

## 왕대속 3종의 지역개체군간 동위효소변이

김창호\* · 하미영 · 이호준

신라대학교 자연과학대학 생명과학과\* · 건국대학교 이과대학 생물학과

### Isozymic Variation of Local Populations in the 3 Species of *Phyllostachys*

Kim, Chang-Ho\*, Mi-Young Ha and Ho-Joon Lee

Department of Life Science, College of Natural Sciences, Silla University\*

Department of Biology, College of Science, Kon-Kuk University

#### ABSTRACT

Intraspecific and interspecific isozyme variations and their relationship of 16 local populations in 3 species of *Phyllostachys*, that is, *P. bambusoides*, *P. nigra* var. *henonis* and *P. pubescens* were investigated by multi-variate analysis.

Leaf isozymes of *Phyllostachys* such as 6-PGD (6-phosphogluconate dehydrogenase), MDH (malate dehydrogenase), PGI (phosphoglucoisomerase), PRX (peroxidase), PGM (phosphoglutamase), IDH (isocitrate dehydrogenase) showed electrophoretic variations in the number of zymotypes (7, 6, 6, 9, 3 and 5, respectively). In the cluster analysis on the isozymic characteristics, 16 populations were classified into 3 species at the euclid genetic distance of 2.041. *P. nigra* var. *henonis* and *P. bambusoides* were clustered first at 2.813 and then *P. pubescens* at 3.001. So far, 3 local types of intraspecific variation were found in *P. nigra* var. *henonis* and *P. bambusoides*.

**Key words:** Leaf isozyme, Intraspecific variation, Electrophoretic variation, Zymotypes, Cluster analysis, Euclid genetic distance.

#### 서 론

최근 종내변이 또는 종간 형질의 차이에 따른 유연관계를 정량적으로 측정할 수 있는 분자수준의 형질 분석이 널리 이용되고 있는데, 그 중에서도 전기영동법과 발색된 동위효소형을 분석하는 Zymogram법이 유용한 방법으로 알려져 많은 식물체를 대상으로 연구되어 왔다 (Crawford 1985, Gottlieb 1971, Carulli 1988, Hamrick 1989). 이에 관한 연구로 Soltis *et al.* (1990)은 IDH (isocitrate dehydrogenase), MDH (malate dehydrogenase), PGM (phosphoglutamase) 등의 isozyme 변이가

*Allium douglasii* 내의 변종간에 차이가 있음을 보고한 바 있으며, Crawford (1988)는 *Coreopsis latifolia*를 대상으로 수 종 isozyme을 분석하여 종내변이를 비교하였다. 국내에서는 Kim and Kim (1985)이 한국산 *Juniperus*의 세포유전학적 연구에서 isoperoxidase의 변이로 clone 간 및 종간의 차이를 밝힌 것을 비롯하여, 이 (1992)가 한국산 *Disporum* 속에 있어 동위효소의 변이에 따른 종간 유연관계를 분석한 바 있다.

종내 또는 종간 유연관계를 규명함에 있어 분석자료들의 객관적, 과학적인 정리를 위하여 다변량분석법이 제안되었고, 그 가운데 주성분분석 (principal component analysis)과 함께 유사성을 근거로 하여 공간에 나

타나는 집단들을 평면차원으로 환원시켜 수지도로 나타내는 유집분석 (cluster analysis)이 가장 널리 이용되고 있다 (Sneath and Sokal 1973, Radford *et al.* 1974, Rushton 1978, 고 1988). 본 연구는 대나무아과 (Bambusoideae)의 왕대속 (*Phyllostachys*)에 속하는 왕대 (*P. bambusoides*), 솜대 (*P. nigra* var. *henonis*) 및 죽순대 (*P. pubescens*) 등 3종 식물의 16개 지역개체군을 대상으로 동위효소에 관한 개체군간 전기영동변이를 유집분석함으로써 종내 또는 종간의 유연관계를 밝히고자 한다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

