



植物遗传资源学报

Journal of Plant Genetic Resources

ISSN 1672-1810, CN 11-4996/S

《植物遗传资源学报》网络首发论文

题目： 基于品种比较试验建立陆地棉综合评价体系
作者： 杜道，郭文文，吴莹，陈全家，张俊岭，高永健，宋鹤岭，郑凯
DOI： 10.13430/j.cnki.jpgr.20240809003
收稿日期： 2024-08-09
网络首发日期： 2025-01-03
引用格式： 杜道，郭文文，吴莹，陈全家，张俊岭，高永健，宋鹤岭，郑凯. 基于品种比较试验建立陆地棉综合评价体系[J/OL]. 植物遗传资源学报.
<https://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20240809003>



网络首发：在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认：纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188，CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

基于品种比较试验建立陆地棉综合评价体系

杜逍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, 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。3 年误差项变异系数 (CEV) 在 0.40%~4.18% 之间, 2022 年变异系数相对较高, 在 1.01%~20.48% 之间, 单株成铃数和单铃重变异程度最大; 6 对性状之间相关性达到显著水平, 14 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; 筛选出 5 个主成分, 解释 79.87% 的变化率; 根据品种特性聚类得到 5 大类群。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。分别在资源群体和优良品系中验证综合评价体系, 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

(¹ College of Agronomy, Xinjiang Agricultural University/ Key Laboratory of Crop Genetic Improvement and Germplasm Innovation, Urumqi 830052; ² Xinjiang Uygur Autonomous Region Standardization Research Institute, Urumqi 830052; ³ Xinjiang Chanduo Planting Farmers' Specialized Cooperative Association, Shawan 832100; ⁴ Shawan City Agricultural Technology Extension Center, Shawan 832100)

Abstract: To screen high quality cotton varieties with better suitability for production. The 24 early and early-mid maturing upland cotton varieties were used as materials for a 3-years comparative variety trials. Analyzed by correlation, principal component, clustering, gray correlation, etc. The coefficient of variation (CEV) of the 3 years test ranged from 0.40% to 4.18%, and the coefficient of variation was relatively high in 2022., between 1.01% and 20.48%, The greatest variation was observed in the number of bolls per plant and single boll weight; 6 pairs of correlations between traits reached the significant level, 14 pairs reached the highly significant level, the correlation between agronomic traits and yield and fiber quality traits was intricate and complex, and the internal correlations among fiber quality traits are relatively close; 5 principal components were screened, explaining 79.87% of the variability; and 5 major groups were obtained by clustering according to the varietal characteristics. Based on the affiliation function, gray correlation model and AHP model, a set of comprehensive resource evaluation system was proposed. Jinfeng 6, J8031, Xinnongda Cotton 1 and other varieties with better comprehensive quality were screened. The comprehensive evaluation system was verified in resource groups and superior lines respectively, and the evaluation results were consistent with the field performance, which proved that the evaluation system has the basis for further popularization.

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

收稿日期: 2024-08-09

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项目 (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 Uygur 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)

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。据最新统计,截止至 2023 年新疆棉花种植面积达到 511.2 万吨,总产量占全国 90% 以上。随着植棉面积扩大^[1],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,有着不可替代的意义^[3]。然而,棉花育种工作长期以来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的目的。

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、AHP 模型、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]。层次分析模型 (Analytic Hierarchy Process, AHP) 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着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、性状稳定的早熟和早中熟的 24 个审定的陆地棉品种为实验材料,采用隶属函数、灰色关联度模型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 供试材料

试验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。

表 1 参试棉花品种基本信息

Table 1 Basic information of cotton varieties tested

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
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 试验地概况

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。

1.3 试验方法

试验在 2021—2023 年进行, 分别于 4 月 15 日、4 月 17 日和 4 月 14 日播种, 试验采用 2.05 m 宽膜, 按照宽窄行 (66cm、10 cm) 配置行距, 株距 9 cm 种植密度 14 000~15 000 株/亩, 每个品种种植 2 膜, 采用完全随机区组设计, 重复 2 次, 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。

在每个处理的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、单株有效铃数。取中部吐絮正常的 50 个棉铃进行考种, 测定单铃重和衣分, 在各个品种中划出 6.67 m² 的小区, 记录小区内所有有效株数, 采收所有籽棉后称重, 以此估算每亩有效株数和籽棉产量。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监督检验测试中心, 对纤维上半部平均长度、马克隆值、断裂比强度、纤维整齐度、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。

试验中测定的性状包括: 株高 (X₁)、第一果枝高度 (X₂)、单株果枝数 (X₃)、单株有效铃数 (X₄)、单铃重 (X₅)、每亩有效株数 (X₆)、籽棉产量 (X₇)、衣分 (X₈)、皮棉产量 (X₉)、上半部纤维长度 (X₁₀)、纤维整齐度 (X₁₁)、纤维断裂比强度 (X₁₂)、纤维伸长率 (X₁₃)、马克隆值 (X₁₄)。

以试验误差变异系数作为试验精确度和品种比较精确度的评价指标^[11], 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。

采用参照沈丽^[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 X₀ 在 k (第几个指标) 点的关联系数, ρ 为分辨系数, 0 < ρ < 1, ρ 越小, 关联系数

间差异越大，区分能力越强，通常 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。 r 的大小确定比较数列与参考数列的关联程度。

