

陆地棉种质资源遗传多样性分析及优异 种质筛选

张文, 逯涛, 曾庆涛, 王政洋, 杨芮, 赵富强

(新疆生产建设兵团第七师农业科学研究所, 奎屯 833200)

摘要: 种质资源是农业科技原始创新与现代种业发展的物质基础, 筛选优异种质为培育优良棉花品种提供了材料基础。

本研究以 230 份棉花种质资源为材料, 利用遗传多样性、相关性、主成分以及聚类等方法对其 13 个表型性状指标进行分析。结果表明, 13 个性状的变异系数在 0.90%~22.43% 之间, 其中整齐度指数的变异系数最小, 单株结铃数的变异系数最大。各表型性状的遗传多样性指数在 1.92~2.07 之间, 马克隆值的遗传多样性指数最大, 单株结铃数的遗传多样性指数最小。主成分分析结果显示, 6 个主成分的累计贡献率可达 74.413%, 其中第一主成分、第五主成分和第六主成分可合并为纤维品质因子, 第二主成分、第三主成分可合并为棉花产量因子, 第四主成分为植株性状因子。聚类分析把 230 份棉花种质资源材料分成 3 类, 其中类群 2 是产量与纤维品质性状综合表现较好的类群。最后依据综合 *D* 值进行评价, 初步筛选出 29 份表现较好的棉花品种, 在育种工作中可依照育种目标对其进行针对性的改良。

关键词: 棉花; 表型性状; 种质资源; 遗传多样性; 筛选

Genetic Diversity Analysis and Screening of Excellent Germplasm of Upland Cotton Resources

ZHANG Wen, LU Tao, ZENG Qingtao, WANG Zhengyang, YANG Rui, ZHAO Fuqiang

(The 7th Division of Agricultural Sciences Institute, Xinjiang Production and Construction Crops, Kuitun 833200)

Abstract: The germplasm resources serve as the fundamental foundation for the original innovation of agricultural science and technology, as well as the advancement of the modern seed industry. Screening excellent germplasm provides a material basis for cultivating excellent cotton varieties. In this study, 13 phenotypic traits of 230 cotton germplasm resources were analyzed using genetic diversity, correlation, principal component and clustering methods. The results show that the variation coefficient of 13 characters between 0.90% ~ 22.43%, the variation coefficient of uniformity index minimum, the maximum variation coefficient of boll

收稿日期: 2023-12-06 网络出版日期:

第一作者主要从事棉花栽培及育种研究, E-mail: 1433139206@qq.com

通信作者: 逯涛, 主要从事棉花栽培及育种研究, E-mail: 380605364@qq.com

曾庆涛, 主要从事棉花栽培及育种研究, E-mail: 147611116@qq.com

基金项目: 棉花生物学国家重点实验室开放课题 (CB2022A24); 财政部和农业农村部国家现代农业产业技术体系 (CARS-15-41); 新疆生产建设兵团第七师胡杨河市财政科技计划项目 (2022C02)

Foundation projects: Open Project of State Key Laboratory of Cotton Biology (CB2022A24); The China Agriculture Research System of MOF and MARA (CARS-15-41); Huyanghe Financial Science and Technology Project of the 7th Division of Xinjiang Production and Construction Crops (2022C02)

number per. The genetic diversity index of each phenotypic trait ranged from 1.92 to 2.07. The genetic diversity index of micronucleus value was the highest, and the genetic diversity index of boll number per plant was the lowest. The results of principal component analysis showed that the cumulative contribution rate of the six principal components reached 74.413 %. The first principal component, the fifth principal component and the sixth principal component could be combined into fiber quality factor, the second principal component and the third principal component could be combined into cotton yield factor, and the fourth principal component was plant trait factor. Cluster analysis divided 230 cotton germplasm materials into three categories, including 2 groups is yield and fiber quality traits comprehensive performance better. Finally the evaluation on the basis of comprehensive D value, preliminary screening of 29 performance better cotton varieties, can according to the breeding goals in breeding work carries on the corresponding improvement.

Key words: cotton; phenotypic traits; germplasm resources; genetic diversity; screening

棉花是一种至关重要的经济作物和储备战略物资，在我国的社会经济中占据极其关键的位置^[1]。新疆地处我国西北边陲，充裕的光热资源为棉花产业的快速发展奠定了优越的基础，当前，新疆已发展成为国内最大的优质棉与唯一的长绒棉产区，可以说，棉花是新疆经济的特色与支柱产业，与新疆农业的发展息息相关^[2-3]。截止至今，随着新疆植棉地位的不断提升，生产和市场对棉花育种工作也提出了更多更高的要求，而现有的品种与棉农对品种的需求却不一致，也越来越不能适应生产与市场需求，因此，必须加大对高产优质抗逆棉花新品种的选育力度^[4-5]。有学者发现，作物产量的增加跟品种息息相关，品种对提高作物产量的贡献率能达到 45%左右^[6]，因此，作物育种水平的提升跟种质资源的开发及利用休戚相关。

