

# 红麻品种(系)表型性状的因子和聚类分析

张加强, 金关荣, 骆霞虹, 陈常理

(浙江省萧山棉麻研究所, 杭州 311202)

**摘要:** 依据红麻高产育种目标, 利用因子分析和聚类分析对 40 个红麻品种(系)的 9 个表型性状进行分析。结果表明: 供试材料 9 个表型性状的变异系数为 5.13% ~ 25.33%, 具有较大差异和丰富的遗传多样性; 对供试红麻材料进行聚类分析, 可分为 3 大类, 其中, 第Ⅲ类群属理想的高产品系。二维排序分析, 评选出 7 个综合性状表现较好的亲本, T17-2、福红 951、FH 航 992、H1301、ZHKX-01、福航优 1 号、福航优 3 号共 7 个品系, 可在生产和育种中加以利用。

**关键词:** 红麻; 表型性状; 因子分析; 聚类分析

## Factor and Cluster Analysis on Phenotype Characters of Kenaf Varieties( Lines)

ZHANG Jia-qiang, JIN Guan-rong, LUO Xia-hong, CHEN Chang-li

(Cotton and Bast Fiber Crops Research Institute of Zhejiang Xiaoshan, Hangzhou 311202)

**Abstract:** In order to breed high-yield species, associated 9 phenotype characters of 40 varieties( lines) of kenaf were observed and analyzed by factor and cluster analysis methods. The results showed that, the coefficient variation of 9 phenotype characters ranged from 5.13% to 25.33%, the varieties( lines) had significant differences and abundant genetic diversities. Cluster analysis showed that 40 varieties( lines) of kenaf were classified into 3 groups, the Group III have some traits of high yield. The scatter plot of the former two main factor indicated that T17-2, Fuhong 951, FHhang 992, H1301, ZHKX-01, Fuhangyou 1, Fuhangyou 3 were better than others, and these accessions could be used in the production and breeding.

**Key words:** kenaf; phenotype characters; factor analysis; cluster analysis

红麻(*Hibiscus cannabinus* L.), 又称大麻槿, 为锦葵科木槿属的一年生纤维作物, 它是以收获营养体为栽培目的, 其杂种优势率高达 40% 左右, 具有植株高大粗壮、生长迅速、生物产量高等特点, 目前应用领域涉及麻纺、造纸、可降解纸地膜、饲料等<sup>[1-4]</sup>。我国是世界上最大的红麻生产国和种质资源拥有国, 国内资源以育种中间材料、创新种质和育成品种(系)为主。近些年来, 我国红麻育种工作者已育成一系列优良品种, 尤其是红麻细胞质雄性不

育系的选育成功, 为红麻杂种优势的利用提供了新的途径<sup>[5-6]</sup>。在育种中, 由于育成品种(系)具有较多符合生产要求的重要性状, 因而被作为重要的种质资源。种质资源的搜集、保存、鉴定和创新利用, 是拓展栽培种遗传基础和提高红麻遗传育种水平的紧迫任务和重要条件。为了更好地利用所收集的红麻种质资源, 对其进行分析和评价就显得非常重要。尽管分子标记如 RAPD、AFLP、SRAP、ISSR 等, 已被应用于红麻种质资源的鉴定和分类研究<sup>[7-13]</sup>, 但由

收稿日期: 2015-12-17 修回日期: 2016-01-27 网络出版日期: 2016-10-12

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20161012.0917.024.html>

**基金项目:** 国家麻类产业技术体系建设专项资金(CARS19S05); 浙江省省级现代种业发展工程农作物种质资源保护项目(2014004); 杭州市科技发展规划项目(20140432B39); 2015 年度浙江省农科院青年科技人才培养项目(科技创新能力启动培养类)(2015R25R08E03); 2015 年度浙江省农科院公共发展专项青年项目; 2016 年度浙江省农科院中青年科技人员国内外进修培养项目

第一作者主要从事麻类、花卉的育种、栽培及分子生物学研究。E-mail: zhangqiang414@126.com

通信作者: 金关荣, 主要从事麻类育种、栽培及利用研究。E-mail: jingr0@163.com

于分子标记方法对操作步骤和仪器设备要求较高,而表型性状的调查测定相对简单易操作,且更直观,因此,形态标记仍然是研究植物种质资源鉴定、评价及分类的重要手段之一<sup>[14]</sup>。红麻表型性状指标众多,由于受到红麻的本身遗传特性、栽培环境因素及所选样本群体大小的影响,各指标间相关性错综复杂,较难得出简明的规律性<sup>[15-16]</sup>。因子分析是把多个相互关联的各性状依据其相关性综合为少数几个相互独立的公因子,它是多指标综合评价中常用的多元统计方法之一,基本思想与主成分分析相类似,都是通过降维过程,既可提取多个指标的大部分信息,又避免人为的主观性,使评价结果客观、合理。两者最大区别是因子分析要将原观测变量表示为新因子的线性组合,需要构成因子模型,而主成分分析则只是将主变量表示为原观测变量的线性组合,只作通常的变量变换。所以,因子分析是主成分分析的延伸<sup>[17-18]</sup>,因子分析被广泛应用于作物的数量性状分析、综合评价