基于上述三种品种评价模型，相互补充彼此优缺点，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。

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

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系数； D_i 为品种的隶属函数综合 D 值。

1.4 数据分析

相关数据使用 Microsoft Excel 2019 录入和整理，采用 R 语言 Matrix 包计算 BLUE 值，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 年品比试验不同性状的误差项变异系数（CEV），检验试验结果的可靠性（表 2）。结果表明 2023 年各性状 CEV 相对较小，试验准确性较高，而 2022 年农艺性状 CEV 较大，误差略大于另外两个年份。不同性状间单株铃数、株数和第一果枝高度易受环境影响，CEV 较大，测量精准度相对较小。总体上讲，3 年试验中各个性状 CEV 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 CEV for each trait in different years of experimentation (%)

性状 Traits	2021	2022	2023
株高 Plant height	1.94	1.98	1.16
始果节高度 Height of the first fruiting node	2.42	2.32	1.86
有效果枝 Effective branch	1.82	2.06	2.40
单株铃数 Number of bolls per plant	2.26	4.18	2.34
单铃重 Single boll weight	1.34	2.96	1.97
株数 Number of plants	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
上半部平均长度 Upper half mean length	0.78	0.80	0.45
纤维整齐度 Fiber uniformity	0.40	0.27	0.26
断裂比强度 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 个代表性性状的差异（图 1）发现，农艺性状方面参试品种株高和单株成铃数差异较大，2023 年平均株高更高，2022 年单株成铃数更多（图 1 A~B）；产量性状方面，各品种单铃重和衣分变化较为稳定，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（图 1 C~F）；纤维品质性状方面，上半部平均长度和断裂比强度均是 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 G~I）。

总体而言，2021 年环境产量与品质皆为中等水平，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。

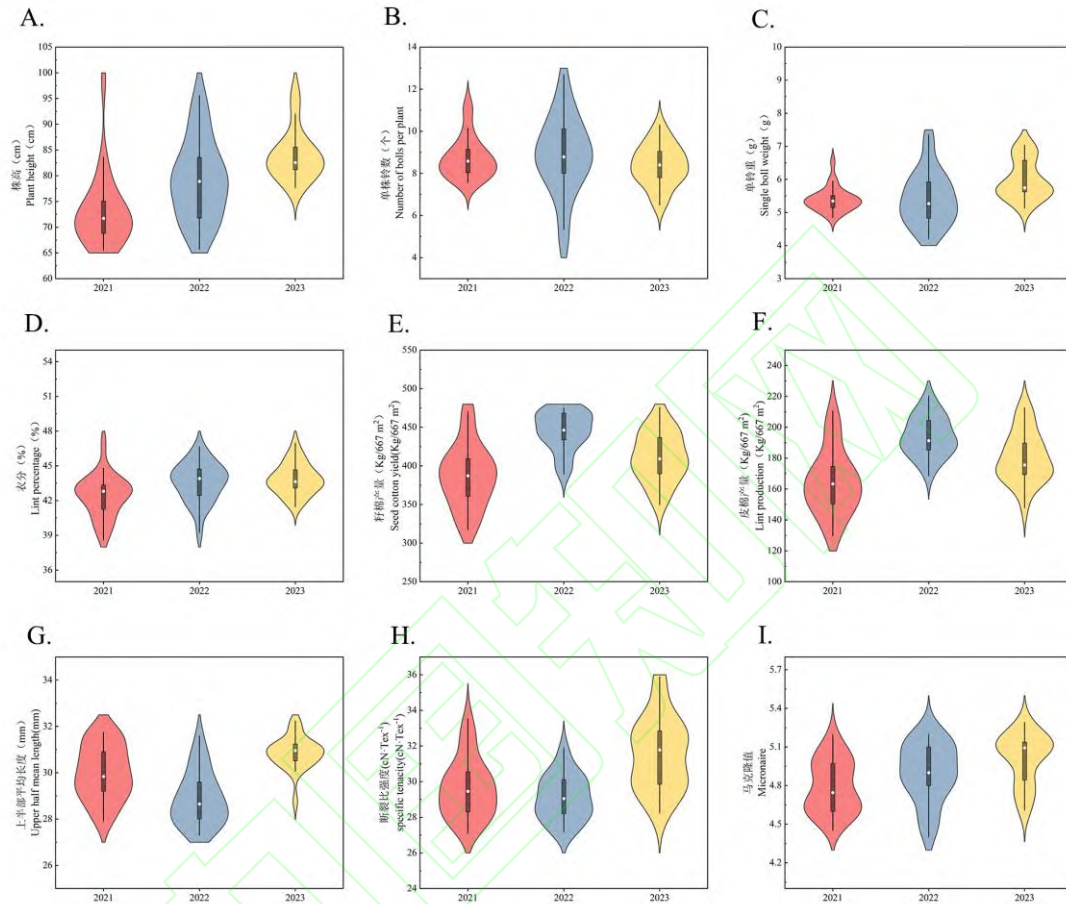


图 1 3 年间参试品种性状比较

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

2.3 参试品种产量品质性状比较

将 24 个品种 3 年产量数据标准化后计算产量性状总得分 (表 3、图 2)。金丰 6 号、J8031 和疆优棉 F015-5 单铃重超过 6.0 g; 新石 K24、新陆早 82 等品种每亩收获株数较多; J8031、新石 K24、新农大棉 1 号、金丰 6 号五个品种籽棉产量超过 440 kg/亩; 新农大棉 1 号衣分水平最高, 超过 44.0%; 皮棉产量方面新农大棉 1 号、新石 K24 和 J8031 超过 200 kg/亩, 平均达到 210.58 kg/亩, 另外新石 K24、J8031 等 10 个品种平均皮棉产量在 180 kg/亩以上。

