

基于品种比较试验建立陆地棉综合评价体系

杜 道¹, 郭文文¹, 吴 莹², 陈全家¹, 张俊岭³, 高永健⁴, 宋鹤岭³, 郑 凯¹

(¹新疆农业大学农学院/新疆作物生物育种重点实验室, 乌鲁木齐 830052; ²新疆维吾尔自治区标准化研究院, 乌鲁木齐 830052;

³新疆仟朵种植农民专业合作社联合社, 沙湾 832100; ⁴沙湾市农业技术推广中心, 新疆沙湾 832100)

摘要: 为筛选适宜性较好的优质棉花品种, 服务于生产。以 24 个早熟和早中熟陆地棉品种为材料, 进行为期 3 年的品种比较试验, 使用相关性、主成分、聚类、灰色关联度等方法进行分析。结果显示, 3 年误差项变异系数在 0.21%~4.18% 之间, 2022 年误差项变异系数相对较高, 单株成铃数和单铃重变异程度最大; 17 对性状之间相关性达到显著水平, 37 对达到极显著水平, 农艺性状与产量、纤维品质性状间相关性错综复杂, 纤维品质性状内部相关性较为密切; 提取到 4 个主成分, 解释 77.98% 的变化率。以隶属函数、灰色关联模型和 AHP 模型为基础, 提出一套资源综合评价体系, 筛选得到金丰 6 号、J8031、新农大棉 1 号等综合品质较优品种, 为生产中品种选择提供借鉴。分别在 283 份陆地棉资源群体和 416 份自育优良品系中验证综合评价体系, 筛选得到 A191、A110、Y228、Y210、Y297 等优质材料和 A241、A39、Y110、Y366、Y329 等综合水平较差材料, 经实际检验, 评价结果与田间表现一致, 证明评价体系具有进一步推广的基础。

关键词: 陆地棉; 种质资源; 综合评价体系; 主成分分析; 灰色关联度分析

Establishment of A Comprehensive Evaluation System for Upland Cotton Based on Comparative Variety Trials

DU Xiao¹, GUO Wenwen¹, WU Ying², CHEN Quanjia¹, ZHANG Junling³,
GAO Yongjian⁴, SONG Heling³, ZHENG Kai¹

(¹College of Agronomy, Xinjiang Agricultural University/Xinjiang Key Laboratory of Crop Biotechnology and Breeding,

Urumqi 830052; ²Xinjiang Uyghur Autonomous Region Standardization Research Institute, Urumqi 830052;

³Xinjiang Qian Duo Planting Farmers' Specialized Cooperative Association, Shawan 832100;

⁴Shawan City Agricultural Technology Extension Center, Shawan 832100, Xinjiang)

Abstract: To identify high-quality cotton varieties with superior agronomic performance, a three-year comparative trial was conducted using 24 early and early-mid maturing upland cotton varieties. Multiple statistical analysis, including correlation analysis, principal component analysis (PAC), clustering, and gray correlation analysis, were employed to evaluate phenotypic traits. The results show that the coefficient of variation across the three years study ranged from 0.21% to 4.18%, with 2022 exhibiting the highest variability, particularly in the number of bolls per plant and single boll weight. Trait association analysis revealed 17 significant and 37 highly significant correlations, suggesting complex interactions between agronomic traits, yield components, and fiber quality parameters. Fiber quality traits showed stronger inter-trait correlations than other trait combinations. PCA revealed four principal components accounting for 77.98% of the variability. Based on the affiliation function, gray correlation model and AHP model, an integrated evaluation system was

收稿日期: 2024-08-09 网络出版日期: 2025-01-03

URL: <https://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20240809003>

第一作者研究方向为棉花育种, E-mail: duxiao180260114@163.com

通信作者: 郑 凯, 研究方向为棉花分子育种, E-mail: zhengkai555@126.com

基金项目: 国家科技创新 2030-重大项目(2023ZD04041); 新疆维吾尔自治区重大科技专项(2023A02003-4); 2023 年自治区首批产学研协同育人项目(507390758); "天山英才"培养计划项目(2023TSYCLJ0012)

Foundation projects: National Science and Technology Innovation 2030-Major Projects(2023ZD04041); Major Science and Technology Special Projects in Xinjiang Uyghur Autonomous Region(2023A02003-4); The First Batch of Industry-Academia Collaborative Education Programs in the Autonomous Region in 2023(507390758); "Tianshan Talents" Training Program Project(2023TSYCLJ0012)

developed. This system identified superior cultivars, such as Jinfeng 6, J8031, and Xinnongda Cotton 1, based on their comprehensive performance metrics. The comprehensive evaluation system was validated within a panel of 283 upland cotton germplasm resources and 416 self-bred elite lines. Through this screening process, high-quality materials such as A191, A110, Y228, Y210, and Y297 were identified, along with materials with poorer overall performance, including A241, A39, Y110, Y366, and Y329. Practical field tests confirmed that the evaluation results were consistent with the actual performance in the field, demonstrating that the evaluation system has a solid foundation for further promotion.

Key words: *Gossypium hirsutum* L.; genetic resources; comprehensive evaluation system; principal component analysis; gray correlation analysis

新疆棉花的生产在我国整个棉花产业的发展中扮演着不可或缺且无可替代的重要角色。截止到2023年,新疆棉花种植面积达到2.37万 hm^2 ,总产量占全国90%以上^[1]。随着植棉面积扩大,新疆棉花品种存在“多、乱、杂”的现象,棉花品种种类繁多,商品种层出不穷,种业市场纷乱复杂,严重影响产业的良性发展^[2]。

棉花种质资源中蕴含着大量可开发的优良性状,是改良现有品种,培育新品种的基础,有着不可替代的作用^[3]。然而,长期以来,棉花育种工作对种质资源研究的重视程度不够,在挖掘利用与技术方法上相对滞后^[4],加之资源同质化程度高、优异资源丢失,不利于棉花品种选育工作。另外,在棉花种质创新的工作中存在材料冗余、亲缘关系复杂、重复过多等问题,导致优良资源难以被有效利用。由于缺少科学系统的评价模型,试验结果易受到环境因素影响,重复性低,不利于准确评价。因此,急需一套准确性高、适用面广的综合性棉花评价体系精准鉴定陆地棉种质各项性状指标的综合表现,深入研究各种质资源的特征特性,从根本上达到棉花种质资源的高效利用和品种精准评价。

品种评价分析方法主要有方差分析、同异分析、模糊综合评定法、AMMI模型、GGE模型、灰色关联分析、层次分析模型(AHP, analytic hierarchy process)、线性回归模型等综合分析体系,其功能与适用范围各异^[5-8]。其中,灰色关联度分析根据因素

之间发展趋势的相似相异程度,为衡量因素间关联程度提供了量化的度量,具有操作简便,适用性广的特点^[9]。AHP模型通过建立层次分析系统进行分析,思路明了,具有较高的客观实用性和准确性^[10]。当前品种评价主要围绕表型测定与单产水平比较进行,且过度依赖单一的评价方法,缺少科学系统的评价模型,难以为实际生产中品种的选择与优良资源筛选提供有效支持。

本研究使用推广面积大、性状稳定的24个审定的早熟和早中熟陆地棉品种为试验材料,采用隶属函数、灰色关联度分析和层次分析模型等方法,通过3年连续鉴定,根据农艺性状、产量、纤维品质等方面的具体表现,建立一套棉花品种综合性评价体系,同时将此评价体系分别应用于两套资源群体中,验证评价体系实用性和科学性,为种质资源综合性状的鉴定和种质创新提供新思路。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选取北疆推广面积较大、性状稳定的24个早熟和早中熟陆地棉品种,其中中国审品种11个,地方审定品种13个(表1),种子采购于市场,经检验均符合棉花种子播种要求。选取本团队前期收集的283份来源不同的陆地棉资源(A群体)和416份陆地棉自育优良品系(Y群体)作为综合评价体系的验证材料。

表1 参试棉花品种信息

Table 1 Information of cotton varieties used in this study

编号 Number	品种 Cultivars	选育单位 Cultivars source	审定/引种编号 Validation number	适宜范围 Appropriate range	熟性 Ripeness	生育期(d) Reproductive period
1	H33-1-4	新疆合信科技发展有限公司	国审棉20190017	西北内陆早熟棉区	早熟	125
2	J8031	新疆金丰源种业股份有限公司	国审棉20190023	西北内陆早中熟棉区	早中熟	135
3	NH12026	新疆合信科技发展有限公司	新审棉2018年47号	北疆早熟棉区	早熟	119

表1(续)

编号 Number	品种 Cultivars	选育单位 Cultivars source	审定/引种编号 Validation number	适宜范围 Appropriate range	熟性 Ripeness	生育期(d) Reproductive period
4	T115	新疆合信科技发展有限公司	新审棉2018年46号	北疆早熟棉区	早熟	122
5	创棉50	创世纪种业有限公司	国审棉2015014	西北内陆早中熟棉区	早中熟	139
6	创棉508	创世纪种业有限公司	国审棉20180006	西北内陆早熟棉区	早熟	125
7	创棉512	创世纪种业有限公司	国审棉20190022	西北内陆早中熟棉区	早中熟	135
8	疆优棉F015-5	新疆金丰源种业股份有限公司	国审棉20190016	西北内陆早熟棉区	早熟	123
9	金丰6号	新疆农业科学院经济作物研究所	国审棉20220010	西北内陆早中熟棉区	早中熟	131
10	金科20	北京中农金科种业科技有限公司	国审棉20190018	西北内陆早熟棉区	早熟	123
11	金垦1565	新疆农垦科学院棉花研究所	新审棉2021年27号	北疆早熟棉区	早熟	123
12	金垦1643	新疆农垦科学院棉花研究所	国审棉20200020	西北内陆早熟棉区	早熟	119
13	特璞棉116	新疆中农优棉棉业有限公司	国审棉20220008	西北内陆早熟棉区	早熟	123
14	新陆早61	新疆石河子棉花研究所	新审棉2013年39号	北疆早熟棉区	早熟	121
15	新陆早65	新疆合信科技发展有限公司	新审棉2014年56号	北疆早熟棉区	早熟	125
16	新陆早70	石河子农业科学研究院	新审棉2015年32号	北疆早熟棉区	早熟	120
17	新陆早76	新疆合信科技有限公司	新审棉2016年26号	北疆早熟棉区	早熟	125
18	新陆早79	石河子农业科学研究院	新审棉2017年43号	北疆早熟棉区	早熟	118
19	新陆早80	石河子农业科学研究院	新审棉2017年44号	北疆早熟棉区	早熟	117
20	新陆早82	新疆第五师农业科学研究所	新审棉2017年46号	北疆早熟棉区	早熟	120
21	新陆早84	新疆合信科技发展有限公司	新审棉2017年48号	北疆早熟棉区	早熟	120
22	新农大棉1号	新疆农业大学	新引棉(2018)002	西北内陆早中熟棉区	早中熟	120
23	新石K24	中国农业科学院棉花研究所	新审棉2018年42号	北疆早熟棉区	早熟	123
24	天云0769	石河子大有赢得种业有限公司	国审棉2015012	西北内陆早熟棉区	早熟	127

1.2 田间种植

试验于新疆塔城地区沙湾县金沟河农业试验基地(85°42'39"E, 44°18'41"N, 海拔490 m)开展, 年平均气温10.56℃, 气温日较差12.2~17.7℃, 土壤类型为砂壤土, 前茬作物为棉花; 土壤有机质含量9.36~10.52 g/kg, 属暖温带极端大陆性干旱荒漠气候。

