

## 生态环境对陆地棉品种主要产量和质量性状的影响及其稳定性分析

孔德培<sup>1</sup>, 拜克热·斯迪克<sup>2</sup>, 王艳<sup>3</sup>, 龚举武<sup>1\*</sup> (1.棉花生物学国家重点实验室, 中国农业科学院棉花研究所, 河南安阳 455000; 2.新疆维吾尔自治区农村农业厅种业发展中心, 新疆乌鲁木齐 830000; 3.新疆中棉种业有限公司, 新疆阿克苏 843000)

**摘要** 为了研究陆地棉品种主要性状在新疆不同生态区域的变异和产量的稳定性, 选用 10 个陆地棉品种分别在 5 个试验点进行种植, 分析了不同生态环境下陆地棉主要性状的变异规律, 并利用 GGE 双图标分析了籽棉和皮棉产量的稳定性。结果表明, 不同环境下各陆地棉品种的质量和产量性状变幅很大, 不同环境下各性状表现有差异, 变异系数最小的是纤维的整齐度指数, 其次是衣分和纤维的上半部平均长度; 棉花品质性状的上半部平均长度、断裂比强度和马克隆值表现为环境效应大于基因型效应和 G×E 互作效应; 其他性状均表现为基因型效应大于环境效应和 G×E 互作效应; 籽棉产量和纤维的断裂比强度 G×E 互作效应最大, 籽棉产量和皮棉产量分别运用 GGE-biplot 可以有效地解释 G 和 GE 互作的 86.54% 和 84.87% 的变异; 中棉 XP5 和中棉 XP4 是高产类型品种; 中 MB13017 是优质品种; 棉花品质性状主要受环境的影响, 而基因型则决定棉花产量, 单铃重、衣分和马克隆值受 G×E 互作共同影响, 衣分、纤维的整齐度指数和上半部平均长度受基因的遗传特性所控制, 可以通过优化栽培条件显著提高纤维整齐度和长度以及衣分, 从而夺取棉花优质高产。

**关键词** 陆地棉; 基因型; G×E 互作; GGE 双图标

中图分类号 S562 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)24-0022-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.24.007

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



### Effects of Ecological Conditions on Major Yield and Quality Characters of Upland Cotton and Their Stability Analysis

KONG De-pai<sup>1</sup>, Baikere · Sidike<sup>2</sup>, WANG Yan<sup>3</sup> et al (1.State Key Laboratory of Cotton Biology, Institute of Cotton Research of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Anyang, Henan 455000; 2.Center of Seed Industry, Department of Agriculture and Rural Affairs of Xinjiang, Urumqi, Xinjiang 830000; 3.Xinjiang China Cotton Seed Industry Co., Ltd., Akesu, Xinjiang 843000)

**Abstract** In order to study the variations of major quality traits and yield stability of upland cotton varieties in different ecological conditions of Xinjiang, 10 upland cotton varieties were planted in 5 experimental sites. The variations of major characters of upland cotton under different ecological environments were analyzed, and the stability of seed cotton yield and lint yield was analyzed by using GGE-biplot. The results showed that the traits showed wide variation ranges in different environments, and different traits performed differently in different environments. Fiber uniformity had the smallest coefficient of variations, followed by lint percentage and fiber length. Fiber length, fiber strength and fiber micronaire showed greater environmental effects than genotype effects and G × E interaction effects. All other traits showed greater genotype effect than environment effect and G × E interaction effect. Seed cotton yield and fiber strength had the largest G × E interaction effect, GGE biplot could effectively explain 86.54% and 84.87% variation of G and GE interaction in seed yield and lint yield, respectively. Zhongmian XP5 and Zhongmian XP4 were high-yield varieties; Zhong MB 13017 was high-quality variety. Results showed that cotton quality traits were mainly affected by environment, while genotype was the determinant of cotton yield. Single boll weight, lint percentage and micronaire were affected by the interaction of G × E. Fiber uniformity, lint percentage and fiber length were controlled by genetic factors. It is demonstrated that fiber uniformity and length and lint percentage could be significantly improved by optimizing cultivation conditions, and thus obtained high quality and yield of cotton.

**Key words** Upland cotton; Genotype; Genotype×environment interactions; GGE-biplot

棉花是世界上重要的经济作物, 在中国和世界经济发 展中占据重要地位<sup>[1]</sup>, 它不仅是重要的纤维作物, 也是我国重要的经济和油料作物之一<sup>[2]</sup>, 在国民经济中的地位举足轻重<sup>[3]</sup>。2019 年全国棉花总产量 588.9 万 t, 其中新疆棉花产量 500.2 万 t, 因此新疆棉花产量占全国的 84.9%<sup>[4-5]</sup>。

棉花的产量及纤维品质性状是复杂的数量性状, 易受基因型和环境共同影响, 了解棉花产量和纤维品质性状的遗传特性对棉花育种具有极其重要的指导意义, 因此同时改良陆地棉产量和提高纤维品质成为育种工作者集中关注的问题。近年来, 我国粮棉生产争地矛盾突出, 棉花面积萎缩, 生产成本较高, 棉花育种的主要任务是选育在一定条件下栽培产量高、品质优良的新品种。李成奇等<sup>[6]</sup>研究表明, 陆地棉产量及其构成因素都有较高的遗传主效应方差, 受加性效应和显

