역에서의 온도, 일장 및 토양 등의 환경조건에 장기간 적응되어 생태종으로 발전하기 때문에 이들 품종을 환경의 변화 폭이 크게 상이한 지역으로 옮겨 심을 경우에는 잘 적응하지 못하는 것이 통례이다. 따라서 마늘의 품종은 주산지별로 그 지역에서 가장

Corresponding author: 송연상, 호남농업시험장 목포시험장  
E-mail :

우량한 영양계통을 계속적으로 선발하여 종구로 활용하는 것이 관행의 방법이며 이러한 방법에 따라 생태적으로 세분된 지방재래종이 육성되어 왔는데 단일 품종의 지역적응성은 다른 작물과 비교할 때 매우 좁은 것으로 알려져 있다(Wu 등, 1998). 우리나라에는 1977년에 중국마늘인 '가정백(嘉定白)'을 최초로 도입하여 '남도(南島)마늘'로 명명하여 보급한 이래 원산지와 생태형이 다른 외국의 품종 및 계통들이 다수 도입되었고 또 실제로 급격한 수량 증가를 가져오게 되었다. 그러나 최근 더욱 빈번해지고 있는 종구의 도입으로 인하여 예전에 경험하지 못하였던 이상현상이 다발하여 많은 피해를 입게 되었는데 그 원인과 대책에 관한 연구결과는 매우 미흡한 실정이다. 지금까지의 마늘에 대한 연구는 주로 재배마늘의 형태적(Ogawa 등, 1975), 생리적 특성(Lee, 1973), 조직배양에 의한 무병묘 생산(Suh와 Park, 1986), 돌연변이 유기 및 변이체 선발(Park과 Lee, 1989)등에 관한 연구가 수행된바 있으나 품종에 따른 여러 특성들과 유전물질의 본질인 DNA 수준에서의 관련성에 관한 연구는 매우 드물다. 최근에는 DNA 분석기술의 발전으로 RAPD(Kazan 등, 1993; Lin 등, 1994), RFLP(Keim 등, 1989), AFLP(Cato 등, 1999)등을 이용하여 식물종의 계통학적 유연관계(Karihaloo 등, 1995)나 유전적 변이(Jeffrey 등, 1998)를 밝혀내기도 한다. RAPD를 이용한 마늘 연구로는 유연관계 분석(Song 등, 2001), RAPD와 형태적 특성과의 관계(Maaβ와 Klaas, 1995), 화분 임성에 관한 연구(Hong과 Etoh, 1997)등 수 편의 연구결과가 보고되었으며 특정유전자를 추적하는 매우 유용한 분자마커로의 이용이 점점 늘고 있다. 따라서 본 연구는 종구도입 및 우량 유전자원 탐색에 필요한 기초자료를 얻고자 세계 여러 지역에서 수집된 마늘 유전자원을 대상으로 주요 생리적 형질과 계통에 따른 RAPD 패턴을 조사하여 그들간의 관련성을 구명하고자 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 식물재료

본 연구는 호남농업시험장 목포시험장에서 보유하고 있는 마늘(*Allium sativum* L.)유전자원 중 84점을 공시재료로 하여 1995년부터 1998년까지 3개년간 목포시험장 포장에서 특성비교시험을 수행하였다. 파종시기는 9월 하순이었으며 이듬해 6월 초순에 수확하였고 재식거리는 18×11cm, 시비량은 질소, 인산, 가리, 퇴비를 25, 7.7, 12.8, 2,000kg/10a 수준으로 하였으며 투명 PE필름으로 멀칭 재배하였다. 조사된 주요 생리적 형질은 조만성, 이차생장율, 인편미분화율, 추대성, 임성 등이었다.

### 2. 마늘의 DNA 분리

DNA분리를 위하여 인편을 인위적으로 발아시켜 싹을 유도하여 채취한 후 -20℃ 냉동고에 보관하였으며 Genomic DNA는 CTAB법(Gawel과 Jarret, 1991)을 변형하여 분리하였다. 0.5g의 마늘잎을 액체질소와 함께 유발에 넣고 완전히 마쇄한 후, 2.0ml 튜브에 넣고 0.5ml의 추출용액(3x CTAB)을 가하여 잘 섞은 다음, 55℃에서 30분간 흔들면서 반응시켰다. 0.5ml의 chloroform을 가하고 잘 섞은 다음 15,000rpm으로 10분간 원심분리하여 상등액을 새 튜브에 옮기고 micropipette으로 부피를 측정하였다. 10M AmOAC를 측정된 양의 1/3만큼 가하고 45분 이상 얼음에 보관하였으며 4℃에서 10분간 15,000rpm으로 원심분리하였다. 다시 새 튜브에 옮기고 동량의 iso-propanol을 넣은 다음 -20℃에서 30분 이상 보관하였다. 4℃에서 10분간 15,000rpm으로 원심 한 후 상등액을 버리고 70% EtOH를 0.5ml를 가하여 씻은 다음 덩어리가 될 때까지 말렸다. RNase(10mg/ml)가 1/1,000로 희석된 TE/RNase buffer를 50μl 첨가하고 55℃에서 10분간 반응시킨 후 15,000rpm으로 5분간 원심하고 상등액을 새 튜브에 담아 4℃에 저장해 두면서 PCR실험에 이용하였다. DNA의 농도는 자외선분광광도계로 측정된 후 PCR에 이용할 수 있도록 농도를 조절하였다.