실험재료는 전라도와 경상도 일대의 16개 지역에서 채집하였으며, 채집지역과 채집일자는 Table 1과 같다. 각 개체군별 실험재료의 동정은, 일반적으로 알려진 형질 중 소설의 형태와 견모의 특성을 중점 비교하였으며, 국내외의 왕대속 관련 문헌 및 도감을 참조하였다 (Nakai 1937, Ohwi 1984, 이창복 1985). 이에 따라, 소설이 치아상 절형이면서 소수의 견모가 죽간에 평형으로 나 있는 것을 솜대로, 소설이 원상 절형이며 다수의 견모가 죽간에 직각으로 나 있는 것을 왕대로, 그리고 산형(傘形)의 긴 소설과 일찍 떨어지는 소수의 견모를 갖는 종을 죽순대로 동정하였다. 식물체의 채취는 개체군별로

특히 성장이 우수하다고 판단되는 개체의 잎을 대상으로 하였다. 채취된 식물체는 즉시 밀봉하여 실험실로 운반한 후  $-70^{\circ}\text{C}$  냉동고에 보관하였다가 동위효소 분석에 사용하였다.

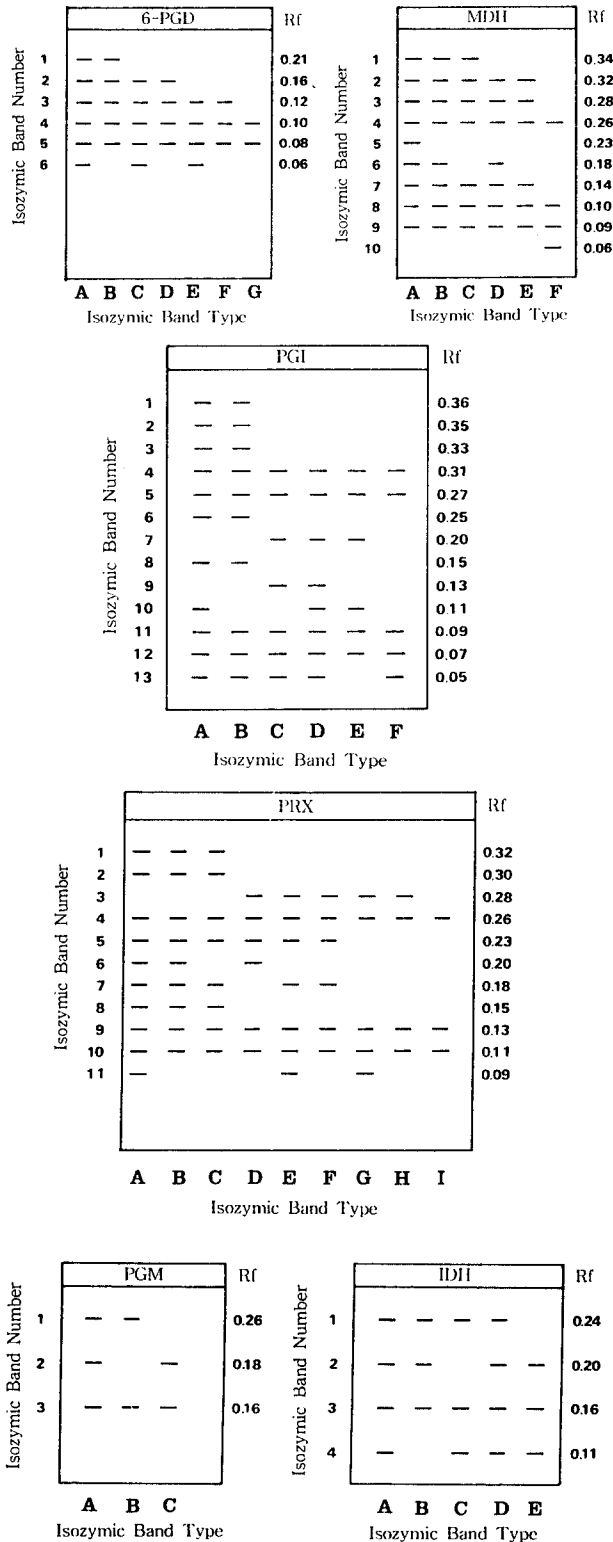
### 동위효소 분석

**전기영동** : 냉동보관하였던 식물체의 잎을 추출용액 (pH 7.5)과 함께 막자사발에 넣어서 곱게 분쇄한 후 수평전분젤로 전기영동하였다 (Mitton *et al.* 1979). 전분젤은 pH 7.2인 gel buffer에 11% 무수전분 (Sigma S-4501)을 이용한 전분젤용액을 gel mold에 붓고 실온에서 12시간동안 방치하여 gel화 시킨 후, 각 시료의 상등액을 묻힌 심지(wicks : chromatography paper)를 gel의 음극쪽에서 5cm되는 곳에 삽입시켰다. 심지를 넣은 gel은 건조를 방지하기 위해 saran wrap으로 덮고,  $4\sim 5^{\circ}\text{C}$ 가 유지되는 냉장고 내에서 45mA로 1시간 동안 전기영동한 후, 심지를 빼고 9시간 동안 전기영동을 하였다 (Shaw and Prasad 1970, Johnes 1986). 전기영동 후 gel은 시료에 함유된 동위효소 중에서 6종류의 동위효소, 즉 phosphoglucosomerase (PGI, 5.3.1.9), 6-phosphogluconate dehydrogenase (6-PGD), isocitrate dehydrogenase (IDH, 1.1.1.42), malate dehydrogenase (MDH, 1.1.1.37), phosphoglutamase (PGM, 2.7.5.1), peroxidase (PRX, 1.11.1.7)를 gel상에 발색시키기 위해 수평으로 6~7 절편으로 잘라서 각 효소별 염색액 (Sh-

**Table 1.