性效应共同控制。杨昶等<sup>[7]</sup>研究了纤维品质和产量等农艺性状。叶祯维等<sup>[8]</sup>研究结果表明, 杂种 F<sub>1</sub> 纤维品质表现突出, 在分离群体中, 各性状均存在大量的超亲变异, 衣分与纤维长度及强度呈极显著负相关, 与马克隆值呈极显著正相关, 说明棉花产量与品质间的同步改良仍有困难。刘艳改<sup>[9]</sup>研究表明, 性状的表现均受随机误差影响, 但主要由遗传主效应及其与环境互作效应控制, 产量及其构成性状的显性方差占表型方差的比例为 20.9%~59.2%; 纤维品质性状主要由遗传主效应控制, 同时受环境影响较大; 其中衣分、子指、衣指、果枝数、纤维上半部平均长度、马克隆值、伸长率和比强度的狭义遗传率为 10.7%~45.7%。

易先辉<sup>[10]</sup>指出, 利用 AMMI 模型的分析结果能更有效地解释基因与环境间的互作, 从而提高综合评价参试品种稳定性的能力。何叔军等<sup>[11]</sup>研究表明, 各品种(系)皮棉产量的基因型、环境、G×E 效应均达极显著水平。李武等<sup>[12]</sup>研究表明, 中 716 和鲁棉 2153 属高产、稳产性好的品系; 中 804 具有特殊适应性, 在局部地区有推广价值。王士杰等<sup>[13]</sup>研究表明, 05-1441 和 97G1 是区分能力和代表性最好的亲本。

**基金项目** 中国农业科学院棉花研究所中央级公益性科研院所基本科研业务费专项“新疆高品质棉花规模机械化集成种植与示范”(161016202002402)。

**作者简介** 孔德培(1987—), 男, 河南滑县人, 助理研究员, 硕士, 从事品种生态环境鉴定研究。\* 通信作者, 副研究员, 在读博士, 从事棉花分子育种研究。

**收稿日期** 2020-10-31

胡国祥等<sup>[14]</sup>研究表明,马克隆值、伸长率是受环境影响最大的因素,品种间差异大,改良研究与推广应用时应注意 G×E 效应。许乃银等<sup>[15]</sup>分析了区域试验材料,结果表明长江流域棉区大致可划分为 4 个基于纤维比强度选择的品种生态区;在纤维品质的综合表现上,北疆棉区、长江下游、长江上游和南疆棉区的纤维品质综合表现最好,淮北平原、长江中游和南襄盆地次之,而华北平原和黄土高原稍差<sup>[16-24]</sup>。金石桥等<sup>[25]</sup>研究表明,长江流域棉区大致可划分为基于纤维上半部平均长度选择的 3 个品种生态区。唐淑荣等<sup>[26-27]</sup>研究表明,纺纱均匀性指数与纤维上半部平均长度、比强度和整齐度指数呈极显著或显著正相关;西北内陆棉区早熟组纤维品质性状可划分为 3 个生态区,西北内陆棉区早中熟组品质性状由优质到普通亦可划分为 3 个生态区,生态试点的表现可划分为 3 个特征明显的纤维品质生态区。在此基础上,笔者选取了 10 个不同陆地棉品种为试验材料,在新疆的石河子、温宿、45 团、阿拉尔和 125 团 5 个环境进行种植,研究不同环境下陆地棉品种主要产量与品质性状的变异规律,以便为筛选出某一优质高产积累的特定栽培区种植区提供理论依据,从而实现优质高产棉花品种区域化生产,进一步为不同生态环境条件下互相引种和推广提供科学依据,对加快我国优质棉的发展具有重要意义。

## 1 材料与方 法

**1.1 试验材料** 试验所用 10 个优质棉品种种子均由中国农业科学院棉花研究所和中棉种业有限公司提供,包括新陆中 42、中 MB13017、中 MB1502、中棉 15257、中棉 529、中棉 XP4、中棉 XP5、中棉 ZS11、中优 163 和中优 1702。

**1.2 试验方法** 试验于 2018 年 4 月上中旬分别在新疆的石

河子、温宿、45 团、阿拉尔和 125 团 5 个环境进行种植,采用统一的种植技术。每个品种按照随机区组设计进行种植,每个试验点重复 3 次,设置 1 个当地品种为对照(新陆早 61),每个小区面积在 22 m<sup>2</sup>。8 月中下旬调查棉花黄萎病发病,计算病指;2018 年 10 月上旬收取中部花,混收 50 个棉铃,室内称取籽棉质量(g)、皮棉质量(g),用于分析产量及纤维品质测定产量性状,包括铃重和衣分。纤维品质统一送农业农村部棉花品质检验检测中心采用 HFT90000 仪器测定(HVICC 校准),包括上半部平均长度、比强度、马克隆值、伸长率、整齐度指数等。10 月中下旬分别收取每个品种的籽棉重量并记录。

**1.3 数据处理** 采用 Excel 2007 和 R 软件包 GGEbiplot GUI 中的 GGE 模型双图标分析不同品种的基因型与环境互作效应。

## 2 结果与分析

**2.1 不同环境下各陆地棉品种主要性状的比较** 由表 1 可知,不同环境下各陆地棉品种主要性状的变幅很广,最大值和最小值均呈倍数关系。棉花主要性状在基因型间存在极显著差异。4 个不同环境中,黄萎相对病情指数在基因型间的变异系数最大,均超过 35.00%,最大变异系数为 49.43%,出现在温宿试验点;而纤维的整齐度指数的变异系数最小,都不足 2.00%,最小变异系数为 0.89%,也出现在温宿试验点。其中,纤维品质性状的上半部平均长度、断裂比强度和马克隆值均在 125 团环境,棉花抗病性状黄萎病相对病情指数、产量性状的衣分、籽棉和皮棉产量均在温宿环境,产量性状的单铃重和纤维性状的纤维整齐度指数在阿拉尔环境,表明在不同环境下各性状有差异。