试验在2021-2023年进行, 分别于2021年4月15日、2022年4月17日和2023年4月14日播种, 试验采用2.05 m宽膜, 按照一膜6行宽窄行(宽行66 cm、窄行10 cm)配置行距, 株距9 cm, 种植密度14000~15000株/667 m², 每个品种种植1膜, 膜长150 m, 每品种重复2次, 同一重复内各品种随机排布, 采用正常田间管理, 生育期共灌水9次, 化学调控9次, 化学防治6次, 喷施脱叶剂两次。

1.3 性状及测定方法

试验中测定的性状包括: 株高、第一果枝高度、单株果枝数、单株成铃数、单铃重、每亩有效株数、

籽棉产量、衣分、皮棉产量、上半部纤维长度、纤维整齐度、纤维断裂比强度、纤维伸长率、马克隆值。马克隆值以3.7~4.2(A级)最优, 其次为3.5~3.6和4.3~4.9(B级), 3.4以下和5.0以上(C级)最差^[11]。

在每个小区内连续选取长势均匀的棉株15株, 棉花吐絮期喷施脱叶剂后测定株高、第一果枝高度、单株果枝数、单株成铃数。每个小区取中部吐絮正常的50个棉铃进行考种, 测定单铃重和衣分, 在各小区中划出6.67 m²的区域, 记录区域内所有有效株数, 采收所有籽棉后称重轧花, 以此估算每亩有效株数、籽棉产量和皮棉产量。在每个品种的皮棉中抽取样品约20 g, 将样本送至棉花品质检验检疫测试中心, 对纤维上半部纤维长度、马克隆值、纤维断裂比强度、纤维整齐度、纤维伸长率等指标进行检测, 根据3年数据计算BLUE值用于后续计算。

1.4 评价模型及公式

以试验误差的变异系数作为试验精确度和品种比较精确度的评价指标^[12], 计算公式如下。

$$CEV = \frac{\sqrt{MSe}}{Y} \times 100\%$$

式中, MSe和Y分别为试验误差均方和试验总体均值。

围绕籽棉产量、单铃重、衣分、上半部纤维长度、纤维断裂比强度5个在产量和纤维品质上品种特征较强的指标,对材料进行层次需求分析,公式如下。

$$A_i = \sum p_i w_i$$

式中, A_i 为参试材料的层次需求综合得分, p_i 为该材料标准化后的单一性状数值, w_i 代表此性状的权重,通过R语言计算得到。

参照沈丽^[8]的方法对株高、第一果枝高度等14个性状进行灰色关联度分析,公式如下。

$$\xi_{i(k)} = \frac{\min_i \min_k |X_{0(k)} - X_{i(k)}| + \rho \max_i \max_k |X_{0(k)} - X_{i(k)}|}{|X_{0(k)} - X_{i(k)}| + \rho \max_i \max_k |X_{0(k)} - X_{i(k)}|}$$

式中, $\xi_{i(k)}$ 为 X_i 对 X_0 在 k 点(第几个指标)的关联度, ρ 为分辨系数, $0 < \rho < 1$, ρ 越小,关联度间差异越大,区分能力越强,此处 ρ 取0.5。 $\min_i \min_k |X_{0(k)} - X_{i(k)}|$ 为二级最小差的绝对值; $\max_i \max_k |X_{0(k)} - X_{i(k)}|$ 为二级最大差的绝对值。 $|X_{0(k)} - X_{i(k)}|$ 表示选定品种某性状数据与所有品种中此性状最优值间的绝对差值。

使用主成分分析计算性状权重和综合D值,公式如下。

$$D_i = \sum_{i=1}^n [u_{xi} \times W_i]$$

式中, D_i 为综合D值, u_{xi} 为标准化后的单一性状数值, W_i 为单一性状权重。

基于上述3种品种评价模型,根据各方法优缺点赋予相应权重,尝试提出一套适应性广、准确性高的品种综合评价方案,计算公式如下。

$$S_i = 0.5A_i + 0.3\xi_i + 0.2D_i$$

式中, S_i 代表品种在本评价模型中的总得分系数; A_i 表示品种的AHP得分系数; ξ_i 为该品种的灰色关联度; D_i 为品种的隶属函数综合D值。

1.5 数据分析

使用Microsoft Excel 2019软件进行相关数据录入、整理和主成分分析,采用R语言Matrix包计算BLUE值, readxl、dplyr和magrittr包计算层次分析模型中各性状权重。采用SPSS 27.0软件进行数据统计分析。采用单因素方差分析和Duncan's新复极差法进行差异显著性分析,并用origin 2021和R软件包GGally绘图。

2 结果与分析

2.1 连续3年试验准确度检验

计算3年品种试验不同性状的误差项变异系数(CEV, coefficient of variation),检验试验结果的可靠性(表2)。结果表明,2023年各性状误差项变异系数相对较小,试验准确性较高,而2022年农艺性状误差项变异系数较大,误差略大于另外两个年份。不同性状间,单株成铃数、每亩有效株数和第一果枝高度易受环境影响,误差项变异系数较大,测量精准度相对较小。总体来讲,3年试验中各性状误差项变异系数均未超过5%,说明试验精准度处于较高水平,结果有足够的参考价值。

表2 不同年份试验各性状误差项变异系数

Table 2 Coefficient of variation for each trait in different years of experimentation (%)

性状 Traits	2021	2022	2023
株高 Plant height	1.94	1.98	1.16
第一果枝高度 Height of the first fruiting node	2.42	2.32	1.86
单株果枝数 Number of branch per plant	1.82	2.06	2.40
单株成铃数 Number of bolls per plant	2.26	4.18	2.34
单铃重 Single boll weight	1.34	2.96	1.97
每亩有效株数 Number of plants per 667 m ²	1.93	2.34	2.28
籽棉产量 Seed cotton yield	2.11	1.13	1.57
衣分 Lint percentage	0.86	0.79	0.62
皮棉产量 Lint production	2.54	1.34	1.82
上半部纤维长度 Upper half length of fiber	0.78	0.80	0.45
纤维整齐度 Fiber uniformity	0.40	0.27	0.26
纤维断裂比强度 Fiber specific tenacity	1.13	0.87	1.30
纤维伸长率 Fiber elongation	2.87	0.21	1.51
马克隆值 Micronaire	0.87	0.94	0.79

2.2 3年间性状差异分析

通过比较24个参试棉花品种3年间9个关键性状的差异(图1),发现在农艺性状方面,参试品种株高差异较大,2023年平均株高更高,2022年各品种间单株成铃数差异较大;产量性状方面,各品种单铃重和衣分在不同年份间变化较为稳定,2022年籽棉产量和皮棉产量明显优于另外2个年份,其中籽棉产量差异更明显;纤维品质性状方面,上半部纤维长度和纤维断裂比强度均是2023年较优,2022年相对较差,马克隆值在3年间的差异较小。

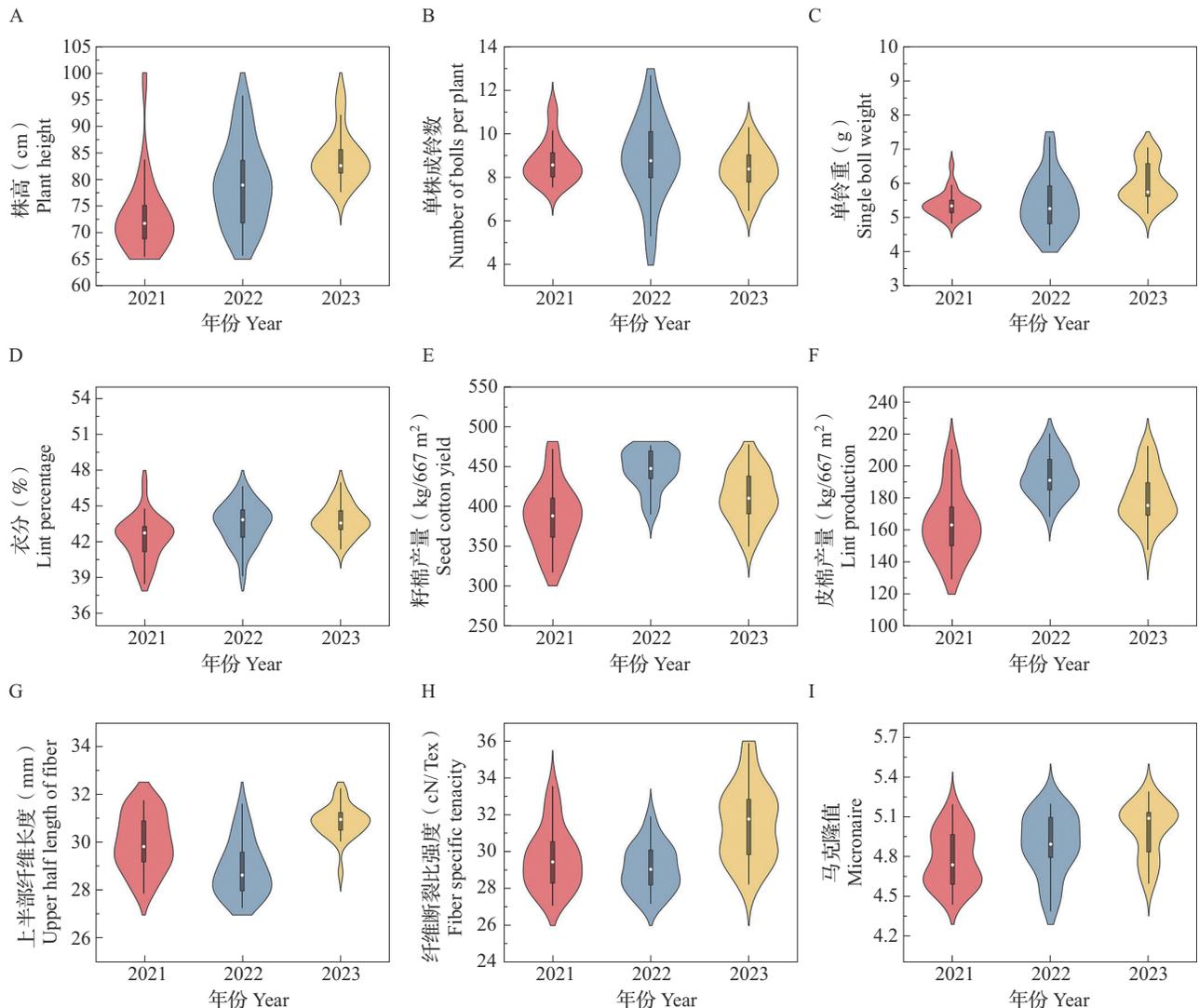


图1 3年间参试品种性状比较

Fig. 1 Comparison of the traits of the participating varieties during the three years

总体而言,2021年环境下产量性状与品质性状皆为中等水平,2022年环境下棉花单株结铃更多,产量表现较好,但纤维品质相对较差,2023年环境棉花株型高挑,单铃重提高,产量处于中等水平,且有良好的纤维品质。株高、单株成铃数、籽棉产量等性状更易受到生长环境的影响,而衣分、马克隆值等性状在不同环境间遗传较为稳定,主要由品种自身性质决定。

2.3 参试品种产量性状、品质性状比较

将24个品种3年产量数据标准化后计算BLUE值(表3)。金丰6号、J8031和疆优棉F015-5单铃重均超过6.0 g;新石K24、新陆早82每亩有效株数较多;J8031、新石K24、新农大棉1号、金丰6号等