然而，长期以来我们对种质资源的研究和重视程度不够，投入的资金与科研力量严重缺乏，导致棉花种质资源在研究内容与技术方法上相对滞后，也成为限制棉花品种选育效率提高的关键^[7-9]。特别是近些年来，由于育种进程的不断加快，使棉花所用的种质资源基本集中在少数几个骨干亲本上，导致众多品种之间的亲缘相近，遗传基础狭窄^[10-11]。是以收集、鉴定与创新利用遗传基础丰富的棉花种质资源，为棉花新品种的选育提供充裕的种质材料就显得至关重要。

本研究以 230 份来自不同地区的棉花种质资源为研究对象，针对果枝节位、株高、始果节高、单株结铃数、果枝数、单铃重、衣分、短绒率、断裂比强度、伸长率、马克隆值、整齐度指数和纤维长度等 13 个性状指标进行遗传多样性、相关性、主成分和聚类分析，甄选出优质种质，为棉花育种工作奠定资源基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试的棉花种质材料 230 份，其中 89 份来自西北内陆棉区，12 份来自黄河流域棉区，9 份来自长江流域棉区，1 份来自美国，119 份来自前苏联。本试验于 2022 年在新疆兵团第七师农科所试验田进行，采用完全随机区组设计，行长 2m、行距 0.8 m、株距 12.4 cm，2 次重复。

1.2 性状调查

依照棉花种质资源描述规范和数据标准^[12]进行表型数据采集，分别鉴定株高、果枝数、果枝节位、始果节高、单株结铃数、单铃重、衣分、纤维长度、整齐度指数、马克隆值、断裂比强度、伸长率、短绒率等 13 个性状。

1.3 数据处理

利用 WPS office 整理试验数据，计算 13 个表型性状的描述性统计量和遗传多样性指数^[13]，利用 SPSS20.0、R3.5.3 语言软件进行性状相关性、主成分和系统聚类分析，结合隶属函数法对 230 份棉花种质材料进行综合评价^[14-15]。

2 结果与分析

2.1 主要性状的遗传多样性分析

由表 1 可知，230 份棉花种质资源材料不同性状间的变异范围在 0.90%~22.43%之间，其中整齐度指数的变异系数最小 (0.90)；单株结铃数的变异系数最大 (22.43%)。其他性状的变异系数依序为株高 (19.23%)、始果节高 (12.86%)、单铃重 (10.00%)、果枝数 (8.78%)、马克隆值 (7.93%)、断裂比强度 (6.63%)、衣分 (5.08%)、果枝节位 (5.21%)、短绒率 (4.81%)、纤维长度 (3.53%)、伸长率 (2.56%)。棉花种质资源不同性状的遗传多样性指数在 1.92~2.07 之间，说明这 230 份棉花种质资源具有丰富的遗传多样性，遗传多样性指数从大到小依序为马克隆值 (2.07)、始果节高 (2.06)、纤维长度 (2.05)、单铃重 (2.04)、衣分 (2.02%)、果枝数 (2.02)、断裂比强度 (2.01)、伸长率 (2.01)、整齐度指数 (2.01)、株高 (1.98)、短绒率 (1.95)、果枝节位 (1.94)、单株结铃数 (1.92)。二者的计算结果并不完全相同，其原因可能是变异系数强调的是性状的离散程度，而遗传多样性指数则强调的是不同层次分布的均匀度。

表 1 供试种质资源性状的一般性描述及变异情况

Table 1 General description and variation of traits of tested germplasm resources

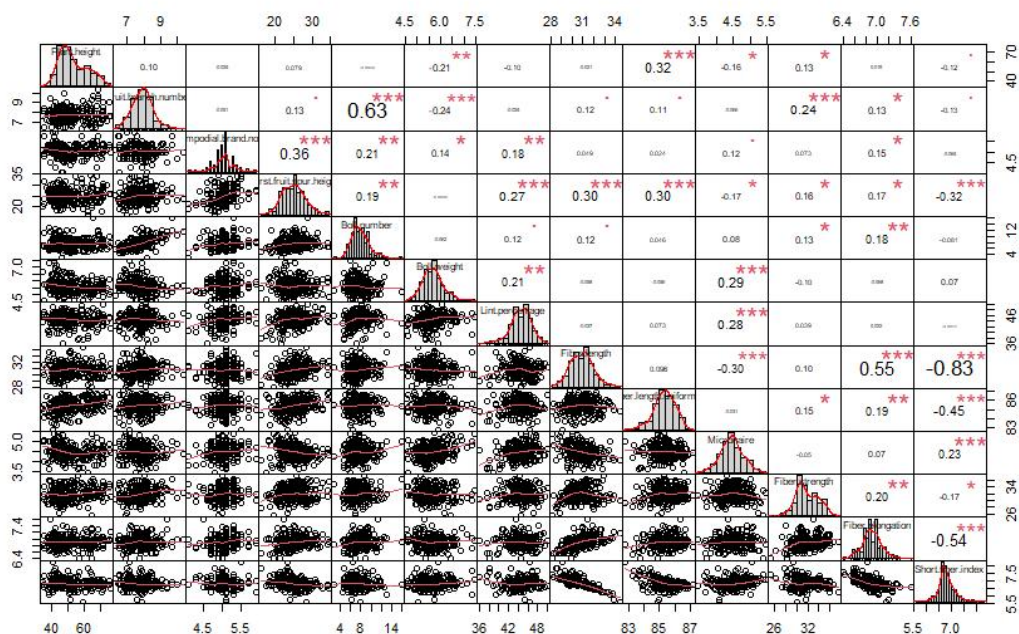
性状	极差	极小值	极大值	均值	标准差	变异系数 (%)	遗传多样性指数
Traits	Range	Minimum	Maximum	Mean	Standard devlation	CV	Genetic diversity index
株高(cm)PH	41.67	34.80	76.47	52.28	10.05	19.23	1.98
果枝数 FBN	4.07	6.33	10.40	7.80	0.69	8.78	2.02
果枝节位 SBN	1.87	4.07	5.93	5.05	0.26	5.21	1.94
始果节高(cm)IFNH	18.13	16.40	34.53	25.09	3.23	12.86	2.06
单株结铃数 BN	13.00	2.87	15.87	7.71	1.73	22.43	1.92

