

飼料用 수수 1代雜種 育成 母材選定을 위한 導入 遺傳資源의 品種群 分類

姜正勳* · 李浩鎭**

Varietal Classification of Introduced Forage Sorghum Germplasm for Parental Line Selection on F₁ Hybrid Breeding

Jung Hoon Kang* and Ho Jin Lee**

ABSTRACT : To obtain basic information on forage sorghum F₁ hybrid breeding a total of 16 lines were selected from 311 introduced sorghum germplasm accessions, assessed and classified by the taxonomic distance and principal component analysis.

The lines of which plant height and morphological characters were diverse and the 50% flowering date was similar to each other, were selected for parental lines in sorghum × sweet sorghum and sorghum × sudangrass crossing groups.

Three varietal groups were classified by the average linkage cluster analysis based on the D² computed in eleven characters. Group I, II and III included 6 lines of sudangrass, 4 lines of sweet sorghum and 6 lines of grain sorghum, respectively.

In the result of principal component analysis for eleven characters, about 82% of total variation could be appreciated by the first four principal components, the first principal component was highly loaded with head compactness and shape, 100-seed weight, plant color and grain covering, the second principal component with flowering date, plant height and awnness.

Key words : Sorghum germplasm, Cluster analysis, Principal component analysis

交雜育種에서 기초가 되는 중요한 것은 양친의 遺傳의 구성이다. 이는 육종의 결과 選拔된 품종의 유전적 조성은 교잡 양친이 가진 유전자간의 再組合이라는 제한된 범위 내에서 이루어지기 때문이며, 지금까지 많은 육종 결과로 보아 양친의 유전적 변이가 크면 클수록 그 후대에 보다 유망한 계통이 선발될 수 있는 기회가 큰 것으로 알려져 있다.

數理 分類學的 방법의 作物 品種 分類에의 도입

은 대상 형질의 類似性에 의한 유전적 거리의 추정 이 이루어지는 과정으로 이러한 관점에서 볼 때 교잡 이전에 품종간의 遺傳의 距離나 組合 能力을 아는 것은 효율적인 양친의 선정을 위하여 선행되어야 할 과제이다. 유전적 거리에 근거한 품종군 분류는 효율 가치가 있도록 많은 형질을 대상으로 객관성을 띤 분류이어야 한다. 국내에서는 벼⁹⁾, 유채²⁾, 옥지면⁶⁾, 고추^{10, 13)}, 참깨¹⁾, 콩⁸⁾, 옥수수⁷⁾ 등에서 Euclidian Distance(D²)와 主成分 分析

* 農業科學技術院(Agricultural Science and Technology Institute, RDA, Suwon 441-707, Korea)

** 서울대학교 農業生命科學大學 農學科 (Dept. of Agronomy, Seoul National Univ., Suwon 441-744, Korea)

〈'96. 1. 17 接受〉

(Principal Component Analysis)등을 이용하여 품종군을 분류하였다.

수수屬은 Snowden¹⁴⁾에 의해 많은 종으로 분류된 이후 Liang¹¹⁾ 등은 Snowden이 분류한 Arundinacea亞屬에 속하는 수수類 21종을 키·엽·줄기·이삭·小穗 및 종실 특성에 대하여 통계적 분류 방법으로 3群으로 분류하였는데 *S. durra*, *S. caudatum*, *S. bicolor* 등의 재배종 수수와 *S. sudanense*는 다른 群임을 보고하였고, 그 후 Harlan³⁾ 등은 작물학적으로 용이하게 이용할 수 있도록 이삭 형태와 소밀 정도 그리고 소수의 형태적 특성에 따라서 야생형, shattercane, bicolor, guinea, caudatum, kafir 및 durra 군으로 구분하였으며, 소수의 형태적 특성과 이삭 형태와 소밀 정도는 관련이 있으며, bicolor와 guinea 군의 소수 형태는 散型이고 kafir 와 durra 군의 소수 형태는 密穗型에 가까우며, caudatum 군의 소수형은 여러가지 이삭형태를 보였다고 하였다. 우리나라에서 靑刈用으로 이용되고 있는 수수×수단그래스 교잡종은 국내 육성종이 없으며, 雄性不稔을 이용하여 육성된 一代雜種이 도입되어 생산력 및 적응성 검정 후 이용되고 있는 실정이어서, 도입된 수수류 자원으로 부터 품종 육성을 위한 교배 양친의 효율적인 선정을 위한 품종군 분류에 관한 연구 보고는 없다. 따라서 본 실험은 ICRISAT에서 도입된 수수 유전자원의 특성 조사를 통해 多變量 解析法을 적용, 수수류 靑刈用 一代雜種 품종 육성을 위한 母本 選定을 위하여 실시하였다.