表 1 不同环境下各陆地棉品种主要产量和品质性状的描述性分析

Table 1 Descriptive analysis of the major yield and quality characters of upland cotton varieties in different environments

环境(地点) Environ- ment	黄萎病相对病情指数 Relative disease index of verticillium wilt			单铃重 Single boll weight			衣分 Ginning outturn//%		
	均值±标准差 Mean ±standard deviation	范围 Range	变异系数 Variable coefficient %	均值±标准差 Mean±standard deviation//g	范围 Range g	变异系数 Variable coefficient %	均值±标准差 Mean±standard deviation	范围 Range	变异系数 Variable coefficient
45 团	1.27±0.60	0.24~2.28	46.87	5.24±0.37	4.70~5.80	7.03	45.11±1.17	42.70~46.50	2.59
阿拉尔	28.60±10.28	17.53~46.28	35.93	7.32±0.60	6.50~8.50	8.19	40.00±1.27	36.93~41.50	3.16
石河子	19.07±6.85	13.75~30.43	35.94	6.08±0.44	5.30~6.60	7.18	43.12±1.63	40.60~45.70	3.78
温宿	18.35±9.07	5.50~33.50	49.43	6.16±0.47	5.65~7.10	7.63	40.81±1.79	38.25~42.75	4.38
125 团	—	—	—	5.46±0.42	4.61~6.07	7.74	45.11±1.65	41.43~47.16	3.65
环境 (地点) Environ- ment	上半部平均长度 Upper half mean fibre length			纤维整齐度指数 Uniformity index//%			纤维断裂比强度 Fibre strength		
	均值±标准差 Mean± standard deviation//mm	范围 Range mm	变异系数 Variable coefficient %	均值±标准差 Mean± standard deviation	范围 Range	变异系数 Variable coefficient	均值±标准差 Mean ±standard deviation cN/tex	范围 Range cN/tex	变异系数 Variable coefficient %
45 团	29.48±1.55	27.2~32.0	5.26	83.66±0.98	82.1~85.7	1.17	27.98±1.93	26.6~33.1	6.89
阿拉尔	30.21±1.07	28.4~32.0	3.54	84.21±1.11	82.6~85.9	1.32	29.09±1.28	27.0~31.3	4.38
石河子	31.27±1.44	29.0~34.3	4.60	85.92±1.13	83.9~87.1	1.32	30.54±2.38	28.6~35.0	7.78
温宿	31.13±1.52	29.4~34.5	4.87	85.02±0.76	84.1~86.2	0.89	30.11±3.18	27.2~37.6	10.57
125 团	31.17±1.96	29.3~34.4	6.29	85.18±1.04	83.6~86.6	1.22	29.91±3.61	25.9~36.3	12.09

接下表

续表 1

环境 (地点) Envir- onment	马克隆值 Micronaire			籽棉产量 Seed cotton yield			皮棉产量 Lint yield		
	均值±标准差 Mean ±standard deviation	范围 Range	变异系数 Variable coefficient %	均值±标准差 Mean ±standard deviation kg/hm <sup>2</sup>	范围 Range kg/hm <sup>2</sup>	变异系数 Variable coefficient %	均值±标准差 Mean ±standard deviation kg/hm <sup>2</sup>	范围 Range kg/hm <sup>2</sup>	变异系数 Variable coefficient %
45 团	5.05±0.50	3.8~5.5	9.89	378.21±29.88	348.00~439.60	7.90	170.73±16.22	143.82~209.39	9.50
阿拉尔	4.57±0.34	4.1~5.1	7.43	361.94±27.81	318.68~420.65	7.68	144.77±12.46	121.33~171.70	8.61
石河子	4.19±0.38	3.5~4.5	9.17	311.80±42.20	230.30~365.80	13.54	134.39±18.35	93.90~165.20	13.65
温宿	4.39±0.44	3.5~4.8	10.09	323.50±77.10	172.30~426.10	23.83	132.59±33.88	68.58~181.80	25.55
125 团	4.55±0.64	3.3~5.5	14.06	393.71±11.18	371.10~404.90	2.84	177.60±9.32	162.56~200.58	5.25

从表 2 可以看出,中棉 XP5 和中棉 XP4 的籽棉和皮棉产量最高,纤维的上半部平均长度大于 30.0 mm,断裂比强度大于 28.0 cN/tex,马克隆值在 II 级,是高产类型品种;中

MB13017 品种的纤维品质最好,上半部平均长度达 34 mm,断裂比强度大于 36.2 cN/tex,马克隆值为 I 级,产量为中等水平,可以用做优质专用棉。

表 2 不同陆地棉品种主要产量和品质性状的比较

Table 2 Comparison of the major yield and quality characters of upland cotton varieties