品种籽棉产量超过440 kg/667 m²;新农大棉1号衣分最高,超过44.0%;新农大棉1号、新石K24和J8031的皮棉产量超过200 kg/667 m²,另外还有金丰6号、特璞棉116等7个品种皮棉产量在180 kg/667 m²以上。

参试品种3年间产量性状稳定性较好,其中2022年产量相对较高。金丰6号和J8031单铃重较高;新石K24每亩有效株数较多,有较高的籽棉产量;新农大棉1号因其高衣分在皮棉产量上存在较大优势。将24个品种3年产量数据标准化后计算产量性状总得分(图2),综合比较参试品种产量性状,发现新石K24>新农大棉1号>J8031>新陆早80>创棉50,位列前5名。

表3 产量性状较优品种及BLUE值

Table 3 Varieties with superior yield traits and their BLUE values

性状 Traits	位次 Rank		
	1	2	3
单铃重(g) Single boll weight	金丰6号(6.92)	J8031(6.45)	疆优棉F015-5(6.13)
每亩有效株数 Number of plants per 667 m ²	新石K24(12433.33)	新陆早82(12088.89)	金科20(11925.00)
籽棉产量(kg/667 m ²) Seed cotton yield	J8031(469.48)	新石K24(463.77)	新农大棉1号(449.21)
衣分(%) Lint percentage	新农大棉1号(46.88)	新石K24(44.37)	创棉512(44.18)
皮棉产量(kg/667 m ²) Lint production	新农大棉1号(210.58)	新石K24(205.83)	J8031(201.16)

括号内数据为对应性状的具体数值, 下同

The data in parentheses represent the values of corresponding traits, the same as below

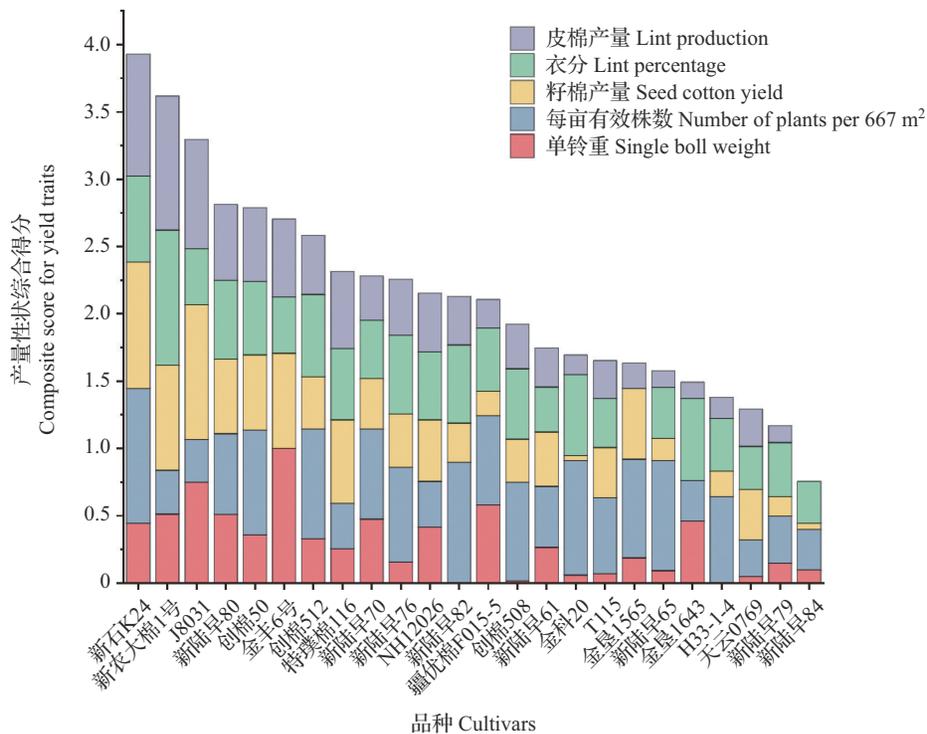


图2 参试棉花品种产量性状总得分

Fig. 2 Total score of yield traits of participating cotton varieties

参试品种3年间纤维品质性状较为稳定, 总体纤维品质2023年较好。将24个品种3年纤维品质数据标准化后计算BLUE值(表4), 发现特璞棉116、金丰6号和天云0769等9个品种上半部纤维长

度超过30.0 mm; J8031、H33-1-4和NH12026纤维整齐度位列前3; 金丰6号、金垦1643等5个品种纤维断裂比强度超过31.0 cN/tex; 新陆早80、T115和金垦1565等品种纤维伸长率较高; 金丰6号、特璞棉116、

表4 纤维品质性状较优品种及BLUE值

Table 4 Varieties with superior fiber quality traits and their BLUE values

性状 Traits	位次 Rank		
	1	2	3
上半部纤维长度(mm) Upper half length of fiber	特璞棉116(31.7)	金丰6号(31.6)	天云0769(31.1)
纤维整齐度(%) Fiber uniformity	J8031(88.0)	H33-1-4(85.7)	NH12026(85.4)
纤维断裂比强度(cN/tex) Fiber specific tenacity	金丰6号(33.5)	金垦1643(32.4)	J8031(32.4)
纤维伸长率(%) Fiber elongation	新陆早80(9.7)	T115(9.5)	金垦1565(9.5)
马克隆值 Micronaire	金丰6号(4.7)	特璞棉116(4.7)	金垦1565(4.7)

金垦 1565 等 12 个品种马克隆值处于 B 级水平。特璞棉 116、金丰 6 号、金垦 1565 等 7 个品种纤维品质达到“双 30”(上半部纤维长度 30.0 mm 以上、纤维断裂比强度 30.0 cN/tex 以上)水平。将 24 个品种

3 年纤维品质数据标准化后计算品质性状总得分(图 3),结果表明, J8031>金丰 6 号>金垦 1643>特璞棉 116>新陆早 80,位列前 5。

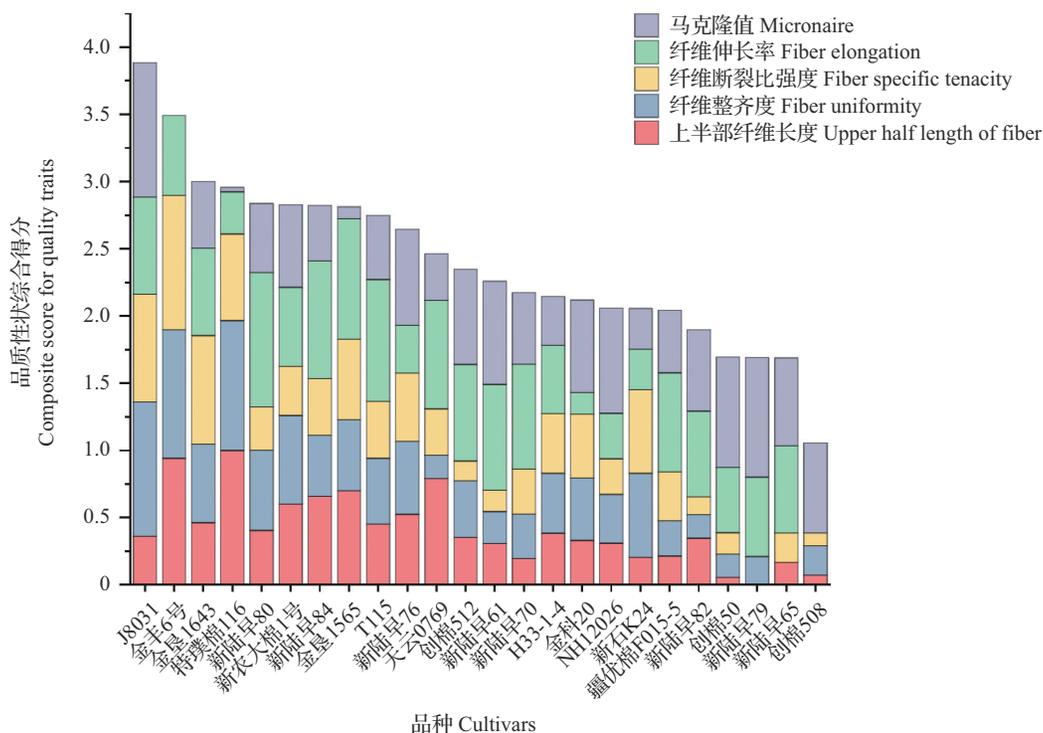


图3 参试棉花品种纤维品质性状总得分

Fig. 3 Total score of fiber quality traits of cotton varieties

2.4 参试棉花品种主要性状相关性分析

对参试品种 3 年 14 个主要性状间分别进行相关性分析(图 4),结果显示 3 年平均相关系数有 17 对性状达到显著相关水平,37 对性状达到极显著相关水平。农艺性状方面,株高与第一果枝高度呈极显著的正相关关系,另外单株果枝数与单株成铃数呈极显著正相关,说明株型对棉花的成铃能力存在较大影响。产量性状方面,皮棉产量与籽棉产量和衣分均存在极显著正相关,说明籽棉产量和衣分对皮棉产量存在直接的影响。纤维品质方面,上半部纤维长度与纤维整齐度、纤维伸长率、纤维断裂比强度和马克隆值均表现出显著或极显著的相关关系,纤维整齐度、纤维断裂比强度、纤维伸长率间彼此存在显著或极显著的正相关关系,而马克隆值与上半部纤维长度、纤维断裂比强度和纤维伸长率均呈负相关关系,其中与上半部纤维长度相关性达到显著水平,说明在一定范围内,高纤维品质材料的马克隆值较低。