材料 및 方法

교잡군의 모본을 선정하기 위하여 국제반건조 작물연구소(ICRISAT)로부터 도입된 수수유전자원⁵⁾ 중에서 단수수 4계통, 수단그래스 6계통, 응성불임성 종실용 수수 6계통(표 1)을 선발하여 축산시험장 표준재배법으로 재배하였다.

조사항목은 開花期, 草高, 식물체색, 葉身의 中肋色, 穎色, 種皮色, 이삭의 抽出度, 이삭의 形態와 着粒密度, 粒의 有無, 종실의 穎 皮복정도 및

Table 1. Introduced sorghum germplasm for numerical taxonomy

Group	Country of origin	Operational taxonomic units(OTUS)
Sweet sorghum	USA, Japan	4
Sudangrass	USA	6
Grain sorghum(CGMS)* ¹⁾	USA, India	6

*¹⁾ CGMS: Cytoplasmic genic male sterile

100립중 등이며, 國際 植物遺傳資源 委員會 (IBPGR)의 수수 遺傳資源 조사기준⁴⁾에 의거하여 조사하였다.

조사자료는 표 2에서와 같이 개화기, 초고, 100립중은 실측치를 나머지 형태적 형질은 수치화하였고, 각각의 특성이 서로 다른 단위에 의해 측정되어 각 특성간의 값이 매우 다른 범위의 값을 나타내어 이를 평균화하기 위하여 표준화를 실시하였다.

Data의 분석은 SAS통계 Package를 이용하여 Average linkage법에 의한 군집분석 및 주성분분석에 의한 분포도를 작성하였다.

結果 및 考察

1. 交雜群 母本의 選定

교잡군 모본으로 선정된 계통들의 개화기 및 초고, 잎, 줄기, 영 및 종피색과 이삭 및 종실에 관한 특성은 표 3과 같다.

1) 開花期 및 草高

모본 선정에서 가장 중요한 형질인 開花期는 종실용 수수 계통이 8월 4일~8월 13일, 수단그래스 自殖 계통이 7월 30일~8월 12일로 종실용 수수 계통과 수단그래스 계통간에는 개화기가 유사한 것을 선정하였으며, 단수수 계통은 8월 20일~8월 28일로서 주로 만생종이 선정되었다.

草高 역시 모본 선정에서 중요한 형질로서 種子親은 키가 작고 花粉親은 키가 커야 F₁ 採種시 유리하다¹⁷⁾. 종실용 수수 계통이 98~137cm, 수

Table 2. Definitions and abbreviation of morphological characters scored at this study

No.	Character definition	Abbreviations
1	Days to flowering from emergence date to the date when 50% of the plants have started flowering, days	DF
2	Plant height, cm	PH
3	Plant color at harvest, (Coded ; 1:Pigmented, 2:Tan)	PC
4	Leaf midrib color, (Coded:1:White, 2:Dull green, 3:Yellow)	MC
5	Glume color at maturity (Coded ; 1: Sinamon, 2:Mahogany, 3:Red, 4:Purple, 5:Black)	GC
6	Seed coat color(Coded ; 1:White, 2:Yellow, 3:Red, 4:Brown)	SC
7	Panicle exertion[Coded : 0:Not exerted, 1:Slightly exerted(less than 2cm), 2:Exserted(2~10cm), 3:Well-exserted(more than 10cm), 4:Peduncle recurved]	PE
8	Head compactness and shape(Coded ; 1:Very lax, 2:Very loose erect, 3:Very loose drooping, 4:Loose erect, 5:Loose drooping, 6:Semi-loose erect, 7:Semiloose drooping, 8:Semi compact elliptic, 9:Compact elliptic)	HCS
9	Awns at maturity, (Coded ; 1:Awnless, 2:Awned)	AW
10	Grain covering at maturity (Coded ; 1:0.25 grain covered, 3:0.50 grain covered, 5:0.75 grain covered, 7:Grain fully covered)	GR
11	Weight of 100 grains at moisture content of 12%, g	SW