品种名称 Variety name	黄萎病 情指数 Relative disease index of verti- cillium wilt	单铃重 Single boll weight//g	衣分 Ginning outturn//%	籽棉产量 Seed cotton yield kg/hm <sup>2</sup>	皮棉产量 Lint yield kg/hm <sup>2</sup>	上半部 平均长度 Upper half mean fibre length//mm	整齐 度指数 Uniformity index//%	断裂 比强度 Fibre strength cN/tex	马克 隆值 Mic- ronaire
新陆中 42 Xinluzhong 42	13.73	5.98	44.12	4 766.4	2 121.3	30.7	84.6	29.2	4.8
中 MB13017 Zhong MB13017	17.98	5.84	40.30	5 308.5	2 142.3	34.1	85.8	36.2	4.0
中 MB1502 Zhong MB1502	12.90	6.00	42.34	4 916.1	2 087.1	29.8	84.1	29.9	4.5
中棉 15257 Zhongmian 15257	15.80	6.26	43.94	5 394.3	2 375.1	29.9	84.7	27.5	4.9
中棉 529 Zhongmian 529	11.50	6.14	42.74	5 146.5	2 210.4	30.2	85.0	28.6	4.7
中棉 XP4 Zhongmian XP4	14.70	6.16	42.98	5 793.3	2 496.3	30.6	85.1	28.3	4.6
中棉 XP5 Zhongmian XP5	22.95	6.18	43.68	5 974.2	2 607.3	31.0	85.3	29.0	4.5
中棉 ZS11 Zhongmian ZS11	14.40	6.16	41.34	4 929.6	2 045.4	29.0	84.5	27.3	4.8
中优 163 Zhongyou 163	22.13	5.80	43.80	5 168.4	2 271.0	30.7	84.2	30.1	4.4
中优 1702 Zhongyou 1702	15.48	6.04	43.06	5 677.2	2 446.2	32.3	85.3	32.0	4.1

2.2 不同环境下各陆地棉品种主要产量和品质性状的方差分析 由表 3 可知,5 个环境的棉花品种的基因型、环境以及基因型与环境互作均在 0.01 水平达到显著差异。从  $F$  值大小可以得出,棉花品质性状的上半部平均长度、断裂比强度和马克隆值表现为环境效应大于基因型效应和基因型×环境

表 3 不同环境下各品种主要产量和品质性状的方差分析 ( $F$  值)

Table 3 Variance analysis of the major yield and quality characters of upland cotton varieties under different environments

性状 Characters	基因型 Genotype	环境 Environment	基因型×环境 Genotype× environment
黄萎病相对病指 Relative disease index of verticillium wilt	274.29***	36.37***	4.90***
单铃重 Single boll weight	469.35***	21.21***	24.81***
衣分 Ginning outturn	175.80***	3.09**	6.51***
籽棉产量 Seed cotton yield	301.98***	88.05***	36.16***
皮棉产量 Lint yield	399.55***	74.97***	27.41***
上半部平均长度 Upper half mean fibre length	41.56***	50.00***	11.32***
断裂比强度 Fibre strength	84.32***	205.38***	34.37***
马克隆值 Micronaire	3.09**	175.79***	6.51***
整齐度指数 Uniformity index	34.78***	5.26***	4.85***

注:\*\*\*和\*\*分别表示在 0.01 和 0.001 水平差异显著

Note:\*\*\* and \*\* indicated significant differences at 0.01 and 0.001 levels, respectively

互作效应;其他性状均表现为基因型效应大于环境效应和基因型×环境互作效应;籽棉产量和纤维的断裂比强度受基因型×环境互作效应最大,说明棉花品质性状主要受环境的影响,而基因型则决定棉花产量,其次是单铃重、衣分和马克隆值受基因型×环境互作共同影响。

2.3 各陆地棉品种适宜种植区域的划分 采用品种与环境的互作来说明各环境产量最高的品种(图 1)。通过中心对 5 条边做 5 条垂线,将双标图分为 5 个扇区,品种在 5 个扇区均有分布,籽棉和皮棉产量环境均分为 3 个扇区,45 团、阿拉尔和石河子为 1 组,温宿和 125 团各为 1 组。分析得出,中棉 XP5 的籽棉和皮棉产量在 45 团、阿拉尔和石河子环境下产量最高。

2.4 各陆地棉品种的产量稳定性分析 品种与环境互作的 GGE 模型分析得出,以环境的第一主成分为  $X$  轴,以第二主成分为  $Y$  轴,品种点和平均环境轴做 1 条垂线,绘制出品种适应性曲线图(图 2)。籽棉产量和皮棉产量分别运用 GGE-biplot 可以有效地解释  $G$  和  $GE$  互作的 86.54% 和 84.87% 的变异。环境平均轴所指的方向是品种在所有环境下的近似平均产量的走向,可以看出中棉 XP5 的籽棉和皮棉产量最高,其次是中优 1702,中优 163 接近试验品种的平均值。

通过中心(原点)与平均轴垂直的线代表各品种与各环境相互作用的倾向性,品种与平均环境轴之间的垂线越长,

表示品种越不稳定。由此可知,中棉 15257 籽棉产量和新陆中 42(线段最长)的皮棉产量最不稳定,而较稳产的是中 MB1502、中优 163、中棉 XP4 和中 MB13017,他们与平均环境

轴的垂线较短。综合品种产量和稳定的指标可以看出,中棉 XP4、中棉 XP5 是较高产、稳产的品种;而中棉 15257 虽然高产,但是不稳产;中 MB1502 虽然稳产,但是产量不很高。

