

文章编号 :0253-9721(2006)04-0022-03

苧麻纤维机械物理性能的主成分及聚类分析

罗中钦¹, 崔国贤¹, 杨艳春², 肖红松¹, 易冬梅¹

(1. 湖南农业大学 苧麻研究所, 湖南 长沙 410128; 2. 广西大学 农学院, 广西 南宁 530004)

摘要 应用 SAS 统计软件, 对 107 个苧麻品种的头麻纤维线密度、断裂强力等 11 个指标进行主成分分析, 按累计贡献率大于或等于 90% 选出前 3 个主成分。在此基础上对这 107 个苧麻品种进行聚类分析, 将其聚为 4 类, 类群 I 和类群 IV 综合物理性能中等, 类群 II 综合物理性能较好, 类群 III 综合物理性能较差。

关键词 苧麻; 物理性能; 主成分分析; 聚类分析

中图分类号: TS102.2 文献标识码: A

Principal component and cluster analysis of mechanical properties of ramie fibers

LUO Zhong-qin¹, CUI Guo-xian¹, YANG Yan-chun², XIAO Hong-song¹, YI Dong-mei¹

(1. Ramie Research Institute, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China;

2. College of Agronomy, Guangxi University, Nanning, Guangxi 530004, China)

Abstract The principal component analysis of 11 physical property indexes such as fineness of fiber, breaking strength of 107 ramie varieties was undertaken using the statistical analysis system (SAS). Three principal components were chosen according to the criteria of cumulative contribution root $\geq 90\%$. The 107 ramie varieties were cluster analyzed on the result of principal component analysis, and these varieties were divided into four clusters. In terms of comprehensive physical properties, cluster I and IV: moderate; cluster II: fairly good; and cluster III: relatively poor.

Key words ramie; physical property; principal component analysis; cluster analysis

苧麻纤维品质由许多物理、化学的指标控制着, 其中又以其物理指标最为重要。如纤维线密度是苧麻纤维最重要的指标之一, 纤维细, 可纺性能就好, 可用来纺细纱, 织成质量较高的织物。苧麻纤维在纺纱及织造过程中不断受到各种外力的作用, 因此纤维需要具有一定的断裂强度^[1]。另外断裂伸长率、初始模量、断裂功等也是苧麻纤维物理性能的重要指标。本文运用主成分及聚类分析法, 从不同角度对苧麻纤维机械物理性能进行分析评价, 研究各个指标之间的相互关系, 以期对苧麻品质改良提供参考。

1 材料与方法

2004 年头麻收获期(5 月底), 在湖南农业大学苧麻研究所苧麻种质资源圃(2000 年建圃) 选取

107 个试样。每个试样取 15 株有代表性的麻株, 经刮制、脱胶后得精干麻, 取中部 5 cm, 一部分用来测定纤维线密度(X_1)^[2], 另一部分用 YYL-006 型单纤维电子强力仪测定单纤维的断裂强力(X_2)、断裂强度(X_3)、断裂伸长(X_4)、断裂伸长率(X_5)、断裂功(X_6)、断裂时间(X_7)、初始模量(X_8)、应力值 F_1 (X_9)、应力值 F_2 (X_{10})、应力值 F_3 (X_{11}), 每个样重复做 60 次。用 SAS 统计软件对数据进行分析。