Table 3. Morphological characteristics of seed and pollen parents for forage sorghum F₁ hybrids(1986~1987)

Parental line	DF *) (date)	PH (cm)	PC (1~2)	MC (1~3)	GC (1~5)	SC (1~4)	PE (0~4)	HCS (1~9)	AW (1~2)	GR (1~7)	SW (g)
CGMS line of grain sorghum											
ATx 378	Aug. 13	123	1	2	5	4	3	9	1	1	2.91
ATx 398	Aug. 4	108	1	2	5	4	3	9	1	1	2.66
ATx 399	Aug. 10	98	1	1	5	4	3	9	1	3	2.83
ATx 623	Aug. 5	127	1	2	3	1	3	9	1	1	2.22
A 1202	Aug. 13	137	1	2	3	2	3	8	2	3	2.55
A 10610	Aug. 7	129	1	2	5	1	3	9	1	3	1.68
Sudangrass											
IS 3225	Aug. 10	245	1	1	5	4	2	1	2	7	0.79
IS 3238	Jul. 31	210	2	1	1	4	3	1	1	5	0.90
IS 3267	Aug. 12	255	2	2	2	4	2	4	2	3	1.68
IS 3274	Aug. 9	260	2	2	1	4	2	4	1	5	1.22
IS 3312	Jul. 30	193	2	2	2	4	3	2	1	1	1.02
Greenleaf	Aug. 1	235	2	3	2	4	3	1	2	7	1.00
Sweet sorghum											
Heuksaek #1	Aug. 21	305	1	2	5	4	3	5	2	5	2.92
Jaeksaek	Aug. 28	245	1	2	3	3	3	9	1	3	1.83
Rurier var.	Aug. 20	275	1	2	3	4	3	9	1	1	2.15
Rio	Aug. 20	300	1	2	5	4	3	5	2	3	2.06

*) See, Table 2

단그래스 自殖 계통이 193~260cm 이었으며 종실용 수수 계통 및 수단그래스계통 내에서는 키가 아주 작은 것부터 다소 큰 것을 선정하였으며, 단수수 계통은 245~305cm로 주로 長稈種이 선정되었는데 이는 수집계통 중에는 키가 작은 계통이 없었기 때문이었다.

2) 形態의 特性

植物體色에 있어서 종실용 수수 및 단수수 계통은 모두 자주색인 것을, 수단그래스 自殖계통은 IS 3225를 제외하고 모두 옅은 갈색인 것을 선정하였으며, 葉中肋色은 AT×399를 제외하고 종실용 수수 계통 및 단수수 自殖계통에서는 모두 연녹색인 것을, 수단그래스 계통 중에서는 IS 3225와 IS 3238과 같이 흰색인 것과, Green leaf와 같이 노란색인 것을 선정하였다. 皮의 색깔은 종실용 수수 계통 및 단수수 계통에서는 대체로 흑색인 것과 붉은 색인 것을, 수단그래스 自殖계통에서는 벗짚색, 옅은 갈색인 것들을 선정하였다. 種皮색깔은 종실용 수수 계통에서는 갈색, 흰색, 노란색인 것을, 단수수 계통에서는 Jaeksaek을 제외하고 갈색인 것을, 수단그래스에서는 갈색인 것을 선정하였다. 대체로 엽, 줄기, 穎 및 종피색은 각 群에서 多樣的 特性을 지닌 계통들을 선정하였다. 이는 양친계통들의 여러가지 형질내에서의 다양한 변이가 그들 잡종에서도 유사하게 일어날 것¹³⁾이라는 점에 근거를 두었다.