结果表明, 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 亩株数较多, 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, 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。

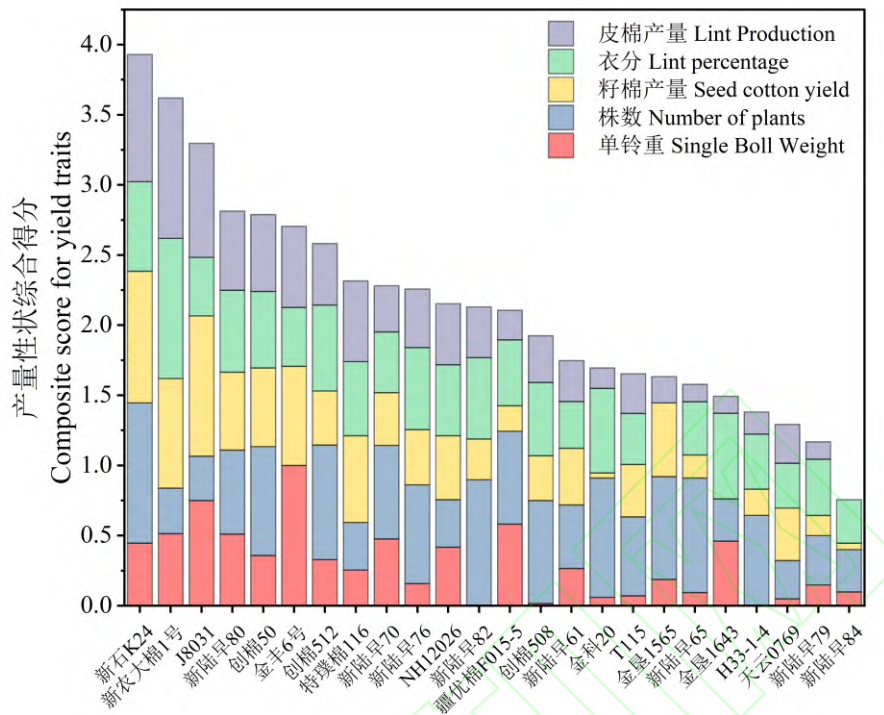


图 2 参试棉花品种产量性状总得分

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

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)

将参试品种 3 年的纤维品质指标数据进行标准化 (图 3、表 4), 发现特璞棉 116、金丰 6 号和天云 0769 等 9 个品种纤维长度超过 30.0 mm; J8031、特璞棉 116 和金丰 6 号纤维整齐度超过 87.0%; 金丰 6 号、金垦 1643 等 5 个品种断裂比强度超过 31.0 cN•tex-1; 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、金垦 1565 等 12 个品种马克隆值处于 B 级水平。

结果表明, 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。特璞棉 116、金垦 1565 和金丰 6 号等品种纤维长度强度较高, 新陆早 80、T116 伸长率较好, 其中特璞棉 116、金丰 6 号、金垦 1565 等 7 个品种纤维品质达到“双 30”水平。综合纤维品质得分上, J8031 > 金丰 6 号 > 金垦 1643 > 特璞棉 116 > 新陆早 80, 位列前 5。

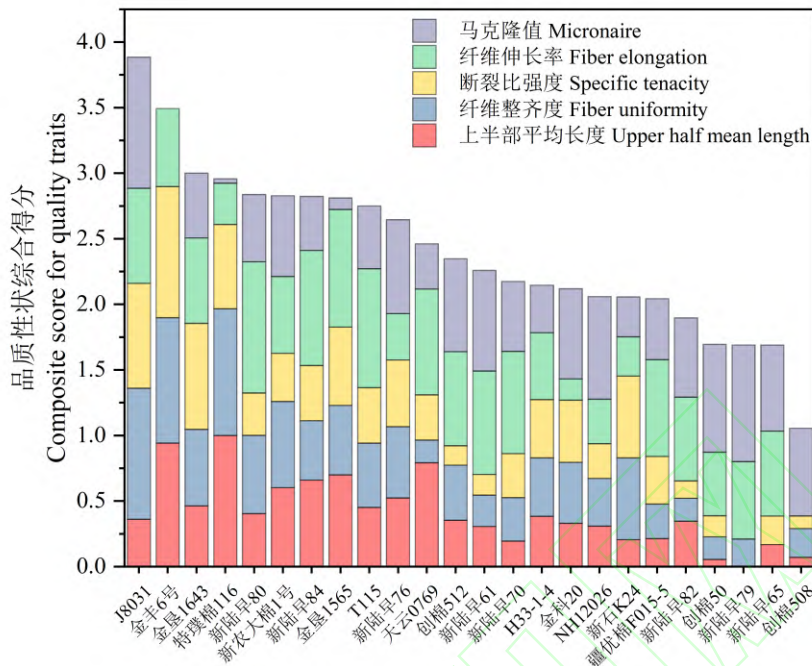


图 3 参试棉花品种纤维品质性状总得分

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

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
上半部均长 (mm) Upper half mean length	特璞棉 116 (31.7)	金丰 6 号 (31.6)	天云 0769 (31.1)
整齐度 (%) Fiber uniformity	H33-1-4 (85.7)	J8031 (88.0)	NH12026 (85.4)
断裂比强度 (cN·tex ⁻¹) Specific tenacity	金丰 6 号 (33.5)	金垦 1643 (32.4)	J8031 (32.4)
伸长率 (%) Fiber elongation	新陆早 80 (9.7)	T115 (9.5)	金垦 1565 (9.5)
马克隆值 Micronaire	J8031 (5.2)	新陆早 79 (5.1)	创棉 50 (5.1)