及分类中<sup>[19-25]</sup>。目前,国内外学者多采用主成分分析和聚类分析等方法,对红麻种质的遗传多样性、产量性状间的相关性,产量性状构成进行了评价与分析<sup>[26-33]</sup>,但利用因子分析和聚类分析相结合对红麻主要育成品种(系)进行分析评价则鲜有报道,至于在此基础上利用二维排序进行综合评价的研究则更是未见报道。为此,本研究对近些年选育出的 40 份红麻品种(系)的 9 个表型性状进行因子分析,探讨其表型性状指标间的相互关系和影响产量的公因子,并在此基础上进行聚类分析及二维排序综合评价,以期红麻杂交育种中亲本的选择及种质资源挖掘利用提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为近年来中国农业科学院麻类研究所、福建农林大学和广西大学等育种单位育成的红麻新品种(系),共 40 份,供试材料名称和来源见表 1。

表 1 供试红麻品种(系)及来源

Table 1 The origin and name of the tested kenaf varieties (lines)

代码 Code	品种 Cultivar	来源 Origin	代码 Code	品种 Cultivar	来源 Origin
1	福红 9921	福建农林大学	21	T17	中国农业科学院麻类研究所
2	闽红优 1 号	福建农林大学	22	中红麻 10 号(KB2)	中国农业科学院麻类研究所
3	福红航 5 号	福建农林大学	23	红优 2 号	广西大学
4	中红麻 16 号	中国农业科学院麻类研究所	24	T17-2	中国农业科学院麻类研究所
5	杂交红麻 H328	中国农业科学院麻类研究所	25	福红 2 号	福建农林大学
6	杂交红麻 H368	中国农业科学院麻类研究所	26	福红优 1 号	福建农林大学
7	红优 4 号	广西大学	27	福红优 2 号	福建农林大学
8	福红 951	福建农林大学	28	福红优 4 号	福建农林大学
9	闽红 321	福建省农业科学院甘蔗研究所	29	福红 951	福建农林大学
10	闽红 964	福建省农业科学院甘蔗研究所	30	FH992	中国农业科学院麻类研究所
11	福红 952	福建农林大学	31	杂红 952	福建农林大学
12	福红 992	福建农林大学	32	FH952	中国农业科学院麻类研究所
13	福红 991	福建农林大学	33	T19	中国农业科学院麻类研究所
14	Bt952	福建农林大学	34	83-20	中国农业科学院麻类研究所
15	H305	中国农业科学院麻类研究所	35	FH 航 992	中国农业科学院麻类研究所
16	H318	中国农业科学院麻类研究所	36	H1301	中国农业科学院麻类研究所
17	ZH-01	浙江省萧山棉麻研究所	37	ZHKX-01	浙江省萧山棉麻研究所
18	浙萧麻 1 号	浙江省萧山棉麻研究所	38	S199	中国农业科学院麻类研究所
19	航优 1 号	浙江省萧山棉麻研究所	39	福航优 1 号	福建农林大学
20	T15	中国农业科学院麻类研究所	40	福航优 3 号	福建农林大学

## 1.2 试验设计

试验于2010—2013年在浙江省萧山棉麻研究所头蓬试验基地进行,该区气候特征年平均气温为16.1℃,年平均地面温度为18.3℃,年平均降雨量1402.5 mm,年平均无霜期248 d,年平均日照时数2006.9 h,年平均蒸发量1223.7 mm,土壤是1993年钱塘江边围垦的海涂地,为砂质壤土。采用随机区组设计,3次重复,试验小区面积13.34 m<sup>2</sup>,小区长10.26 m,宽1.30 m,采用条播,每畦2条,四周设置保护行,同一地块隔年与水稻进行轮作,其他田间管理按照当地生产实际实施。田间试验分批进行,代号为1~25的品种(系)分别于2010年5月20日和2011年5月20日播种,于2010年10月8日和2011年9月28日收获;代号为26~40的品种(系)分别于2012年5月18日和2013年4月26日播种,于2012年10月11日和2013年9月17日收获,数据分析采用2年内试验结果的平均值,田间调查和收获考种方法参照《红麻种质资源描述规范和数据标准》<sup>[34]</sup>,每小区随机取样20株,调查9个主要表型性状指标:株高、茎粗、皮

厚、单株鲜皮重、单株鲜茎重、单株干皮重、鲜皮晒干率、干皮精洗率、单株精麻重等,这9个指标最能体现生产能力,是目前红麻试验的必测指标。同时,计算其平均值、最大值、最小值、标准差、极差和变异系数。

## 1.3 数据统计分析

利用Excel 2003和SPSS 11.5软件,对所得数据计算变异系数、简单相关系数,并进行因子分析,并在此基础上进行聚类分析和二维排序分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 表型性状的变异情况分析

供试材料9个表型性状的平均值及变异情况见表2。由表2可以看出,单株精麻重的变异系数最高,达25.33%,变幅为14.75~48.77 g;其次为单株干皮重、单株鲜皮重、单株鲜茎重和皮厚的变异系数较大,分别为24.65%、23.47%、19.45%和16.64%;干皮精洗率的变异系数最小,仅为5.13%。以上结果表明各性状在不同材料之间表现出不同程度的多样性。