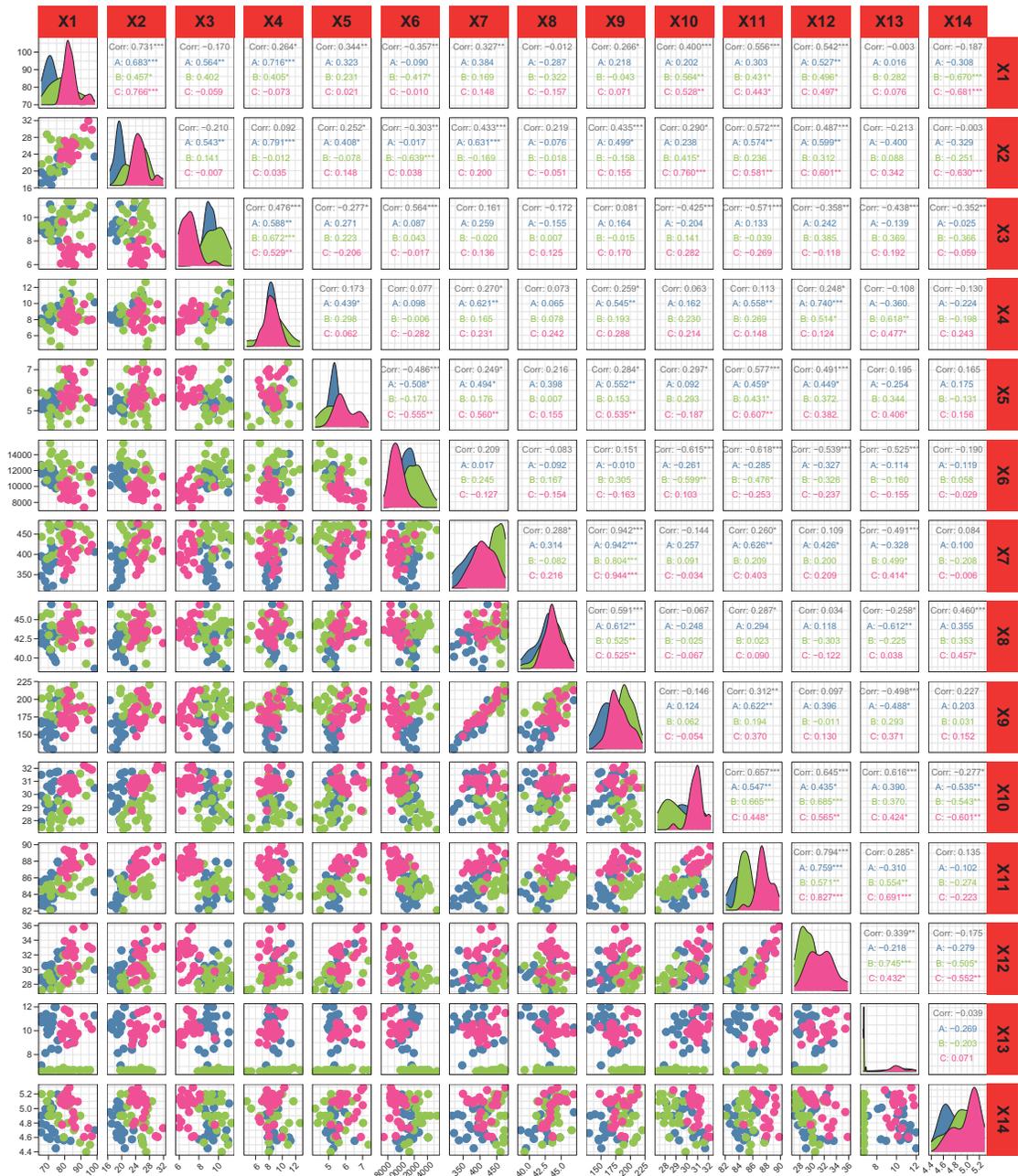
2.5 参试棉花品种主成分分析

对参试棉花品种 3 年 14 个性状进行主成分分

析(表 5),筛选出 4 个主成分,累计贡献率 77.980%,能基本反映全部特征。第 1 主成分的特征值为 5.824,贡献率为 29.280%,第一果枝高度、株高、上半部纤维长度、纤维断裂比强度、纤维整齐度的得分系数较高,说明第 1 主成分主要反映棉花株型和纤维品质水平;第 2 主成分特征值为 2.707,贡献率为 25.010%,籽棉产量、皮棉产量的得分系数较高,说明该主成分主要反映棉花的产量水平;第 3 主成分特征值为 1.348,贡献率 11.850%,其中单铃重和纤维整齐度得分系数较高,主要反映棉铃的大小;第 4 主成分的特征值为 1.037,贡献率为 11.840%,单株果枝数、单株成铃数和纤维伸长率得分较高,主要反映棉花品种的成铃能力。

2.6 综合评价体系构建

根据主成分分析结果计算权重,使用隶属函数计算 D 值并对参试品种排名(表 6)。24 个品种的 D 值在 0.290~0.702 之间,其中 J8031(0.702)>H33-1-4(0.668)>金丰 6 号(0.648)>T115(0.621)>NH12026(0.573)综合排名较高,位列前五。



图中X1~X14分别表示株高、第一果枝高度、单株果枝数、单株成铃数、单铃重、每亩有效株数、籽棉产量、衣分、皮棉产量、上半部纤维长度、纤维整齐度、纤维断裂比强度、纤维伸长率和马克隆值;图中左下角散点图表示不同年份两种性状间的数据拟合情况,

散点图横纵坐标均为对应性状的具体数据,斜线处面积图表示3年间各性状的正态分布情况,

右上角为不同年份和三年平均的相关系数,同一年份数据用同一种颜色表示,

蓝色为2021年,绿色为2022年,粉色为2023年;*,**,***分别表示在 $P \leq 0.05$, $P \leq 0.01$, $P \leq 0.001$ 水平上显著相关

X1 to X14 in the figure represent plant height, height of the first fruiting node, number of branch per plant, number of bolls per plant, single boll weight, number of plants per 667 m², seed cotton yield, lint percentage, lint production, upper half length of fiber, fiber uniformity, fiber specific tenacity, fiber elongation, and micronaire; The scatter plot in the bottom left corner of the figure illustrates the data fitting between two traits across different years. The horizontal and vertical axes of the scatter plot represent the specific data of the corresponding traits. The area chart with diagonal lines represents the normal distribution of each trait over the three years. The top right corner displays the correlation coefficients for different years and their three-year average, with data from the same year indicated by the same color, blue is 2021, green is 2022, pink is 2023;

*, **, *** indicate significant differences at the levels of $P \leq 0.05$, $P \leq 0.01$, and $P \leq 0.001$, respectively

图4 参试品种主要性状相关性分析

Fig. 4 Correlation analysis between main traits of the varieties

表5 主要性状主成分特征向量

Table 5 Principal component eigenvectors of major traits

性状 Traits	第1主成分 PC1	第2主成分 PC2	第3主成分 PC3	第4主成分 PC4
株高 Plant height	0.844	0.146	0.076	0.249
第一果枝高度 Height of the first fruiting node	0.885	0.188	0.088	-0.051
单株果枝数 Number of branch per plant	0.464	0.373	-0.063	0.524
单株成铃数 Number of bolls per plant	0.349	0.712	0.103	0.290
单铃重 Single boll weight	0.047	0.666	0.518	0.102
每亩有效株数 Number of plants per 667 m ²	-0.242	-0.043	-0.862	-0.147
籽棉产量 Seed cotton yield	0.178	0.884	-0.016	-0.017
衣分 Lint percentage	-0.359	0.461	0.111	-0.598
皮棉产量 Lint production	-0.004	0.925	0.026	-0.249
上半部纤维长度 Upper half length of fiber	0.726	0.088	0.442	0.100
纤维整齐度 Fiber uniformity	0.539	0.580	0.449	-0.152
纤维断裂比强度 Fiber specific tenacity	0.691	0.392	0.376	0.024
纤维伸长率 Fiber elongation	-0.082	-0.031	0.259	0.862
马克隆值 Micronaire	-0.863	0.062	-0.043	-0.068
特征值 Eigenvalue	5.824	2.707	1.348	1.037
贡献率(%) Contribution rate	29.280	25.010	11.850	11.840
累积贡献率(%) Cumulative contribution rate	29.280	54.290	66.140	77.980

表6 不同模型下排名前10品种及得分

Table 6 Top 10 varieties and their scores under different models

隶属函数 Membership function			灰色关联分析 Grey relational analysis			层次分析法 Analytic hierarchy process		
排名 Ranking	品种 Cultivars	D值 D value	排名 Ranking	品种 Cultivars	关联度 Correlation coefficient	排名 Ranking	品种 Cultivars	AHP得分 AHP score
1	J8031	0.702	1	金丰6号	0.758	1	金丰6号	4.371
2	H33-1-4	0.668	2	J8031	0.704	2	J8031	4.330
3	金丰6号	0.648	3	金垦1565	0.613	3	新石K24	4.267
4	T115	0.621	4	新农大棉1号	0.601	4	新农大棉1号	4.260
5	NH12026	0.573	5	新石K24	0.580	5	特璞棉116	4.238
6	金垦1565	0.558	6	T115	0.557	6	新陆早80	4.175
7	疆优棉F015-5	0.484	7	特璞棉116	0.556	7	金垦1565	4.156
8	金科20	0.447	8	天云0769	0.538	8	金垦1643	4.145
9	创棉508	0.436	9	新陆早80	0.533	9	新陆早76	4.143
10	特璞棉116	0.430	10	新陆早82	0.500	10	NH12026	4.128

通过3年品比试验各性状最佳表现拟合出一个理想品种模型,计算各参试品种与此模型的灰色关联度,根据主成分分析结果计算各个性状权重,得

到品种与最佳模型间的加权灰色关联度(ξ_i),以此判定其综合表现水平。结果表明,24个品种关联度在0.394~0.758之间,金丰6号(0.758)>J8031

(0.704)>金垦 1565(0.613)>新农大棉 1 号(0.601)>新石 K24(0.580), 综合品质位列前 5。

选择籽棉产量、单铃重、衣分、上半部纤维长度和纤维断裂比强度 5 个在产量和纤维品质上具有品种代表性的指标, 对其进行赋分, 使用 AHP 模型计算各自权重, 根据参试品种的 BLUE 值计算各品种 AHP 综合得分(A_i)。结果表明, 24 个品种 AHP 得分在 3.983~4.371 之间, 排名前五的品种分别为金丰 6 号(4.371)>J8031(4.330)>新石 K24(4.267)>新农大棉 1 号(4.260)>特璞棉 116(4.238)。

结合 3 种综合评价模型特点, 核算其可重复性和失真程度, 分别为其赋予 0.2(D_i)、0.3(ξ_i)和 0.5(A_i)的权重, 根据 3 种综合评价模型结果进行加权运算, 对运算出的综合得分进行排序, 以此构建一套综合评价体系, 将此体系应用于 24 个参试品种(表 7)。结果显示, 参试品种综合评价得分在 2.195~2.542 之间, 金丰 6 号(2.542)>J8031(2.516)>新石 K24(2.386)>新农大棉 1 号(2.380)>金垦 1565(2.373), 位列前五, 结果与 3 种单一评价模型相近。

表 7 参试品种综合评价模型得分

Table 7 Comprehensive evaluation model score of participating varieties

排名 Ranking	品种 Cultivars	综合评分 Score	排名 Ranking	品种 Cultivars	综合评分 Score	排名 Ranking	品种 Cultivars	综合评分 Score
1	金丰 6 号	2.542	9	新陆早 80	2.314	17	新陆早 70	2.259
2	J8031	2.516	10	金垦 1643	2.301	18	金科 20	2.255
3	新石 K24	2.386	11	H33-1-4	2.299	19	新陆早 61	2.247
4	新农大棉 1 号	2.380	12	疆优棉 F015-5	2.294	20	新陆早 82	2.246
5	金垦 1565	2.373	13	新陆早 76	2.291	21	新陆早 84	2.237
6	特璞棉 116	2.372	14	创棉 50	2.276	22	创棉 508	2.218
7	T115	2.341	15	天云 0769	2.273	23	新陆早 79	2.201
8	NH12026	2.319	16	创棉 512	2.268	24	新陆早 65	2.195

2.7 评价体系在陆地棉资源群体中的应用与验证

将 283 份陆地棉资源组成的群体表型数据(A 群体)导入本研究构建的综合评价体系中, 进行综合得分排名, 同时采集田间表型图片加以印证, 以此确定评价体系的准确性, 排名前十与后十的极

端材料见表 8。283 份材料综合得分在 0.436~0.732 之间(详见 <https://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20240809003>, 附表 1), 81 个资源综合得分在 0.6 以上, 其中 A191、A110、A232 等资源综合得分较高。