### 3. PCR을 이용한 DNA의 증폭

PCR protocol은 Williams 등(1990)의 방법에 의하여 DNA를 증폭하였는데 이때 반응용액(10μl)은

10mM Tris-HCl(pH 8.9), 80mM KCl, 1.5mM MgCl<sub>2</sub>, 0.1% sodium cholate, 0.1% triton X-100, 0.2mM dATP, 0.2mM dGTP, 0.2mM dCTP, 0.2mM dTTP, 5pM primer, 20ng template DNA, 4 unit의 Taq polymerase(Toyobo, Osaka)를 사용하였다. 이 반응용액에 25  $\mu$ l의 mineral oil을 넣고 PCR을 실시하였고 DNA의 증폭은 Program temperature control system PC-700(Astec, Shime)을 이용하였다. 이때 적용한 프로그램은 시작단계에 94 $^{\circ}$ C에서 30초간 반응시킨 후 94 $^{\circ}$ C/30sec, 40 $^{\circ}$ C/2min, 72 $^{\circ}$ C/3min의 반응을 45회 실시하고 최종연장단계로서 72 $^{\circ}$ C에서 7분간 반응시켰다. 모든 PCR증폭이 종료된 후 10  $\mu$ l의 증폭산물을 1  $\mu$ g/ml ethidium bromide가 함유된 1.5%(w/v) Agarose gel 에 올려 1x TBE buffer가 든 전기영동장치에서 100 V로 약 1 시간정도 전기영동한 다음 UV광선하에서 사진촬영하였다.

#### 4. Primer의 선발

PCR을 위하여 Wako사의 12mer oligonucleotide primer 185종과 Espec사에서 합성된 10mer primer 15종을 각각 구입하여 이용하였다. 총 200개의 primer 중 다형성을 보이는 18개의 primer를 선발하였으며 각 primer의 번호와 염기서열은 Table 1과 같다.

## 결과 및 고찰

### 1. 생리적 특성 분포

Table 2는 수집된 마늘 계통의 기본 통계치이며 Table 3은 생리적 특성에 대한 3개년간 구체적 평균치이다. Table 2의 생리적 특성을 보면 변이계수가 매우 컸는데 인편미분화는 250으로 계통간에 발생 양상이 현저하게 다르게 나타났고 이차생장과 추대도 각각 109, 114로 매우 높았다. 비교적 변이가 작았던 출현기는 조만성의 지표가 될 수 있으며 마늘의 생태형을 구분 짓는 가장 뚜렷한 형질 중의 하나이다. Lee(1973)는 출현의 조만이 품종 고유의 휴면성과 관계가 있고 난지형 마늘은 휴면이 수확 후 약 2개월 여만에 타파되는 반면 한지형 마늘은 그 정도가 길다고 하였는데 본 실험에서는 45일 이상의 긴 출현소요일수를 요하는 계통들도 21%나 차지하고 있었고 이들 계통들은 월동 전에 출현하여도 거의 생장을 하지 않는 특성을 보이고 있었다. 이차생장은 생육후기에 엽초 밖으로 잎이 새로 자라 나와 인편비대가 불량해지고 심하면 인편이 다시 분화하여 여러 개의 쪽이 형성되는 현상이다. 일반적으로 이차생장은 단일조건, 과다시비, 조기파종, 대인편과

**Table 1.** List of 18 random primers used in this experiment.

No.	Primers	Sequence	Origin	No.	Primers	Sequence	Origin
1	WE06	TCCCCTGAACGT	Wako co.	10	WG03	CCGCACATATAC	Wako co.
2	WE61	GAGGACGTTAAA	Wako co.	11	WG10	AAAGTCCTAAGC	Wako co.
3	WE82	GATCGCATAGAT	Wako co.	12	WG26	CTGATGCGCTAC	Wako co.
4	WE92	CACAAGATGAGT	Wako co.	13	WG32	AACAGTCAAGTC	Wako co.
5	WF29	GCCGCTAATATG	Wako co.	14	WG48	GCCATCCGTACA	Wako co.
6	WF46	CTCCCTCAAAGT	Wako co.	15	WG70	AACATCACAGGT	Wako co.
7	WF64	GCCGCGCCAGTA	Wako co.	16	WG85	TCCGAGTATCTG	Wako co.
8	WF70	GTCACCTCGGATA	Wako co.	17	WG91	GCCATCCTACAC	Wako co.
9	WF91	ACCTACACGGGA	Wako co.	18	OPC09	CTCACCGTCC	Espec co.