또한 교잡군 모본으로 선정된 계통들의 이삭형질 즉 이삭抽出度, 이삭의 密度와 形態 그리고 芒의 有無를 살펴보면 이삭抽出度는 종실용 수수 계

통, 단수수 및 수단그래스 自殖계통 모두 양호한 것을 선정하였으며, 이삭의 疎密程度와 形態는 종실용 수수 계통에서는 모두 密穗橢圓型, 단수수 계통에서는 密穗橢圓型 및 散偏穗型을, 수단그래스 계통에서는 極散直立型 및 散直立型을 선정하였다. 芒의 有無는 종실용 수수 계통에서는 모두 무망종인 것을, 단수수 및 수단그래스계통에서는 무망종과 유망종인 것을 선정하였고, 종실의 皮稜性程度는 종실용 수수 계통은 모두 반 이하, 단수수에서는 Heuksaek #1을 제외하고는 반 이하, 수단그래스에서는 IS 3312를 제외하고는 반 이상이 穎으로 피복된 것을 선정하였으며, 100粒重은 종실용 수수 계통 및 수단그래스 계통내에서 대립, 중립, 소립인 것들을 선정하였다. 따라서 이삭 및 종실에 관한 形質도 각 群에서 多樣的 特性을 지닌 계통들을 선정하였다.

결과적으로 수수×단수수 교잡군 육성을 위하여 종자친으로는 종실용 수수 兩성불임 계통 중에서 개화기가 빠르면서 초고 및 형태적 형질이 다양한 6계통이 선발되었고, 화분친인 단수수 4계통은 개화기가 늦어서 잡종을 얻는데 개화기를 일치시켜야 하는 번거로움이 있었다. 이는 단수수 계통이 대체로 개화기가 늦은 것이 대부분이었기 때문이었다.

수수×수단그래스 육성을 위해서 수수×단수수 교잡군에서와 같은 종실용 兩성불임 계통을 종자친으로 하였고, 화분친으로 종자친과 개화기가 유사하면서 초고 및 형태적 형질이 다양한 6계통의 수단그래스가 선발되었다.

Table 4. Variation of 11 characters in 16 parental lines of three different sorghum species for forage sorghum F₁ hybrid

Statistics	DF*) (days)	PH (cm)	PC (1~2)	MC (1~3)	GC (1~5)	SC (1~4)	PE (0~4)	HCS (1~9)	A (1~2)	GR (1~7)	SW (g)
Mean	96.1	200.8	1.31	1.81	3.56	3.38	2.81	6.00	1.38	3.13	1.90
Max.	113.0	305.0	2.00	3.00	5.00	4.00	3.00	9.00	2.00	7.00	2.92
Min.	85.0	100.0	1.00	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00	0.79
Range	28.0	205.0	1.00	2.00	3.00	3.00	1.00	8.00	1.00	6.00	2.13
S.D.	7.8	71.1	0.48	0.40	1.37	1.09	0.40	3.18	0.50	2.13	0.76
C.V.	8.1	35.4	36.6	22.1	38.5	32.2	14.2	53.0	36.2	68.1	40.0

*) See, Table 2

2. 交雜群 母本의 品種群 分類

1) 品種群 分類

교잡종 모본으로 선정된 16개 계통간 각 형질별 특성을 살펴보면 표 4와 같다. 대부분의 형질에서 특성치의 범위가 넓게 분포되어 있었으며, 표준편차와 변이계수가 컸다. 이는 유전적으로 다양한 변이를 가진 계통들로 이루어졌기 때문이다.

두 품종간 遺傳的 距離의 지표로서 平均 距離 ($\sqrt{D^2}$)를 16개 계통의 11개 형질을 대상으로 총체적인 類似性 程度를 나타낸 것이 그림 1이다.

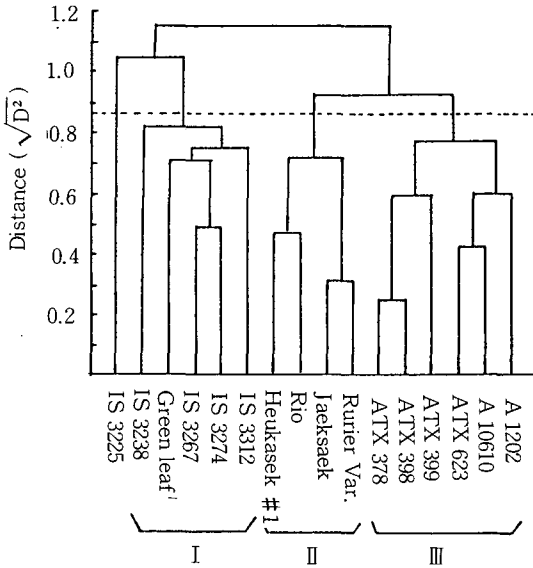


Fig. 1. Dendrogram for 11 characters of 16 parental lines of three different sorghum species.