单铃重(g)BW	2.86	4.57	7.43	5.65	0.57	10.00	2.04
衣分(%)LP	13.86	36.07	49.93	44.48	2.26	5.08	2.02
纤维长度(mm)FL	6.23	28.18	34.41	30.84	1.09	3.53	2.05
整齐度指数(%)UI	4.40	82.77	87.17	85.42	0.77	0.90	2.01
马克隆值 MIC	2.00	3.46	5.45	4.50	0.36	7.93	2.07
断裂比强度(cN/tex)BS	11.97	25.43	37.40	31.98	2.12	6.63	2.01
伸长率(%)FE	1.20	6.40	7.60	6.91	0.18	2.56	2.01
短绒率(%)SFI	2.67	5.60	8.27	6.81	0.33	4.81	1.95

PH: Plant height; FBN: Fruit branch number; SBN: Sympodial brand node; IFNH: Initial fruit node height; BN: Boll number; BW: Boll weight; LP: Lint percentage; FL: Fibre length; UI: Uniformity index; MIC: Micronaire; BS: Breaking strength; FE: Fiber elongation; SFI: Short fiber index. The same as below

2.2 主要性状的相关性分析

230 份棉花种质资源 13 个主要性状间存在复杂的的相关关系（图 1）。株高跟单铃重、马克隆值之间呈负相关，跟整齐度指数、断裂比强度呈正相关；果枝数跟单株结铃数、断裂比强度、伸长率呈正相关，跟单铃重呈负相关；果枝节位跟始果节高、单株结铃数、单铃重、衣分、伸长率呈正相关；始果节高跟单株结铃数、衣分、纤维长度、整齐度指数、断裂比强度、伸长率呈正相关，跟马克隆值、短绒率呈负相关；单株结铃数跟断裂比强度、伸长率呈正相关；单铃重跟衣分、马克隆值呈正相关；衣分跟马克隆值呈正相关；纤维长度跟伸长率呈正相关，跟马克隆值、短绒率呈负相关；整齐度指数跟断裂比强度、伸长率呈正相关，跟短绒率呈负相关；马克隆值跟短绒率呈正相关；断裂比强度跟伸长率呈正相关，跟短绒率呈负相关；伸长率跟短绒率呈负相关。



“-”代表负相关性，“*”表示在 0.05 水平下显著相关；“**”表示在 0.01 水平下显著相关；“***”表示在 0.001 水平下显著相关

“-” represents a negative correlation, “*” represents a significant correlation at the 0.05 level, “**” indicates a significant correlation at the 0.01 level, “***” indicates a significant correlation at the 0.001 level

图 1 供试种质资源性状的相关性分析

Fig.1 Correlation analysis of traits of tested germplasm resources

2.3 主要性状的主成分分析

将 230 份棉花种质资源的 13 个性状进行主成分分析，前 6 个主成分的累计贡献率达到 74.413%，涵盖了性状的绝大多数信息（表 2）。第一主成分的特征值 2.983，贡献率 22.946%，其中短绒率的特征向量（绝对值）最大，表明短绒率对第一主成分的作用最大，然后是纤维长度、伸长率、始果节高、整齐度指数，这些性状与纤维品质有关，因此，可把第一主成分称为棉花纤维品质因子；第二主成分的特征值 1.827，贡献率 14.053%，其中衣分的特征向量最大，表明衣分对第二主成分的作用最大，其次是马克隆值、果枝节位、单铃重，这些性状与棉花产量有关，因此，第二主成分可称为棉花产量因子；第三主成分的特征值 1.612，贡献率 12.399%，其中果枝数的特征向量最大，表明果枝数对第三主成分的作用最大，其次是单株结铃数、衣分，这些性状与棉花产量息息相关，因此，第三主成分可称为棉花产量因子；第四主成分的特征值 1.307，贡献率 10.053%，株高的特征向量最大，表明株高对第四主成分的作用最大；第五主成分的特征值 1.063，贡献率 8.177%，其中马克隆值的特征向量最大，表明马克隆值对第五主成分的作用最大；第六主成分的特征值 0.882，贡献率 6.786%，其中断裂比强度的特征向量最大，表明断裂比强度对第六主成分的作用最大。