2.4 参试棉花品种主要性状相关性分析

对参试品种 3 年间的 14 个主要性状进行相关性分析 (图 4), 结果显示有 6 对性状达到显著相关水平, 14 对性状达到极显著相关水平。农艺性状方面, 株高与始果枝高度、单株果枝数达到显著或极显著的正相关关系, 另外单株果枝数与单株有效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, 皮棉产量与始果枝高度显著负相关, 与籽棉产量与衣分极显著正相关, 说明籽棉产量与衣分对皮棉产量存在直接的影响。纤维品质方面, 纤维长度与纤维整齐度、断裂比强度、纤维伸长率极显著正相关, 纤维整齐度和断裂比强度极显著正相关, 而马克隆值与其他四个纤维品质性状均呈极显著负相关, 说明在一定范围内, 高纤维品质材料马克隆值不会处于过高水平。

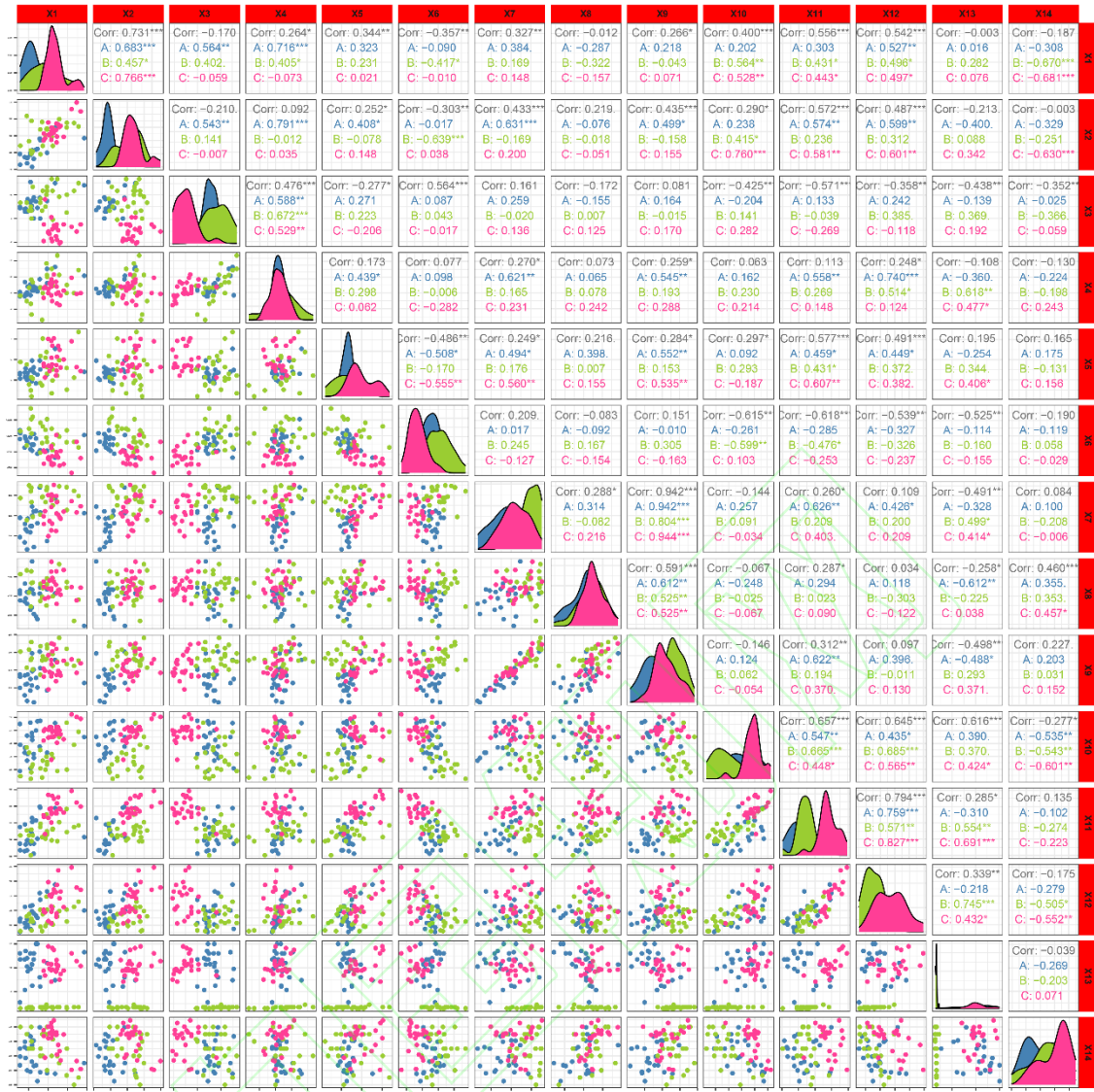


图 4 参试品种主要性状相关关系

Fig. 4 Correlation between the major traits of the participating varieties

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、图 5），筛选出 5 个主成分，解释 77.97% 的变化率，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 29.28%，株高、纤维长度、强度、整齐度的得分系数较高，说明第 1 主成分主要反映棉花的株高和纤维品质水平；第 2 主成分特征值为 2.707，贡献率为 25.01%，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 11.85%，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水平；第 4 主成分的特征值为 1.037，贡献率为 11.84%，有效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。

