

江苏省糯玉米品种产量和品质性状及试点鉴别力分析

李小珊, 黄忠勤, 刘红伟, 苏在兴

(江苏徐淮地区徐州农业科学研究所, 徐州 221131)

摘要: 以 2021–2022 年江苏省区域试验中 25 个糯玉米品种在 9 个试点的鲜穗产量和品质性状数据为研究对象, 应用 GGE 双标图法分析糯玉米品种的产量及区域适应性, 对试点的区分力和代表性进行评价。应用 GYT 双标图法分析糯玉米品种的品质性状、产量和品种×性状间的互作特性, 并对参试品种进行综合评价。结果表明, 2021 年复试品种浙糯 208、糯 YH1113 综合表现优良; 2022 年复试品种润扬白糯具有较强的地域性, 适宜在徐州、淮安等地种植。连甜糯 909 适应性较强, 综合表现优良。泰兴和海门试点的代表性和鉴别力较强, 是较为理想的试验点。

关键词: 糯玉米; 试验点; GGE 双标图; 丰产性; 适应性

中图分类号: S513.037

文献标识码: A

Analysis of Yield, Quality and Pilot Discrimination of Waxy Maize Varieties in Jiangsu Province

LI Xiao-shan, HUANG Zhong-qin, LIU Hong-wei, SU Zai-xing

(Xuzhou Institute of Agricultural Science in Xuhuai District, Xuzhou 221131, China)

Abstract: In this study, the fresh ear yields and quality traits of twenty five waxy maize varieties during 2021 to 2022 were collected from nine sites in Jiangsu province to analyze the productivity, and adaptability of waxy maize by GGE biplot. In additionally, the distinctiveness and representativeness of test sites were evaluated. GYT biplot analysis was used to analyze quality traits, yields and cultivar–trait interactions of waxy maize varieties, comprehensively assess these test varieties. The results showed that, two maize varieties Zhenuo208 and NuoYH1113 had a better comprehensive performance among the second-trial maize varieties in 2021. Among those second-trial maize varieties in 2022, maize variety Runyangbainuo is suitable for growing in Xuzhou and Huai'an because of its strong regional character, while Liantiannuo909 showed strong adaptability and a comprehensive performance. The Taixing and Haimen pilots have strong representativeness and distinctiveness among the test sites, considered to be ideal test sites.

Key words: Waxy maize; Test site; GGE biplot; High yield; Adaptability

玉米的生长发育及产量与生态环境有着密切联系^[1]。江苏省地跨长江、淮河, 兼具有南、北方的气候特征, 对玉米的影响表现出极大的差异性。区域试验通过选择具有代表性的试点, 科学分析品种在该区域的表现, 包括适应性、丰产性和稳定性, 可以

为品种的推广和应用提供重要依据^[2], 是筛选优良作物新品种的重要试验方式^[3]。

目前, 江苏省玉米区域试验主要采用算数平均值法和方差分析法进行品种评价, 不能解释基因型及基因型×环境互作效应。GGE(gene and gene-environment interaction)双标图模型既能以图像形式宏观展示, 还可以分析数据的内部联系及基因型、环境、基因型×环境互作的效应, 是分析多年多点试验数据的理想工具^[4–7]。近年来, 水稻、玉米、花生、大豆、油菜、棉花^[8–13]等多种作物运用该模型进行作物的适应性、稳产性分析及区域划分。此外, 品种×性状(genotype by trait, GT)双标图能够直观展示性状间的相关性, 被广泛用于基因型的性状分析。品种×产

录用日期: 2023-11-23

基金项目: 优质高产多抗鲜食糯玉米品种选育(JBGS(2021)055)、基于单倍体诱导的抗南方锈病玉米新种质创制(XM2023001)

作者简介: 李小珊(1987–), 女, 江苏铜山人, 硕士, 助理研究员, 主要从事玉米新品种选育及推广。Tel: 18260734070

E-mail: lxs8751@126.com

黄忠勤为本文通信作者。E-mail: 395383266@qq.com

量×性状(genotype by yield×trait, GYT)双标图在 GT 双标图的基础上进行改良,对产量和目标性状进行同步选择并做出综合评价,具有更强的科学性。