表2 表型性状的平均值和变异系数

Table 2 The average value and coefficient of variation of the phenotype characters

性状 Characters	最大值 Max.	最小值 Min.	极差 Range	平均值 Mean	标准差 SD	变异系数(%) CV
株高(cm) PH	444.40	332.90	111.50	387.61	34.76	8.97
茎粗(mm) SD	23.83	15.62	8.21	18.49	2.06	11.12
皮厚(mm) FBT	1.64	0.96	0.68	1.28	0.21	16.64
单株鲜皮重(g) FSW	350.00	137.50	212.50	218.01	51.17	23.47
单株鲜茎重(g) FBW	895.83	399.00	496.83	552.25	107.39	19.45
单株干皮重(g) DBW	80.00	27.40	52.60	48.89	12.05	24.65
鲜皮晒干率(%) FBDR	25.74	18.34	7.40	22.35	2.18	9.73
干皮精洗率(%) FRD	62.35	49.73	12.62	56.14	2.88	5.13
单株精麻重(g) FW	48.77	14.75	34.02	27.49	6.96	25.33

PH: Plant height; SD: Stem diameter; FBT: Fiber bark thickness; FSW: Fresh stem weight per plant; FBW: Fresh bark weight per plant; DBW: Dry bark weight per plant; FBDR: Fresh bark dry rate; FRD: Fibre ratio to dry bark; FRD: Fibre weight per plant, the same as below

### 2.2 表型性状的简单相关分析

简单相关分析结果(表3)表明,单株精麻重与株高、茎粗、皮厚、单株鲜皮重、单株鲜茎重、单株干皮重呈极显著正相关,与干皮精洗率呈显著正相关;干皮精洗率与株高呈极显著正相关;鲜皮晒干率与株高呈极显著正相关,与茎粗、皮厚呈显著或极显著负相关;单株干皮重与株高、茎

粗、皮厚、单株鲜皮重、单株鲜茎重呈极显著正相关;单株鲜茎重与茎粗、皮厚、单株鲜皮重呈极显著正相关;单株鲜皮重与茎粗、皮厚呈极显著正相关;皮厚与株高呈极显著负相关,与茎粗呈极显著正相关。以上分析表明红麻9个表型性状间存在着显著或极显著相关,可作进一步因子分析。

表 3 供试红麻材料的 9 个表型性状间简单相关分析

Table 3 Correlation coefficients among the 9 phenotypic characters

性状 Characters	株高 PH	茎粗 SD	皮厚 FBT	单株鲜皮重 FSW	单株鲜茎重 FBW	单株干皮重 DBW	鲜皮晒干率 FBDR	干皮精洗率 FRD	单株精麻重 FW
株高 PH	1	-0.0533	-0.4117 **	0.1944	0.2621	0.4124 **	0.6388 **	0.553 **	0.5027 **
茎粗 SD		1	0.8615 **	0.9132 **	0.8663 **	0.7592 **	-0.3332 *	-0.1841	0.6899 **
皮厚 FBT			1	0.7183 **	0.6076 **	0.4916 **	-0.5501 **	-0.2611	0.4207 **
单株鲜皮重 FSW				1	0.9534 **	0.9233 **	-0.103	0.044	0.8907 **
单株鲜茎重 FBW					1	0.9348 **	0.0498	-0.0184	0.8925 **
单株干皮重 DBW						1	0.2702	0.1191	0.9747 **
鲜皮晒干率 FBDR							1	0.2522	0.299
干皮精洗率 FRD								1	0.3289 *
单株精麻重 FW									1

\* 和 \*\* 分别表示  $P < 0.05$  和  $0.01$  的显著水平

\* and \*\* mean significant difference at the levels of  $P < 0.05$  and  $0.01$ , respectively

2.3 因子分析

对供试红麻材料的 9 个表型性状做因子分析。根据因子分析原理,提取主因子要遵循特征值大于 1、累计贡献率大于 85% 这 2 个条件。由表 4 可知,前 2 个因子对总方差的贡献最大,其特征值分别为 5.052 和 2.652,各因子能够解释的总方差贡献率分别为 56.127% 和 29.463%,累积方差占总方差的 85.590%。第 3~9 个因子的特征值均小于 1,可以忽略不计。因此保留前 2 个公因子代替供试材料 9 个原始性状指标作进一步分析。

对公因子进行方差最大正交旋转,得到旋转后因子的载荷矩阵(表 5)。从表 5 可知,第 1 公因子主要是由单株鲜皮重、单株鲜茎重和单株干皮重这 3 个因子决定的,其因子载荷分别为 0.9908、0.9678 和 0.9408,可称之为重量因子,第 2 公因子中,株高、鲜皮晒干率因子载荷最大,分别为 0.8933、0.8378,可称之为生长和晒干率因子。综上所述,这 2 个公因子既相互促进,又相互制约。因此在红麻高产的育种工作中,应协调好其间的关系。

表 4 主因子的特征根、贡献率及累积贡献率

Table 4 Eigenvalue, contribution rate and cumulative contribution rate of principal factors