表 5 主要性状主成分特征向量

Table 5 Principal component eigenvectors of major traits

性状 Traits	第一主成分 PC1	第二主成分 PC2	第三主成分 PC3	第四主成分 PC4
株高 Plant height	0.844	0.146	0.076	0.249

始果节高度 Height of the first fruiting node	0.885	0.188	0.088	-0.051
有效果枝 Effective branch	0.464	0.373	-0.063	0.524
单株铃数 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
株数 Number of plants	-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
上半部平均长度 Upper half mean length	0.726	0.088	0.442	0.100
纤维整齐度 Fiber uniformity	0.539	0.580	0.449	-0.152
断裂比强度 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
方差百分比(%)Percentage of variance	29.280	25.010	11.850	11.840

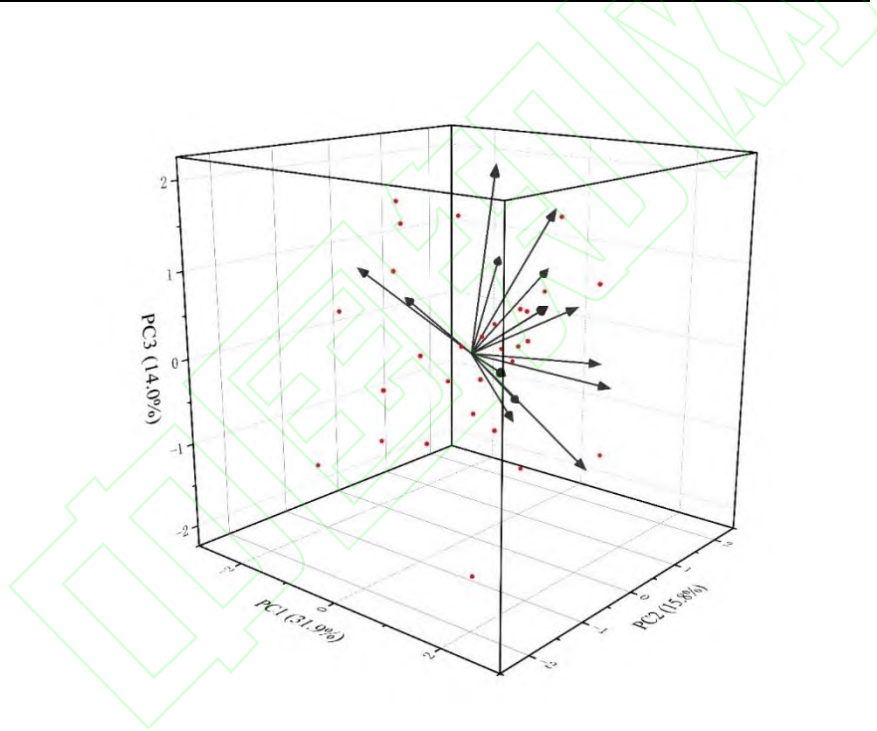


图 5 主要性状主成分分析图

Fig. 5 Analysis of principal components of major traits

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 值对参试品种排名（表 6）。24 个品种得分系数在 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。

表 6 参试品种隶属函数综合 D 值

Table 6 Composite D-value of the affiliation function of participating varieties

品种	得分系数	排名	品种	得分系数	排名
----	------	----	----	------	----

cultivars	Scoring factor	ranking	cultivars	Scoring factor	ranking
J8031	0.702	1	创棉 512	0.400	13
H33-1-4	0.668	2	新石 K24	0.394	14
金丰 6 号	0.648	3	新陆早 79	0.380	15
T115	0.621	4	新陆早 82	0.370	16
NH12026	0.573	5	新陆早 76	0.367	17
金垦 1565	0.558	6	新农大棉 1 号	0.348	18
疆优棉 F015-5	0.484	7	新陆早 61	0.339	19
金科 20	0.447	8	新陆早 80	0.334	20
创棉 508	0.436	9	新陆早 70	0.318	21
特璞棉 116	0.430	10	新陆早 84	0.315	22
创棉 50	0.423	11	新陆早 65	0.305	23
金垦 1643	0.409	12	天云 0769	0.290	24

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，计算各个参试品种与此模型的灰色关联系数，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，以此判定其综合表现水平（表 7）。