本研究基于 GGE 双标图法对 2021–2022 年江苏省鲜食玉米区域试验糯玉米品种的产量数据进行分析,采用 GT 双标图法对品质性状进行分析,采用 GYT 双标图法对品种进行产量×品质性状综合评价,进一步明确不同品种在不同生态环境的产量和适应性,为评价参试糯玉米品种的产量性状、区域布局及育种研究提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本研究采用的数据来源于 2021–2022 年江苏省玉米新品种区域试验总结汇编。每年参试品种 15 个,两年共 25 个参试品种,分为 2021 年复试和新参试品种、2022 年复试和新参试品种(表 1),对照品种为苏玉糯 5 号。承试点共 9 个(表 2),包括东台(E1)、南京(E2)、吴江(E3)、泰兴(E4)、徐州(E5)、常熟(E6)、海门(E7)、淮安(E8)、连云港(E9)。

表 1 2021–2022 年江苏省糯玉米区域试验品种信息表

Table 1 Description of varieties in the Jiangsu waxy maize regional trials during 2021–2022

品种名称 Variety name	品种代码 Variety code	试验年份 Year	品种名称 Variety name	品种代码 Variety code	试验年份 Year
连甜糯 931	G1	2021	虞璘糯 150	G14	2021–2022
津鲜糯 386	G2	2021(复试)	润扬黑甜糯	G15	2022
理科彩 006	G3	2021(复试)	白甜糯 21	G16	2022
糯 YH1113	G4	2021(复试)	徐甜糯 021	G17	2022
苏玉糯 908	G5	2021(复试)	苏玉糯 705	G18	2022
虞璘糯 308	G6	2021(复试)	苏科糯 212	G19	2022
浙糯 208	G7	2021(复试)	甜加糯 958	G20	2022
萃糯 6 号	G8	2021	DN99	G21	2022
苏玉糯 918	G9	2021	糯 YH1116	G22	2022
徐甜糯 020	G10	2021	金甜糯 663	G23	2022
润扬白糯	G11	2021–2022	理想白甜糯 16	G24	2022
苏科糯 202	G12	2021–2022	苏玉糯 5 号	G25	2021–2022
连甜糯 909	G13	2021–2022			

表 2 2021–2022 年江苏省糯玉米区域试验试点基本情况

Table 2 The basic information of regional test sites of Jiangsu Province in 2021–2022

试验点代码 Code of testing sites	试验点 Testing site	经度(E) Longitude(E)	纬度(N) Latitude(N)	年平均气温(℃) Annual average temperature	年平均降雨量(mm) Precipitation in growing season
E1	东台市农科所	120°20′	32°50′	15.0	1 061.2
E2	南京市种子站	118°45′	32°15′	15.4	1 200.0
E3	吴江市农业技术推广中心	120°39′	31°11′	16.0	1 000.0
E4	泰兴农科所	120°1′	32°15′	14.9	1 027.0
E5	徐州市农科院	117°24′	34°17′	14.0	865.0
E6	常熟市农科所	120°41′	31°41′	15.4	1 054.0
E7	海门农科所	121°7′	31°55′	15.1	1 040.0
E8	淮安市农科院	119°1′	33°31′	14.5	957.0
E9	连云港市农科院	119°19′	34°33′	14.0	883.6

1.2 试验设计

试验采用随机区组设计,小区面积 15m²,每个小区 4 行,直播,人工点播,行距 60 cm,株距 27.5 cm,

密度 60 000 株/hm²,3 次重复,四周设保护行。承试点均选用土壤肥沃、地力相对均匀、前茬一致的冬闲田,按当地较高生产水平进行大田栽培管理,全生育

期防虫不防病。

1.3 数据处理与分析

根据参试糯玉米品种的适采期收获后带苞叶计产,采用 excel、SPSS 等软件进行整理和方差分析。鲜食糯玉米综合品质由江苏省农科院组织专家进行品尝鉴定,按感官品质(30分)、气味(4~7分)、色泽(4~7分)、风味(7~10分)、甜度(10~18分)、柔嫩性(7~10分)、皮薄厚(10~18分)7个指标总和计算平均分,总分为100分。

