

매실의 다변량에 의한 양적 형질 분석

최갑림^{1,2}, 현규환², 신동영^{2*}

¹한국생태환경연구소, ²순천대학교 생명산업과학대학

Multivariate Analysis on Quantitative Characteristics of *Prunus mume*

Gab Lim Choi^{1,2}, Kyu-Hwan Hyun² and Dong Young Shin^{2*}

¹Korea Institute of Ecology & Environment(KIEE), Daejeon 305-325, Korea

²Department of Development in Resource Plants, Suncheon National University, Suncheon 540-742, Korea

Abstract - Varietal distances were measured by Mahalanobis's D^2 statistics in 190 possible comparisons among twenty varieties of *Prunus mume* with twelve characters such as seed weight, length, width, and diameter, fruit weight, and number of sepals, petals, pistils, and stigmas, and leaf length and width. A complete linkage cluster analysis based on the Mahalanobis's distance (D^2) was attempted. Twenty varieties of *Prunus mume* were largely classified into five subgroups. Group I, II, III, IV and V included two, four, five, five and four varieties, respectively. Most of the varietal groups were not associated with their geographical origins. Number of stigmas, and leaf length and width among the twelve characters were the largest contributors to the D^2 in both intra-and inter groups.

Key words - *Prunus mume*, Mahalanobis's Distance(D^2), Varietal distance, Linkage cluster analysis

서 언

작물 육종에 있어서 선발 효율을 높이기 위한 교배 조합의 선정은 매우 중요한 일이다. 유전적으로 거리가 먼 품종 간의 교배는 그 분리 세대에서 변이 폭이 넓어지므로 선발 효과를 높일 수 있을 것이다.

다변량 분석에는 Mahalanobis distance (D^2)나 Euclidian distance (D^2)가 이용되며 이 방법은 많은 작물에 대하여 여러 연구자들에 의해 이용된 바 있다(Bhatt, 1970; Chandra, 1977; Das and Borthakur, 1973; Gaur *et al.*, 1978; Lee and Kaltsikes, 1973; Murty and Anand, 1966; Murty and Arunachalam, 1966; Murty and Qadri, 1966; Ram and Panwar, 1970; Rao, 1952; Sachan and Sharma, 1971; Somayajulu *et al.*, 1970; Upadhyay and Murty, 1970; Verma *et al.*, 1973).

Murty and Arunachalam (1966)은 유채, 아마, 밀, 담배 등의 작물에서 D^2 를 계산하여 품종을 분류하였는데 D^2 에 관련이 있는 형질별로 품종군 간에는 개화기가 품종군 내에서는 간장이 가장 크게 영향을 미쳤다고 보고하였고, 품종의 지리적 분포와

유전적 변이는 직접 관련이 없고 유전적 변이와 선발 환경의 차이가 지리적 거리보다 유전적 변이를 더 일으킨다고 하였다. 또한 Murty and Qadri (1966)과 Chandra (1977)는 아마에서 지리적 분포와 유전적 변이는 직접적인 관련이 없다고 보고하였는데 그 가장 중요한 이유로 세계의 여러 지역에서 재배 또는 육종을 목적으로 많은 품종들이 자유롭게 교류되어 그 원산지의 의미를 상실했다고 하였다.

매실은 우리나라 남부 지역에서 주로 재배하는 과실로 한방에서 각기병(脚氣病), 건위(健胃), 살균(殺菌), 거담(去痰), 주독(酒毒), 해열(解熱), 진토(鎮吐), 발한(發汗), 역리(疫痢), 구역질 등에 약재로 쓰인다. 근래에는 매실주(梅實酒), 매실 엑기스 등 건강 기능 식품 제조에 많이 이용되고 있으나 아직까지 매실의 품종 특성별 용도에 대한 연구가 부족하다.

본 연구는 재배지와 특성을 달리하는 매실 품종들을 대상으로 Mahalanobis's Distance (D^2)에 의해 이들 품종 간 유전적 변이에 따른 품종군을 분류하여 몇 가지 결론을 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

*교신저자(E-mail) : sdy@sunchon.ac.kr

재료 및 방법

본 시험은 2000년 3월부터 2005년 12월까지 순천시 농업기술센터 산지과수원에서 수행되었다. 공시 품종으로는 식재 후 5년 이상된 20개 품종으로 Table 1에서와 같다. 다변량 분석은 Wilk's λ test에 의해

$$L = |W|/|T|, \chi^2 = -[\sum_{ni} - 1 - \frac{1}{2}(k+p)] \ln L,$$

$$d.f. = P(k-1)$$

|T| : 전체 분산, 공분산 행렬의 행렬식

|W| : 잔차 분산, 공분산 행렬의 행렬식

K : 품종 수

P : 형질 수

n : 반복 수

Mahalanobis's D^2 은 $D^2 = d'w^{-1}d$

W^{-1} : 잔차 분산, 공분산 행렬의 행렬식

d : 두 품종의 각 형질 간의 Vector

D^2 의 계산은 Rao (Rao, 1952)의 방법에 의하여 각 형질의 잔차 분산을 1로 하는 무상관 평균으로 변환하고 변환된 형질 간의 차의 제곱의 합으로 20개 품종의 전 비교 조합 190개를 계산하였다.