因子 Component	初始值 Initial Values			提取平方载荷总和 Extraction sums of loadings			旋转平方载荷总和 Rotation sums of loadings		
	特征根 Eigenvalue	贡献率(%) Contribution rate	累积贡献率(%) Cumulative contribution rate	特征根 Eigenvalue	贡献率(%) Contribution rate	累积贡献率(%) Cumulative contribution rate	特征根 Eigenvalue	贡献率(%) Contribution rate	累积贡献率(%) Cumulative contribution rate
Fac-1	5.052	56.127	56.127	5.052	56.127	56.127	5.047	56.080	56.080
Fac-2	2.652	29.463	85.590	2.652	29.463	85.590	2.656	29.510	85.590
Fac-3	0.812	9.027	94.617						
Fac-4	0.285	3.168	99.785						
Fac-5	0.113	1.258	99.043						
Fac-6	0.047	0.519	99.562						
Fac-7	0.031	0.340	99.902						
Fac-8	0.007	0.082	99.984						
Fac-9	0.001	0.016	100						

表 5 旋转后的因子载荷矩阵

Table 5 Rotated component matrix

性状 Characters	因子 Component	
	Fac-1	Fac-2
株高 PH	0.2071	0.8933
茎粗 SD	0.9236	-0.3229
皮厚 FBT	0.7247	-0.6130
单株鲜皮重 FSW	0.9908	-0.0202
单株鲜茎重 FBW	0.9678	0.0706
单株干皮重 DBW	0.9408	0.2833
鲜皮晒干率 FBDR	-0.0447	0.8378
干皮精洗率 FRD	0.0280	0.6554
单株精麻重 FW	0.9055	0.4009

## 2.4 聚类分析

在系统聚类中,以所计算得到的前 2 个公因子得分为指标,采用平均距离最小法 (Between-groups linkage) 对 40 份供试红麻材料进行聚类分析。在欧氏距离  $D = 10$  的水平上,可将其分为 3 大类群 (图 1)。

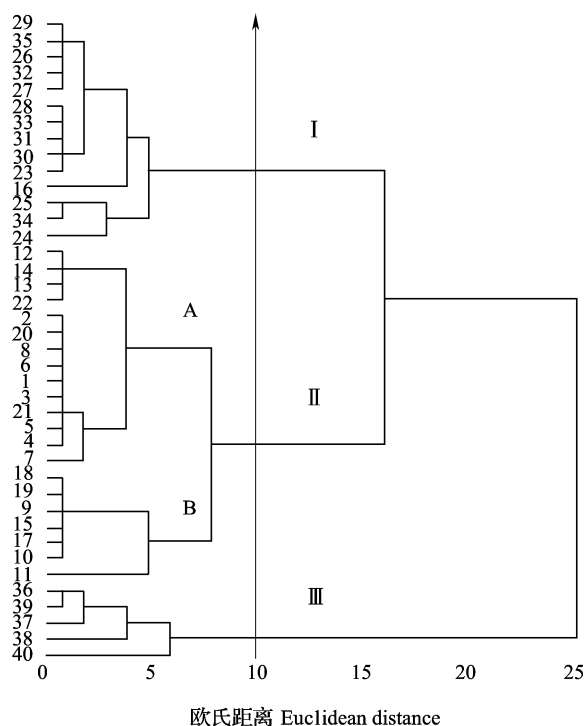


图 1 基于表型性状的 40 份红麻品种 (系) 的系统聚类图

Fig. 1 Cluster diagram of 40 kenaf varieties (lines) based on phenotype characters

第 I 类群包括福红 951、FH 航 992、福红优 1 号、FH952、福红优 2 号、福红优 4 号、T19、杂红 952、FH992、红优 2 号、H318、福红 2 号、83-20、T17-2 共

14 个品系,占供试材料的 35%。这些材料表现为株高最高,皮厚最低,茎粗较粗,单株鲜皮重、单株鲜茎重、单株干皮重较重,鲜皮晒干率、干皮精洗率最高,单株精麻重较重。属植株高大,鲜皮晒干率、干皮精洗率最高,较高产品系。

第 II 类群由 21 个品系组成,该类群又分为 2 个亚类。A 亚类包括福红 992、Bt952、福红 991、KB2、闽红优 1 号、T15、福红 951、杂交红麻 H368、福红 9921、福红航 5 号、T17、杂交红麻 H328、中红麻 16 号、红优 4 号共 14 个品系。这些材料表现为鲜皮晒干率最低,株高、茎粗、皮厚、单株鲜皮重、单株鲜茎重、单株干皮重、干皮精洗率均居中,属鲜皮晒干率最低,其他性状居中的高产品系。B 亚类包括 7 个品系,分别是浙萧麻 1 号、航优 1 号、闽红 321、H305、ZH-01、闽红 964、FH952。这些材料表现为株高、茎粗、单株鲜皮重、单株鲜茎重、单株干皮重、干皮精洗率最小,鲜皮晒干率中等,单株精麻重最小。属植株矮小,鲜皮晒干率中等,单株干皮重、干皮精洗率最小,低产品系。

第 III 类群包括 H1301、福航优 1 号、ZHKX-01、S199、福航优 3 号等 5 个品系,占参试材料的 12.50%。这些材料表现为株高中等,茎粗、皮厚最高,单株鲜皮重、单株鲜茎重、单株干皮重最重,鲜皮晒干率、干皮精洗率较高,单株精麻重最重。属植株中等,茎粗、皮厚最高,单株鲜皮重、单株干皮重最重,高产品系。说明此类材料具有良好的产量性状和较好的利用价值,在育种工作中可选择性的作为有增产潜力的亲本材料利用。