1.3.1 GGE 双标图的构建

将糯玉米品种在9个试点的平均产量数据制成基因型×环境数据两向表,应用R语言中的“GGEbiplotGUI”软件包绘制糯玉米品种产量多点试验 GGE 双标图,程序如下:

```
library(GGEBiplotGUI)
setwd("D:\\区试")
df <- read.csv("test.csv", header = T)
row.names(df)<-df$X
df<-df[-1]
GGEbiplot(Data = df)
```

1.3.2 GT 双标图的构建

依据糯玉米品种各品质指标得分制成基因型-品质数据两向表,构建GT双标图^[14],对鲜食糯玉米7个品质性状间的相关性及品质性状与品种的互作进行分析。首先,对品种×性状数据表格进行奇异值分解^[15](“Scaling=1,Centering=2”);其次,将品种和性状的前两个主成分(PC1 和 PC2)的得分聚焦于性状的奇异值分配(“SVP=2”)和定标处理,将其作为横坐标和纵坐标做出二维散点图,连接原点到性状图标间的向量,即GT双标图的性状间关系功能图^[16]。运

行程序同GGE双标图。

1.3.3 GYT 双标图的构建

GYT 双标图是基于品种和产量与性状乘积标准化数据版本的“GT”图,构建过程和GT双标图相同。在GYT表中列出产量×性状组合的数据,对于数值越大越好的性状,产量×性状组合的值可以通过将产量值(yield,Y)乘以每个品种的性状值(Y×SQ)获得,其“产量×性状”的组合相当于GT双标图中的“性状”^[17],运行程序同GGE双标图。

2 结果与分析

2.1 参试品种产量比较

各参试品种、试点的平均产量表现见表3。结果表明,2021年多点试验中,品种G7产量最高,为12 986.0 kg/hm²;其次为G4、G13、G10、G1等品种;品种G9产量最低,且低于对照产量,但与对照差异不显著。对比各试验点产量,E4平均产量最高,为14 700.8 kg/hm²;E2最低,为10 354.1 kg/hm²。2022年试验中,品种G19产量最高;其次为G20、G23、G13、G22等品种,品种G15产量最低。在各试点间,E4产量最高,为14 157.0 kg/hm²;E2最低,为10 879.1 kg/hm²。对2021、2022年参试的各品种产量进行方差分析(表4)。结果表明,2021年,基因型、环境、基因型×环境互作三者的变异平方和分别占总变异平方和的8.22%、65.03%、22.29%,均达极显著水平;2022年试验的产量变异的平方和分别占总变异平方和的14.93%、62.02%、16.63%,说明引起产量差异的主要原因是环境(试点)的影响,基因型-环境互作也是引起产量差异的重要因素。

2.2 参试品种区域适应性分析

表3 参试品种在各试验点的产量表现
Table 3 Yield of waxy maize varieties at each test site

年 份 Year	品种代码 Variety code	各试验点产量 Yield of testing sites									平 均 Average
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	
2021	G1	13 177.5	9 573.0	10 422.0	14986.5	12 285.0	14 853.0	12 558.0	12 294.0	12 733.5	12 542.5
	G2	12 199.5	10 186.5	10 999.5	15 465.0	12 433.5	13 360.5	12 640.5	11 316.0	11 866.5	12 274.2
	G3	13 155.0	10 506.0	9 889.5	16 258.5	12 361.5	12 147.0	11 662.5	12 342.0	10 600.5	12 102.5
	G4	13 399.5	10 738.5	10 800.0	14 613.0	12 114.0	15 190.5	12 333.0	12 258.0	13 734.0	12 797.8
	G5	12 267.0	10 141.5	9 022.5	12 541.5	12 315.0	13 260.0	12 028.5	13 029.0	12 267.0	11 874.7
	G6	13 134.0	10 296.0	10 066.5	13 060.5	11 959.5	14 049.0	11 289.0	11 680.5	13 000.5	12 059.5
	G7	13 378.5	11 166.0	12 133.5	18 619.5	12 333.0	13 224.0	11 755.5	13 264.5	10 999.5	12 986.0
	G8	12 156.0	11 806.5	10 600.5	17 184.0	12 022.5	13 167.0	10 998.0	12 204.0	12 000.0	12 459.8
	G9	12 333.0	8 820.0	9 688.5	11 667.0	11 977.5	13 837.5	9 438.0	12 049.5	11 667.0	11 275.3
	G10	13 066.5	10 680.0	11 334.0	15 360.0	12 289.5	13 366.5	12 178.5	11 940.0	13 066.5	12 586.8
	G11	12 178.5	10 522.5	9 756.0	15 493.5	12 310.5	12 834.0	10 879.5	12 846.0	11 800.5	12 069.0