$\sqrt{D^2}$ 치가 0.86($R^2=0.6$)인 선에서 品種群을 분류했을 때 IS 3225를 제외하고 3개 품종군으로 분류할 수 있었으며, I군은 수단그래스, II군은 단수수, III군은 응성불임성을 지닌 종실용 수수였다. IS 3225를 독립된 하나의 군으로 볼 수도 있으나 제 I군으로 포함시키는 것이 합당할 듯하다.

群間에는 II군인 단수수는 III군인 종실용 수수와 近緣關係를 I군인 수단그래스와는 遠緣關係를 보여 주었다. I군내에서는 IS 3267과 IS 3274, IS 3312와 Green leaf가, II군 내에서는 Rurier Var.와 Jaeksaek, Rio와 Heuksaek #1이, III군내에서는 ATX378과 ATX398, ATX623과 A10610이 각각 비교적 근연관계를 보여주었다.

2) 品種群別 특징

군간 각 형질별 평균치를 표 5에서 살펴보면, I군인 수단그래스는 II군인 단수수에 비해 개화기가 빠르고 초고는 중간, 식물체색, 영의 색 및 종피색은 갈색, 이삭의 밀도와 형태는 極散偏穗型, 종실의 영피복도는 3/4정도, 100립중은 가벼운 특성을 보였으나, III군인 종실용 응성불임 계통은 개화기가 빠르고, 단간이며, 이삭의 밀도와 형태가 密穗橢圓型인 것에 반해 II군인 단수수는 개화기가 느리고 장간, 半散偏穗型인 경향이였다.

3) 主成分 추출 및 形質別 기여도

主成分 分析法으로 얻은 득점을 規準化시켜서 이를 平方和의 누계로 제 1, 2, 3, ..., 제 11 주성분의 고유치를 얻었는데 전체 변동에 대한 각 주성분의 기여율은 표 6에서와 같이 38.8%, 20.5%, 13.9%, 8.6%, 6.5% 및 4.9%로 적어지고 있다. 여기서 제1주성분에서 제5주성분까지 만을 취했

Table 5. Species group means of each morphological characters in 16 parental lines for forage sorghum F_1 hybrid

Species group	No. of var.	DF ^{*)} (days)	PH (cm)	PC (1~2)	MC (1~3)	GC (1~5)	SC (1~4)	PE (0~4)	HCS (1~9)	A (1~2)	GR (1~7)	SW (g)
I	5	92.2	223.0	2.0	1.8	2.0	4.0	2.4	2.8	1.4	4.2	1.16
II	4	107.3	280.8	1.0	2.0	4.0	3.5	3.0	7.0	1.5	2.5	2.24
III	6	91.7	120.7	1.0	1.8	4.3	2.7	3.0	8.8	1.2	2.0	2.48

^{*)} See, Table 2

Table 6. Eigen value and its contribution to total variation obtained from principal component analysis in parental lines for forage sorghum F₁ hybrid

Principle component	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6
Eigen value(λ k)	4.269	2.253	1.534	0.948	0.711	0.538
Contribution(%)	38.8	20.5	13.9	8.6	6.5	4.9
Cumulative contribution(%)	38.8	59.3	73.2	81.8	88.3	93.2

을 때 전체 정보의 88.3%를 설명할 수 있었다.