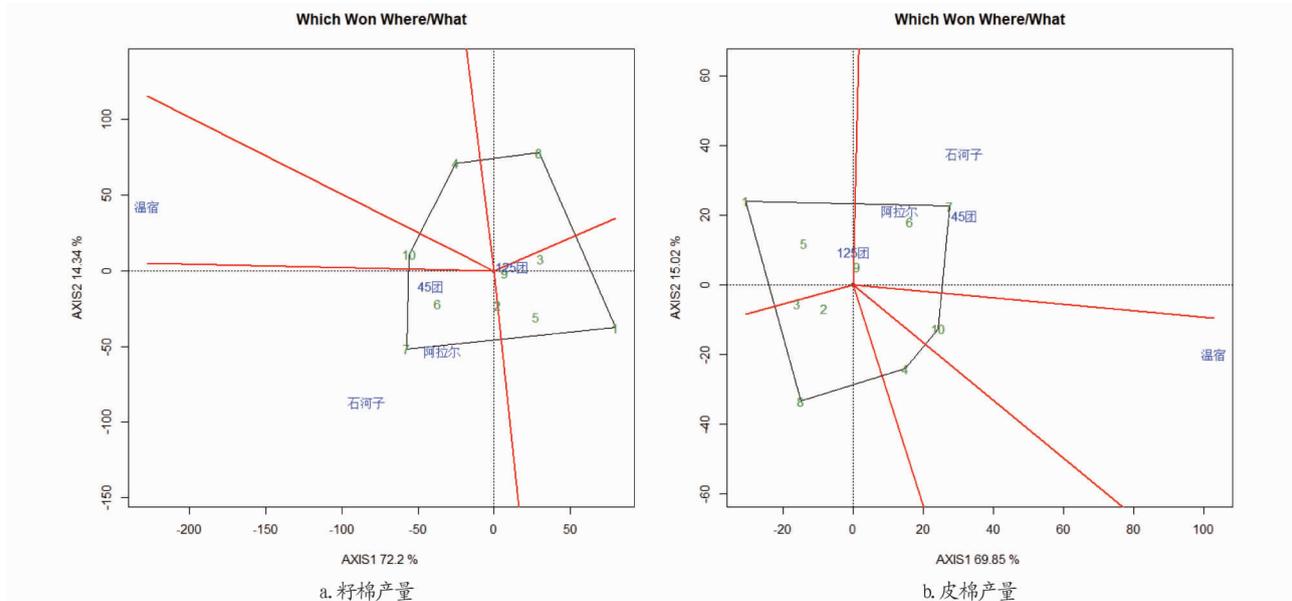


图 1 各陆地棉品种适宜种植区域的划分

Fig.1 Division of the proper planting region of upland cotton varieties

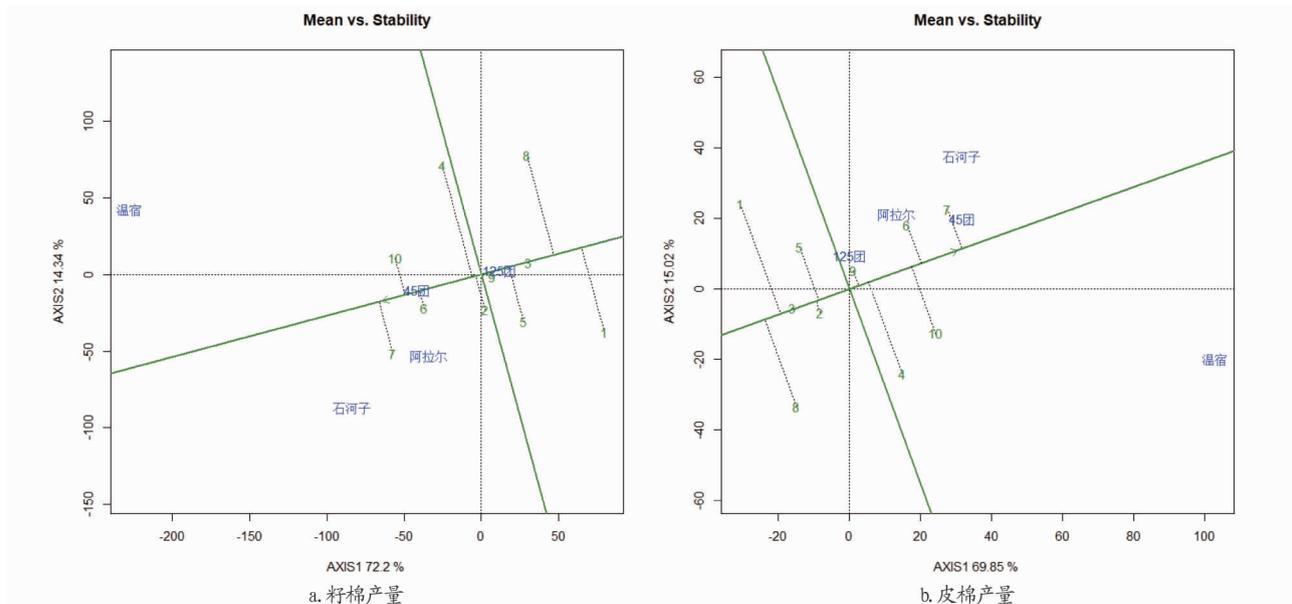


图 2 基于 GGE 模型的陆地棉品种丰产稳产性分析

Fig.2 Analysis of high and stable yield of upland cotton varieties based on GGE model

### 3 结论与讨论

2019 年新疆棉花产量继续保持全国最高,虽较 2018 年下降 2.1%,但占全国总产量比重同比增加 1.1 百分点,达 84.9%<sup>[4-5]</sup>。新疆棉区是我国优质棉的优势产区,棉花的单产潜力很大,品质优势显著,棉花是该区农民收入的重要来源。

棉花产量与纤维品质受遗传和环境因素双重影响,同时受环境与基因互作效应影响,是生物学特性和自然规律的互作,对选育能抵抗不良环境的广泛适应性或特殊适应性品种

具有重要意义<sup>[28]</sup>。不同生态环境条件下,黄萎病的相对病情指数的变异系数最大,均超过 35.00%,最大变异系数为 49.43%,平均变异系数为 42.04%,纤维的整齐度指数的变异系数最小,都不足 2.00%,最小变异系数为 0.89%,平均为 1.18%。各性状的变异系数从大到小依次为黄萎病相对病情指数>皮棉产量>籽棉产量>马克隆值>单铃重>断裂比强度>纤维上半部平均长度>衣分>整齐度指数,表明纤维的整齐度指数、衣分和纤维上半部平均长度被基因的遗传特性所控