续表3 Continued 3

年 份 Year	品种代码 Variety code	各试验点产量 Yield of testing sites									平 均 Average
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	
2021	G12	12 310.5	10 162.5	9 178.5	14 698.5	12 240.0	12 355.5	9 591.0	12 640.5	12 133.5	11 701.2
	G13	13 510.5	10 644.0	10 956.0	13 999.5	12 229.5	14 491.5	12 018.0	12 478.5	13 333.5	12 629.0
	G14	12 666.0	10 509.0	10 555.5	12 595.5	12 178.5	14 769.0	10 858.5	11 164.5	13 467.0	12 084.8
	G25	12 111.0	9 559.5	9 378.0	13 969.5	11 818.5	12 966.0	9 895.5	11 406.0	11 533.5	11 404.2
	平均	12 736.2	10 354.1	10 318.7	14 700.8	12 191.2	13 591.4	11 341.6	12 194.2	12 280.2	
2022	G11	13 066.5	12 871.5	12 666.0	12 276.0	13 339.5	10 722.0	10 159.5	13 380.0	14 694.0	12 574.5
	G12	13 866.0	12 766.5	11 533.5	12 567.0	12 153.0	13 713.0	11 764.5	10 093.5	13 764.0	12 469.5
	G13	14 733.0	13 702.5	12 600.0	15 193.5	12 213.0	14 791.5	13 155.0	10 794.0	14 685.0	13 540.5
	G14	13 999.5	12 730.5	11 244.0	13 767.0	12 070.5	14 002.5	13 582.5	10 416.0	14 206.5	12 891.0
	G15	13 200.0	13 726.5	11 089.5	12 120.0	13 614.0	11 889.0	9 534.0	13 653.0	12 324.0	12 349.5
	G16	14 133.0	13 117.5	12 133.5	12 931.5	11 893.5	13 929.0	13 569.0	10 500.0	13 980.0	12 909.0
	G17	14 266.5	13 665.0	10 734.0	12 174.0	12 169.5	13 780.5	12 817.5	10 287.0	13 875.0	12 640.5
	G18	13 399.5	14 437.5	12 822.0	15 540.0	12 091.5	14 520.0	13 413.0	9 880.5	14 455.5	13 395.0
	G19	14 866.5	15 259.5	12 799.5	17 059.5	12 100.5	16 384.5	16 146.0	10 698.0	14 755.5	14 452.5
	G20	14 533.5	15 069.0	12 400.5	16 369.5	11 938.5	14 253.0	14 353.5	10 542.0	14 385.0	13 759.5
	G21	14 599.5	14 511.0	11 289.0	15 678.0	12 055.5	13 300.5	15 096.0	10 369.5	13 201.5	13 344.0
	G22	14 466.0	14 566.5	13 134.0	14 455.5	11 811.0	14 553.0	13 657.5	10 833.0	14 164.5	13 516.5
	G23	14 400.0	15 631.5	12 066.0	15 693.0	12 046.5	13 560.0	14 016.0	11 044.5	13 494.0	13 549.5
	G24	12 933.0	15 211.5	11 133.0	13 944.0	11 736.0	13 494.0	13 708.5	11 095.5	13 591.5	12 982.5
	G25	12 799.5	12 153.0	10 845.0	12 586.5	11 355.0	12 802.5	12 610.5	9 600.0	12 891.0	11 961.0
	平均	13 950.8	13 961.3	11 899.3	14 157.0	12 172.5	13 713.0	13 172.2	10 879.1	13 897.8	