Cluster analysis single link cluster 방법에 의하여 20×20가 $\sqrt{D^2}$ 행렬에서 가장 최소인 D_{ij} 를 찾아 i번째 품종을 제1 클러스터로 하고 $(D_{ik} + D_{jk})/2$ 로서 두 행과 열을 합하여 새로운 행과 열을 만들었다. 이러한 과정을 19회 되풀이함으로써 19개 클러스터가 되었다. 이를 dendrogram으로 나타낸 후 품종군으로 클러스터링하면서 군내 평균 D^2 값을 군간 평균 D^2 값보다 항상 낮게 유지되도록 했다. 자료의 통계 분석은 SAS ver. 8.0으로 실시하였다.

결과 및 고찰

품종군 분류

공시된 20개 품종 간의 변이 정도를 알기 위하여 각 형질별로

분산 분석을 실시한 결과 모든 형질에서 변이가 컸다. 그 중에서 가장 큰 변이(CV)를 나타낸 형질은 생체중과 꽃잎이었다(Table 2).

D^2 를 계산함에 있어 대상 형질은 분류 목적에 적합한 관련 형질을 많이 포함시킴이 타당하겠으나 본 연구에서는 수량과 관련이 크고 품종 구분의 특성으로 중요시 되는 Table 2의 12개 형질로 하였다. 20개 모든 품종 간의 조합 190개의 D^2 를 계산하고 이를 complete linkage cluster 방법에 따라 dendrogram으로 그린 것이 Fig. 1이다. 품종 간의 연결 양상에 따라 교배용 품종군을 나누고자 할 때에 품종 간의 균형 배분의 편의에 준하여 (Chung *et al.*, 1993; Kwon *et al.*, 1989; Murty and Anand, 1966) 구분의 기준값 D^2 를 0.75 정도로 보아 크게 5개 군으로 구분하였을 때 각 군에 소속하는 품종은 Table 3과 같다. 매실의 유전적인 변이 정도는 유의하지만 그 폭은 울무, 택사, 아마, 왕골 등 다른 작물에 비해 작음을 알 수 있었다(Kwon and Lim, 1997; Kwon and Park, 1990; Park *et al.*, 1990; Son *et al.*, 1990).

이와 같이 공시한 20개 품종들이 동일 그룹에 집결됨을 볼 수 있는데 이는 Bhatt (1970), Somayajulu *et al.* (1970), Chandra (1977)가 지적했던 바와 같이 지리적 분포와 유전적 변이가 반드시 어떤 직접적인 연계성을 가질 수 있는 것으로 보기는 어려울 것 같다.

품종군별 특징, 군간 및 군내의 기여도

12개 형질의 품종군 내 및 품종 간 D의 평균값을 낸 것이 Table 4이다. 품종군내 거리의 평균값을 제4군이 D=124.5로 군내 변이가 가장 적었으며 제2군이 615.4로 군내 변이가 가장 컸다. 군간에는 제1군과 제2군, 제3군과 제4군이 각각 D = 1366.4, 1825.1로 가장 낮았던 반면, 대체로 제4군은 높은 D값을 보였다.

품종군별 형질별 평균값을 나타낸 것이 Table 5인데 종자 무게를 보면 II군이 2.37 g으로 가장 무거웠고 제1, 3, 4, 5군은 1.02~1.82 g으로 가벼웠다. 과실의 길이, 폭, 직경의 형질에서도 제2군에서 큰 값을 보였고, 과실 무게 등에 있어서도 다소 큰 값을 보여 우수한 품종들로 구성된 것으로 보인다.