** Localities of sampled populations in the 3 species of *Phyllostachys*

Taxa	Locality	Collection date	Number of plants for isozymic study
<i>P. bambusoides</i>	Haenam-gun Samsan-myon	95. 2. 5	12
	Changhung-gun Allyang-myon	95. 2. 5	14
	Sunchang-gun Paltok-myon	95. 2. 7	12
	Posong-gun Tungnyang-myon	95. 2. 4	15
	Wando-gun Yaksan-myon	95. 2. 4	12
	Koksong-gun Chukkok-myon	95. 1. 12	13
<i>P. nigra</i> var. <i>henonis</i>	Namwon-shi Hwajong-dong	95. 2. 5	14
	Yongam-gun Samwon-myon	95. 2. 5	15
	Naju-gun Munpyong-myon	95. 2. 4	6
	Kangjin-gun Toam-myon	95. 2. 5	15
	Tamyang-gun Mujong-myon	95. 1. 14	15
	Kurye-gun Kwangui-myon	95. 1. 13	15
	Hadong-gun Agyang-myon	95. 1. 13	15
	Chinju-shi Kajwa-dong	95. 2. 11	10
<i>P. pubescens</i>	Chinju-shi Kajwa-dong	95. 2. 11	15
	Koje-gun Yonchon-up Oepo-ri	95. 2. 17	15

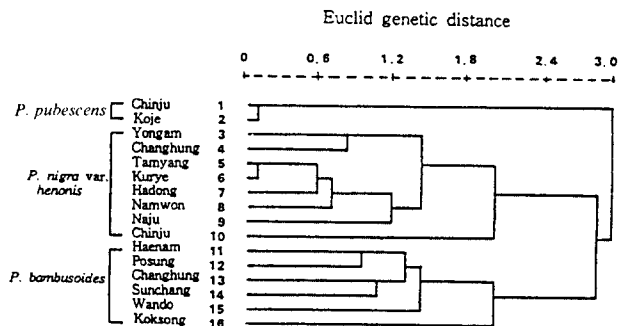




변이를 관찰할 수 있었다. 특히 왕대에서는 PRX (Fig. 1)가 5개의 band type, 즉 E, F, G, H, I형을 나타내어 가장 많은 집단간 변이를 보여 주었으며, 솜대에서는 4가지 band type, 즉 A, B, D, E형을 갖는 MD-H (Fig. 1)가 집단간 변이를 특징적으로 나타내었다.