结果表明，24 个品种加权关联度在 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。

表 7 参试品种灰色关联度比较

Table 7 Comparison of gray correlation of the participating varieties

品种 cultivars	加权关联度 weighted correlation	排名 ranking	品种 cultivars	加权关联度 weighted correlation	排名 ranking
金丰 6 号	0.758	1	疆优棉 F015-5	0.486	13
J8031	0.704	2	新陆早 76	0.486	14
金垦 1565	0.613	3	新陆早 61	0.469	15
新农大棉 1 号	0.601	4	NH12026	0.468	16
新石 K24	0.580	5	金科 20	0.461	17
T115	0.557	6	创棉 512	0.459	18
特璞棉 116	0.556	7	新陆早 70	0.453	19
天云 0769	0.538	8	创棉 50	0.451	20
新陆早 80	0.533	9	H33-1-4	0.451	21
新陆早 82	0.500	10	新陆早 79	0.445	22
新陆早 84	0.487	11	新陆早 65	0.412	23
金垦 1643	0.487	12	创棉 508	0.394	24

对籽棉产量、单铃重、衣分、纤维长度和断裂比强度 5 个指标进行赋分，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（表 8）。

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）。

表 8 参试品种 AHP 模型得分比较

Table 8 Comparison of AHP model scores of the participating varieties

品种 cultivars	AHP 得分 AHP score	排名 ranking	品种 cultivars	AHP 得分 AHP score	排名 ranking
金丰 6 号	4.371	1	天云 0769	4.106	13
J8031	4.330	2	疆优棉 F015-5	4.103	14
新石 K24	4.267	3	创棉 512	4.100	15
新农大棉 1 号	4.260	4	T115	4.100	16
特璞棉 116	4.238	5	新陆早 61	4.078	17
新陆早 80	4.175	6	H33-1-4	4.060	18
金垦 1565	4.156	7	新陆早 84	4.055	19
金垦 1643	4.145	8	金科 20	4.055	20
新陆早 76	4.143	9	新陆早 82	4.045	21
NH12026	4.128	10	创棉 508	4.025	22
新陆早 70	4.118	11	新陆早 65	4.020	23
创棉 50	4.112	12	新陆早 79	3.983	24

结合三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、0.3 和 0.5 的权重，根据三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，以此构建出一套综合评价体系，将此体系应用于 24 个参试品种（表 9）。

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，结果与三种单一评价模型相近。

表 9 参试品种综合评价模型得分

Table 9 Comprehensive evaluation model score of participating varieties

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

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）导入前文构建的综合评价体系中，进行综合赋分排名，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（图 6、表 10）。A 群体数据来自 3 年 3 点六个环境型，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），79 个资源综合得分在 0.6 以上，其中 A191、A110、

A232 等资源综合水平较高。

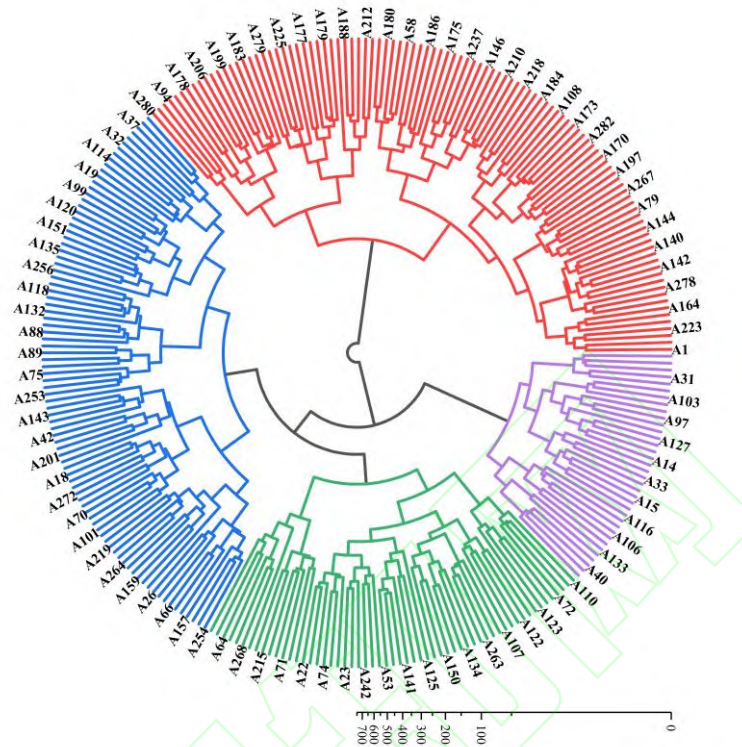


图 6 283 份陆地棉自然资源群体聚类分析

Fig. 6 Cluster analysis of 283 upland cotton natural resource populations

表 10 群体 A 在综合评价体系下极端材料名称及得分

Table 10 Name and score of extreme materials under the integrated evaluation system for Population A

编号	材料名称	综合得分	排名	编号	材料名称	综合得分	排名
Number	Resource name	Score	Ranking	Number	Resource name	Score	Ranking
A191	新陆中 3	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，位列第一和第二，另外单株有效果枝数和有效铃数分别超过 91.2%和 96.5%的资源；A110 有效果枝数、有效铃数和衣分分别超过 95.8%、91.95%和 88.7%的资源；

A232 有效铃数达到 9.76 个，位列第一，有效果枝数超过 92.6% 的资源，以上 3 个资源材料在 A 群体中位列前 3。综合评价体系下排名后 3 位的材料中，A241 有效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% 的资源材料；A39 株高和单铃重分别低于 99.3% 和 98.6% 的材料；A78 有效铃数和衣分均处于较低水平，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，推算其丰产能力（图 7）。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，发现高评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。