**Table 2.** Elementary statistics of physiological characters for 84 garlic accessions collected.

Division	Days to emergence (days)	Secondary growth rate (%)	Bolting rate (%)	Clove undifferentiated rate(%)
Mean	33 $\pm$ 10	13 $\pm$ 14	42 $\pm$ 48	3.1 $\pm$ 8
Maximum	59	54	100	57.4
Minimum	19	0	0	0.0
Range	40	54	100	57.4
C.V	31	109	114	250

종, 환경의 조기제거 등 많은 환경요인에 의하여 발생의 차이를 보인다고(Lee, 1994)하지만 근본적으로는 품종에 따라 그 발생정도가 매우 다르게 나타나

는 것으로 생각된다.

우리나라 남부지방에서 주로 재배되고 있는 남도마늘은 약 8%의 발생을 보이고 있었는데 10%이하

**Table 3.** List and physiological characters of 84 garlic accessions

No.	Accession name	Site of collection	DE <sup>1)</sup>	SGR <sup>2)</sup>	B <sup>3)</sup>	CUR <sup>4)</sup>	No.	Accession name	Site of collection	DE	SGR	B	CUR
1	Ilgil W	Japan	23.0	15.0	B	0.0	43	Dogil 2	Europe	46.0	7.0	NB	6.7
2	Sanghe	China	21.7	1.2	B	0.0	44	Kuning	Europe	35.7	0.0	NB	0.9
3	Wonju	Japan	26.0	50.0	B	0.0	45	172-4	Europe	35.7	26.8	NB	21.3
4	Bokdo	Japan	37.0	7.5	NB	1.4	46	Poland 118	Poland	59.3	1.1	NB	8.2
5	Habuk	China	26.0	14.2	NB	0.0	47	Poland 115	Poland	38.0	23.3	NB	0.0
6	Hanam	China	26.0	10.4	B	0.0	48	Poland 117	Poland	38.0	50.9	NB	0.0
7	Bangjung	China	26.0	2.4	B	0.8	49	Poland 114	Poland	48.3	5.5	NB	0.0
8	Sandong	China	21.7	1.2	B	0.0	50	PI1356110	Poland	42.7	7.0	NB	0.7
9	America	America	22.0	3.3	NB	0.0	51	PI135693	Poland	46.7	43.7	NB	0.0
10	Chilchil	Japan	22.0	26.7	NB	0.0	52	PI1356121	Kirigiz	57	54.3	NB	0
11	New. W	Japan	23.0	13.3	B	0.0	53	PI135689	Kazakhstan	27.3	46.9	NB	0.0
12	Jochi	Japan	26.0	1.2	B	1.7	54	IBP 119	Kirigiz	24.7	9.6	B	1.6
13	Sin. W	Japan	23.0	20.2	NB	0.0	55	IT136651	Kirigiz	31.0	15.2	B	15.2
14	Okinawa	Japan	26.0	23.3	B	0.0	56	IT136643	Kirigiz	39.3	11.0	NB	0.0
15	Guroundosek	Japan	22.0	22.5	B	0.7	57	IT136645	Kirigiz	37.7	3.1	NB	0.7
16	Chili	China	22.0	0.0	B	0.0	58	PI136095	Kirigiz	49.7	39.4	NB	13.2
17	Namhe	Korea	29.0	3.6	B	0.0	59	CA64	Kazakhstan	19.0	18.2	B	0.9
18	Seosan	Korea	26.7	0.0	B	0.0	60	PI136097	Uzbekistan	49.7	46.4	NB	4.4
19	Naju	Korea	27.3	25.0	B	0.0	61	CA	Kazakhstan	29.0	5.0	B	1.7
20	Janggi	China	27.0	22.8	B	0.0	62	Namdo	China	23.7	7.8	B	0.7
21	GW4	Nepal	22.0	0.0	B	0.0	63	Daeseo	Spain	21.3	37.9	B	0.0
22	GW5	Nepal	20.0	0.0	B	0.0	64	Jabong	Indonesia	33.0	0.0	B	0.0
23	GW6	Nepal	23.0	0.0	B	0.0	65	Gohung	Korea	31.0	2.1	B	0.0
24	GW8	Nepal	22.0	0.0	B	0.0	66	Godang	Korea	31.0	2.0	B	0.0
25	Hongkong	Tailand	23.0	9.5	B	0.0	67	Changsan	China	27.0	10.0	B	5.8
26	Italian P.	Europe	51.3	0.0	NB	1.6	68	Gajung	China	31.0	0.0	B	0.0
27	Gravel	Europe	55.0	0.8	NB	0.7	69	203	Europe	28.3	11.9	B	0.0
28	Lerg	Europe	27	0.0	NB	0.0	70	Eusung	Korea	51.3	9.8	B	2.6
29	TLC	Europe	37	10.3	NB	6.2	71	Tean	China	22.7	16.7	B	0.0
30	Arguni	Europe	46.0	6.4	NB	1.5	72	Bukung	China	28.7	3.6	B	0.0
31	Gomecari	Europe	49.3	4.0	NB	15.2	73	Nepal A	Nepal	36.3	0.0	B	0.0
32	Ukanapshavi	Europe	48.3	2.3	NB	7.9	74	PI135689	Europe	31.0	5.6	B	0.0
33	Thermadrone	Europe	35	0.0	NB	1.1	75	IBP 119	Europe	26.0	24.7	NB	1.0
34	Walla	Europe	22.0	9.2	NB	0.0	76	Dogil	Germany	41.7	6.3	NB	18.3
35	Monroe	Europe	37.7	3.1	NB	0.7	77	Bori	Ijept	29.3	9.7	NB	1.6
36	Henry	Europe	22.0	1.8	NB	0.0	78	8614	Uzbekistan	29.0	7.0	B	0.0
37	Ozark	Europe	35.7	16.7	NB	57.4	79	8901	Uzbekistan	31.0	20.0	B	0.8
38	Paris	Europe	35.3	18.4	NB	4.1	80	Poland 112	Poland	49.7	3.2	NB	0.0
39	Italian W	Europe	31.7	1.1	NB	0.0	81	Milyang	Korea	44.0	31.1	NB	0.0
40	Swis	Europe	38.3	11.7	NB	12.3	82	Danyang	Korea	44.0	9.0	NB	1.0
41	Dogil 3	Europe	31.7	19.6	NB	5.8	83	Gapung	Korea	42.0	32.9	NB	1.6
42	Castelian	Europe	34.3	6.0	NB	11.1	84	Gangwado	Korea	59.3	39.0	NB	22.2