## 2.5 二维排序分析

本研究以第 1 公因子为横坐标,第 2 公因子为纵坐标作成散点图 (图 2),可以直观地揭示红麻品种 (系) 间基因型差异状况及各品种自然类型分类的特点。根据红麻高产育种的要求,第 1 公因子 (重量因子) 和第 2 公因子 (生长和晒干率因子) 取值越高越好。以第 1 公因子排序,福航优 3 号、S199、福航优 1 号、H1301、ZHKX-01、福红 9921、福红航 5 号、杂交红麻 H368 品种 (系) 较高,T17-2、T15、杂交红麻 H328、闽红优 1 号、福红 951、红优 4 号、T17、FH 航 992、福红 951 品种 (系) 其次;第 2 公因子中,FH952、福红优 1 号、福红优 2 号、福红 951、FH 航 992、红优 2 号、FH992、T19、福红优 4 号、杂红 952、83-20、福航优 3 号、H318 品种 (系) 较高,福红 2 号、H1301、ZHKX-01、福航优 1 号、T17-2 品种 (系) 其次。由图 2 还可以看出,在供试材料中,同



表 6 3 个组群主要性状的统计分析

Table 6 The main characters of three groups classified with factor scores

性状 Characters	类群 Group							
	I ( n = 14; 35% )		II ( n = 21; 52. 5% )				III ( n = 5; 12. 5% )	
			A ( n = 14; 35% )		B ( n = 7; 17. 5% )			
	平均值 Mean	变异系数( % ) CV	平均值 Mean	变异系数( % ) CV	平均值 Mean	变异系数( % ) CV	平均值 Mean	变异系数( % ) CV
株高 PH	420. 69	6. 96	362. 13	2. 85	357. 84	4. 46	407. 99	2. 37
茎粗 SD	17. 07	4. 32	19. 37	4. 88	16. 78	3. 91	22. 39	6. 37
皮厚 FBT	1. 08	9. 03	1. 45	6. 83	1. 16	5. 27	1. 56	4. 98
单株鲜皮重 FSW	201. 16	9. 34	226. 44	10. 91	158. 43	8. 79	325. 00	5. 73
单株鲜茎重 FBW	530. 27	9. 74	548. 65	8. 54	441. 29	9. 13	779. 25	10. 35
单株干皮重 DBW	49. 15	10. 63	46. 04	9. 89	35. 46	12. 98	75. 00	7. 49
鲜皮晒干率 FBDR	24. 42	3. 63	20. 04	4. 90	22. 34	7. 18	23. 09	6. 41
干皮精洗率 FRD	58. 15	3. 81	55. 25	3. 97	54. 41	4. 01	55. 42	7. 97
单株精麻重 FW	28. 53	9. 40	25. 51	12. 87	19. 33	15. 08	41. 55	10. 90

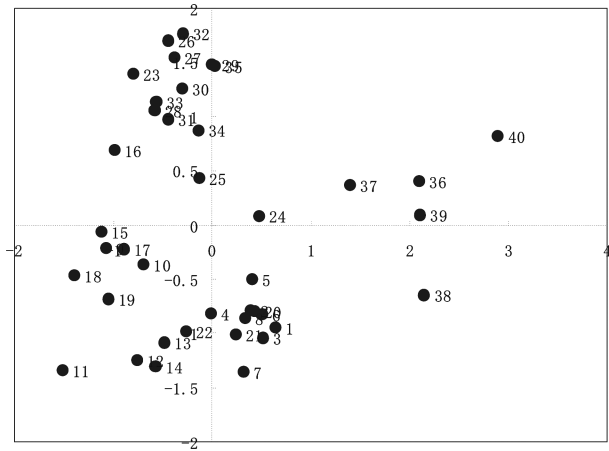


图 2 第 1、2 公因子二维排序图

Fig. 2 Scatter plot based on the first and second PC

时兼顾第 1 公因子和第 2 公因子的品种(系)主要有 T17-2、福红 951、FH 航 992、H1301、ZHKX-01、福航优 1 号、福航优 3 号共 7 个品种(系)。它们在红麻育种和生产上是值得重视的,可直接或间接利用的高产优良种质材料。

3 结论与讨论

高产是植物育种工作所追求的重要目标之一。目前,我国红麻新品种选育仍以杂交育种为主,其亲本和杂交组合的选配尤为重要。亲本选择的主要依据是表型形态性状,而红麻的表型性状指标众多,如株高、茎粗、皮厚、单株干皮重、单株精麻重等,这些性状易于测量观察,但受基因的多效性和连锁的影