2 主成分分析

根据 107 个试样的 11 项机械物理性能指标, 得到各指标间的相互关系矩阵, 如表 1 所示。由表 1 可见, 各指标之间存在着错综复杂的相关关系。

进一步求得 11 项机械物理指标的 11×11 阶相

关矩阵的特征根及其贡献率,列于表 2。由表 2 可知,前 3 个特征根的累计贡献率为 94.50%,因此选

择前 3 个主成分。对应于这 3 个特征根的特征向量见表 3。

表 1 苧麻纤维机械物理性能各指标间的相互关系矩阵

指标	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀
X ₂	-0.5417**									
X ₃	-0.5416**	1.0000								
X ₄	-0.4202**	0.6210**	0.6210**							
X ₅	-0.4287**	0.6239**	0.6240**	0.9986**						
X ₆	-0.4848**	0.9333**	0.9333**	0.7829**	0.7864**					
X ₇	-0.4298**	0.6231**	0.6232**	0.9984**	0.9997**	0.7849**				
X ₈	-0.2424*	0.6729**	0.6728**	0.1713	0.1784	0.6258**	0.1762			
X ₉	-0.2301*	0.6600**	0.6600**	0.0183	0.0216	0.5877**	0.0205	0.7929**		
X ₁₀	-0.3150**	0.7544**	0.7544**	0.0823	0.0861	0.6449**	0.0846	0.8113**	0.9692**	
X ₁₁	-0.5828**	0.8969**	0.8969**	0.7490**	0.7540**	0.8806**	0.7557**	0.4545**	0.4341**	0.5304**

注: N=107, r_{0.05} = 0.195, r_{0.01} = 0.254, “*”、“**”分别表示达到显著水平和极显著水平。

表 2 特征根的贡献率及累计贡献率

指标	特征根	贡献率/%	累计贡献率/%
1	7.0249	63.86	63.86
2	2.6431	24.03	87.89
3	0.7266	6.61	94.50
4	0.3016	2.74	97.24
5	0.1801	1.64	98.88
6	0.0828	0.75	99.63
7	0.0258	0.23	99.86
8	0.0132	0.12	99.98
9	0.0017	0.02	100.00
10	0.0003	0.00	100.00
11	0.0000	0.00	100.00

表 3 特征向量

物理性能 指标	第 1 主成分 (Z ₁)	第 2 主成分 (Z ₂)	第 3 主成分 (Z ₃)
X ₁	-0.222217	0.059726	0.920997
X ₂	0.366656	0.095989	-0.024760
X ₃	0.363358	0.095954	-0.024603
X ₄	0.289361	-0.379108	0.159489
X ₅	0.290918	-0.377219	0.151217
X ₆	0.369528	-0.014482	0.146971
X ₇	0.290705	-0.378054	0.148446
X ₈	0.244072	0.363653	0.201795
X ₉	0.225256	0.464651	0.084469
X ₁₀	0.254232	0.441128	0.010847
X ₁₁	0.349564	-0.078241	-0.103114

根据主成分的定义,可获得 3 个主成分与原 11 项指标的标准化数据的线性组合:

$$x_i = (X_i - \bar{X}_i) / S_i$$

$$Z_1 = -0.222217x_1 + 0.366656x_2 + 0.363358x_3 + 0.289361x_4 + 0.290918x_5 + 0.369528x_6 + 0.290705x_7 + 0.244072x_8 + 0.225256x_9 + 0.254232x_{10} + 0.349564x_{11}$$

$$Z_2 = 0.059726x_1 + 0.095989x_2 + 0.095954x_3 - 0.379108x_4 - 0.377219x_5 - 0.014482x_6 - 0.378054x_7 + 0.363653x_8 + 0.464651x_9 + 0.441128x_{10} - 0.078241x_{11}$$

$$Z_3 = 0.920997x_1 - 0.024760x_2 - 0.024603x_3 + 0.159489x_4 + 0.151217x_5 + 0.146971x_6 + 0.148446x_7 + 0.201795x_8 + 0.084469x_9 + 0.010847x_{10} - 0.103114x_{11}$$

第 1 主成分的贡献率达 63.86%,其中除了纤维线密度(X₁)的系数为负外,其它均为正,且绝对值大小相近,所以可以把第 1 主成分看成是苧麻机械物理指标的综合反映;第 2 主成分的贡献率达 24.03%,初始模量(X₈)、应力值 F₁(X₉)、应力值 F₃(X₁₁) 有较大的正系数,与断裂伸长(X₄)、伸长率(X₅)、断裂时间(X₇) 负系数的绝对值相近,说明第 2 主成分反映的是初始模量(X₈)、应力值 F₁(X₉)、应力值 F₃(X₁₁) 与断裂伸长(X₄)、伸长率(X₅)、断裂时间(X₇) 的对比;第 3 主成分的贡献率为 6.61%,纤维线密度(X₁) 有较大的正系数,它是纤维线密度(X₁) 的一个综合反映。