<sup>1)</sup>DE : Days to emergence, <sup>2)</sup>SGR : Secondary growth rate(%), <sup>3)</sup>B : Bolting, <sup>4)</sup>CUR : Clove undifferentiated rate(%)

로 발생하는 품종은 전체의 약 57%였다. 인편미분화현상(불결구엽상화)은 겨울 기온이 따뜻하거나 단일에 의하여 저온처리효과가 소거되어 발생하는 견해도 있고 품종특유의 것으로 보는 견해도 있으나 본 실험에서는 품종간 변이가 심하여 품종적인 측면이 강한 것으로 생각되며 이는 중국에서 도입된 마늘에서 나타난 인편미분화현상의 경우 품종적인 차이라고 한 Wu 등(1998)의 보고와 비슷하였다.

## 2. 품종군 분류

조사된 생리적 형질에 의하여 품종군 분류를 실시하였다. 계통간의 특성차이에 의한 품종군의 분류는 과거에는 하나 혹은 둘의 형질의 질적 차이에 의하여 이루어져 왔으나 이러한 분류방법은 동일 품종군내에서도 분류기준이 되는 형질 외에는 상당한 차이를 보이므로 본 실험에서는 분류의 기준이 품종을 구분할 수 있는 모든 형질을 고려하는 다변량 해석에 의한 분류법으로 분류하였다. 조사된 모든 생리적인 특성을 분류의 기준형질로 하여 평균이 0이고 분산이 1인 표준화값을 구한 다음 이들의 평균적인 차이에 의하여 품종간의 유사성 정도를 나타내는 분

류치 거리와 Q상관으로 계산하여 이를 single link clustering 방법에 따라 그림으로 나타낸 것이 Fig 1이며 품종들이 낮은 위치에서 연결되는 품종일수록 비교적 유사한 품종으로 여겨지는 것이다. 두 품종의 형질간 차이의 방향이 동일하지 않을 경우는 차이의 방향이 고려되는 Q상관이 효과적인 것으로 알려져 있는데(Guh 등, 1983)  $r=0.52$ 로 선을 그어 그 이내에서 연결되는 품종들 중 하나의 품종군내에 2개 이상의 품종이 포함되는 것을 단일 품종군으로 분류한 결과 10개의 품종군으로 나누어졌으며 9품종은 어느 품종군에도 속하지 않았다(Fig 1, Table 4).