**동위효소 변이에 의한 유집분석**

전기영동 결과 표현된 동위효소의 band에 대하여 euclid 유전거리를 구하였는데 (Table 4), 왕대집단인 해남, 장흥, 순창, 보성, 완도, 곡성과 죽순대 집단인 진주와 거제도에서는 3 이상의 유전거리를 나타내어 3종에서 왕대와 죽순대 사이의 유연관계가 가장 멀게 나타났으며, 같은 종의 집단내에서는 죽순대 집단이 유전거리 0.1010으로 가장 가까운 유전적 유연관계를 갖고 있음이 조사되었다. 한편, euclid 유전거리를 이용하여 16개의 OTU (operational taxonomic unit)를 유집분석 한 결과 (Fig. 2), 죽순대 집단인 진주와 거제도가 가장 먼저 유집되어 변이가 가장 적은 것으로 나타났다. 솜대 분포지인 담양과 구례에서도 낮은 수준의 유집 현상으로 변이의 폭이 적음이 밝혀졌으나, 솜대와 왕대 집단들은 대체로 높은 수준에서 유집되어 집단간 변이가 심한 것으로 나타났다. 또한 분류군간의 거리를 보면 죽순대가 왕대, 솜대와 가장 높은 수준 (유전거리 d=2.81)에서 유집되어 유연관계가 가장 먼 종으로 해석되며 솜대집단의 진주와 왕대집단의 곡성은 다른 OTU들과 높은 수준에서 유집되어 변이가 심한 집단으로 나타났다.



**Fig. 1.** Zymograms of 6-PGD, MDH, PGI, PRX, PGM and IDH isozymes in 3 taxa of *Phyllostachys*.

**Fig. 2.** UPGMA-derived dendrogram of 36 isozymic band types in 16 populations of *Phyllostachys* based on euclid genetic distance measure.

**Table 3.** Coded data matrix of PGM, PRX, 6-PGD, PGI, MDH, IDH isozyme band types for cluster analysis of 3 taxa in *Phyllostachys*

Taxa	Popul- ation	PGM			PRX							6-PGD									
		A	B	C	A	B	C	D	E	F	G	H	I	A	B	C	D	E	F	G	
<i>P. bambusoides</i>	Haenam	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.500	0.000	0.500	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000
	Changhung	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.384	0.615	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Posong	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.380	0.285	0.000	0.000	0.333	0.000	0.000	0.733	0.000	0.266	0.000	0.000	0.000
	Wando	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.285	0.000	0.714	0.000	0.000	0.000
	Koksong	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.176	0.000	0.000	0.000	0.823	0.000	0.000	0.214	0.000	0.785	0.000	0.000	0.000
<i>P. nigra</i> var. <i>henonis</i>	Namwon	0.000	1.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Yongam	0.000	1.000	0.000	0.333	0.666	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.916	0.000	0.083	0.000	0.000	0.000	0.000
	Naju	0.000	1.000	0.000	0.000	0.894	0.105	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Kangjin	0.000	1.000	0.000	0.533	0.466	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.421	0.578	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Tamyang	0.000	1.000	0.000	0.000	0.666	0.333	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.714	0.000	0.285	0.000	0.000	0.000	0.000
	Kurye	0.000	1.000	0.000	0.000	0.888	0.125	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.583	0.000	0.416	0.000	0.000	0.000	0.000
	Hadong	0.000	1.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Chinju	0.000	1.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.500	0.000	0.500	0.000	0.000	0.000	0.000	
<i>P. pubescens</i>	Chinju	0.000	0.333	0.667	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.428	0.571
	Koje	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.357	0.642