表 2 供试种质资源性状的主成分分析

Table 2 Principal component analysis of the traits of tested germplasm resources

性状	主成分 Principal components					
Traits	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
株高(cm)PH	0.241	-0.353	0.200	0.623	0.159	0.011
果枝数 FBN	0.416	-0.028	0.757	-0.233	0.046	-0.184
果枝节位 SBN	0.216	0.571	-0.020	0.152	-0.414	0.340
始果节高(cm)IFNH	0.561	0.325	-0.030	0.331	-0.477	-0.075
单株结铃数 BN	0.383	0.315	0.673	-0.291	-0.061	-0.187
单铃重(g)BW	-0.220	0.560	-0.351	-0.022	0.134	-0.081
衣分(%)LP	0.057	0.672	-0.008	0.215	0.009	-0.212
纤维长度(mm)FL	0.765	-0.097	-0.395	-0.369	-0.067	-0.057
整齐度指数(%)UI	0.493	-0.018	-0.025	0.593	0.327	-0.276
马克隆值 MIC	-0.287	0.610	0.079	-0.034	0.575	0.023
断裂比强度(cN/tex)BS	0.380	0.022	0.279	0.147	0.188	0.712
伸长率(%)FE	0.654	0.125	-0.197	-0.291	0.347	0.195
短绒率(%)SFI	-0.842	0.091	0.377	0.074	-0.129	0.123
特征值 Characteristic value	2.983	1.827	1.612	1.307	1.063	0.882
贡献率 (%) Contributions rate	22.946	14.053	12.399	10.053	8.177	6.786
累计贡献率 (%) Cumulative contributions rate	22.946	36.998	49.397	59.450	67.627	74.413

2.4 综合评价

把 13 个表型性状进行标准化处理，然后将其带入 6 个主成分，可得到各品种的 6 个主成分得分 F ，6 个主成分的线性方程如公式（1）~（6）所示。

$$F_1=0.241Z_1+0.416Z_2+0.216Z_3+0.561Z_4+0.383Z_5-0.220Z_6+0.057Z_7+0.765Z_8+0.493Z_9-0.287Z_{10}+0.380Z_{11}+0.654Z_{12}-0.842Z_{13} \tag{1}$$

$$F_2=-0.353Z_1-0.028Z_2+0.571Z_3+0.325Z_4+0.315Z_5+0.560Z_6+0.672Z_7-0.097Z_8-0.018Z_9+0.610Z_{10}+0.022Z_{11}+0.125Z_{12}+0.091Z_{13} \tag{2}$$

$$F_3=0.200Z_1+0.757Z_2-0.020Z_3-0.030Z_4+0.673Z_5-0.351Z_6-0.008Z_7-0.395Z_8-0.025Z_9+0.079Z_{10}+0.279Z_{11}-0.197Z_{12}+0.377Z_{13} \tag{3}$$

$$F_4=0.623Z_1-0.233Z_2+0.152Z_3+0.331Z_4-0.291Z_5-0.022Z_6+0.215Z_7-0.369Z_8+0.593Z_9-0.034Z_{10}+0.147Z_{11}-0.291Z_{12}+0.074Z_{13} \quad (4)$$

$$F_5=0.159Z_1+0.046Z_2-0.414Z_3-0.477Z_4-0.061Z_5+0.134Z_6+0.009Z_7-0.067Z_8+0.327Z_9+0.575Z_{10}+0.188Z_{11}+0.347Z_{12}-0.129Z_{13} \quad (5)$$

$$F_6=0.011Z_1-0.184Z_2+0.340Z_3-0.075Z_4-0.187Z_5-0.081Z_6-0.212Z_7-0.057Z_8-0.276Z_9+0.023Z_{10}+0.712Z_{11}+0.195Z_{12}+0.123Z_{13} \quad (6)$$

把 6 个主成分的方差贡献率分别除以其累计贡献率可得各主成分的权重，分别为 0.308、0.189、0.167、0.135、0.110、0.091，然后将主成分得分与其对应的权重值进行加权求和，最终得出 230 份棉花种质材料的综合评价 D 值（其中， Z_i 表示第 i 项指标的标准化数值， $i=1, 2 \dots 13$ ）， $D=0.308 \times F_1+0.189 \times F_2+0.167 \times F_3+0.135 \times F_4+0.110 \times F_5+0.091 \times F_6$ 。结果显示（表 3）， D 值大于 0.600 的棉花品种有 29 个，分别为金垦 1441、新陆早 80 号、新石 K18、金垦 1402、新陆早 13 号、新石 H16、新陆中 14 号、金垦 1565、新石 K33、惠远 162、新陆早 49 号、子鼎 6 号、新陆早 33 号、新陆中 81 号、KK-1543、新陆早 65 号、Z1112、庄稼汉 701、酒棉 10 号、C-4757、新陆中 80 号、苏联棉 29 系、苏联 2302、新陆中 56 号、新陆中 88 号、C4-16、新早棉 107、新陆早 82 号、苏联棉 34 系。这些品种株高、果枝数、单株结铃数等植株和产量性状表现较好，纤维品质表现较为突出。