## 3. 생리적 분류군, 수집지역, RAPD 패턴과의 관련성

### 1) 조만성

품종군내의 생리적 특성의 차이를 보면(Table 3) 품종군 Pc1, Pc2, Pc3, Pc6은 출현일수가 30일 미만으로 조생형 마늘이 포함되어 있는 품종군이었다. 품종군 Pc4, Pc8, Pc10은 출현일수가 40일 이후인 만생형 품종군이었으며 특히 Pc10은 50일 이후에나 출현하는 극 만생형 품종군으로 분류되었다. Pc4, Pc10군은 주로 유럽 원산의 마늘이 많았고 비교적 수집지

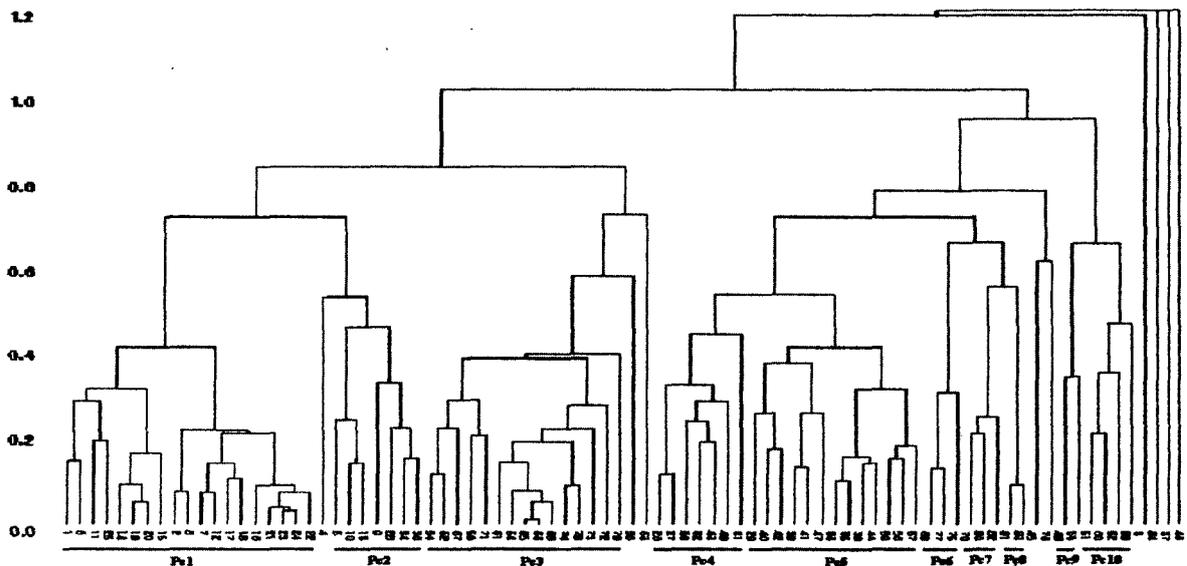
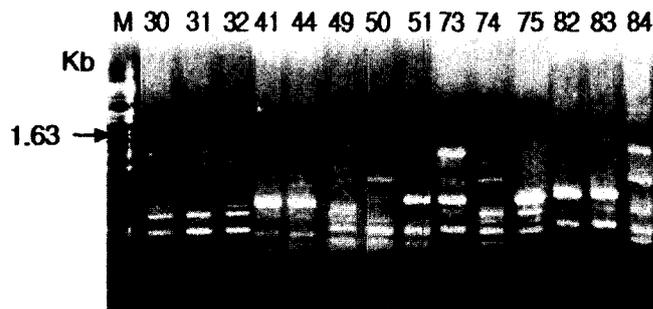


Fig 1. Dendrogram of 84 garlic accessions based on physiological characters.