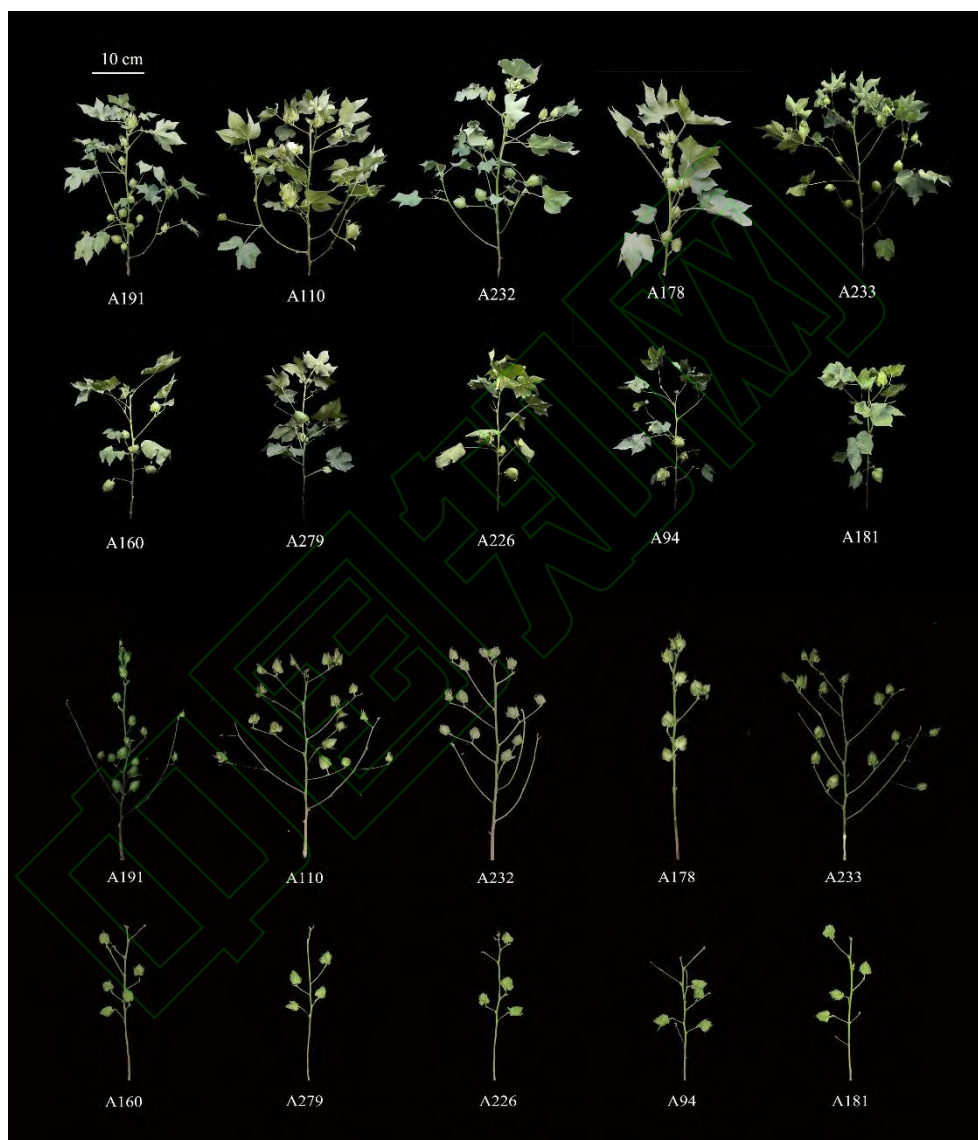


图 7 283 份陆地棉资源群体极端材料表型图片

Fig. 7 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（图 8、表 11）。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 以上，其中 Y228、Y210、Y297 等资源综合水平较高。