制,而受不同生态环境条件及栽培条件的影响较小,人为促变的难度较大。通过优化栽培条件,各生态点可显著提高纤维整齐度和长度以及衣分,达到棉花优质高产,这与陈荣江等<sup>[29]</sup>研究结果衣分与铃重为品种固有的遗传特性所控制基本一致。此外,得出中棉 XP5 和中棉 XP4 是高产类型品种;而中 MB13017 为优质品种。

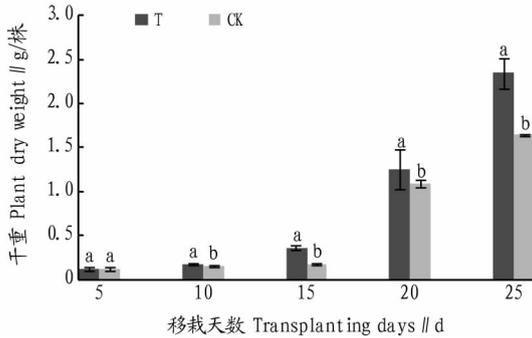
目前,研究人员多侧重于对陆地棉区域试验的产量与品质性状的基因型与环境互作效应和生态区划分<sup>[14-27]</sup>,而对新疆维吾尔自治区陆地棉品种产量和品质性状的研究较少。随着我国棉花产业的战略布局的推进,新疆棉花产量占全国的 84.9%<sup>[4-5]</sup>,2019 年通过对喀什地区主推品种调研发现,喀什地区主推棉花品种衣分多在 45.0% 以上,纤维长度平均为 28.5 mm,断裂比强度为 26.2 cN/tex,难以满足现代纺纱工业的需求。该研究发现,棉花品质性状的上半部平均长度、断裂比强度和马克隆值表现为环境效应大于基因型效应和基因型×环境互作效应;其他性状均表现为基因型效应大于环境效应和基因型×环境互作效应;籽棉产量和纤维的断裂比强度基因型×环境互作效应最大,这表明棉花品质性状主要受环境的影响,而基因型则决定棉花产量,单铃重、衣分和马克隆值受基因型×环境互作共同影响。因此,陆地棉纤维品质性状受气候条件和管理水平的影响较大,这对优质高产棉花品种的区域化生产及优质高产的棉花品种选育有一定的指导意义。

目前,我国农业面临着人口不断增加和耕地资源不断减少的双重压力,随着生物技术的发展,通过现代育种技术大幅度提高棉花单产成为缓解以上压力的重要手段。提高棉花纤维产量和品质以满足棉花生产者和纺织业的要求是棉花育种工作者面临的一个长期挑战。高产优质稳产是品种推广和选育的首要目标。品种的稳定性评价一直采用 Eberhart 和 Russell 的回归系数法<sup>[30]</sup>,此外也有其他多种估算方法,但各具不同的评估侧重点<sup>[31]</sup>。用高稳系数法<sup>[32]</sup>分析了国家抗虫棉联试的 11 个参试品种(系)的高产稳产性,结果表明采用高稳系数分析棉花新品种(系)高产稳产比较准确简便。任爱民等<sup>[33]</sup>评价了邯 6203 的高产稳产性,同时验证了高稳系数法可以兼顾参试品种的高产性和稳产性,是进行棉花品种高产稳产性评价的一种较准确、简便和实用的方法。科学评价品种的高产稳产和适应性有助于提高新品种的选育和应用效率<sup>[34]</sup>。GGE 双图标模型在区域试验广泛应用,它能综合考虑主效应和互作效应,其图形能直观简洁地表达分析结果。该研究利用 GGE 双图标分析了棉花品种在新疆的适宜种植区域划分,并开展了不同品种的产量稳定性分析,结果表明籽棉和皮棉产量环境均分为 3 个扇区,45 团、阿拉尔和石河子为 1 组,温宿和 125 团各为 1 组,中棉 XP5 的籽棉和皮棉产量在 45 团、阿拉尔和石河子环境下产量最高;籽棉产量和皮棉产量分别运用 GGE-biplot 可以有效地解释 G 和 GE 互作的 86.54% 和 84.87% 的变异。综合品种产量和稳定的指标,可以得出中棉 XP4、中棉 XP5 是较高产、稳产的品种。