表 8 群体 A 在综合评价体系下极端材料名称及得分

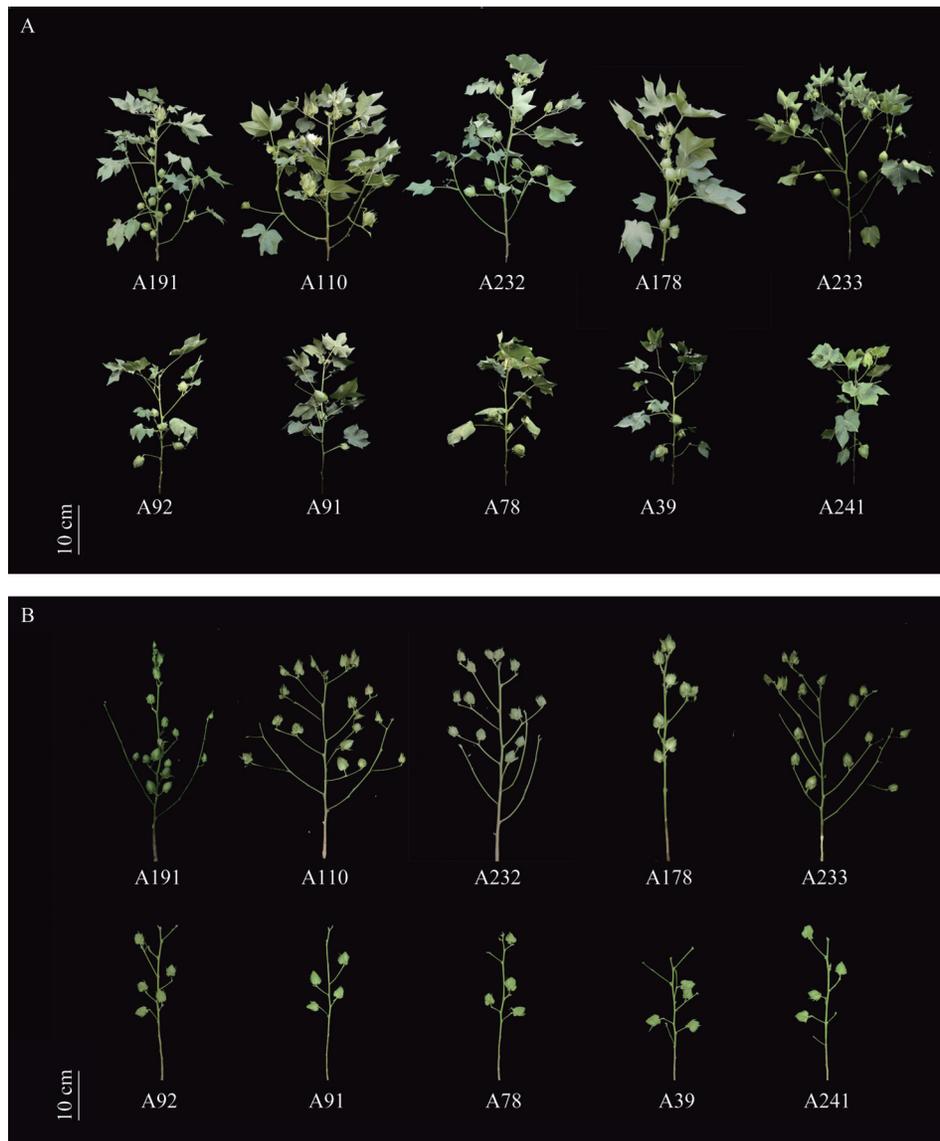
Table 8 Name and score of extreme materials under the integrated evaluation system for population A

编号 Number	材料名称 Resource name	综合得分 Score	排名 Ranking	编号 Number	材料名称 Resource name	综合得分 Score	排名 Ranking
A191	新陆早 24	0.732	1	A135	吐 71-113	0.472	274
A110	农大棉 7 号	0.725	2	A95	灵宝棉	0.468	275
A232	新陆中 64	0.707	3	A111	农林 1 号	0.465	276
A178	新陆早 45	0.707	4	A31	八农 212	0.463	277
A233	新陆中 65	0.704	5	A25	St213RNR	0.456	278
A62	沪棉 204	0.695	6	A92	辽锦棉 3 号	0.451	279
A281	WY17003	0.694	7	A91	辽 7334-7728	0.450	280
A225	新陆中 54	0.684	8	A78	荆州退化棉	0.450	281
A175	新陆早 39	0.684	9	A39	川 169-6	0.443	282
A77	荆 55173	0.683	10	A241	豫棉 18	0.436	283

A191 单铃重和株高分别为 7.12 g 和 90.08 cm, 在 A 群体所有材料中位列第一和第二, 另外单株果枝数和单株成铃数分别超过 91.2% 和 96.5% 的资源; A110 单株果枝数、单株成铃数和衣分分别超过 95.8%、91.95% 和 88.7% 的资源; A232 单株成铃数达到 9.76 个, 位列第一, 单株果枝数超过 92.6% 的资源, 以上 3 个资源在 A 群体中位列前三。综合评价体系下排名后三位的材料中, A241 单株成铃数和单铃重分别为 5.61 个和 4.24 g, 低于同群体内 92.9% 和 93.6% 的资源; A39 株高和单铃重分别低于 99.3%

和 98.6% 的材料; A78 单株成铃数和衣分均处于较低水平, 分别低于群体内 99.6% 和 98.6% 的材料。

针对以上结果, 在铃期采集 A 群体的田间表型照片, 观察材料植株形态和棉铃数量及分布, 根据结铃情况推算丰产能力(图 5)。将综合评价模型中得分较高的材料和低评分材料的表型图片对比, 发现高综合得分材料普遍茎秆粗壮、成铃较多、上部和外围铃占比较大, 具有较高的丰产潜力; 而低评分材料多存在茎秆细弱、植株倒伏等问题, 成铃少而稀疏, 下部铃和外围铃脱落较多, 从而影响产量。



A 为综合排名前五和后五名材料铃期表型; B 为相同植株摘除叶片后的表型; 下同

A shows phenotypic of material at bell stages for the top 5 and bottom 5 based on comprehensive ranking; B displays phenotypic of the same plants after leaf removal; The same as below

图 5 283 份陆地棉资源群体极端材料表型图

Fig. 5 Phenotypic pictures of extreme materials of 283 upland cotton resource groups

2.8 评价体系在陆地棉优良品系中的应用与验证

以 416 份陆地棉优良品系(Y 群体), 对所构建的综合评价体系进行验证(表 9)。Y 群体综合得分在 0.422~0.667 之间(详见 <https://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20240809003>, 附表 2), 22 个资源综合得分在 0.6 及以上, 其中 Y228、Y210、Y297 等资源综合水平较高。在 Y 群体排名前三的品系中, Y228 的单株成铃数和单株果枝数达到 11.2 个和 8.4 台, 分别位列第一和第四; Y210 单铃重达到 6.56 g, 超过群体内 98.5% 的品系, 衣分为 42.97%, 超过 85.6% 的资源; Y297 单株成铃数、纺织参数和单株果枝数分别超过 95.7%、90.6% 和 82.7% 的品系, 综合品质较优。

Y366 单株成铃数和单株果枝数均在 416 份材料中排名最末, 纤维品质方面, 上半部纤维长度为 26.75, 低于 91.2% 的材料; Y110 株高为 63.38 cm, 在整个群体中排名倒数第四, 另外单株成铃数和单铃重分别低于 82.3% 和 81.3% 的材料; Y329 株高、单株成铃数和单株果枝数均处于较低水平, 分别低于群体中 99.8%、97.4% 和 97.1% 的材料, 另外单铃重仅为 4.16 g, 低于 96.9% 的材料。这 3 个材料在综合评价体系中排名最后 3 位。

比较 Y 群体铃期田间表型照片发现(图 6), 综合得分较高的材料(Y228、Y397、Y210 等)株型高挑, 外围棉桃占比大, 叶片布局合理, 避免郁闭的

同时提高光合效率, 促进营养的有效转化; Y366、Y110 等低评分材料则出现植株矮小、生长势弱、果枝和成铃数少等问题, 棉铃多为内围铃, 难以实现高产。

从多年数据和田间表型图片上看, 评价结果与实际情况相近, 证明此评价体系有较高的可重复性和准确度, 在对种质资源的评价上存在足够的应用基础。

表 9 Y 群体在综合评价体系下极端材料名称及得分

Table 9 Names and scores of extreme materials of population Y under the integrated evaluation system

编号 Number	综合得分 Score	排名 Ranking	编号 Number	综合得分 Score	排名 Ranking
Y228	0.667	1	Y235	0.451	407
Y210	0.647	2	Y313	0.451	408
Y297	0.637	3	Y370	0.445	409
Y57	0.627	4	Y365	0.442	410
Y406	0.625	5	Y54	0.440	411
Y383	0.624	6	Y247	0.437	412
Y3	0.615	7	Y394	0.433	413
Y396	0.615	8	Y329	0.426	414
Y55	0.614	9	Y110	0.425	415
Y164	0.612	10	Y366	0.422	416



(图 6)



图6 416份陆地棉优良品系资源极端材料表型

Fig. 6 Phenotypic of extreme materials of 416 elite upland cotton lines

3 讨论

3.1 误差项变异系数与试验精准度

农作物区域试验的精确度是衡量试验质量的重要指标,也是对参试品种和试验环境科学评价的基础,在区域试验质量评价中受到广泛的重视。区域试验的精确度是指同组参试品种在同一试点重复间或不同试点中表型值的大小或品种排序的相似性。试验误差变异系数是区域试验精确度常用的评价指标,区域试验汇总时通常将变异系数大于15%的单年单点试验视为不合格^[13]。本研究中3年试验各性状误差项变异系数在0.21%~4.18%之间,均低于15%,说明试验精确度较高,结果具有一定可信度。

3.2 变异系数与相关性分析

张华崇等^[14]对46份棉花杂交组合的14个主要性状变异系数进行分析,发现第一果枝高度、单株成铃数、皮棉产量的变异系数较大,更易受到环境影响,并提出应加大这3个性状上的改良力度。本研究的24个品种通过3年试验测定14个性状,发现单株成铃数和第一果枝高度有较高的变异系数,说明这两个性状在不同品种间的差异较大,有更大的改良空间,与前人的研究成果基本一致。

关于棉花不同性状相关性分析,席育贤等^[15]对3个试验点下16个棉花品种的主要性状进行相关性分析,发现皮棉产量与生育期、籽棉产量极显著正相关,与衣分显著正相关;唐中杰等^[16]对转Bt基因

抗虫棉进行连续16年的观察测定,发现单株成铃数和衣分是构成皮棉产量的重要因素。李有忠等^[17]对630份陆地棉资源产量与品质性状进行相关性分析,发现上半部纤维长度与第一果枝高度、单铃重极显著正相关,纤维断裂比强度与株高、单铃重极显著正相关,马克隆值与衣分极显著正相关。本研究发现,株高与单株成铃数呈显著正相关关系,皮棉产量与单铃重、衣分、籽棉产量显著正相关,纤维品质指标内部除马克隆值外以正相关关系为主,与前人的研究结果有所重合。在今后的品种改良工作中需进一步协调产量与纤维品质性状之间的关系。

3.3 优质品种综合评价

产量性状方面,单铃重和衣分是棉花产量构成的重要因素,研究表明,单铃重在5.0~6.5 g,衣分在41%以上时棉花能得到更高的产量^[18],另外每亩有效株数除作为产量构成关键因素外,还反映棉花品种的抗逆能力,相同播种量下,株数较高的品种往往对环境有更强的适应力^[19]。在3年的品比试验中,金丰6号和J8031单铃重较高,在籽棉产量方面优势突出,新石K24对逆境抗性更强,每亩有效株数多于其他品种,新农大棉1号在衣分方面展现出巨大优势,达到46.88%,皮棉产量也处于较高水平。