表4 参试品种方差分析结果
Table 4 Analysis of variance of waxy maize varieties

年 份 Year	变异来源 Source of variation	自由度 Degree of freedom	平方和 Sum of squares	均 方 Mean square	F 值 F value	平方和百分比(%) Contribution percentage to SS
2021	试点内区组	18	23 778.0	1 321.0	1.68	0.48
	品种	14	408 567.2	29 183.4	37.08**	8.22
	试点	8	3 233 885.6	404 235.7	513.55**	65.03
	品种×试点	112	1 108 665.3	9 898.8	12.58**	22.29
	误差	252	198 357.4	787.1		3.98
	总变异	404	4 973 253.4			
2022	试点内区组	18	40 536.0	2 252.0	2.2	0.87
	品种	14	698 290.1	49 877.9	352.1**	14.93
	试点	8	2 899 910.6	362 488.8	48.4**	62.02
	品种×试点	112	777 374.2	6 940.8	6.7**	16.63
	误差	252	259 437.1	1 029.5		5.55
	总变异	404	4 675 548.0			

应用 GGEbiplotGUI 软件包对参试玉米品种产量作 GGE 双标图。图 1 所示,将双标图中距离原点最远的品种图标顺次连接,构成一个多边形,通过原点向多边形的各边作垂线,形成多个扇区,落在同一区域内的试验点属于同一生态区,每个多边形扇区

内顶点的品种即为该区产量最高的品种。2021 年 GGE 双标图共解释了 81.06% 的变异平方和,其中,横坐标 AXIS1 解释了 54.17% 的变异平方和,纵坐标 AXIS2 解释了 26.89% 的变异平方和,说明其结果可靠性较高。试验品种的产量被划分为 6 个扇区,9 个

试点分布在两个扇区里,E1、E6、E7、E9 为同一生态区,E2、E3、E4、E5、E8 为同一生态区,两个生态区内表现最好的品种分别为G4、G7,其他未落入两个生态区的品种在本次试验中表现一般。

2022 年试验中,AXIS1 和 AXIS2 分别解释了 66.13% 和 16.05% 的变异平方和,两者共解释了

82.18% 的信息,说明其结果可靠性也较高。结果表明,参试品种的产量被划分为 4 个扇区,9 个试点落于双标图的两个扇区,E5、E8 在同一生态区,品种 G11 表现最好;其余 7 个试点被划分为同一生态区,品种 G19 表现优秀,其次为品种 G20、G23,表现良好,其余品种在 9 个试点中表现一般。