**Table 4.** Distribution of collection site in each physiological variety group

Variety group	Varieties	Collection site
Pc1(n=19)	1, 2, 6, 7, 8, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25	China(6), Japan(5), Nepal(4), Korea(3), Tideland(1)
Pc2(n=7)	5, 9, 10, 13, 28, 34, 36	Europe(3), Japan(2), China(1), USA(1)
Pc3(n=15)	54, 59, 61, 62, 64, 65, 66, 67, 68, 71, 72, 73, 74, 78, 79	China(5), Korea(2), Uzbekistan(2), Kazakhstan(2), Europe(1), Indonesia(1), Kirigis(1), Nepal(1)
Pc4(n=7)	26, 27, 30, 31, 32, 43, 49	Europe(6), Poland(1)
Pc5(n=13)	29, 33, 35, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 47, 50, 56, 57	Europe(9), Poland(2), Kirigis(2)
Pc6(n=3)	69, 75, 77	Europe(2), Ijpt(1)
Pc7(n=3)	70, 80, 82	Korea(2), Poland(1)
Pc8(n=2)	81, 83	Korea(2)
Pc9(n=2)	48, 53	Kazakhstan(1), Poland(1)
Pc10(n=4)	51, 52, 58, 60	Poland(1), Uzbekistan(1), Kirigis(1)
Others(n=9)	3, 4, 37, 45, 46, 55, 63, 76, 84	Japan(2), Europe(2), Poland(1), Korea(1) Kirigis(1), Spain(1), Germany(1),



**Fig 2.** Electrophoretic pattern of PCR-amplified DNA products from genomic DNAs for confirmation of RAPD marker, WE61<sub>1.630</sub>

역과 일치되는 경향을 보였다.

출현기와 관련성 있는 RAPD 패턴의 변이를 검토한 바 선발된 primer 중 WE61의 1.63kb와 관련이 깊은 것으로 나타났으며 그 결과를 Fig 2에 나타내었다. WE61<sub>1.630</sub>에 밴드가 나타나는 품종은 대체로 출현이 늦은 만생종이 많아서 평균 40일 이후에 출현하였다. 이들은 우리나라 남부지방에서 재배할 경우 월동 전에는 출현하지 않거나 출현하여도 거의 생장을 하지 않는 계통들이다. 이 밴드가 나타나는 품종들은 주로 동유럽 원산의 마늘 중에 많았으며 아시아지역에서 수집된 마늘 중에는 드물었지만 82, 83번 품종은 우리나라의 중부지방에서 주로 재배되는 품종들인데도 출현일수가 40일 이상인 이른바 한지

형 품종이었다. 한편, 이 위치에 밴드가 나타남에도 불구하고 출현이 빨랐던 것은 69, 71, 72번 3개 계통이 있었다. 이 곳에 밴드가 나타나지 않은 품종들은 거의 대부분 출현이 빠른 경향을 보였다. 이 결과로 조만성을 구분할만한 RAPD 마커로 이용하기는 어렵겠으나 이 부분은 출현과 관련되어 있는 것으로 보여지며 더욱 심도 있는 연구가 필요하다고 하겠다.

## 2) 생리적 이상현상

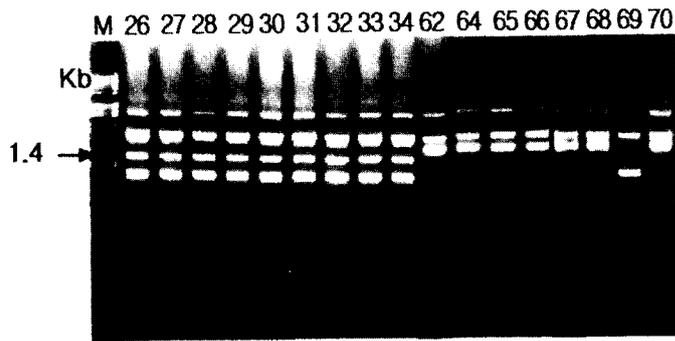
마늘 재배시 문제가 되는 이상현상 중 이차생장은 Pc8, Pc9, Pc10의 발생이 높았는데 30%이상의 높은 이차생장 발생율을 보였으며 주로 중앙아시아와 동유럽 원산의 마늘이 많았다. 10% 미만으로 발생

한 품종군은 Pc1, Pc3, Pc4, Pc5였으며 Pc4는 3.7%의 발생율을 보여 이차생장에 둔감한 품종들이 모여있는 것으로 나타났으나 어느 품종군이고 약간의 이차생장은 발생하는 것으로 나타났으며 이와 관련된 RAPD 마커는 보이지 않아서 유전적으로 이차생장의 발생을 예측하기는 어려울 것으로 생각되었다. 인편미분화가 전혀 발생하지 않은 품종군은 Pc2와 Pc9였으며 Pc4, Pc5, Pc10은 높은 발생율을 보였는데 유럽 원산 마늘의 대부분이 만생형 품종들이기에 휴면이 길고 인편분화를 위한 저온 요구도가 큰 반면 재배환경은 원산지보다 따뜻하기 때문에 인편미분화가 더욱 심하게 나타난 것이 아닌가 사료되지만 이를 확인할 만한 RAPD 마커를 찾지는 못하였다. 생리적 형질에 따른 분류로 볼 때 우리나라 남부지방에 적응되는 바람직한 품종특성을 가진 품종군은