Table 1. *Prunus mume* varieties and accessions used in this experiment

1. Kabjusimhong	6. Donggimae	11. Okyoung	16. Paljungsohanhong
2. Kabjuchoiso	7. Maehyang	12. Limju	17. Punghoo
3. Namgho	8. Chenmae	13. Chinnokwan	18. Hongcheon
4. Nugsumae	9. Shindangpunghoo	14. Chenmae	19. Hongchonjo
5. Dongmonwon	10. Aengsok	15. Chonjuk	20. Whyangsil

Table 2. Variation of the twelve characters in twenty varieties of *Prunus mume*

Character	Seed weight (g)	Fruit				
		Length (mm)	Width (mm)	Diameter (mm)	Weight (g)	Flesh weight (g)
Mean	1.55	28.56	26.54	24.8	11.42	9.68
Standard deviation	0.67	4.25	4.26	3.79	5.39	4.37
Coefficient of variation (%)	43.33	14.88	16.04	15.29	47.22	45.08
Maximum	2.99	34.74	32.97	31.33	18.93	17.43
Minimum	0.63	22.37	20.04	18.95	4.92	4.07
Range	2.37	12.37	12.93	12.38	14.01	13.36
F value	17.96**	9.54**	11.00**	9.44**	7.48**	11.56**

Character	Number of sepals	Number of petals	Number of pistils	Number of stamens	Leaf	
					Length (mm)	Width (mm)
Mean	5.00	8.31	1.22	48.62	69.97	39.29
Standard deviation	0.00	5.36	0.48	8.03	11.68	6.58
Coefficient of variation (%)	0.00	64.45	39.17	16.51	16.70	16.75
Maximum	5.00	21.27	2.66	67.47	88.68	52.38
Minimum	5.00	5.00	1.00	35.87	49.58	33.08
Range	0.00	16.27	1.66	31.60	39.10	19.30
F value	0.00	299.08**	53.16**	52.83**	5.52**	4.06**

**; Significant at 1%.

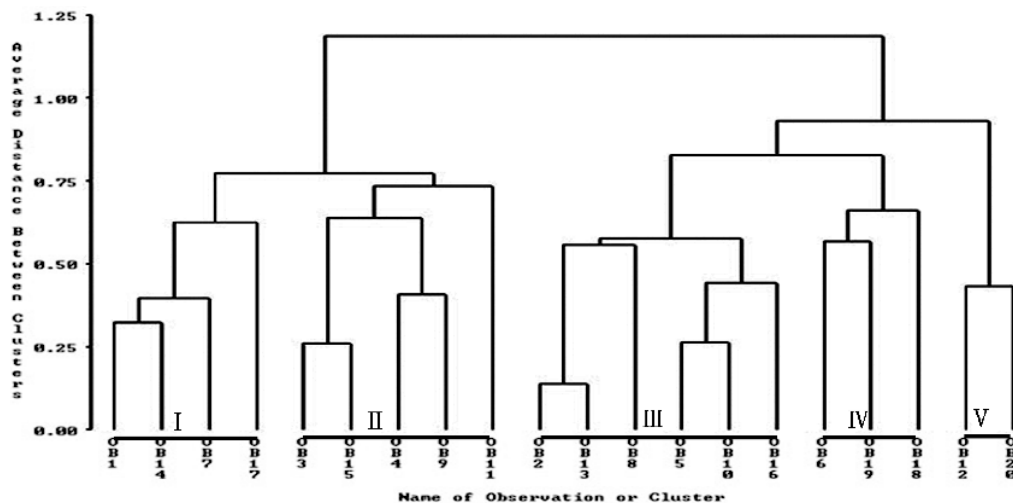


Fig. 1. Dendrogram of twenty varieties based on the D^2 computed in twelve characters in *Prunus mume*. *Number indicate the variety numbers in Table 1.

D^2 는 그 계산식에 의하면 조합 품종 간 각 형질별 품종 간 차의 vector의 2차 형식(quadratic form)이므로 이들 각 형질별로

분할할 수 있는데 각 품종군 내의 D^2 를 형질별로 나누어 각 형질이 품종군 내 D^2 에 대한 기여도로 비교하였다(Table 6).

Table 3. Varietal number of each group based on the D²

Group	Total	Variety
I	4	1, 7, 14, 17 ^z
II	5	3, 4, 9, 11, 15 ^z
III	6	2, 5, 8, 10, 13, 16 ^z
IV	3	6, 18, 19 ^z
V	2	12, 20 ^z

^zAbove numbers in varietal group indicate the variety numbers in Table 1.