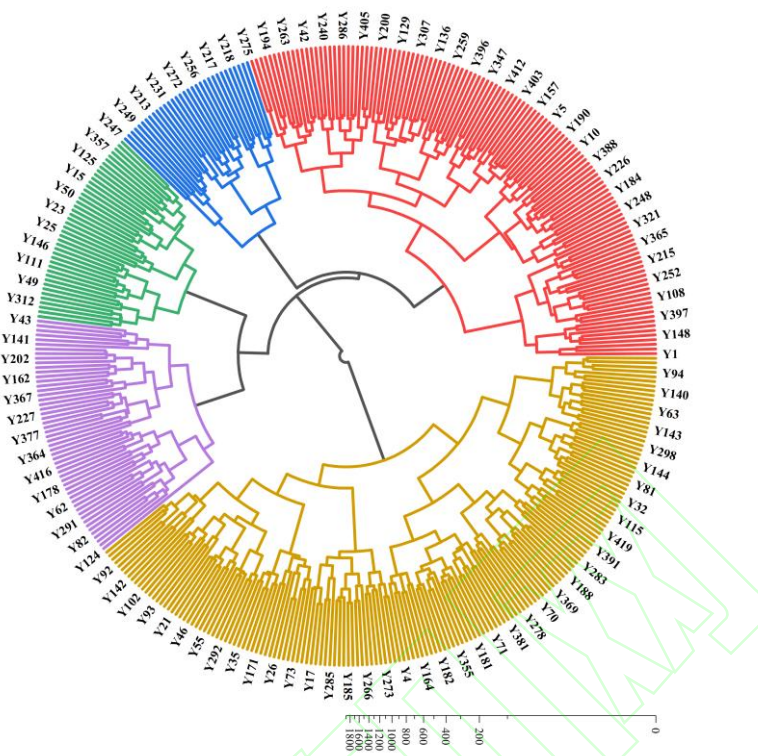


图 8 416 份陆地棉优良品系聚类分析

Fig. 8 Cluster analysis of 416 Elite Lines of Upland Cotton

在 Y 群体排名前三的品系中，Y228 的有效铃数和有效果枝数达到 11.2 个和 8.4 台，分别位列第 1 和第 4；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 有效铃数、纺织参数和有效果枝数分别超过 95.7%、90.6% 和 82.7% 的品系，综合品质较优。

Y366 单株有效铃数和有效果枝数均在 416 份材料中排名最末，纤维品质方面，纺织稳定参数为 158.85，低于 87.0% 的材料；Y110 株高为 63.38 cm，在整个群体中排名倒数第四，另外有效铃数和单铃重低于 82.3% 和 81.3% 的材料；Y329 株高、有效铃数和有效果枝数均处于较低水平，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。故而成 3 个材料在综合评价体系中排名最后 3 位。

表 11 群体 Y 在综合评价体系下极端材料名称及得分

Table 11 Names and scores of extreme materials of Population Y under the integrated evaluation system

编号	综合得分	排名	编号	综合得分	排名
Number	Score	Ranking	Number	Score	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

拍摄 Y 群体铃期田间表型照片发现（图 9），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。



图 9 416 份陆地棉优良品系资源极端材料表型图片

Fig. 9 Phenotypic images of extreme materials from 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了广泛的重视。区域试验的精确度就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（CEV）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% 的单元单点试验视为不合格^[12]。本研究中 3 年实验各性状 CEV 在 0.40%~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^[13]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、有效铃数、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，发现单株成铃数和单铃重有较高的变异系数，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^[14]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^[15]对转 Bt 基因抗虫棉进行连续 16 年的观察测定，发现单株铃数和衣分是构成皮棉产量的重要因素。李有忠等^[16]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始果枝高度、单铃重极显著正相关，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，单铃重与纤维长度和纤维伸长率显著正相关，断裂比强度和株高、马克隆值与衣分的正相关关系均达到显著水平以上，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，与前人研究成果基本一致。

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^[17]，另外株数除作为产量构成关键因素外，还反映着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^[18]。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，收获株数多于其他品种，新农大棉 1 号在衣分方面展现出巨大优势，平均衣分达到 46.88%，皮棉产量亦处于较高水平。

纤维品质方面，纤维长度和断裂比强度反映着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、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^[19]。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 种比较模型中均取得较高的水平，于“一主两辅”模式中可发挥更好的效果，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^[20]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^[21]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 5 个主成分，共解释 79.87% 的变化率，根据结果计算性状权重，进行隶属函数分析，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^[22]，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^[23]。刘翔宇等^[24]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

远大于其它品种的情况时,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实验设计。本研究通过灰色关联分析对 24 个参试品种进行综合性排序,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(AHP)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^[25],赵玉芬等^[26]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^[27]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人个人喜好的影响,重复性较低,因此不适用于重复次数多、验证样本量大的实验设计。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。

本研究比较三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 5 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。根据三种评价方法优缺点对各自赋予相应的权重,构建出一套陆地棉综合评价体系,此体系相较于常规单个模型评价,使用三种不同数学模型对品种进行综合性评价,三种模型相辅相成,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。大大的提高试验的准确性与可重复性。在综合体系中经过校正后,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,在建立体系后分别对 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,进一步验证了资源评价体系的科学性与可重复性,为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(CEV)在 0.40%~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,部分农艺性状对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] 丁凡,吕军,刘勤,郭莹,何文清,王林,严昌荣.我国棉花主产区变化与地膜残留污染研究.华中农业大学学报,2021,40(6):60-67
Ding F, Lv J, Liu Q, Guo Y, He W Q, Wang L, Yan C R. Changes in the main production areas of cotton in China and the contamination of land film residues. Journal of Huazhong Agricultural University, 2021, 40(6): 60-67.
- [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] 孔繁玲,张群远,杨付新,郭恒敏.. *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. *The Crop Journal*, 1998, 24(5):601-607.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 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., Lv 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. *Journal of Crops*,2023,39(2): 77-82
- [16] 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.
- [17] 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 J 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.
- [18] 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.
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] 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. *Journal of Crops*,2022,No.210(5):27-33.
- [22] 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.
- [23] 刘斌,安力,刘涛,蒋志荣.基于灰色关联度分析的旱砂地籽瓜/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.
- [24] 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 J, Jiang L W, Gapar N Y Z, Ufuer A B D, Guo F. Comprehensive evaluation of new long-staple cotton lines in Xinjiang. *Crop Journal*,2015(5):50-54.
- [25] 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.
- [26] 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.
- [27] 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 Bo, Zhang D M, Shen R X. Comprehensive evaluation and screening of varietal resources in the *Agapanthus africanus*.. *Shanghai Journal of Agriculture*,2023,39(4):17-24.