계통의 특성치와 주성분별 득점과의 상관을 因子負荷量이라고 하는데 대부분의 형질이 상위 주성분에서 높은 상관을 보이며 표 7는 형질과 주성분간에 정상관 및 유의한 상관을 보인 형질들을 나타낸 것으로 제1주성분 점수가 큰 품종일수록 이삭밀도와 형태가 밀수타원형이며, 백립중이 무겁고, 식물체색은 자주색을 띠며, 종실의 영 피복 정도가 종실 전체 크기의 1/4정도도 안되는 것으로 추정할 수 있었으며, 제2주성분에서는 주성분 점수가 큰 품종일수록 개화기가 느리고, 초고가 크며, 유망인 것으로 추정되었다.

4) 主成分値와 品種間 距離에 따른 品種群 分類

제1, 제 2주성분에 대한 산포도를 그림 2에서 살펴보면 제 1주성분은 33.8%, 제 2주성분은 20.5%로 제1, 2주성분은 전체변이의 59.3%를 설명할 수 있었다. 제 1주성분에 대하여 수단그래스계통과 종실용 웅성불임계통들이 잘 구분되었고, 제 2주성분에 대하여는 단수수인 Heuksaek #1, Rio와 수단그래스인 IS 3312, IS 3238 그리고 종실용 웅성불임계통인 ATX623 등이 잘 구분되어서 平均 連關 군집 분석에 의한 3개군 분류와 잘 일치하였다.

결론적으로 이들 수수류 16계통은 平均 連關 군집 분석에 의해 3품종군으로 나누어지며, 단수수·종실용 수수·수단그래스의 각 계통이 각각 동일한 품종군으로 구분되었으며, 수단그래스와 종

FACTOR 1 33.8

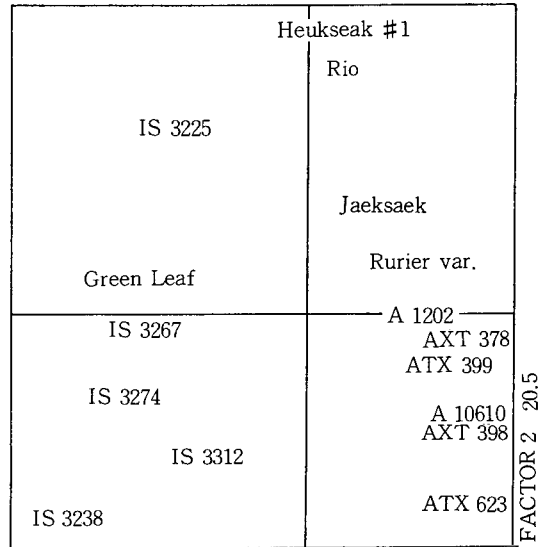


Fig. 2. Distribution of 16 parental lines of three different sorghum species on upper two principal component scores.

실용 수수는 遠緣 關係였다. 한편 주성분 분석 결과 제 1주성분에 대해서는 이삭밀도와 형태, 백립중, 식물체색 및 종실의 영 피복 정도와 같은 형질의 기여로 종실용 수수와 수단그래스가 잘 구분되었고, 제 2주성분에 대해서는 개화기, 초고, 까락의 유무와 같은 형질 기여로 단수수, 수단그래스, 종실용 수수가 대체로 구분이 되었다.

Table 7. Classification of characters by degree of contribution to the first two principal components

Principal component	Class	Corresponding characters and their contributions
Z ₁	+	Head compactness and shape(+0.445), 100 seed weight(+0.393)
	-	Plant color(-0.414), Grain covering(-0.320)
Z ₂	+	Days to fowering(+0.538), Plant height(+0.478), Awn(+0.452)
	-	None

이상의 결과로 선정된 품종들은 청예용 수수×단수수 및 수수×수단그래스 교잡종 육성을 위한 交配母本으로 사용되어 F₁ 잡종이 육성되었을 때, 그들 F₁의 雜種強勢가 높게 나타나 그들 양친의 組合能力에서 계통간 현저한 차이^{12, 15, 16)}를 보일 것으로 기대된다.

摘 要

수수類 靑刈用 1代雜種 品種育成을 위해서 1986, 1987년에 실시된 수수 유전자원의 특성조사 결과를 平均 連關 군집 분석과 주성분 분석법에 의한 품종군 분류법으로 交配母本을 選定한 결과를 요약하면 아래와 같다.