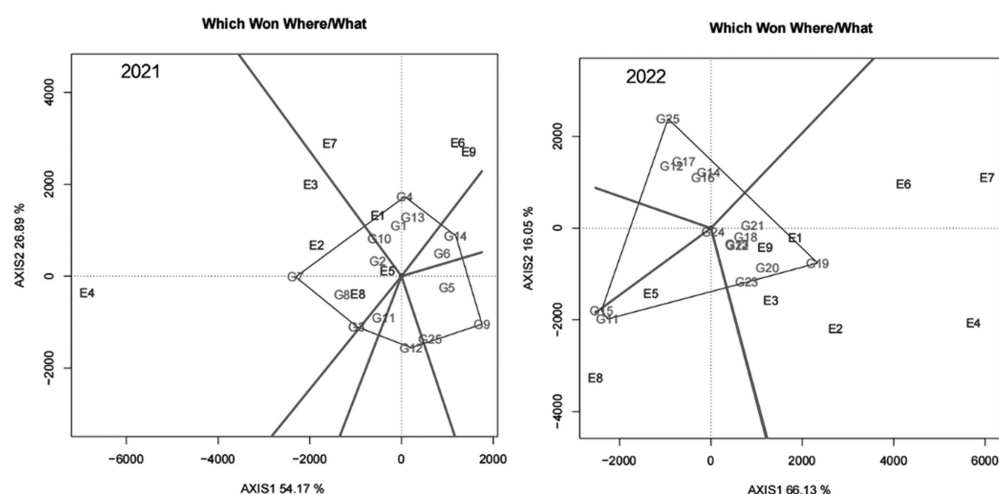


图1 品种区域适应性分析

Fig.1 Analysis of the regional adaptability for tested varieties

2.3 试验点的鉴别力和代表性分析

GGE 双标图中,从原点到各试点图标为环境向量,环境向量的长度越长,表明试点的区分力越强,反之越弱。平均环境向量与各试点环境向量间夹角的余弦值用来衡量试点的代表性,夹角越小,代表性越好。如图 2 所示,箭头所指为平均环境向量,2021 年试验中,区分力最强的试点为 E4,其次为 E7、E6、E9;9 个试点的环境向量与平均环境轴的夹角均为锐角,均具有较好的代表性,其中,E3、E1、E7

的代表性较强。综合分析区分力和代表性,认为 E7 试点是本次试验的理想区试点。

2022 年试验中,区分力较强的试点依次为 E4、E7、E8,试点 E4 和 E9 的代表性相当,为最好;其次为 E2、E1、E3 试点,试点 E5 和 E8 的环境向量与平均环境向量的夹角为钝角,说明其代表性较差。综合分析认为,本年度试验中 E4 试点对参试品种具有较强的区分力,同时又对其所在生态区具有较好的代表性,是理想的区试点。

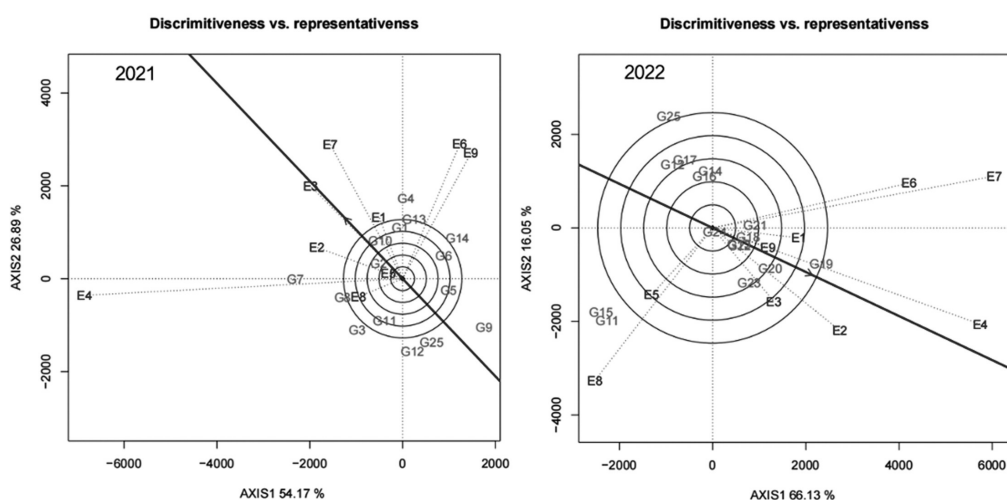


图2 试点的鉴别力和代表性

Fig.2 Discrimination and representativeness of test sites

2.4 参试品种的丰产性和稳产性评价

利用GGE双标图对参试糯玉米品种进行丰产、稳产性评价,结果如图3。图中单箭头所在的为平均环境轴,品种图标落在平均环境轴上的垂点位置反映了品种的丰产性,垂点越靠近箭头方向说明丰产性越好,反之越差;垂点在平均环境轴负方向上的品种,说明其产量低于试验平均产量。垂线的长度反映出参试品种产量的稳定性,长度越短代表品种

越稳定。2021年试验中,丰产性最好的糯玉米品种是G7,其次为G4、G10、G1、G13、G2、G8,其余品种的产量均低于试验平均产量,G9产量最低。品种G2、G10稳产性较好,G14、G3、G7稳产性较差。

2022年试验中,丰产性最好的品种是G19,其次为G20、G23、G13和G22,其他品种产量低于试验平均产量,表现一般。品种G13和G22的稳产性最好,其次为G18、G20、G19,品种G11和G15稳产性最差。