响,各指标间存在着不同程度的相关,致使它们提供的相关信息出现重叠,不易得出简明的规律<sup>[15-16]</sup>。前人利用主成分分析法对不同红麻材料进行了分析,结论并不统一。M. O. Balgun 等<sup>[28]</sup>研究结果表明前 2 个主成分的累计贡献率达 66. 23% ;G. Faruq 等<sup>[29]</sup>认为开花期,成熟期,茎粗和叶形状是区别不同种质的主要差异。陶爱芬等<sup>[32]</sup>研究认为韧皮纤维产量构成因子、茎秆皮骨构成因子、纤维品质构成因子这 3 个主成分的累计贡献率达 86. 07%。洪建基等<sup>[33]</sup>研究认为韧皮纤维产量构成因子、茎秆皮骨构成因子、纤维品质构成因子及晒干率构成因子,这 4 个主成分的累计贡献率达 85. 61% ,代表了参试红麻种质的绝大部分产量与品质性状信息。本研究借助因子分析法将 40 份红麻品种(系)的 9 个表型性状简化成重量因子(主要是单株鲜皮重)以及生长与晒干率因子(主要是株高和鲜皮晒干率)2 个相互独立的公因子,这 2 个公因子提供了原始性状 85. 59% 的信息。本研究与上述研究结果有所不同,可能是由于所采用的试验材料,分析依据标准,气候条件以及土壤情况不同等原因造成。相关分析表明供试红麻的表型性状间存在着显著或极显著相关,因而在红麻高产的育种工作中,应协调好表型性状间的关系,注重对植株高大、鲜皮晒干率较高和鲜皮重较重材料的选择。

聚类分析表明,40 份红麻材料在欧氏距离 D = 10 的水平上,可划分为 3 大类,不同类群材料各具特点。来源相同或相近的材料很好地聚在一起。如

浙萧麻 1 号、航优 1 号、ZH-01 均来源于相同的亲本能较好的聚为一类,这是由于航优 1 号、ZH-01 均具有浙萧麻 1 号血统。浙萧麻 1 号是 1987 年从广西引进的 7380 系中经系统选育而成<sup>[35]</sup>;ZH-01 是从中熟红麻浙萧麻 1 号经抗生素致死剂量筛选获得的优良单株选育而成的<sup>[36]</sup>;航优 1 号是通过浙萧麻 1 号航天诱变育种而成。第 I 类群和第 III 类群的产量表现较好,而第 II 类群的产量表现较差,第 II 类群中 B 亚类的产量表现最低,可能是由于浙萧麻 1 号、航优 1 号、闽红 321<sup>[37]</sup>、H305<sup>[38]</sup>、闽红 964<sup>[39]</sup> 这些材料多是中熟或中熟偏晚类型,生长势不如晚熟品种,与晚熟品种同期收获产量低有关。本研究发现第 II 类群所占比例最大,占供试材料的 52.5%,第 III 类群只占参试材料的 12.50%。说明我国高产红麻品种选育还有待提高,在今后的红麻育种工作中,还需加强红麻种质资源的挖掘和引进,利用现代生物育种技术创造更多的新种质,进而不断丰富我国红麻品种的遗传基础,以提高育成品种的增产潜力。第 III 类群的产量表现最好,H1301、福航优 1 号、ZHKX-01、S199、福航优 3 号这 5 个品种(系)均属近年选育的高产品种。除了 ZHKX-01 为常规品种外,H1301、福航优 1 号、福航优 3 号均是三系杂交种<sup>[40]</sup>。本研究聚类分析的结果与生产实践上的实际情况也相一致,说明聚类分析方法是研究不同物种及其样本之间相似性的有效方法,能较好地反映种质材料之间的亲缘关系。本研究出现了有些常规品种的产量高于杂交种的情况,这可能是由于聚类分析是基于重量因子和生长与晒干率因子这 2 个公因子得分基础上进行的,而非最终产量的反映。由于公因子能充分反映原始变量的相关关系,用公因子代表原始变量时,更有利于描述研究对象的特征,减少统计的复杂性<sup>[41]</sup>。

通过二维排序分析,评选出综合性状表现较好的亲本,T17-2、福红 951、FH 航 992、H1301、ZHKX-01、福航优 1 号、福航优 3 号共 7 个品系,它们同时兼顾第 1 公因子和第 2 公因子,在红麻育种和生产上是值得重视的,可直接或间接利用的高产优良种质材料。而聚类分析可知,这 7 个品种(系)分属于第 I 类群和第 III 类群,这两个类群的产量均表现较好。可见两种方法在揭示品种相似性与差异上既有共性又有各自的特点。这与陶爱芬等<sup>[32]</sup>、陈书霞等<sup>[42]</sup>的研究结果相一致。若将两种方法综合应用可更好地了解各种质的亲缘关系和优良品种的分布情况,可为高产红麻品种的选育提供理论参考。

本研究仅针对红麻主要育成品种(系)的株高、茎粗、皮厚、单株干皮重、单株精麻重等表型性状(尤其是产量性状)进行了分析,今后还需进行品质、抗性以及分子水平的研究,从而全面地掌握这些材料的遗传信息,作出客观评价。