**Table 3.** Continued

Taxa	Popul- ation	PGI						MDH						IDH					
		A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	
<i>P. bambusoides</i>	Haenam	0.000	0.000	0.000	0.353	0.647	0.000	0.294	0.706	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Changhung	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.333	0.000	0.000	0.667	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Sunchang	0.000	0.000	0.000	0.158	0.737	0.105	0.000	0.905	0.000	0.095	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Posong	0.000	0.000	0.000	0.231	0.769	0.000	0.000	0.765	0.000	0.235	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Wando	0.000	0.000	0.000	0.300	0.350	0.350	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Koksong	0.000	0.000	0.000	0.000	0.813	0.188	0.000	0.500	0.000	0.500	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<i>P. nigra</i> var. <i>henonis</i>	Kangjin	0.500	0.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.533	0.467	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Namwon	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.538	0.000	0.462	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Yongam	0.667	0.333	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Naju	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Tamyang	0.571	0.429	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.467	0.000	0.533	0.000	0.000	0.667	0.000	0.000	0.133	0.200	0.000
	Kurye	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.174	0.000	0.826	0.000	0.000	0.688	0.250	0.000	0.000	0.000	0.000
	Hadong	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Chinju	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	
<i>P. pubescens</i>	Chinju	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	
	Koje	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	

(Isozymic band types are the same as in Fig. 1)

## 고 찰

동위효소의 종내변이와 관련하여, 왕대, 솜대는 지역 집단간에 다양한 변이를 보였으나 죽순대에서는 거의 변이가 나타나지 않아 각 종의 분포범위와 동위효소 변

이가 비례관계를 나타내었다. 본 연구에서는 여러 isozyme 가운데 6-PGD, MDH, PGI, PRX, PGM, IDH 등 6종류의 isozyme이 가장 뚜렷한 band를 나타내었는데, 이들 6가지 isozyme의 band type (Fig. 1)은 각기 다른 특성을 나타내었다. 6-PGD에서는 솜대가 A, B형을, 왕대는 D, E형을, 죽순대는 F형과 G형을 나타

**Table 4.** Euclidean distance coefficient matrix for 6 leaf isozyme band patterns of 3 taxa in *Phyllostachys*

Case	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1																
2	2.0478															
3	1.3313	1.8186														
4	0.9155	1.8389	1.3398													
5	1.2242	2.3606	1.5236	1.5270												
6	1.0218	2.1344	1.1262	1.3967	1.4668											
7	2.8515	2.9301	2.8030	2.8948	2.9314	2.8411										
8	2.7544	2.8357	2.7042	2.7992	2.8370	2.7436	0.9406									
9	2.9051	2.9823	2.8576	2.9477	2.9836	2.8949	0.6701	0.6402								
10	2.5778	2.5449	2.5064	2.5835	2.6659	2.4736	1.3620	0.9329	1.3302							
11	2.5094	2.5884	2.3949	2.4980	2.5464	2.4284	1.3882	1.4119	1.5186	1.1824						
12	2.7529	2.6789	2.6605	2.7237	2.8175	2.6009	1.3246	1.5800	1.4913	1.3915	0.8754					
13	2.9374	3.0137	2.8903	2.9794	3.0150	2.9273	0.6534	0.6767	0.1489	1.3637	1.5570	1.5005				
14	3.1825	3.2531	3.1391	3.2213	3.2542	3.1732	1.7547	2.1889	2.1265	2.2371	1.9201	1.8150	2.1213			
15	3.1841	3.2546	3.1071	3.2229	3.1465	3.1150	3.0022	2.9101	3.0532	2.7436	2.6781	2.8429	3.0839	2.6477		
16	3.1889	3.2593	3.1120	3.2277	3.1513	3.1199	3.0073	2.9154	3.0581	2.7491	2.6838	2.8483	3.0888	2.6535	0.1010	
	1. Haenam	2. Changhung	3 Sunchang	4. Posong	5. Wando	6. Koksong	7. Namwon									
	8. Yongam	9. Naju	10. Kangjin	11. Tamyang	12. Kurye	13. Hadong										
	14-15. Chinju	16. Koje														