表 3 230 份棉花种质材料的综合评价值及排序（其余 201 份棉花种质材料的综合评价值及排序见附表 1）

Table 3 Comprehensive evaluation value and ranking of 230 cotton germplasm lines (The comprehensive evaluation value and ranking of the remaining 201 cotton germplasm materials are shown in Table S1)

品种名称	D 值	品种名称	D 值	品种名称	D 值	品种名称	D 值	品种名称	D 值	品种名称	D 值
Variety	D value	Variety	D value	Variety	D value	Variety	D value	Variety	D value	Variety	D value
金垦 1441	0.746	新石 H16	0.671	新陆早 49 号	0.628	新陆早 65 号	0.621	新陆中 80 号	0.612	C4-16	0.606
Jinken 1441		Xinshi H16		Xinluzao 49		Xinluzao 65		Xinluzhong 80			
新陆早 80 号	0.708	新陆中 14 号	0.663	子鼎 6 号	0.627	Z1112	0.618	苏联棉 29 系	0.611	新早棉 107	0.605
Xinluzao 80		Xinluzhong 14		Ziding 6				Sulianmian 29		Xinzaomian 107	
新石 K18	0.683	金垦 1565	0.640	新陆早 33 号	0.626	庄稼汉 701	0.614	苏联 2302	0.610	新陆早 82 号	0.605
Xinshi K18		Jinken 1565		Xinluzao 33		Zhuangjiahan 701		Sulian 2302		Xinluzao 82	
金垦 1402	0.679	新石 K33	0.638	新陆中 81 号	0.623	酒棉 10 号	0.614	新陆中 56 号	0.609	苏联棉 34 系	0.602
Jinken 1402		Xinshi K33		Xinluzhong 81		Jiumian 10		Xinluzhong 56		Sulianmian 34	

新陆早 13 号	惠远 162						新陆中 88 号
0.679	0.634	KK-1543	0.623	C-4757	0.613	0.607	
Xinluzao 13	Huiyuan 162						Xinluzhong 88

2.5 主要性状的聚类分析

利用 R 语言对 230 份棉花种质资源材料进行系统聚类，在欧氏距离 10.4 处将其分成 3 个类群（图 2），同时统计每个类群的性状平均值（表 4）。第 I 类包括 62 份种质材料，占种质资源材料的 26.96%，其中西北内陆棉区种质资源材料 53 份，黄河流域棉区种质资源材料 5 份，长江流域棉区种质资源材料 4 份，该类群种质材料株高较高，果枝数较多，衣分较低，纤维长度相对较短，整齐度指数和断裂比强度较好。第 II 类包含 28 份种质材料，占种质资源材料的 12.17%，其中西北内陆棉区种质材料 19 份，黄河流域棉区种质材料 2 份，长江流域棉区种质材料 2 份，美国棉花种质材料 1 份，前苏联棉花种质材料 4 份，该类群种质材料株高、果枝数、衣分、整齐度指数、断裂比强度表现中等，单株结铃数最多，纤维长度最长，短绒率最低。第 III 类包含 140 份种质材料，是最大的一个类群，占种质资源材料的 60.87%，其中西北内陆棉区种质材料 17 份，黄河流域棉区种质材料 5 份，长江流域棉区种质材料 4 份，前苏联棉花种质材料 114 份，该类群株高、果枝数、单株结铃数、整齐度指数、断裂比强度相对较低，单铃重、衣分、短绒率相对较高。

I	66.39	7.90	5.06	25.18	7.74	5.51	43.96	30.65	85.79	4.46	32.34	6.90	6.79
II	55.41	7.83	5.03	25.16	7.88	5.50	44.10	31.10	85.41	4.33	32.15	6.91	6.76
III	45.41	7.75	5.04	25.04	7.66	5.74	44.79	30.87	85.25	4.56	31.78	6.91	6.84

3 讨论

表型性状分析是探索作物遗传多样性最有效也是最直观的方法^[16]。其中，变异系数是评判作物种质资源遗传多样性的关键指标，变异系数越大，表征其变异程度越大，表明其遗传多样性越丰富，对于品种改良的潜能也就越大^[17-18]。对 230 份棉花种质材料的 13 个性状的变异系数进行分析，发现除了纤维长度、整齐度指数、伸长率和短绒率外，其他 9 个性状的变异系数都大于 5%，其中单株结铃数、株高、始果节高、单铃重的变异系数大于 10%，这与王秀秀等^[19]和李慧琴等^[20]研究较为一致。各性状的遗传多样性指数在 1.92~2.07 之间，说明这 230 份棉花种质材料具有丰富的遗传多样性。