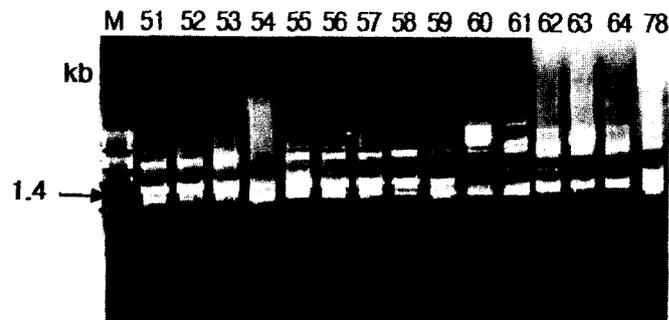
출현이 빠르고 이차생장 등의 생리적 이상현상 발생이 적은 Pc1 혹은 Pc2 군으로 생각되었다. 본 실험에서는 종구의 도입시 인편미분화 등의 이상현상이 발생하지 않으면서 농업적 형질이 좋은 품종을 유전적인 배경하에 탐색하기는 상당히 어려웠으며 금후 더욱 심도있는 연구가 필요하다고 생각되어진다.

### 3) 추대성

마늘의 특성 중 추대여부는 품종을 구분할 때 가장 확실하며 유용한 형질의 하나이다. 생리적 특성에 의한 품종군으로는 Pc1과 Pc3이 추대종 마늘 품종군으로 나타났으나 수집지역은 매우 다양하였다. Fig 3은 추대특성과 관련된 RAPD마커이며 선발된 primer 중 WF70의 1.4kb에서의 밴드 유무로 추대종과 불추대종을 구분할 수 있었고 이 위치에 밴드가 출현한 계통은 추대가 되는 계통들이었다. 이는 AI-



**Fig 3.** Electrophoretic pattern of PCR-amplified DNA products from genomic DNAs for confirmation of RAPD marker, WF70<sub>1.400</sub>. The RAPD marker, WF70<sub>1.400</sub> was amplified in bolting garlic.



**Fig 4.** Electrophoretic pattern of PCR-amplified DNA products from genomic DNAs for fertile garlic accessions, marker WF64<sub>1.400</sub>. The RAPD marker, WF64<sub>1.400</sub> were amplified in fertile garlic and did not in the other type.

Zahim 등(1997)이 유럽 마늘 중 OPG-20이라는 마커의 1.15kb에 밴드가 나타난 것은 추대종이었고 밴드가 없는 것은 불추대종이었다고한 보고와 일치하는 것으로 본 실험에서도 추대특성에 따른 분자수준에서의 구분이 가능함을 알 수 있었다.

#### 4) 稔性마늘의 RAPD 밴드 패턴

80년 초 구 소련지역에서 임성마늘이 발견된 이래 이 마늘을 이용한 교배육종의 기대가 높아지고 있는 실정이다. 따라서 기 수집된 유전자원이나 새로 수집하는 유전자원에서 이들 마늘들에 대한 선발 마커가 절실히 요구된다. 본 실험에서 이용했던 유전자원 중 기존에 임성마늘로 알려져 있고 실제 교배육종이 시도되고 있는 54, 78번 계통은 Fig 4에서 보는바와 같이 WF64<sub>1.400</sub>에 밴드가 나타났는데 그 외에 이 위치에 밴드가 나타난 계통들은 마늘의 원산지인 카자흐스탄, 키리키스, 우즈베키스탄 등의 중앙아시아 인근지역에서 수집된 마늘이었다. 실제로 이들 마늘들의 임성능력여부는 직접 교배를 해 보아야 알겠지만 기존의 임성마늘과 같은 밴드가 출현했다는 점, 기존의 임성마늘 수집지역과 같은 지역에서 수집된 마늘에서만 밴드가 나타났다는 점 등으로 미루어 볼 때 이들 마늘들도 임성이 있을 가능성이 높다고 생각된다.