Table 4. Average D of intra- and inter-group

Varietal group	I	II	III	IV	V
I	1312.61	1366.43	4734.51	7721.64	14621.62
II		615.38	2254.59	2811.40	10061.27
III			320.09	1825.08	4521.58
IV				124.54	2764.43
V					248.19

Table 5. Group mean of each characters

Character group	Number of varieties	Seed weight (g)	Fruit				
			Length (mm)	Width (mm)	Diameter (mm)	Weight (g)	Flesh weight (g)
I	4	1.48	31.28	29.40	27.80	15.45	13.97
II	5	2.37	32.48	30.49	28.05	15.15	12.78
III	6	1.02	25.44	23.27	21.98	7.54	6.52
IV	3	1.14	24.00	21.97	21.23	6.60	5.46
V	2	1.82	29.48	27.58	24.43	11.02	9.19

Character group	Number of varieties	Number of sepals	Number of petals	Number of pistils	Number of stamens	Leaf	
						Length (mm)	Width (mm)
I	4	5.00	5.00	1.00	43.89	64.23	38.25
II	5	5.00	5.00	1.00	42.00	80.68	46.87
III	6	5.00	6.17	1.00	50.33	66.14	36.88
IV	3	5.00	15.16	2.20	51.87	68.30	36.00
V	2	5.00	19.40	1.40	65.50	68.64	34.59

각 군에서 모든 형질의 군내 변이가 비슷한 경향이었으나 엽장과 엽폭에서 크게 영향하고 있었다. 한편 품종 간에 D²를 크게 한 형질을 알아보기 위하여 전 조합 190개의 D²에 구성하는 기여도에 따라 순위를 부여한 것이 이것을 전체에 대한 백분율로 나타낸 것이 Table 7이다.

각 형질이 골고루 분포하고 있기는 하나 제1위는 암술머리

수, 엽장, 엽폭으로 100%, 제2위는 과실 직경, 과실 무게, 과실 생체중, 꽃받침 수, 꽃잎 수로써 92.26~99.87%로 가장 큰 비중을 차지하고 있었으며, 제3위부터는 기여한 형질별로 큰 차이를 보이지 않았다. 따라서 품종 간의 구분은 주로 암술머리 수, 엽장, 엽폭, 꽃받침 수, 꽃잎 수의 차이에 가장 크게 영향을 받으며 이들 4가지 형질의 차이가 품종을 구분하는데 관여하는 것으로

Table 6. Components of D²

Character group	Number of varieties	Seed weight (g)	Fruit				
			Length (mm)	Width (mm)	Diameter (mm)	Weight (g)	Flesh weight (g)
I	4	1.82	29.48	27.58	24.43	11.02	9.19
II	5	0.93	22.37	21.52	20.62	6.11	5.18
III	6	2.18	29.64	29.15	26.57	13.28	11.10
IV	3	1.62	33.52	29.83	28.31	16.06	14.44
V	2	1.15	25.37	23.64	22.54	7.87	6.73

Character group	Number of varieties	Number of sepals	Number of petals	Number of pistils	Number of stamens	Leaf	
						Length (mm)	Width (mm)
I	4	5.00	19.40	1.40	65.50	68.64	34.59
II	5	5.00	10.12	1.65	53.92	72.99	37.89
III	6	5.00	5.00	1.00	44.00	82.80	46.00
IV	3	5.00	5.00	1.00	42.69	65.57	39.06
V	2	5.00	9.25	1.25	48.05	57.06	34.94

Table 7. Eigenvalue and its contribution to total variation obtained from principal component analysis

Principal component	Seed weight (g)	Fruit				
		Length (mm)	Width (mm)	Diameter (mm)	Weight (g)	Flesh weight (g)
Eigenvalue	6.5019	1.5958	1.3987	0.6509	0.4943	0.2120
contribution	0.5911	0.1451	0.1272	0.0592	0.0449	0.0193
Cumulative contribution (%)	59.11	73.62	86.34	92.26	96.75	98.68

Principal component	Number of sepals	Number of petals	Number of pistils	Number of stamens	Leaf	
					Length (mm)	Width (mm)
Eigenvalue	0.0836	0.0269	0.0214	0.0145	0.0000	0.0000
contribution	0.0075	0.0024	0.0019	0.0013	0.0000	0.0000
Cumulative contribution (%)	99.44	99.68	99.87	100.00	100.00	100.00

볼 수 있었다. 품종군 간의 D²에 기여한 정도가 타 작물에서는 개화와 관련된 형질에서 컸었는데(Das and Borthakur, 1973; Lee and Kaltsikes, 1973; Murty and Arunachalam, 1966; Ram and Panwar, 1970; Sachan and Sharma, 1971; Somayajulu *et al.*, 1970) 본 연구에서는 암술 수, 엽장, 엽폭 관계에서 크게 나타났다.