#### 参考文献

- [1] 周瑞阳. 红麻雄性不育株的发现[J]. 中国农业科学, 2002, 35(2): 213
- [2] 熊和平. 麻类作物育种学[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2008: 208
- [3] 白杰, 黄思齐, 李建军, 等. 红麻饲用价值的研究进展[J]. 中国麻业科学, 2015, 37(1): 30-34
- [4] Saba M, Jawaid M, Hakeem K R, et al. Potential of bioenergy production from industrial kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) based on Malaysian perspective[J]. Renew Sust Energ Rev, 2015, 42: 446-459
- [5] 周瑞阳, 张新, 张加强, 等. 红麻细胞质雄性不育系的选育及杂种优势利用取得突破[J]. 中国农业科学, 2008, 41(1): 314
- [6] 李辉, 李德芳, 陈安国, 等. 红麻雄性不育系的选育和不育基因的 ISSR 分子标记[J]. 中国农学通报, 2008, 24(8): 80-83
- [7] 陶爱芬, 祁建民, 李爱青, 等. 红麻优异种质资源遗传多样性与亲缘关系的 ISSR 分析[J]. 作物学报, 2005, 31(12): 1668-1671
- [8] 程舟, 鮫岛一彦, 陈家宽. 红麻种质资源遗传变异和亲缘关系的 RAPD 分析[J]. 中国麻业, 2002, 24(1): 1-12
- [9] Cheng Z, Lu B, Sameshima K, et al. Identification and genetic relationships of Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) germplasm revealed by AFLP analysis[J]. Genet Resour Crop Ev, 2004, 51(4): 393-401
- [10] Xu J T, Li A Q, Wang X F, et al. Genetic diversity and phylogenetic relationship of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) accessions evaluated by SRAP and ISSR[J]. Biochem Syst Ecol, 2013, 49: 94-100
- [11] 林荔辉, 汪斌, 陶爱芬, 等. 用 ISSR 标记分析红麻种质资源的遗传多样性[J]. 植物科学学报, 2008, 26(3): 240-244
- [12] 谢晓美, 粟建光, 陈基权. 麻类种质资源遗传多样性评价研究进展[J]. 中国麻业科学, 2007, 29(3): 162-165
- [13] Pratik Satya M, Karan C S, Kar A K, et al. Assessment of molecular diversity and evolutionary relationship of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.), roselle (*H. sabdariffa* L.) and their wild relatives[J]. Plant Syst Evol, 2013, 299(3): 619-629
- [14] 郭丽芬, 徐宁生, 张跃, 等. 云南红花种质资源主要农艺性状的遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2012, 13(2): 219-225
- [15] 粟建光, 戴志刚, 龚友才, 等. 我国红麻种质资源的遗传多样性与评价利用[J]. 中国麻业, 2004, 26(1): 5-9
- [16] Ogunbodede B A, Ajibade S R. Variation in agronomic characteristics and their effects on fibre yield of kenaf (*Hibiscus cannabinus*) [J]. Moor J Agric Res, 2001, 2: 31-34
- [17] 马庆华, 李永红, 梁丽松, 等. 冬枣优良单株果实品质的因子分析与综合评价[J]. 中国农业科学, 2010, 43(12): 2491-2499
- [18] 邹学校, 马艳青, 戴雄泽, 等. 湖南辣椒地方品种资源的因子分析及数量分类[J]. 植物遗传资源学报, 2005, 6(1): 37-42
- [19] 董星光, 田路明, 曹玉芬, 等. 我国南方砂梨主产区主栽品种果实品质因子分析及综合评价[J]. 果树学报, 2014, 31(5): 815-822
- [20] 赵威军, 张福耀, 常玉卉, 等. 甜高粱品系的抗倒伏性评价及相关分析[J]. 植物遗传资源学报, 2013, 14(1): 58-64
- [21] 周桂梅, 刘振兴, 陈健, 等. 小豆品种形态特征研究及综合评价[J]. 植物遗传资源学报, 2014, 15(5): 1144-1149
- [22] 吴丽艳, 龚亚菊, 黎志彬, 等. 樱桃番茄种质资源果实相关性状的多元统计分析[J]. 西南农业学报, 2012, 25(5):