相关性分析结果表明，果枝数与单株结铃数、断裂比强度、伸长率呈正相关关系，与单铃重呈负相关关系，说明果枝数越多，单株结铃数增加，断裂比强度和伸长率等品质指标也相应提高，但单铃重会有所降低；单株结铃数增加，断裂比强度和伸长率的值也会相应增加；单铃重越高，衣分越高、马克隆值越大，棉纤维越粗，成熟度越高；纤维长度越长，伸长率越长，马克隆值和短绒率越小，棉花纤维品质越好。这与王燕等^[21]、王天友等^[22]和钱玉源等^[23]的部分结果一致。

鉴于陆地棉的表型性状较多，且性状之间具有复杂的相关关系，为了甄选出作物育种过程中较为关键的性状指标，可以通过主成分分析的方法把多个含有相关关系的性状指标转化成彼此独立的综合指标^[24]。将 230 份种质资源材料的 13 个性状指标简化成 6 个主成分，累计贡献率达到 74.413%，其中，第一主成分、第五主成分和第六主成分可合并为纤维品质因子，第二主成分、第三主成分可合并为棉花产量因子，第四主成分为植株性状因子。主成分分析结果显示棉花产量性状与纤维品质性状间存在着矛盾关系，彼此间或遏制，或促进。在棉花育种过程中，应当协调好产量和纤维品质各性状间的关系，将矛盾降为最低，从而提升育种效率^[25]。

聚类分析是依据种质材料的性状特征，将性状相近的种质材料进行聚合，性状相差较大的种质材料则会划分到不同的类别。张磊磊等^[26]利用聚类分析将 647 份海岛棉划分成 6 个类群，其中类群 2 综合表现较好。热比耶等^[27]通过聚类分析将 288 份陆地棉种质材料划分为 4 类，其中类群 1 为马克隆值最好的材料，类群 2 为衣分最高的材料，类群 3 为综合表现较好的材料，类群 4 为特殊种质。金宇豪等^[28]将 390 份陆地棉种质资源按纤维品质性状划分为 4 类，其中类群 3 的纤维品质最好；按农艺性状划分为 3 类，其中类群 3 的产量性状最好，结合农艺性状和纤维品质的聚类结果，挑选出 10 份综合状表现较好的种质材料。董承光等^[29]通过田间性状、室内考种及纤维品质结果将 429 份陆地棉种质资源划分为 10 个类群，其中第 I 类群包

含 330 份种质, 占种质资源的 76.9%。本研究通过聚类分析将 230 份种质材料分成 3 个类群, 类群 1 的种质材料株高、果枝数、整齐度指数和断裂比强度较好, 但衣分较低, 纤维长度相对较短。类群 2 的种质材料在地域上分布较为广泛, 其株高、果枝数、衣分、整齐度指数、断裂比强度表现中等, 单株结铃数最多, 纤维长度最长, 短绒率最低, 是产量性状和纤维品质性状综合表现较好的类群, 可以依据育种目标直接进行改良。类群 3 的种质材料株高、果枝数、单株结铃数、整齐度指数、断裂比强度较低, 单铃重、衣分、短绒率较高。

参考文献

- [1] 李先东,米巧,余国新.中国棉花种植成本收益的演变.中国农业资源与区划,2016,37(03):5-10+68
- Li X D, Mi Q, Yu G X. Evolvement of Chinese cotton cost-benefit. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning,2016,37(03):5-10+68
- [2] 黄璐,宋玉兰.新疆棉花生产效率发展现状分析.山西农业科学,2017,45(06):1020-1023
- Huang L, Song Y L. Analysis on development status of cotton production efficiency in Xinjiang. Journal of Shanxi Agricultural Sciences,2017,45(06):1020-1023
- [3] 辛明华,王占彪,韩迎春,范正义,冯璐,杨北方,李小飞,王国平,雷亚平,邢芳芳,熊世武,李亚兵.新疆机采棉发展回顾、现状分析及措施建议.中国农业科技导报,2021,23(07):11-20
- Xin M H, Wang Z B, Han Y C, Fan Z Y, Feng L, Yang B F, Li X F, Wang G P, Lei Y P, Xing F F, Xiong S W, Li Y B. Review, status and measures of Xinjiang machine-picked cotton. Journal of Agricultural Science and Technology,2021,23(07):11-20
- [4] 王俊铎,梁亚军,龚照龙,艾先涛,郭江平,买买提·莫明,李雪源,赵素琴,郑巨云.新疆植棉区 2019 年棉花种业报告.棉花科学,2021,43 (01): 3-10
- Wang J D, Liang Y J, Gong Z L, Ai X T, Guo J P, Maimaiti M M, Li X Y, Zhao S Q, Zheng J Y. Cotton seed industry report in Xinjiang cotton planting area in 2019. Cotton Sciences, 2021, 43 (01): 3-10
- [5] 于雅雯,魏敬周.农业供给侧改革对中国棉花生产品质变化的影响分析.中国农业资源与区划,2022,43(04):150-162
- Yu Y W, Wei J Z. Analysis on the impact of agricultural supply side reform on the change of cotton production quality in China. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning,2022,43(04):150-162
- [6] 王兰.山东省小麦玉米产量差及影响因素研究.泰安:山东农业大学,2019
- Wang L. Study on yield gap of wheat and maize and its influencing factors in Shandong Province.Taian: Shandong Agricultural University,2019
- [7] 贾子昉,赵海红,李成奇,王清连.棉花种质资源遗传多样性研究进展.贵州农业科学,2014,42(01):16-20
- Jia Z F, Zhao H H, Li C Q, Wang Q L. Advances on genetic diversity of cotton germplasm resources.Guizhou Agricultural Sciences,2014,42(01):16-20
- [8] 董承光,李保成,李生秀,周小凤,马晓梅,肖光顺.新疆北疆早熟棉育种进展现状及存在的问题.中国棉花,2011,38(12):8-10
- Dong C G, Li B C, Li S X, Zhou X F, Ma X M, Xiao G S. Progress and problems of early-maturity upland cotton breeding in North Xinjiang Area.China Cotton,2011,38(12):8-10