### 적 요

세계 각지에서 수집된 마늘 유전자원의 주요 생리적 특성과 RAPD 패턴과의 관련성을 검토하기 위하여 분석한 결과는 다음과 같다. 84개의 수집마늘의 생리적 특성들에 의한 다변량 해석의 결과 10개의 품종군으로 구분되어졌고 어느 품종군에도 속하지 않은 계통이 9개였다. 조만성은 주로 중국, 일본, 한국에서 수집된 마늘들에서 조생종마늘이 많았고 유럽원산의 마늘들에서는 만생형 품종이 많았으며 RAPD 마커 WE61<sub>1.630</sub>과 상당한 관련을 보였다. 이차생장은 거의 대부분의 마늘들에서 나타나는 경향을 보였으나 동유럽지역 수집종에서 발생율이 높은 경향을 보였고 네팔을 중심으로 한 지역종들은 이차생장이 발생하지 않았다. 인편미분화는 유럽원산의 마

늘들에서 많은 발생율을 보였지만 표지인자를 찾기는 어려웠다. 추대성은 RAPD마커 WF70<sub>1.400</sub>에서 밴드가 나타난 마늘은 추대종 마늘이었다. 마늘 임성과 관련된 RAPD 마커는 WF64<sub>1.400</sub>이었으며 임성마늘에서 밴드가 나타났다.

### 인용문헌

- Cato, S.A., G.E. Corbett, and T.E. Richardson. 1999. Evaluation of AFLP for genetic mapping in *Pinus radiata* D. Don. *Mol. Breed.*5:275-281.
- Etoh, T. 1985. Studies on the sterility in garlic, *A. sativum* L. *Mem. Fac. Agr. Kagoshima Univ.* 21:77-132.
- Gawel, N.J., and R.L. Jarret. 1991. A modified CTAB DNA extraction procedure for *Musa* and *Ipomoea*. *Plant Mol. Bio. Rep.* 9:262-266.
- Guh, J.O., Y.M. Lee, and D.Y. Shin. 1983. Basic studies on the native colored-soybean cultivars. *Kor. J. Crop Sci.* 28:340-344
- Hong, C.J., T. Etoh, B. Landry, and N. Matsuzoe. 1997. RAPD markers related to pollen fertility in garlic(*A. sativum* L.). *Breed. Sci.* 47:359-362.
- Jeffrey, A.T., L.N. Randall, and O.V. Lila. 1998. Identification of diverse soybean germplasm using RAPD markers. *Crop Sci.* 38:1348-1355.
- Karihaloo, J.L., S. Brauner, and L.D. Gottlieb. 1995. Random amplified polymorphic DNA variation in the eggplant, *Solanum melongena* L.(Solanaceae). *Theor. Appl. Genet.* 90:767-770.
- Kazan, K., J.M. Manners, and D.F. Cameron. 1993. Genetic variation in agronomically important species of *Stylosanthes* determined using RAPD markers. *Theor. Appl.Genet.* 85:882.
- Keim, P., R.C. Shoemaker, and R.G. Palmer. 1989. Restriction fragment length polymorphism diversity in soybean. *Theor. Appl. Genet.* 77:786-792.
- Lee, W.S. 1973. Physiological and ecological studies on Korea local strains of garlic. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 14:14-23.
- Lin, Z.W., R.L. Jarret, R.R. Duncan, and S. Kresovich. 1994. Genetic relationships and variation among ecotypes of seashore paspalum(*Paspalum*

- vaginate*)determined by RAPD markers. Genome. 37:1011-1017.
- Maa  $\beta$  , H.I. and M. Klaas. 1995. Interspecific differentiation of garlic by isozyme and RAPD markers. Theor. Appl. Genet. 91: 89-97.
- Ogawa, T., N. Mori, and N. Matsubara. 1975. The studies on the ecological distribution and bulbing habit of garlic plants. Res. Rept., Nagasaki, Japan. 3: 3-21.
- Park, K.Y., and C.H. Lee. 1989. Mutation induction by EMS, colchicine and gamma irradiation of in vitro cultured shoot tips of *A. sativum* L. Res. Rept. RDA. 32:43-52.
- Suh, S.K., and H.G. Park. 1986. Studies on the anther culture of garlic(*A. sativum* L.). J. Kor. Soc. Hort. Sci. 27:89-95.
- Williams, J.G.K., A.R. Kubelik, K.J. Livak, J.A. Rafalski, and S.V. Tingey. 1990. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. Nucleic Acids Res. 18:6531-6535.
- Lee, W.S. 1994. Vegetables cultivation technique in *Liliaceae*. Kyongbuk Univ. Taegu, Kor.
- Song, Y.S., I.H. Choi, A. Kojima, M. Hirai, and W.Y. Choi. 2001. Classification of garlic(*A. sativum* L.) germplasm by RAPD analysis. Kor. J. Breed. 33:7-14
- Wu, J.K. 1998. Physio-ecological studies for stabilizing garlic production. The Res. Rep. of NHRI. RDA. p5-10
- (접수일 2001.3.31)  
(수리일 2001.5.18)