적 요

양적 형질을 중심으로 다변량 분석법에 의해 매실 품종들 간

의 유전적 거리를 추정하고 이에 기초한 클러스터 분석을 실시하여 품종을 분류하였다. Mahalanobis's distance (D)에 의하여 공시한 20개 품종을 5개 군으로 대별해 볼 수 있었는데, 제1군이 2품종, 제2군이 4품종, 제3군이 5품종, 제4군이 5품종, 제5군이 4품종으로 그룹을 형성하였다. 제1군과 제2군은 꽃잎 수와 암술 수가 많은 품종인 반면에 제3군과 제4군은 엽장과 엽폭은 높으나 꽃잎 수와 암술 수가 낮은 품종군이었다. 지리적 분포와 유전적 변이는 직접적인 관련이 없었다. 품종군 내, 품종군의 D²에 가장 크게 영향을 미친 형질은 암술 수와 엽장 및 엽폭이었다.

References

- Bhatt, G.M. 1970. Multivariate analysis approach to selection of parents for hybridization aiming at yield improvement in self-pollinated crops. *Aust. J. Agr. Res.* 21:1-7.
- Chandra, S. 1977. Comparison of Mahalanobis's method and metroglyph technique in the study of genetic divergence in *Linum usitatissimum* L. germplasm collection. *Euphytica* 26:141-148.
- Chung, D.H., B.S. Kwon, J.T. Lim and S.G. Kim. 1993. Varietal classification by multivariate analysis in ramie. *Kor. J. Breed.* 25:96-101.
- Das, G.R. and D.N. Borthakur. 1973. Genetic divergence in rice. *Ind. J. Genet. Plant Breed.* 33:436-443.
- Gaur, P.C., P.K. Gupta and H. Kishore. 1978. Studies on genetic divergence in potato. *Euphytica* 27:361-368.
- Kwon, B.S. and H.J. Park. 1990. Varietal classification by multivariate analysis in job's tears (*Coix lachryma-jobi* L. var. *mayuen* STAPF). *Kor. J. Crop. Sci.* 35:126-131.
- Kwon, B.S. and J.T. Lim. 1997. Multivariate analysis of quantitative characteristics in *Alisma plantago* L. *Kor. J. Med. Crop Sci.* 5:260-265 (in Korean).
- Kwon, B.S., J.T. Lim and D.Y. Shin. 1989. Varietal classification by multivariate analysis in mat rush. *J. Agr. Sci. Res. Sunchon Natl. Univ.* 3:35-42.
- Lee, J. and P.J. Kaltsikes. 1973. The application of Mahalanobis's generalized distance to measure genetic divergence in durum wheat. *Euphytica* 22:124-131.
- Murty, B.R. and I.J. Anand. 1966. Combining ability and genetic diversity in some varieties of *Linum usitatissimum*. *Ind. J. Genet. Plant Breed.* 26:21-36.
- Murty, B.R. and M.I. Qadri. 1966. Analysis of divergence in some self-compatible forms of *Brassica campestris* var. Brown Sarson. *Ind. J. Genet. Plant Breed.* 26:45-53.
- Murty, B.R. and V. Arunachalam. 1966. The nature of divergence in relation to breeding system in some crop plants. *Ind. J. Genet. Plant Breed.* 26A:188-198.
- Park, H.J., B.S. Kwon and J.I. Lee. 1990. Varietal classification by multivariate analysis in Flax (*Linum usitatissimum* L.). *Kor. J. Breed.* 22:65-71.
- Ram, J. and D.V.S. Panwar. 1970. Intraspecific divergence in rice. *Ind. J. Genet. Plant Breed.* 30:1-10.
- Rao, C.R. 1952. Advanced statistical methods in biometric research. John Wiley and Sons, London, UK.
- Sachan, K.S. and J.R. Sharma. 1971. Multivariate analysis of genetic divergence in tomato. *Ind. J. Genet. Plant Breed.* 31:86-93.
- Somayajulu, P.I.B., A.I. Joshi and B.R. Murty. 1970. Genetic divergence in wheat. *Ind. J. Genet. Plant Breed.* 30:47-58.
- Son, E.R., B.S. Kwon, J.I. Lee and H.J. Park. 1990. Varietal classification by multivariate analysis in *Cyperus iwasakii* Makino. *Kor. J. Breed.* 22:58-64.
- Upadhyay, M.K. and B.R. Murty. 1970. Genetic divergence in relation to geographical distribution in pearl millet. *Ind. J. Genet. Plant Breed.* 30:704-715.
- Verma, M.M., B.R. Murty and H.B. Singh. 1973. Adaptation and genetic diversity in soybean. II. Genetic diversity and relationship with adaption. *Ind. J. Genet. Plant Breed.* 33:326-333.

(Received 16 August 2013 ; Revised 6 January 2014 ; Accepted 27 January 2014)