3 聚类分析

采用离差平方和法,根据各品种的主成分值,将

107 个苕麻品种进行聚类分析,当 $R^2 = 0.85$ 时,试样被划分为 4 个类群,见表 4,聚类图略。各类群指标的平均值见表 5。

表 4 107 个苕麻品种类群划分结果

类群编号	品种数目	品种代号
I	33	6, 8, 13, 15, 19, 21, 28, 31, 34, 35, 37, 39, 43, 60, 73, 74, 80, 83, 91, 97, 98, 105, 121, 127, 134, 136, 142, 146, 159, 164, 182, 186, 188
II	35	1, 4, 20, 36, 38, 40, 45, 57, 59, 71, 81, 86, 89, 92, 96, 115, 117, 120, 126, 129, 131, 133, 139, 144, 148, 155, 156, 157, 161, 165, 166, 167, 169, 179, 184
III	28	2, 9, 30, 33, 41, 44, 54, 61, 63, 72, 78, 82, 88, 90, 94, 99, 116, 123, 124, 130, 132, 137, 138, 140, 145, 181, 183, 187
IV	11	32, 84, 85, 95, 141, 149, 158, 168, 177, 178, 180

表 5 各类群机械物理性能指标的平均值

类群编号	X_1/dtex	X_2/cN	$X_3/(\text{cN} \cdot \text{dtex}^{-1})$	X_4/mm	$X_5/\%$	X_6/mJ	X_7/s	$X_8/(\text{cN} \cdot \text{dtex}^{-1})$	X_9/cN	X_{10}/cN	X_{11}/cN
I	5.003	38.92	31.64	0.62	6.21	0.10	1.25	1.66	12.72	19.33	25.56
II	4.230	35.95	29.22	0.60	5.98	0.09	1.20	1.61	12.72	18.94	22.49
III	5.999	42.01	35.15	0.63	5.33	0.11	1.27	1.69	13.14	20.22	28.73
IV	3.322	32.60	26.50	0.57	5.71	0.08	1.15	1.60	11.89	17.96	17.78

从表 5 可以看出,类群 I 纤维粗细适中,纤维强度和强度较大,断裂伸长率最大,应力值较高,适合用在中档纺织品中;类群 II 纤维较细,纤维强度和强度适中,断裂伸长率和应力值也都较高,其综合特性是最好的,适合用在高档纺织品中;类群 III 纤维最粗,纤维强度和强度最大,断裂伸长率最低,应力值最高,是做缆绳等产品的理想材料,只适合做低档纺织品的材料;类群 IV 虽然纤维最细,但纤维强度和强度、应力值最低,断裂伸长率也较低,不是高档苕麻纺织品的理想原料。

4 结 论

1) 对错综复杂的苕麻纤维机械物理性能指标采用主成分分析,把原来多个指标(变量)转化为 3 个综合指标,初步探讨了苕麻纤维机械物理指标之间的相互关系。

2) 借助于聚类分析的统计方法,依 11 个机械

物理指标对 107 个苕麻品种进行了聚类分析,使其性状相近的聚为一类,克服了仅依少数几个性状进行直观经验性分类的弊端,这一系统方法为苕麻品种的分类提供了依据。

3) 试验数据仅是对头麻进行分析的结果,二麻、三麻的结果如何,分析更多的性能指标如纤维长度、扭曲度、均匀度等的结果如何,尚待进一步研究。

4) 试验运用主成分和聚类分析法进行苕麻机械物理性能评价只是初步的尝试,评价的方法还需进一步的修正和完善。

FZXB

参考文献:

- [1] 姜繁昌,邵宽,周岩.苕麻纺纱学[M].北京:纺织工业出版社,1990.10-12.
- [2] GB 5884-86,苕麻纤维细度试验方法[S].
- [3] 惠大丰,姜常鉴.统计分析系统 SAS 软件实用教程[M].北京:北京航空航天大学出版社,1996.87-104.
- [4] 樊欣,邵谦谦.SAS 8.X 经济统计[M].北京:希望电子出版社,2003.242-280.