纤维品质方面,上半部纤维长度和纤维断裂比强度反映棉花品种纤维的基本质量,两个指标均达到30.0以上时,说明该棉花品种纤维品质较好,达到“双30”水平;而纤维整齐度、纤维伸长率和马克

隆值反映棉花品种的纺织品质,直接影响品种的推广与使用^[20]。3年试验结果表明,特璞棉116、金丰6号、金垦1565等7个品种纤维品质达到“双30”水平,另外H33-1-4和新陆早80在纤维整齐度和纤维伸长率方面表现出较高水平,天云0769等7个品种马克隆值处于B级以上水平。

综合比较24个参试品种,金丰6号、J8031和新农大棉1号等品种综合水平较优,在3种比较模型中均有较高的得分,具有更高的推广潜力。

3.4 品种综合评价体系构建

主成分分析法通过数据降维达到简化性状关系的目的是,郑巨云等^[21]对203份陆地棉品种的14个主要性状进行主成分分析,共筛选出6个主成分,累积贡献率为72.82%;赵康等^[22]对42个海岛棉品种的8个耐盐性指标进行主成分分析,得到两个主成分,共解释92.54%的变化率。但此方法对数据要求较高,需要稳定准确的表型数据作为支撑,且受试验环境影响较大,导致准确度降低,仅适用于多年多点环境型较多的试验,若重复较少则会受到当年环境因素影响,导致试验准确性的降低。本研究对24个品种3年间14个性状进行主成分分析,筛选出4个主成分,共解释77.980%的变化率,根据结果计算性状权重,使用隶属函数计算D值,比较结果表明J8031>H33-1-4>金丰6号>T115>NH12026,位列前五。

灰色关联度分析法是对一个发展变化系统进行量化比较的一种分析方法,具有直观、全面、有效等优点^[23],在应用时可充分利用原始数据,选取多项指标,通过对比数列分析系统内部的相关性,确定相关性最为显著的因素,并将系统中众多复杂的因素进行综合评价,按最后加权关联度值大小进行优劣排序^[24]。刘翔宇等^[25]通过主成分分析与灰色关联度分析对10份海岛棉新品系进行评价,认为CRM-8、CRM-6、CRM-3和CRM-1性状表现较好,有较为广阔的推广前景。此方法准确度略有不足,如某个品种在单一性状上出现远大于其他品种的情况时,会影响其他性状的评价,从而导致评价结果失真,因此该模型不适用于高精度要求的试验设计。本研究通过灰色关联分析对24个参试品种进行排序,发现金丰6号、J8031、金垦1565、新农大棉1号和新石K24综合表现较好,位列前五。

层次分析法将人的主观判断用数量形式表达和处理,综合定性与定量性状观测指标进行多准则决策,具有较高的可行性与科学性,适用于处理复

杂决策问题,在农业生产领域得到了广泛应用^[26],赵玉芬等^[27]应用AHP模型对收集到的34个卫矛属植物品种进行综合评价,筛选出11个I级品种;陈香波等^[28]使用AHP模型评价41个引进百子莲属品种,筛选出12个观赏价值高、适应性强的品种。层次分析法评价结果会受到评价者个人喜好的影响,重复性较低,因此不适用于重复次数多、验证样本量大的试验设计。本研究使用AHP模型分析发现,24个品种综合得分在3.983~4.371之间,金丰6号>J8031>新石K24>新农大棉1号>特璞棉116,位列前五。

本研究比较3种综合比较模型结果,发现灰色关联度模型和AHP模型结果相近,排名前五的品种中有4个相同,隶属函数分析结果差异较大,前5名的品种中,仅金丰6号和J8031与另外两种模型一致。根据3种评价方法优缺点赋予3种评价方法相应的权重,构建出一套陆地棉综合评价体系,相较于常规单个模型评价,该体系使用3种不同数学模型对品种进行综合性评价,3种模型相辅相成,互相弥补其不足之处,克服了灰色关联分析因单一性状出现极大值而造成结果失真的问题,相较隶属函数有更高的准确性,同时校正AHP模型过高的主观性,增加结果的可重复性,大大提高了试验的准确性与可重复性。经过综合评价体系校正后,金丰6号>J8031>新石K24>新农大棉1号>金垦1565,位列前五,有较高的推广价值。同时,利用综合体系分别对283份自然资源群体和416个陆地棉优良品系在多个环境型下的表现进行评价,发现评价结果与田间生长趋势相一致,进一步验证了综合评价体系的科学性与可重复性,为综合评价体系的应用推广提供科学基础。

4 结论

3年试验中各性状误差项变异系数在0.21%~4.18%之间,均低于15.0%,试验精确度符合要求。14个性状株高、单株成铃数、籽棉产量在不同年份间变异程度较大,衣分和马克隆值等性状稳定性较高。金丰6号、J8031等品种单铃重高、结铃能力强,有较高的籽棉产量,新农大棉1号衣分方面优势突出,皮棉产量较高,特璞棉116、金垦1565、金丰6号等品种综合纤维品质较好。各性状间的相关关系错综复杂,除基本产量构成因素外,部分农艺性状与产量和品质性状同样存在相关关系。

以主成分和隶属函数分析、灰色关联度模型和

AHP模型三种资源评价模型为基础,构建出一套综合评价体系,筛选出综合品质较高的金丰6号、J8031、新石K24等优质品种。本研究分别使用416份陆地棉优良品系和283份陆地棉资源在多个环境型下数据对模型效果进行验证,确认资源综合评价体系的实用性,为今后的品种评价和资源鉴定工作提供参考工具。

参考文献

- [1] 国家统计局. 国家统计局关于2023年棉花产量的公告. (2023-12-25) [2024-08-09]. https://www.gov.cn/lianbo/bumen/202312/content_6922207
National Bureau of Statistics. Announcement of the National Bureau of Statistics on cotton production in 2023. (2023-12-25) [2024-08-09]. https://www.gov.cn/lianbo/bumen/202312/content_6922207
- [2] 张立涛, 李晓君. 浅谈棉种市场管理现状及对策. 新农业, 2023(5):9-10
Zhang L T, Li X J. Introduction to the current situation of cotton seed market management and countermeasures. New Agriculture, 2023(5):9-10
- [3] 杨芳芳. 396份新疆陆地棉种质资源鉴定及评价. 石河子: 石河子大学, 2023
Yang F F. Identification and evaluation of 396 Xinjiang land cotton germplasm resources. Shihezi: Shihezi University, 2023
- [4] 张文, 逯涛, 曾庆涛, 王政洋, 杨芮, 赵富强. 陆地棉种质资源遗传多样性分析及优异种质筛选. 植物遗传资源学报, 2024, 25(7):1190-1201
Zhang W, Lu T, Zeng Q T, Wang Z Y, Yang R, Zhao F Q. Genetic diversity analysis of land cotton germplasm resources and screening of superior germplasm. Journal of Plant Genetic Resources, 2024, 25(7):1190-1201
- [5] 魏铭森, 陈蓉娟. 棉花品种的多级模糊综合评定方法. 中国棉花, 1986(5):18-22
Wei M S, Chen R J. A multilevel fuzzy comprehensive evaluation method for cotton varieties. China Cotton, 1986(5):18-22
- [6] 闫雷, 张远学, 高剑华, 吴承金, 肖春芳, 王甄, 张等宏, 沈艳芬. 利用AMMI模型分析湖北省区试品种稳定性和适应性. 种子, 2020, 39(9):76-79
Yan L, Zhang Y X, Gao J H, Wu C J, Xiao C F, Wang Z, Zhang D D, Shen Y F. Analysis of stability and adaptability of district-tested varieties in Hubei province using AMMI model. Seed, 2020, 39(9):76-79
- [7] 乔银桃. 基于GGE模型的西北内陆棉区品种生态区划分和试验环境评价. 镇江: 江苏大学, 2023
Qiao Y T. The ecological zoning of varieties and the evaluation of experimental environment in the inland cotton region of Northwest China based on the GGE model. Zhenjiang: Jiangsu University, 2023
- [8] 沈丽. 机采长绒棉主要农艺性状的灰色关联度分析. 广东蚕业, 2022, 56(8):29-31, 44
Shen L. Gray correlation analysis of major agronomic traits in machine-picked long-staple cotton. Guangdong Sericulture, 2022, 56(8):29-31, 44
- [9] 刘录祥, 孙其信, 王士芸. 灰色系统理论应用于作物新品种综合评估初探. 中国农业科学, 1989(3):22-27
Liu L X, Sun Q X, Wang S Y. A preliminary study on the application of gray system theory to the comprehensive evaluation of new crop varieties. Chinese Agricultural Science, 1989(3):22-27
- [10] 赵焕臣. 层次分析法: 一种简易的新决策方法. 北京: 科学出版社, 1986:5-7
Zhao H C. Hierarchical analysis: A simple new decision-making method. Beijing: Science Press, 1986:5-7
- [11] 熊伟, 秋黎凤, 白雪. 棉花国际通用标准与国棉标准比较探析. 纺织器材, 2021, 48(2):53-57
Xiong W, Qiu L F, Bai X. Comparative analysis of international general standards for cotton and Chinese cotton standards. Textile Equipment, 2021, 48(2):53-57
- [12] 孔繁玲, 张群远, 杨付新, 郭恒敏. 棉花品种区域试验的精确度探讨. 作物学报, 1998, 24(5):601-607
Kong F L, Zhang Q Y, Yang F X, Guo H M. Discussion on the accuracy of regional trials of cotton varieties. Acta Agronomica Sinica, 1998, 24(5):601-607
- [13] 许乃银, 李健. 我国棉花品种区域试验精确度的演变分析. 棉花学报, 2016, 28(1):34-41
Xu N Y, Li J. Evolutionary analysis of the accuracy of regional trials of cotton varieties in China. Journal of Cotton, 2016, 28(1):34-41
- [14] 张华崇, 闫振华, 赵树琪, 黄晓莉, 戴宝生, 李蔚. 46份棉花杂交组合主要性状主成分和聚类分析. 种子, 2022, 41(5):60-65
Zhang H C, Yan Z H, Zhao S Q, Huang X L, Dai B S, Li W. Principal component and cluster analysis of major traits in 46 cotton hybrid combinations. Seed, 2022, 41(5):60-65
- [15] 席育贤, 龚举武, 潘境涛, 王艳, 孔德培. 新疆阿克苏地区棉花优质高产新品种筛选. 棉花科学, 2022, 44(4):11-18, 35
Xi Y X, Gong J W, Pan J T, Wang Y, Kong D P. Screening of new high-quality and high-yielding cotton varieties in Aksu region of Xinjiang. Cotton Science, 2022, 44(4):11-18, 35
- [16] 唐中杰, 谢德意, 许守明, 聂利红, 吕淑平, 王明坤. 2005-2020年转Bt基因棉花抗虫性变化及其与产量性状的相关性分析. 作物杂志, 2023, 39(2):77-82
Tang Z J, Xie D Y, Xu S M, Nie L H, Lyu S P, Wang M K. Analysis of changes in insect resistance and its correlation with yield traits in Bt-transformed cotton from 2005 to 2020. Crops, 2023, 39(2):77-82
- [17] 李有忠, 赵曾强, 王志军, 董永梅, 谢宗铭. 基于陆地棉种质资源表型性状的遗传多样性分析. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2022, 48(4):394-400
Li Y Z, Zhao Z Q, Wang Z J, Dong Y M, Xie Z M. Genetic