## 参考文献

- [1] 喻树迅,范术丽,王寒涛,等.中国棉花高产育种研究进展[J].中国农业科学,2016,49(18):3465-3476.
- [2] FANG L, WANG Q, HU Y, et al. Genomic analyses in cotton identify signatures of selection and loci associated with fiber quality and yield traits[J]. *Nature genetics*, 2017, 49(7): 1089-1098.
- [3] 李付广,袁有禄.棉花分子育种进展与展望[J].中国农业科技导报,2011,13(5):1-8.
- [4] 汪焯.我国棉花种植继续向新疆集中[J].农经,2020(3):53-55.
- [5] 国家统计局.国家统计局:关于 2019 年棉花产量的公告[J].中国棉麻产业经济研究,2020(1):27-28.
- [6] 李成奇,郭旺珍,张天真.衣分不同陆地棉品种的产量及产量构成因素的遗传分析[J].作物学报,2009,35(11):1990-1999.
- [7] 杨昶,郭旺珍,张天真.陆地棉抗黄萎病、纤维品质和产量等农艺性状的 QTL 定位[J].分子植物育种,2007,5(6):797-805.
- [8] 叶祯维,邓晓英,石玉真,等.杂交棉中棉所 70 后代分离群体产量品质的表型变异分析[J].棉花学报,2016,28(1):1-10.
- [9] 刘艳改.陆地棉农艺与纤维品质性状的双列杂交分析[D].北京:中国农业科学院,2014.
- [10] 易先辉.应用 AMMI 模型评价湖南棉花区试品种的稳定性[J].江西棉花,2008,30(6):20-24.
- [11] 何叔军,王宇清,陈浩东.GGE 双标图在湖南省棉花品种区域试验中的应用[J].中国农学通报,2015,31(12):273-278.
- [12] 李武,谢德意,赵付安,等.GGE 双标图对短季棉新品系和试点的评价及产量相关性状分析[J].浙江农业科学,2014,55(8):1157-1159,1162.
- [13] 王士杰,朱继杰,赵红霞,等.利用双标图筛选棉花创新种质研究[J].河北农业大学学报,2014,37(5):1-5,38.
- [14] 胡国祥,常树堂,贺玉贵,等.湖北植棉区棉花纤维品质地点间稳定性分析[J].江西棉花,2002,24(5):15-20.
- [15] 许乃银,金石桥.应用 GGE 双标图筛选理想棉花区域试验点[J].江西棉花,2010,32(3):7-12.
- [16] 许乃银,张国伟,李健,等.基于 HA-GGE 双标图的长江流域棉花区域试验环境评价[J].作物学报,2012,38(12):2229-2236.
- [17] 许乃银,金石桥,张国伟,等.HA-GGE 双标图在长江流域棉花品种区域试验中的应用[J].棉花学报,2013,25(6):517-524.
- [18] 许乃银,张国伟,李健,等.基于 GGE 双标图和比强度选择的棉花品种生态区划分[J].中国生态农业学报,2012,20(11):1500-1507.
- [19] 许乃银,张国伟,李健,等.长江流域棉花纤维比强度选择的理想试验环境筛选[J].棉花学报,2013,25(2):121-128.
- [20] 许乃银,李健,张国伟,等.基于 GGE 双标图和马克隆值选择的棉花区域试验环境评价[J].中国生态农业学报,2013,21(10):1241-1248.
- [21] 许乃银,李健.利用 GGE 双标图和综合选择指数划分棉花品种生态区[J].中国生态农业学报,2014,22(9):1113-1121.
- [22] 许乃银,李健.棉花区试中品种多样性状选择的理想试验环境鉴别[J].作物学报,2014,40(11):1936-1945.
- [23] 许乃银,李健.我国主产棉区棉花纤维品质性状的区域分布特征[J].中国生态农业学报,2016,24(11):1547-1554.
- [24] 许乃银,金石桥,李健.利用 GGE 双标图划分我国棉花纤维品质生态区[J].应用生态学报,2017,28(1):191-198.
- [25] 金石桥,许乃银.基于 GGE 双标图与纤维长度选择的棉花品种生态区探索与划分[J].中国农学通报,2013,29(33):165-171.
- [26] 唐淑荣,许乃银,杨伟华,等.基于 GGE 分析的西北内陆棉区纤维品质生态区划分[J].中国生态农业学报,2016,24(12):1674-1682.
- [27] 唐淑荣,王延琴,付小琼,等.黄河流域棉区纤维品质区域分布特征与生态区划研究[J].棉花学报,2017,29(3):274-282.
- [28] 陆国权,黄华宏,何腾弟.甘薯维生素 C 和胡萝卜素含量的基因型、环境及基因型与环境互作效应的分析[J].中国农业科学,2002,35(5):482-486.
- [29] 陈荣江,朱明哲,孙长法.不同生态环境对棉花产量及产量构成因素的影响[J].安徽农业科学,2007,35(5):1315-1316.
- [30] 徐静斐.品种“稳定性参数”的估算方法及其在品种区试中的应用[J].江苏农业科学,1982,10(7):11-16.
- [31] VAEZI B, POUR-ABOUGHADAREH A, MOHAMMADI R, et al. Integrating different stability models to investigate genotype×environment interactions and identify stable and high-yielding barley genotypes[J]. *Euphytica*, 2019, 215(4):63.

**2.4 对植株干重的影响** 由图 1 可知,随移栽天数增加,烟株干物重呈增加趋势,井窖式移栽方式的植株干重高于常规移栽,且在移栽后 10 d 两者间差异达显著水平。移栽后 20 和 25 d,井窖移栽方式烟株干物重分别较常规移栽增加 14.68%、42.68%,差异达显著水平。以上结果表明,烤烟井窖式移栽能促进植株生物量的形成。



注:小写字母不同表示同一时期不同处理间差异达 0.05 显著水平  
Note: Different lowercase letters indicated significant differences at 0.05 level at the same stage

图 1 不同移栽方式对植株干重的影响

Fig.1 Effects of different tobacco plantlet transplanting methods on plant dry weight

### 3 讨论

植物生长环境温度和湿度直接影响植株生长发育状况,井窖式移栽对烤烟生长环境温度和湿度均有明显影响。常规移栽烟苗受低温影响,烟株生长迟缓,烟叶品质降低<sup>[13]</sup>。贾孟等<sup>[14]</sup>研究表明,井窖式移栽随井窖深度增加,土壤温度先升高后降低,而土壤湿度整体呈升高趋势,井窖式具有保温、保湿性能。刘杰等<sup>[15]</sup>研究也表明,井窖式移栽方式较常规移栽更能维持垄内土壤温度的稳定。而崔志燕等<sup>[16]</sup>研究发现,井窖内温度变化趋势没有井窖外明显。该研究表明,井窖式移栽在烤烟移栽后 25 d 内温度和湿度变化幅度没有常规移栽的大,井窖式移栽保持空气湿度效果优于温度,常规移栽空气温度和湿度变化受环境影响更明显。作物生长发育前期植株长势、性状直接决定作物后期生长状况及产量、品质形成。陈煌等<sup>[17-19]</sup>研究表明,井窖式移栽方式能够促进烟株生长发育,缩短大田生育期,改善烟株的农艺性状和经济性状,提高烟叶的产量和品质。邵雪莲等<sup>[20]</sup>研究发现,烤烟井窖式移栽农艺性状、经济性状表现较好,烤烟内在化学成分表现协调。邱雪柏等<sup>[21-22]</sup>研究发现,井窖式移栽影