1. 수수×단수수 및 수수×수단그래스 交雜群 育成을 위하여 각 群별로 開花期가 유사한 것 중에서 草高 및 形態의 形質이 다양한 특성을 지닌 것들을 交雜群의 母本으로 選定하였다.
2. 수수류의 品種群 分類에서는 $\sqrt{D^2}$ 에 의해 3개 계통군으로 분류할 수 있었는데 I 군은 수단그래스, II 군은 단수수, III 군은 종실용 수수였고, 수단그래스와 종실용 수수와는 遠緣關係였다.
3. 主成分分析의 결과 제5주성분까지만 취했을 때 전체 성분의 88.3%, 제 1, 2의 2개 주성분만으로는 59.3%를 설명할 수 있었으며, 제 1 주성분에 대하여는 수단그래스와 종실용 수수, 제 1, 2주성분에 대하여는 단수수와 수단그래스 및 종실용 수수가 잘 구분되었다. 한편 제1주성분은 이삭밀도와 형태, 백립중, 식물체색, 종실의 영 피복 정도와 높은 상관관계, 제 2 주성분은 개화기간, 초고, 까락의 유무와 높은 상관관계를 보였다.
4. 이상의 결과로 선정된 품종들을 靑刈用 品種 育成을 위한 交配母本으로 사용할 때 F₁의 雜種強勢가 높고, 그들 兩親의 組合能力에서 계통간 현저한 차이를 나타낼 것으로 기대된다.

引用文獻

1. 安相洛, 蔡永岩. 1984. 多變量 解析法에 의한 참깨의 品種群 分類. 韓育誌 16(3):340-348.
2. 崔海椿, 李正日. 1979. 主成分分析 및 cluster 分析을 利用한 油菜品種의 分類. 韓育誌. 11(3):179-195.
3. Harlan, J. R. and J. M. J. de Wet. 1972. A simplified classification of cultivated sorghum, Crop Sci. 12:172-176.
4. IBPGR and ICRISAT. 1984. Revised sorghum descriptors. IBPGR SECRESTAT. Rome.
5. 姜正勳, 李浩鎭. 1996. 導入 수수 遺傳資源의 生育 및 形態의 特性. 韓作誌 41(2):207-214.
6. 桂奉明, 菊池文雄, 志賀敏夫. 1982. Cluster 分析에 의한 陸地棉品種의 分類에 관한 연구. 韓育誌 15(2):118-129.
7. 李仁燮, 崔鳳鎬. 1982. 主成分 分析에 의한 한국 재래종 옥수수의 해석 및 계통분류. 韓育誌 14(3):294-303.
8. 李成春, 崔京求, 林俊澤, 徐洪日. 1992. 수집종 나물용 콩 품종의 주요 특성 연구 II. 多變量解析法에 의한 품종군 분류. 韓育誌 24(2):105-112.
9. 李永萬. 1980. 多變量解析法에 의한 벼의 품종군 분류 및 이들 품종간의 조합능력. 韓育誌 12(2):61-92.
10. _____, 申東永. 1984. 多變量 解析法에 의한 고추의 품종군 분류. 韓育誌 16(1):115-126.
11. Liang, G. H. and A. J. Casady. 1966. Quantitive presentation of the systematic relationships among twenty-one Sorghum species. Crop Sci. 6:76-79.
12. Nath, B., A. O. Omran and L. R. House. 1985. Genetic divergence among a non-restorer collection of sorghum and its relationship with heterosis. Euphytica 34: 441-447.
13. 嚴榮鉉, 崔寬淳, 李昌煥. 1986. 主成分 分析을 이용한 고추 품종의 분류. 韓育誌 15(2):118-129.
14. Snowden, J. D. 1936. The cultivated races

- of sorghum. Adlard and Son, London p. 274.
15. Souza, E. and M. E. Sorrells. 1991. Relationships among 70 north american oat germplasms: I. Cluster analysis using quantitative characters. *Crop Sci.* 31:599-605.
 16. _____ and _____. 1991. Relationships among 70 north american oat germplasms: II. Cluster analysis using qualitative characters. *Crop Sci.* 31:605-612.
 17. Quinby, J. R. 1974. Sorghum improvement and the genetics of growth. Chapter 6:51-59. Texas A and M Univ. Press. College station, Texas.