- diversity analysis based on phenotypic traits of land cotton germplasm resources. *Journal of Hunan Agricultural University: Natural Science Edition*, 2022, 48(4): 394-400
- [18] 喻树迅, 范术丽, 王寒涛, 魏恒玲, 庞朝友. 中国棉花高产育种研究进展. *中国农业科学*, 2016, 49(18): 3465-3476
Yu S X, Fan S L, Wang H T, Wei H L, Pang C Y. Research progress on high-yield cotton breeding in China. *Chinese Agricultural Science*, 2016, 49(18): 3465-3476
- [19] 戴茂华, 吴振良, 刘丽英, 马俊永. 种植密度对棉花生育动态、产量和品质的影响. *华北农学报*, 2014, 29(S1): 146-154
Dai M H, Wu Z L, Liu L Y, Ma J Y. Effects of planting density on fertility dynamics, yield and quality of cotton. *North China Journal of Agriculture*, 2014, 29(S1): 146-154
- [20] 孟俊婷, 韦京艳, 唐淑荣, 魏守军. 2018-2019年我国棉花推广品种纤维品质状况调查. *中国棉花*, 2020, 47(8): 7-9, 27
Meng J T, Wei J Y, Tang S R, Wei S J. Survey on fiber quality status of promoted cotton varieties in China in 2018-2019. *China Cotton*, 2020, 47(8): 7-9, 27
- [21] 郑巨云, 桑志伟, 王俊铎, 龚照龙, 梁亚军, 张泽良, 郭江平, 莫明, 李雪源. 棉花品种抗旱性相关指标分析与综合评价. *中国农业科技导报*, 2022, 24(10): 23-34
Zheng J Y, Sang Z W, Wang J D, Gong Z L, Liang Y J, Zhang Z L, Guo J P, Mo M, Li X Y. Analysis and comprehensive evaluation of drought tolerance indexes of cotton varieties. *China Agricultural Science and Technology Bulletin*, 2022, 24(10): 23-34
- [22] 赵康, 杨涛, 王红刚, 李生梅, 庞博, 马尚洁, 高文伟. 42个新疆海岛棉品种萌发期耐盐性评价. *作物杂志*, 2022, 38(5): 27-33
Zhao K, Yang T, Wang H G, Li S M, Pang B, Ma S J, Gao W W. Evaluation of 42 Xinjiang sea island cotton varieties for salt tolerance during germination. *Crops*, 2022, 38(5): 27-33
- [23] 邓聚龙. 灰色系统与农业. *山西农业科学*, 1985(5): 34-37
Deng J L. Gray system and agriculture. *Shanxi Agricultural Science*, 1985(5): 34-37
- [24] 刘斌, 安力, 刘涛, 蒋志荣. 基于灰色关联度分析的早砂地籽瓜/花生间作模式评价. *河南农业科学*, 2016, 45(1): 96-99
Liu B, An L, Liu T, Jiang Z R. Evaluation of seed melon/peanut intercropping pattern in dry sand land based on gray correlation analysis. *Henan Agricultural Science*, 2016, 45(1): 96-99
- [25] 刘翔宇, 吴久赞, 蒋立伟, 加帕尔·尼亚孜, 吾甫尔·阿不都, 郭峰. 新疆长绒棉新品系综合评价. *作物杂志*, 2015(5): 50-54
Liu X Y, Wu J Y, Jiang L W, Gapar N Y Z, Ufuer A B D, Guo F. Comprehensive evaluation of new long-staple cotton lines in Xinjiang. *Crops*, 2015(5): 50-54
- [26] 郭亚军. 综合评价理论与方法. 北京: 科学出版社, 2002: 7-15
Guo Y J. Theory and methods of comprehensive evaluation. Beijing: Science Press, 2002: 7-15
- [27] 赵玉芬, 王储一, 蒋淑磊, 储博彦. 基于层次分析法的卫矛属资源综合评价. *河北林业科技*, 2023(4): 1-5
Zhao Y F, Wang C Y, Jiang S L, Chu B Y. Comprehensive evaluation of the resources of the genus *Weixiang* based on hierarchical analysis. *Hebei Forestry Science and Technology*, 2023(4): 1-5
- [28] 陈香波, 张冬梅, 申瑞雪. 百子莲属品种资源综合评价与筛选. *上海农业学报*, 2023, 39(4): 17-24
Chen X B, Zhang D M, Shen R X. Comprehensive evaluation and suitable varieties selection of *Agapanthus* based on AHP method. *Shanghai Journal of Agriculture*, 2023, 39(4): 17-24

附表 1 A 群体资源原始名称及综合得分

Appendix 1 Original names and comprehensive scores of resources in population A

编号	资源名称	综合得分	编号	资源名称	综合得分	编号	资源名称	综合得分
Number	Resource name	Score	Number	Resource name	Score	Number	Resource name	Score
A1	108F	0.634	A96	鲁 890	0.561	A191	新陆早 24	0.732
A2	208H-1	0.535	A97	鲁棉 1 号	0.481	A192	新陆早 25	0.572
A3	4133Bt	0.675	A98	鲁棉 2 号	0.542	A193	新陆早 26	0.531
A4	70-24	0.584	A99	鲁棉 6 号	0.523	A194	新陆早 27	0.589
A5	73-184	0.674	A100	鲁棉研 16	0.543	A195	新陆早 28	0.608
A6	73-782	0.563	A101	鲁棉研 21	0.58	A196	新陆早 30	0.558
A7	AC321	0.549	A102	鲁棉研 28	0.582	A197	新陆早 31	0.603
A8	Ari3697	0.683	A103	鲁原 343	0.472	A198	新陆早 32	0.527
A9	Ari971	0.568	A104	罗甸铁籽棉	0.64	A199	新陆早 33	0.516
A10	BP52	0.5	A105	美 B-35	0.574	A200	新陆早 34	0.602
A11	CC28	0.602	A106	南丹巴地大花	0.482	A201	新陆早 35	0.622
A12	F281	0.594	A107	南丹里湖大棉	0.587	A202	新陆早 36	0.541
A13	FH682	0.669	A108	宁 523	0.604	A203	新陆早 37	0.623
A14	GL2GL3	0.48	A109	宁棉 18	0.498	A204	新陆早 38	0.589
A15	J02-508	0.478	A110	农大棉 7 号	0.725	A205	新陆早 39	0.684
A16	KK1543	0.541	A111	农林 1 号	0.465	A206	新陆早 41	0.591
A17	L-5F45	0.496	A112	彭泽 4 号	0.519	A207	新陆早 42	0.631
A18	M-8114-0224	0.595	A113	秦远 93089	0.621	A208	新陆早 45	0.707
A19	MAR-7A-3	0.508	A114	陕 2754	0.503	A209	新陆早 46	0.656
A20	MSCO-8	0.55	A115	陕 2812	0.517	A210	新陆早 47	0.584
A21	N74-250	0.501	A116	陕 416	0.476	A211	新陆中 33	0.548
A22	PD6186	0.582	A117	邵阳大桃	0.516	A212	新陆中 34	0.681
A23	PD97072	0.559	A118	石河子 913	0.492	A213	新陆中 35	0.616
A24	Pilose-3	0.577	A119	石远 321	0.59	A214	新陆中 36	0.624
A25	St213RNR	0.456	A120	石远 345	0.514	A215	新陆中 37	0.636
A26	TM-1	0.582	A121	司-6524	0.512	A216	新陆中 38	0.604
A27	TYJ-98-35	0.518	A122	泗 168	0.555	A217	新陆中 40	0.563
A28	Z37less	0.523	A123	泗棉 3 号	0.606	A218	新陆中 41	0.608
A29	澳 siv2	0.518	A124	苏 BR6202Bt	0.542	A219	新陆中 42	0.517
A30	澳 v2/757	0.544	A125	苏抗 310	0.579	A220	新陆中 44	0.6
A31	八农 212	0.463	A126	苏棉 12	0.527	A221	新陆中 45	0.608
A32	巴马那良大棉	0.51	A127	苏棉 1 号	0.49	A222	新陆中 46	0.676
A33	巴棉 1 号	0.495	A128	苏棉 9 号	0.655	A223	新陆中 47	0.555
A34	北褚公社棉	0.512	A129	苏优 6003	0.549	A224	新陆中 48	0.603
A35	北京 432	0.515	A130	苏优 6036	0.536	A225	新陆中 54	0.684
A36	博乐 34 号	0.572	A131	苏优 6108	0.497	A226	新陆中 58	0.612
A37	常抗棉	0.568	A132	苏远 04-129	0.524	A227	新陆中 59	0.569
A38	超鸡脚德字棉	0.484	A133	苏远 04-162	0.484	A228	新陆中 60	0.553
A39	川 169-6	0.443	A134	苏远 7235	0.577	A229	新陆中 61	0.68
A40	川 206	0.52	A135	吐 71-113	0.472	A230	新陆中 62	0.638

A41	川 3593	0.636	A136	吐 83-161	0.571	A231	新陆中 63	0.619
A42	大铃棉 69 号	0.581	A137	宛 3396	0.554	A232	新陆中 64	0.707
A43	岱 4554	0.494	A138	宛早 686	0.486	A233	新陆中 65	0.704
A44	岱红岱	0.475	A139	望江长绒棉	0.586	A234	新陆中 68	0.637
A45	岱字棉 15 号 (Deltapine15)	0.511	A140	新陆早 1	0.579	A235	徐州 514	0.539
A46	滇丽江县巨甸乡苗花	0.526	A141	新陆早 2	0.538	A236	徐州 553	0.532
A47	鄂抗棉 10 号	0.599	A142	新陆早 3	0.562	A237	徐州 6 号	0.608
A48	鄂抗棉 8 号	0.601	A143	新陆早 4	0.599	A238	一束红	0.556
A49	鄂棉 12 号	0.521	A144	新陆早 5	0.599	A239	银棉 1 号	0.579
A50	鄂棉 20 号	0.556	A145	新陆早 6	0.582	A240	渝棉 1 号	0.558
A51	鄂沙 28	0.614	A146	新陆早 7	0.598	A241	豫棉 18	0.436
A52	反帝棉	0.522	A147	新陆早 8	0.483	A242	豫棉 1 号	0.541
A53	费尔干 175 (Feiergan175)	0.535	A148	新陆早 9	0.602	A243	豫棉 8 号	0.551
A54	赣棉 11 号	0.571	A149	新陆早 10	0.636	A244	运 93 抗 354	0.524
A55	国欣棉 3 号	0.645	A150	新陆早 11	0.591	A245	运 94H-32	0.555
A56	邯 241	0.617	A151	新陆早 12	0.504	A246	运早 219	0.551
A57	邯 284	0.551	A152	新陆早 13	0.638	A247	中 1421	0.598
A58	邯邯 333	0.559	A153	新陆早 15	0.586	A248	中 1441	0.624
A59	河南大铃大斯棉	0.539	A154	新陆早 16	0.56	A249	中 203016	0.528
A60	黑山棉 1 号	0.517	A155	新陆早 17	0.598	A250	中 5765	0.546
A61	湖南麻阳洋棉花	0.561	A156	新陆早 18	0.583	A251	中 85271	0.509
A62	沪棉 204	0.695	A157	新陆早 19	0.538	A252	中 R1052	0.506
A63	华中 106	0.657	A158	新陆早 21	0.549	A253	中 R2058	0.527
A64	鸡脚红叶棉	0.518	A159	新陆早 22	0.559	A254	中 R773-310	0.562
A65	冀 668	0.662	A160	新陆早 23	0.613	A255	中 R773-314	0.537
A66	冀 91-28	0.577	A161	新陆早 24	0.607	A256	中沪植 PI9321	0.552
A67	冀棉 12	0.54	A162	新陆早 25	0.572	A257	中棉所 10 号	0.58
A68	简阳 303	0.54	A163	新陆早 26	0.531	A258	中棉所 16	0.532
A69	江苏棉 1 号	0.56	A164	新陆早 27	0.589	A259	中棉所 17	0.505
A70	晋棉 34	0.617	A165	新陆早 28	0.608	A260	中棉所 19	0.558
A71	晋棉 36	0.678	A166	新陆早 30	0.558	A261	中棉所 35	0.568
A72	晋棉 38	0.681	A167	新陆早 31	0.603	A262	中棉所 41	0.551
A73	晋棉 46	0.632	A168	新陆早 32	0.527	A263	中棉所 43	0.589
A74	晋棉 49	0.57	A169	新陆早 33	0.516	A264	中棉所 49	0.554
A75	晋农大远 3-1	0.542	A170	新陆早 34	0.602	A265	中棉所 50	0.527
A76	晋远 1081	0.57	A171	新陆早 35	0.622	A266	中棉所 60	0.638
A77	荆 55173	0.683	A172	新陆早 36	0.541	A267	中棉所 81	0.628
A78	荆州退化棉	0.45	A173	新陆早 37	0.623	A268	中棉所 82	0.562
A79	酒棉 2 号	0.546	A174	新陆早 38	0.589	A269	中无 378	0.563
A80	酒棉 8 号	0.606	A175	新陆早 39	0.684	A270	中远 0114	0.59
A81	军棉 1 号	0.533	A176	新陆早 41	0.591	A271	中植 86-1	0.577
A82	喀什 736	0.51	A177	新陆早 42	0.631	A272	中植 86-6	0.535
A83	抗 5	0.53	A178	新陆早 45	0.707	A273	中植棉 2 号	0.519
A84	科远 1	0.5	A179	新陆早 46	0.656	A274	奎 85-174	0.573