내었는데, Rf 값이 0.21인 1 band는 솜대에서만 나타나는 고유 band로 다른 종과 솜대를 구분할 수 있는 marker로서 유용하였다. MDH 에서는 왕대와 솜대의 band type이 유사하게 표현되기 때문에 두 종간의 분류에는 유용하지 못하였으나 다양한 집단간 변이에 대한 유연관계 연구에는 이용가치가 높았으며, Rf 값 0.06의 10 band는 죽순대를 구분할 수 있는 band로 나타났다. PGI는 Rf 값 0.31, 0.27, 0.09, 0.07을 나타내는 4, 5, 11, 12 band가 3종에 공통적으로 나타나 같은 속임을 밝혀주는 유전학적 증거로서의 의미가 크며, 솜대에만 나타나는 1, 2, 3, 8 band, 즉 Rf 값이 0.36, 0.35, 0.33, 0.15인 band 들은 왕대와 솜대의 구분을 뚜렷이 나타내는 한편, 집단간의 다양한 변이성을 관찰할 수 있어 종생태학적 가치가 매우 높다고 할 수 있다. PRX는 *Zizyphus* (오 등 1988), *Ficus* (김과 이 1989) 및 *Abies* (박 1987) 등에 관한 선행연구에 있어서도 polymorphic 한 변이경향이 보고된 바 있는데, 본 실험에서도 왕대의 경우 가장 다양한 변이가 관찰되어 집단간 변이연구에 있어 PGI와 함께 중요한 marker가 되고 있다. PGM과 IDH에서는 집단간의 변이가 거의 나타나지 않아서 집단간의 유연관계를 연구하기 위한 isozyme으로는 유용하지 않았으나 각 분류군에 대한 특이한 band type을 나타내어 종간 분류에는 이용가치가 높을 것으로 판단된다.

위와 같은 동위효소변이로서 euclid 유전거리를 구한

후, UPGMA (unweighed pair-group method using arithmetic averages)법을 이용한 유집분석을 실시한 결과, 죽순대가 다른 분류군보다 유전적 거리가 가장 멀게 표현되었는데 (Fig. 2), 이는 소설을 중심으로 한 외부형태적인 분류와도 일치하고 있다. 집단 간에는 해안지역인 영암과 강진이 다른 집단보다 먼저 유집되었는데 내륙집단보다 앞의 크기가 작고 밀도가 높았던 형태 특성과 관련된 것으로 생각된다. 진주와 곡성의 경우 각각의 솜대집단과 왕대집단이 다른 OTU들과 높은 수준 (유전거리  $d=2.023, 2.040$ )에서 유집되고 있는데 (Fig. 2), 이는 진주집단의 개체들이 다른 집단보다 죽순이 검게 나타나는 특징을 가지는 것을 고려할 때, 이 집단이 솜대와 변종관계인 오죽 (*Phyllostachys nigra*)일 가능성이 큰 것으로 해석된다. 따라서 이에 대한 추가적인 보완 연구가 수행되어야 할 것으로 생각된다.

한편 유집 분석의 결과 도해된 dendrogram (Fig. 2)에서는 먼저 솜대와 왕대가 euclid 유전거리 2.813에서 유집되는데 비해 죽순대는 이들과 유전거리 3.001에서 유집되어, euclid 유전거리 2.041을 기준으로 하여 세 분류군이 분명하게 구분됨을 알 수 있었다. 아울러 지역집단간의 종내변이에 있어서도 솜대의 경우 다시 3가지 지역유형의 분화를 식별할 수 있었으며, 왕대 역시 지역에 따른 3개 유형을 구분할 수 있었다. 따라서 동위효소 분석이 왕대속의 종간, 집단간 유연관계를 조사하는데 유용한 방법임이 입증되었다고 할 수 있다.

이상의 결과를 종합하면, 솜대와 왕대, 죽순대에 대한 동위효소의 변이분석을 통하여 이들 세분류군이 서로 상이한 종으로 분류될 수 있을 만큼 유전적으로 충분히 분기되어 있으며, 이들의 지역집단 사이에도 유전적 차이를 반영하는 다양한 종내변이가 존재하고 있음이 확인되었다. 따라서 앞으로의 후속연구를 통하여 이와 같은 변이의 요인과 종분화의 경향성에 대한 생태학적인 검토와 해석이 면밀하게 이루어져야 할 것이다.

## 적 요

왕대속 (*Phyllostachys*)의 죽순대 (*P. pubescens*), 왕대 (*P. bambusoides*), 솜대 (*P. nigra* var. *henonis*)의 16 개 지역개체군 사이에 나타나는 종간 및 종내동위효소변이의 유형과 유연관계를 다량분석법에 의해 조사하였다.