响烤烟光合特性及产质量,其地上部生物量、根系活力相对最高,根系发育较好。该研究表明,烤烟井窖式移栽在烟株生长发育前期植株株高、最大叶长、最大叶宽、最大根长、叶片 SPAD 值、干物重均高于常规移栽,这种差异随移栽时间推进而显著,这与井窖式移栽能保持较好的温湿度环境促进植株生长发育有关。表明烤烟井窖式移栽能缩短烟株大田缓冲期,促进根系生长,保持烟株良好长势。

### 参考文献

- [1] 刘德玉,李树峰,罗德华,等.移栽期对烤烟产量、质量和光合特性的影响[J].中国烟草学报,2007,13(3):40-46.
- [2] 黄廷炎,杨善恭,周博扬,等.闽北烤烟移栽期的预报[J].气象研究与应用,2010,31(1):57-59,62.
- [3] 罗会斌,龙鹏臻,马键,等.烤烟井窖式小苗移栽技术研究与推广[J].贵州农业科学,2012,40(8):101-107.
- [4] 罗会斌.烤烟井窖式移栽技术[J].农技服务,2012,29(3):344,353.
- [5] 李喜旺,周为华,蒋卫,等.烤烟“井窖式”移栽技术推广总结[J].安徽农业科学,2013,41(2):545-546,563.
- [6] 彭春花,毕永基,黄山,等.不同温型早籼稻叶片光合及生理性状的差异[J].中国农学通报,2015,31(36):13-17.
- [7] 姜丽霞,王铭,朱海霞,等.≥10℃积温距平对玉米不同发育期冷害的判定及其与产量的关系[J].中国农学通报,2016,32(36):152-162.
- [8] 靖华,马爱平,亢秀丽,等.黄淮海北片模拟增加和降低温度对麦田地温、水分变化和水分利用效率的影响[J].水土保持学报,2020,34(1):217-224.
- [9] 柴家荣.烟草早花的产生与防止[J].云南农业科技,1994(5):17-19.
- [10] HALDIMANN R.Effects of changes in growth temperature on photosynthesis and carotenoid composition in *Zea mays* leaves[J].Physical plant, 1996,97(3):554-562.
- [11] 韩锦峰,汪耀富,张新堂.土壤水分对烤烟根系发育和根系活力的影响[J].中国烟草,1992(3):14-17.
- [12] 阳显斌,李廷轩,张锡洲,等.烟蒜轮作与套作对土壤农化性状及烤烟产量的影响[J].核农学报,2015,29(5):980-985.
- [13] 纪洪亭,冯跃华,范乐乐,等.生态及栽培因子对烤烟干物质积累与分配影响的研究进展[J].贵州农业科学,2011,39(11):64-69.
- [14] 贾孟,贾利华,付伟涛,等.不同井窖深度对土壤温湿度及烤烟产质量的影响[J].南方农业学报,2019,50(10):2141-2148.
- [15] 刘杰,周清明,周兴华,等.地膜井窖式移栽对烤烟前期生长发育的影响[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2013,39(3):242-246.
- [16] 崔志燕,郭小宝,杨青坚,等.烤烟井窖式移栽对井窖内温度、根系活力、生长发育及产质量的影响[J].安徽农学通报,2018,24(14):38-39,64.
- [17] 陈煌,罗维,王峰吉,等.不同井窖移栽深度对烤烟生长及烟叶产质量的影响[J].江西农业学报,2015,27(6):73-75,79.
- [18] 邱雪柏,陈伟,高维常,等.井窖式移栽不同栽植深度对烤烟前期生长发育的影响[J].湖北农业科学,2015,54(1):111-113.
- [19] 姚荣坤.烤烟井窖式移栽适栽烟苗标准研究[J].作物研究,2015,29(8):833-836.
- [20] 邵雪莲,申昌优,肖先仪,等.井窖式移栽方式不同井窖规格对烤烟产质量的影响[J].农业与技术,2018,38(3):8-10.
- [21] 邱雪柏,陈伟,高维常,等.井窖式移栽烟苗根系覆土程度对烤烟前期生长发育的影响[J].江苏农业科学,2015,43(4):110-112.
- [22] 史普西,杨成翠,贾孟,等.不同肥料对井窖式移栽烤烟光合特性及产质量的影响[J].江西农业学报,2019,31(12):72-76.

(上接第 26 页)

- [32] 贾新合,王金召,刘淑梅,等.应用高稳系数法分析棉花新品种的高产稳产性[J].江西棉花,2000,22(3):23-25.
- [33] 任爱民,马卫军,张玉娟,等.棉花新品种邯 6203 的高产稳产性分析

[J].河北农业科学,2017,21(4):57-59.

- [34] 许乃银,荣义华,李健,等.GGE 双标图在陆地棉高产稳产和适应性分析中的应用:以长江流域棉区国审棉花新品种“鄂杂棉 30”为例[J].中国生态农学报,2017,25(6):884-892.