- 1818-1822
- [23] 桂敏,龙洪进,钟秋月,等. 引进辣椒种质资源果实性状的多元统计分析[J]. 西南农业学报,2014,27(2):772-776
- [24] 经艳芬,边芯,桃联安,等. 云南割手密血缘 F1 创新种质的因子和聚类分析[J]. 植物遗传资源学报,2014,15(1):177-181
- [25] 樊保国,李登科. 制干枣品种品质性状的因子分析与综合评价[J]. 植物遗传资源学报,2011,12(5):716-720
- [26] Ogunbodede B A. Multivariate analysis of genetic diversity in kenaf, *Hibiscus cannabinus* (L.) [J]. Afr Crop Sci J, 1997, 5 (2):127-133
- [27] Golam F M A, Alamgir M M, Rahman B, et al. Evaluation of genetic variability of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) from different geographic origins using morphoagronomic traits and multivariate analysis[J]. Aust J Crop Sci, 2011, 5(13):1882-1890
- [28] Balgun M O, Raji J A, Akande S R. Morphological characterization of 51 kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) accessions in Nigeria [J]. Revista UDO Agricola, 2008, 8(1):23-28
- [29] Faruq G, Alamgir M A, Rahman M M, et al. Morphological characterization of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) in Malaysian tropical environment using multivariate analysis[J]. J Anim Plant Sci, 2013, 23(1):60-67
- [30] 粟建光,邓丽卿,俞世蓉. 红麻种质资源农艺性状的遗传变异和数量分类[J]. 中国农业科学, 1992, 25(3):50-57
- [31] 李爱青,戴志刚,陈基权,等. 红麻 (*Hibiscus cannabinus* L.) 种质资源的鉴定与分类研究[J]. 植物遗传资源学报, 2006, 7 (3):352-355
- [32] 陶爱芬,祁建民,林培青,等. 红麻优异种质产量和品质性状主成分聚类分析与综合评价[J]. 中国农业科学, 2008, 41 (9):2859-2867
- [33] 洪建基,祁建民,王晓飞,等. 红麻产量与品质性状的相关及其主成分分析[J]. 福建农林大学学报:自然科学版, 2008, 37 (6):561-564
- [34] 粟建光主编. 红麻种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京:中国农业出版社, 2006:9-48
- [35] 郑志正. 红麻新品种“浙萧麻 1 号”的选育[J]. 中国麻作, 1988(3):13-16
- [36] 金关荣,傅福道,田丹青,等. 专用型中熟红麻新品种“ZH-01”选育报告[J]. 中国麻业科学, 2007, 29(06):317-321
- [37] 洪建基,曾日秋,甘勇辉,等. 红麻新品种闽红 321 的选育[J]. 福建农业学报, 2008, 23(3):288-291
- [38] 李德芳,陈安国. 超高产型杂交红麻中杂红 305 的选育[J]. 中国麻业, 2005, 27(5):221-226
- [39] 洪建基,曾日秋,李跃森. 高产优质红麻新品种闽红 964 的选育[J]. 中国麻业科学, 2009, 31(5):281-284
- [40] 祁建民,林荔辉,方平平,等. 红麻光钝感细胞质雄性不育系的选育与杂种优势利用[C];北京:中国作物学会学术年会论文摘要集, 2012:90
- [41] 吴国平,宋崇辉,汪煜. 地理建模[M]. 南京:东南大学出版社, 2012:100
- [42] 陈书霞,周静,申晓青,等. 大蒜种质产量和品质性状主成分聚类分析与综合评价[J]. 植物遗传资源学报, 2012, 13(3):429-434

(上接第 999 页)

- [13] 李瑞国,高冬丽,柴岩,等. 苦荞资源农艺性状因子聚类分析[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(6):80-84
- [14] 韩瑞霞,张宗文,吴斌,等. 苦荞 SSR 引物开发及其在遗传多样性分析中的应用[J]. 植物遗传资源学报, 2012, 13(5):759-764
- [15] 邓林琼,张奎,黄凯丰,等. 甜荞和苦荞品种遗传多样性的 RAPD 分析[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(15):8895-8898
- [16] 杨学文,丁素荣,胡陶,等. 104 份苦荞种质的遗传多样性分析[J]. 作物杂志, 2013(6):13-17
- [17] 王莉花,殷富有,刘继海,等. 利用 RAPD 分析云南野生荞麦资源的多样性和亲缘关系[J]. 分子植物育种, 2004, 2(6):807-815
- [18] Martynov S P, Dobrotvorskaya T V. Genealogical analysis of diversity of Russian winter wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) [J]. Gene Res Crop Evo, 2006, 53:379-386
- [19] Masumbuko L I, Bryngelsson T. Inter simple sequence repeat (ISSR) analysis of diploid coffee species and cultivated *Coffea arabica* L. from Tanzania [J]. Gene Res Crop Evo, 2006, 53:357-366
- [20] 何继红,董孔军,刘敏轩,等. 甘肃省新征集高粱地方品种资源的鉴定与遗传多样性评价[J]. 植物遗传资源学报, 2015, 16 (3):479-484
- [21] 史建强,李艳琴,张宗文,等. 荞麦及其野生种遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2015, 16(3):443-450
- [22] 张宗文,林汝法. 荞麦种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京:中国农业出版社, 2006
- [23] 大澤良,堤忠宏,鶴飼保雄. そば農産形質の品種比較による遺伝率の推定[J]. 育種学雑誌, 1997, 47(1):181
- [24] 刘金,关建平,徐东旭,等. 小扁豆种质资源形态标记遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2008, 9(2):173-179
- [25] Aymen Mahjbi, Ghada Baraket, Amel Oueslati, et al. Start Codon Targeted (SCoT) markers provide new insights into the genetic diversity analysis and characterization of Tunisian *Citrus* species [J]. Biochemical Systematics and Ecology, 2015, 61:390-398
- [26] Khaled F M S, Ahmed S. Analysis of population structure and genetic diversity of Egyptian and exotic rice (*Oryza sativa* L.) genotypes [J]. Comptes Rendus Biologies, 2016, 339(1):1-9
- [27] 孙健,乐美旺,何才和,等. 中国主要黑芝麻品种的遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2015, 16(2):269-276
- [28] 聂石辉,彭林,王仙,等. 鹰嘴豆种质资源农艺性状遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2015, 16(1):64-70
- [29] 杜晓华,李小梅,李新峥. 中国南瓜自交系的聚类分析[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(32):14052-14054
- [30] 李春花,卢文洁,王艳青,等. 云南苦荞资源农艺性状的主成分和聚类分析[J]. 江西农业大学学报, 2015, 37(4):612-617