전기영동을 통한 동위효소 연구에서는 6-PGD (7), MDH (6), PGI (6), PRX (9), PGM (3), IDH (5) 등 모두 36가지의 band 유형의 zymotype을 보였는데 특히, PRX의 zymotype 변이는 솜대와 왕대의 개체군에서 많이 관찰되었다. zymotype에 대한 유집분석에서는 16집단이 euclid 유전거리 2.041에서 종에 따른 3개 분류군으로 나뉘어지는데, 솜대와 왕대가 2.813의 유전거리에서 먼저 유집되고 죽순대는 3.001에서 유집되었다. 종내변이에 있어서도 솜대의 경우 다시 3가지 지역유형의 분화를 식별할 수 있었으며, 왕대 역시 지역에 따른 3개 유형을 확인할 수 있었다.

## 인 용 문 헌

- 고철환. 1988. 수리분류학. 민음사.
- 김삼식, 이정환. 1989. 무화과나무속 수종의 분류학적 연구. 한국식물분류학회지 19: 123-138.
- 박상진. 1987. 담양지방 왕대속 4종의 조직 및 간내 변이성. 전남대학교 석사학위논문.
- 오성도, 최동근, 김정호, 김용석. 1988. 한국재래대추의 계통분류를 위한 동위효소분석에 관한 연구. 한국원예학회지 29: 304-311.
- 이남숙. 1992. 한국산 애기나리속의 전기영동적 연구 I. 애기나리와 큰애기나리 복합체에 대한 재검토. 한국식물분류학회지 22: 207-217.
- 이창복. 1985. 대한식물도감. 향문사.
- Carulli, J.P. and D.E. Fairbrothers. 1988. Allozymes variation in three Eastern United States species of *Aeschynomene* (Fabaceae), including the rare *A. virginia*. Syst. Bot. 13: 559-566.
- Crawford, D. 1985. Electrophoretic data and plant speciation. Syst. Bot. 10: 405-416.
- \_\_\_\_\_. 1988. Allozyme divergence and the mode of speciation for *Coreopsis gigantea* and *C. maritima* (Compositae). Syst. Bot. 13: 256-264.
- Gottlieb, L.D. 1971. Gel electrophoresis: New approach to the study of evolution. Bioscience 21: 939-944.
- \_\_\_\_\_. 1977. Electrophoretic evidence and plant systematics. Ann. Missouri Bot. Gard. 64: 161-180.
- Hamrick, J.L. 1989. Isozymes in plant biology. pp. 87-105.
- Jones, S.B., Jr. and A.E. Luchsinger. 1986. Plant systematics. 2nd edition. McGraw-Hill.
- Kim, C.S. and Y.D. Kim. 1985. Cytogenetical studies on the genus *Juniperus* in Korea. Kor. J. Breed. 17: 417-429.
- Mitton, J.B., Y.B. Linhart, K.B. Sturgeon and J.L. Hamrick. 1979. Allozyme polymorphism detected in mature needle tissue of ponderosa pine. J. Hered. 70: 86-89.
- Nakai, T. 1937. Bambusaceae in Japan proper. Jour. Jap. Bot. 9: 88-90.
- Ohwi, J. 1984. Flora of Japan. Shibundo. Tokyo.
- Radford, A.E., W.C. Dickison, J.R. Massey and C.R. Bell. 1974. Vascular Plant Systematics. Harper & Row. New York. pp. 485-500.
- Rushton, B.S. 1978. *Quercus robur* L. and *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. : a multi-variate approach to the hybrid problem, 1. Date acquisition, analysis and interpretation. Watsonia 12: 81-101.
- Shaw, C.R. and R. Prasad. 1970. Starch gel electrophoresis of enzymes-acompliation of recipes. Biochem. Genet. 4: 297-320.
- Sneath, P.H.A. and R.R. Sokal. 1973. Numerical taxonomy. W.H. Freeman and Company. p. 573.
- Soltis, D.E., P.S. Soltis and P.G. Wolf. 1990. Allozyme divergence in North American *Polystichum* (Dryopteridaceae). Syst. Bot. 15: 205-215.

(1998년 4월 30일 접수)