A85	科远 4	0.535	A180	新陆早 47	0.584	A275	西部 50	0.54
A86	库车 96515	0.569	A181	新陆早 12	0.504	A276	新陆早 29	0.599
A87	奎屯系 353	0.579	A182	新陆早 13	0.638	A277	新陆早 60	0.631
A88	辽 2277	0.514	A183	新陆早 15	0.586	A278	新陆中 5	0.544
A89	辽 4853	0.565	A184	新陆早 16	0.56	A279	新陆中 39	0.612
A90	辽 7003	0.477	A185	新陆早 17	0.598	A280	新陆中 50	0.647
A91	辽 7334-7728	0.45	A186	新陆早 18	0.583	A281	WY17003	0.694
A92	辽锦棉 3 号	0.451	A187	新陆早 19	0.538	A282	NH15050	0.636
A93	辽棉 9 号	0.491	A188	新陆早 21	0.549	A283	NDS-8 选	0.658
A94	临清 2350	0.612	A189	新陆早 22	0.559			
A95	灵宝棉	0.468	A190	新陆早 23	0.613			

附表 2 Y 群体各材料综合得分

Appendix 2 Comprehensive scores of various materials in population Y

编号 Number	综合得分 Score	编号 Number	综合得分 Score	编号 Number	综合得分 Score	编号 Number	综合得分 Score
Y1	0.478	Y105	0.553	Y209	0.525	Y313	0.451
Y2	0.56	Y106	0.512	Y210	0.647	Y314	0.525
Y3	0.615	Y107	0.476	Y211	0.507	Y315	0.558
Y4	0.598	Y108	0.516	Y212	0.542	Y316	0.488
Y5	0.522	Y109	0.521	Y213	0.467	Y317	0.51
Y6	0.503	Y110	0.425	Y214	0.519	Y318	0.541
Y7	0.482	Y111	0.579	Y215	0.537	Y319	0.501
Y8	0.544	Y112	0.577	Y216	0.535	Y320	0.493
Y9	0.562	Y113	0.591	Y217	0.478	Y321	0.542
Y10	0.544	Y114	0.594	Y218	0.602	Y322	0.555
Y11	0.57	Y115	0.511	Y219	0.502	Y323	0.529
Y12	0.52	Y116	0.511	Y220	0.523	Y324	0.534
Y13	0.495	Y117	0.537	Y221	0.529	Y325	0.502
Y14	0.517	Y118	0.563	Y222	0.502	Y326	0.497
Y15	0.585	Y119	0.572	Y223	0.509	Y327	0.557
Y16	0.533	Y120	0.53	Y224	0.538	Y328	0.457
Y17	0.497	Y121	0.543	Y225	0.583	Y329	0.426
Y18	0.508	Y122	0.491	Y226	0.549	Y330	0.491
Y19	0.568	Y123	0.584	Y227	0.55	Y331	0.534
Y20	0.574	Y124	0.487	Y228	0.667	Y332	0.464
Y21	0.501	Y125	0.509	Y229	0.543	Y333	0.531
Y22	0.59	Y126	0.548	Y230	0.48	Y334	0.519
Y23	0.544	Y127	0.474	Y231	0.508	Y335	0.611
Y24	0.508	Y128	0.473	Y232	0.511	Y336	0.527
Y25	0.486	Y129	0.528	Y233	0.475	Y337	0.602
Y26	0.579	Y130	0.478	Y234	0.524	Y338	0.507
Y27	0.511	Y131	0.539	Y235	0.451	Y339	0.552
Y28	0.588	Y132	0.491	Y236	0.472	Y340	0.537
Y29	0.558	Y133	0.532	Y237	0.573	Y341	0.455
Y30	0.529	Y134	0.51	Y238	0.513	Y342	0.573
Y31	0.544	Y135	0.524	Y239	0.56	Y343	0.529
Y32	0.544	Y136	0.512	Y240	0.521	Y344	0.579
Y33	0.525	Y137	0.517	Y241	0.543	Y345	0.539
Y34	0.55	Y138	0.495	Y242	0.503	Y346	0.536
Y35	0.566	Y139	0.501	Y243	0.495	Y347	0.545
Y36	0.528	Y140	0.566	Y244	0.498	Y348	0.547
Y37	0.549	Y141	0.485	Y245	0.494	Y349	0.488
Y38	0.546	Y142	0.552	Y246	0.523	Y350	0.561
Y39	0.547	Y143	0.572	Y247	0.437	Y351	0.528
Y40	0.544	Y144	0.47	Y248	0.499	Y352	0.513

Y41	0.493	Y145	0.606	Y249	0.486	Y353	0.539
Y42	0.487	Y146	0.509	Y250	0.564	Y354	0.58
Y43	0.481	Y147	0.52	Y251	0.554	Y355	0.521
Y44	0.524	Y148	0.505	Y252	0.545	Y356	0.567
Y45	0.517	Y149	0.494	Y253	0.535	Y357	0.583
Y46	0.538	Y150	0.462	Y254	0.496	Y358	0.528
Y47	0.577	Y151	0.504	Y255	0.523	Y359	0.517
Y48	0.591	Y152	0.508	Y256	0.517	Y360	0.508
Y49	0.561	Y153	0.515	Y257	0.552	Y361	0.481
Y50	0.548	Y154	0.544	Y258	0.567	Y362	0.533
Y51	0.488	Y155	0.474	Y259	0.549	Y363	0.501
Y52	0.556	Y156	0.515	Y260	0.523	Y364	0.477
Y53	0.603	Y157	0.51	Y261	0.497	Y365	0.442
Y54	0.44	Y158	0.502	Y262	0.591	Y366	0.422
Y55	0.614	Y159	0.503	Y263	0.519	Y367	0.506
Y56	0.596	Y160	0.496	Y264	0.529	Y368	0.493
Y57	0.627	Y161	0.479	Y265	0.499	Y369	0.522
Y58	0.526	Y162	0.503	Y266	0.606	Y370	0.445
Y59	0.57	Y163	0.497	Y267	0.501	Y371	0.52
Y60	0.518	Y164	0.612	Y268	0.521	Y372	0.6
Y61	0.609	Y165	0.546	Y269	0.526	Y373	0.501
Y62	0.538	Y166	0.515	Y270	0.575	Y374	0.533
Y63	0.531	Y167	0.552	Y271	0.499	Y375	0.542
Y64	0.562	Y168	0.505	Y272	0.53	Y376	0.494
Y65	0.57	Y169	0.495	Y273	0.574	Y377	0.509
Y66	0.505	Y170	0.496	Y274	0.584	Y378	0.49
Y67	0.486	Y171	0.519	Y275	0.582	Y379	0.54
Y68	0.538	Y172	0.536	Y276	0.525	Y380	0.527
Y69	0.58	Y173	0.554	Y277	0.551	Y381	0.556
Y70	0.487	Y174	0.531	Y278	0.61	Y382	0.591
Y71	0.525	Y175	0.502	Y279	0.533	Y383	0.624
Y72	0.496	Y176	0.503	Y280	0.55	Y384	0.561
Y73	0.557	Y177	0.484	Y281	0.546	Y385	0.486
Y74	0.508	Y178	0.496	Y282	0.538	Y386	0.488
Y75	0.532	Y179	0.5	Y283	0.525	Y387	0.455
Y76	0.561	Y180	0.533	Y284	0.529	Y388	0.452
Y77	0.475	Y181	0.521	Y285	0.598	Y389	0.468
Y78	0.511	Y182	0.541	Y286	0.503	Y390	0.528
Y79	0.491	Y183	0.516	Y287	0.5	Y391	0.509
Y80	0.502	Y184	0.509	Y288	0.506	Y392	0.525
Y81	0.49	Y185	0.567	Y289	0.475	Y393	0.558
Y82	0.478	Y186	0.54	Y290	0.467	Y394	0.433
Y83	0.598	Y187	0.516	Y291	0.526	Y395	0.552
Y84	0.542	Y188	0.544	Y292	0.586	Y396	0.615

Y85	0.514	Y189	0.564	Y293	0.548	Y397	0.509
Y86	0.511	Y190	0.494	Y294	0.531	Y398	0.485
Y87	0.544	Y191	0.585	Y295	0.535	Y399	0.549
Y88	0.526	Y192	0.527	Y296	0.53	Y400	0.506
Y89	0.551	Y193	0.525	Y297	0.637	Y401	0.512
Y90	0.594	Y194	0.521	Y298	0.514	Y402	0.606
Y91	0.587	Y195	0.533	Y299	0.469	Y403	0.483
Y92	0.536	Y196	0.522	Y300	0.497	Y404	0.511
Y93	0.532	Y197	0.603	Y301	0.505	Y405	0.508
Y94	0.503	Y198	0.612	Y302	0.545	Y406	0.625
Y95	0.483	Y199	0.542	Y303	0.509	Y407	0.532
Y96	0.513	Y200	0.554	Y304	0.488	Y408	0.515
Y97	0.516	Y201	0.573	Y305	0.533	Y409	0.524
Y98	0.531	Y202	0.563	Y306	0.542	Y410	0.519
Y99	0.514	Y203	0.557	Y307	0.527	Y411	0.499
Y100	0.509	Y204	0.557	Y308	0.471	Y412	0.521
Y101	0.521	Y205	0.536	Y309	0.551	Y413	0.517
Y102	0.553	Y206	0.558	Y310	0.586	Y414	0.547
Y103	0.593	Y207	0.469	Y311	0.498	Y415	0.551
Y104	0.514	Y208	0.567	Y312	0.561	Y416	0.554