[9] 程郁,叶兴庆,宁夏,殷浩栋,伍振军,陈凯华.中国实现种业科技自立自强面临的主要“卡点”与政策思路.中国农村经济,2022,(08):35-51

Cheng Y, Ye X Q, Ning X, Yin H D, Wu Z J, Chen K H. The main “stumbling blocks” and policy suggestions for China's seed industry to achieve self-reliance and self-improvement in science and technology. Chinese Rural Economy,2022,(08):35-51

[10] 吴迷,汪念,沈超,黄聪,温天旺,林忠旭.基于重测序的陆地棉 InDel 标记开发与评价.作物学报,2019,45(2):196-203

Wu M, Wang N, Shen C, Huang C, Wen T W, Lin Z X. Development and evaluation of InDel markers in cotton based on whole-genome re-sequencing data. Acta Agronomica Sinica,2019,45(2):196-203

[11] 翟书伟,邓婷婷,曹云泉,陈奇,汤盈盈,袁宝童,汪保华.基于 SSR 标记的 26 份棉花材料的遗传多样性分析.种子,2020,39(10):67-72

Zhai S W, Deng T T, Cao Y Q, Chen Q, Tang Y Y, Yuan B T, Wang B H. Genetic diversity analysis of 26 cotton cultivars based on SSR markers. Seed,2020,39(10):67-72

[12] 杜雄明,周忠丽.棉花种质资源描述规范和数据标准.北京:中国农业出版社, 2005

Du X M, Zhou Z L. Cotton germplasm resources description specifications and data standards. Beijing: China Agriculture Press, 2005

[13] 吕伟,韩俊梅,文飞,任果香,王若鹏,刘文萍.不同来源芝麻种质资源的表型多样性分析.植物遗传资源学报, 2020, 21 (01): 234-242+251

Lv W, Han J M, Wen F, Ren G X, Wang R P, Liu W P. Phenotypic diversity analysis of sesame germplasm resources. Journal of Plant Genetic Resources, 2020, 21 (01): 234-242+251

[14] 丁丁,郑伶俐,王红宝,郑丽锦,郭艳超. 滨海地区不同茶菊品种农艺性状及有效成分综合评价. 中国农业科技导报, 2023, 25 (10): 45-53

Ding D, Zheng L J, Wang H B, Zheng L J, Guo Y C. Agronomic traits and effective components of different tea *Chrysanthemum* varieties in coastal area. Journal of Agricultural Science and Technology, 2023, 25 (10): 45-53

[15] 王业举,张虎,张博,常玉杰,高文举,耿世伟,陈琴,陈全家. 235 份陆地棉表型性状遗传多样性分析. 江苏农业学报, 2023, 39 (03): 636-644

Wang Y J, Zhang H, Zhang B, Chang Y J, Gao W J, Geng S W, Chen Q, Chen Q J. Genetic diversity analysis of 235 upland cotton materials phenotypic traits. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2023, 39 (03): 636-644

[16] 郭学斌.山西省中国沙棘天然种群优树表型变异研究.林业科学研究,2021,34(04):111-119

Guo X B. Study on phenotypic variations of elite trees in natural populations of *hippophae rhamnoides* L. subsp. *sinensis* rousi in Shanxi. Forest Research, 2021, 34(04): 111-119

[17] 董方,李小飞,沈思言,杨菲颖,金玲莉,涂娟,吴月坤,董越,陈罗君,谢枫.江西茶树资源的遗传多样性分析及优异种质筛选.江西农业大学学报,2022,44(06):1466-1477

Dong F, Li X F, Shen S Y, Yang F Y, Jin L L, Tu J, Wu Y K, Dong Y, Chen L J, Xie F. Genetic diversity analysis and screening of excellent germplasm of tea plant resources in Jiangxi. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 2022, 44(06): 1466-1477

[18] 黄璐.栽培花生种质资源遗传多样性研究.沈阳:沈阳农业大学,2019

Huang L. Genetic diversity of cultivated peanut germplasm resources. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2019

- [19] 王秀秀,邢爱双,杨茹,何守朴,贾银华,潘兆娥,王立如,杜雄明,宋宪亮. 陆地棉种质资源表型性状综合评价.中国农业科学,2022,55(06):1082-1094
- Wang X X, Xing A S, Yang R, He S P, Jia Y H, Pan Z E, Wang L R, Du X M, Song X L. Comprehensive evaluation of phenotypic characters of nature population in upland cotton. *Scientia Agricultura Sinica*, 2022, 55(06): 1082-1094
- [20] 李慧琴,于娅,王鹏,刘记,胡伟,鲁丽丽,秦文强. 270 份陆地棉种质资源农艺性状与品质性状的遗传多样性分析.植物遗传资源学报,2019,20(04):903-910
- Li H Q, Yu Y, Wang P, Liu J, Hu W, Lu L L, Qin W Q. Genetic diversity analysis of the main agronomic and fiber quality characteristics in 270 upland cotton germplasm resources. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2019, 20(04): 903-910
- [21] 王燕,王树林,张谦,冯国艺,雷晓鹏,梁青龙,祁虹. 机采棉主要农艺性状与密度相关性分析.作物杂志,2019(06):66-70
- Wang Y, Wang S L, Zhang Q, Feng G Y, Lei X P, Liang Q L, Qi H. Correlation analysis between main agronomic traits and density in mechanical harvest cotton. *Crops*, 2019(06): 66-70
- [22] 王天友,王有武,曹新川,刘春艳,秦宁,何良荣. 南疆陆地棉种质资源表型性状遗传多样性分析.种子,2020,39(04):5-11
- Wang T Y, Wang Y W, Cao X C, Liu C Y, Qin N, He L R. Genetic diversity analysis based on phenotypic traits of upland cotton germplasms in southern xinjiang region. *Seed*, 2020, 39(04): 5-11
- [23] 钱玉源,刘伟,崔淑芳,王广恩,张曦,金卫平,李俊兰. 基于表型的棉花种质资源遗传多样性分析及核心种质的抽提.华北农学报,2019,34(S1):29-35
- Qian Y Y, Liu Y, Cui S F, Wang G E, Zhang X, Jin W P, Li J L. Analysis of genetic diversity of cotton germplasm resources and extraction of core germplasm based on phenotypic traits. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 2019, 34(S1): 29-35
- [24] Shakeel, AmirTalib, IrfanRashid, MuhammadSaeed, AsifZiaf, KhurramSaleem, M. Farrukh. Genetic diversity among upland cotton genotypes for quality and yield related traits. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 2015, 52(1): 73-77
- [25] 尹会会,李秋芝,李海涛,王士红,李彤,商娜,张晗,杨中旭. 134 份国外陆地棉种质主要农艺性状与纤维品质性状的遗传多样性分析.植物遗传资源学报,2017,18(06):1105-1115
- Yin H H, Li Q Z, Li H T, Wang S H, Li T, Shang N, Zhang H, Yang Z X. Analysis of genetic diversity of the main agronomic and fibre quality characters of 134 foreign upland cotton germplasms. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2017, 18(06): 1105-1115
- [26] 张磊磊,范阿棋,洪梅,马志华,陈晋瑞,赵双印,郑凯,吐尔逊·吐尔洪. 647 份海岛棉种质资源遗传多样性分析.植物遗传资源学报,2023,24(01):307-324
- Zhang L L, Fan A Q, Hong M, Ma Z H, Chen J R, Zhao S Y, Zheng K, Tuerxun T H. Genetic diversity analysis of 647 sea island cotton germplasm resources. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2023, 24(01): 307-324
- [27] 热比耶·玉荪,吾买尔·库尔班,张哲,买买提·莫明,艾先涛. 288 份陆地棉种质资源主要性状遗传多样性分析.新疆农业科学,2022,59(12):2879-2887
- Rebiya Y S, Wumaier K E B, Zhang Z, Maimaiti M M, Ai X T. Analysis of genetic diversity of main characters in 288 upland cotton germplasm resources. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2022, 59(12): 2879-2887
- [28] 金宇豪,阳会兵,高倩文,王峰,周仲华,马肖,文双雅,胡海燕. 陆地棉纤维品质和农艺性状遗传多样性分析及优良材料鉴定.东北农业大学学报,2022,53(02):1-12

Jin Y H, Yang H B, Gao Q W, Wang F, Zhou Z H, Ma X, Wen S Y, Hu H Y. Genetic diversity analysis of fiber quality and agronomic traits and identification of superior materials in upland cotton. *Journal of Northeast Agricultural University*, 2022, 53(02): 1-12

[29] 董承光, 王娟, 周小凤, 马晓梅, 李生秀, 余渝, 李保成. 基于表型性状的陆地棉种质资源遗传多样性分析. *植物遗传资源学报*, 2016, 17 (03): 438-446

Dong C G, Wang J, Zhou X F, Ma X M, Li S X, Yu Y, Li B C. Evaluation on genetic diversity of cotton germplasm resources (*Gossypium hirsutum* L.) on morphological characters. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2016, 17 (03): 438-446