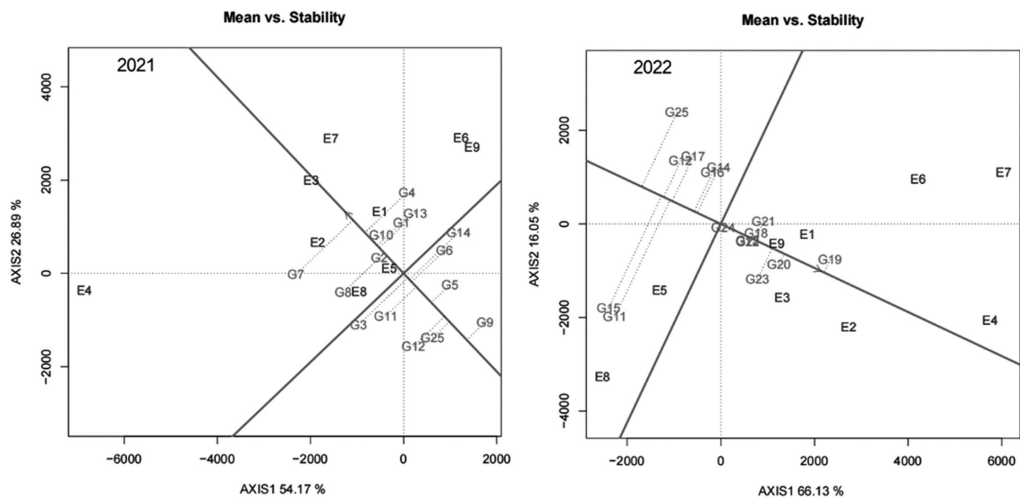


图3 品种丰产性、稳产性评价
Fig.3 Evaluation of fertility and stability of maize varieties

2.5 理想品种分析

理想品种是指在所有参试品种中既具有较好的丰产性又具有较强稳定性的品种。GGE双标图中同心圆的圆心代表的是最理想的品种,因此,参试品种图标距离圆心越近,表示该品种表现越优秀,越被认为是理想品种。图4显示,2021年试验中,品种G10最靠近圆心,丰产性和稳定性均较好,是此次试

验的理想品种,综合排序为G10>G7>G4>G1>G13>G2>G8>G14>G3>G6>G11>G5>G12>G25>G9。2022年试验中,品种G19较其他参试品种最靠近圆心,产量最高,稳产性较好,综合排序为G19>G20>G23>G22>G13>G18>G21>G24>G14>G11>G16>G15>G17>G12>G25。

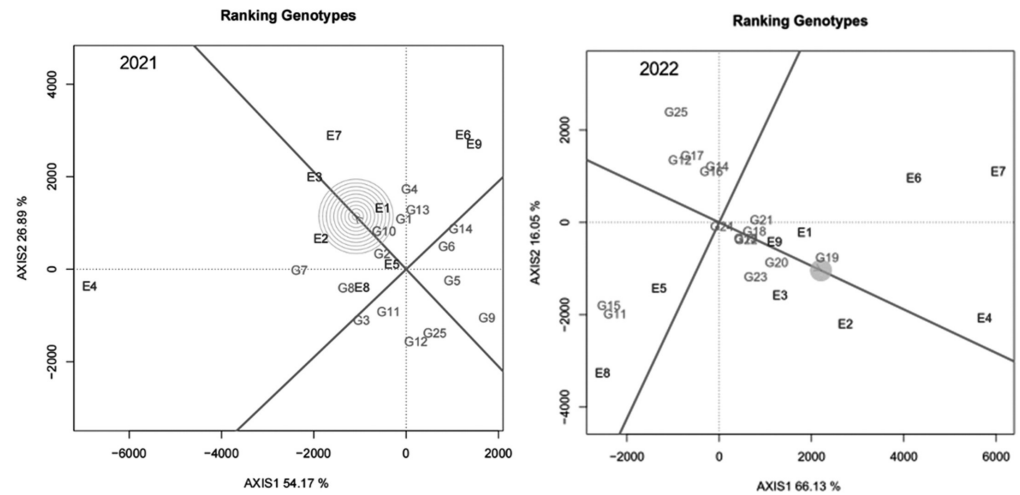


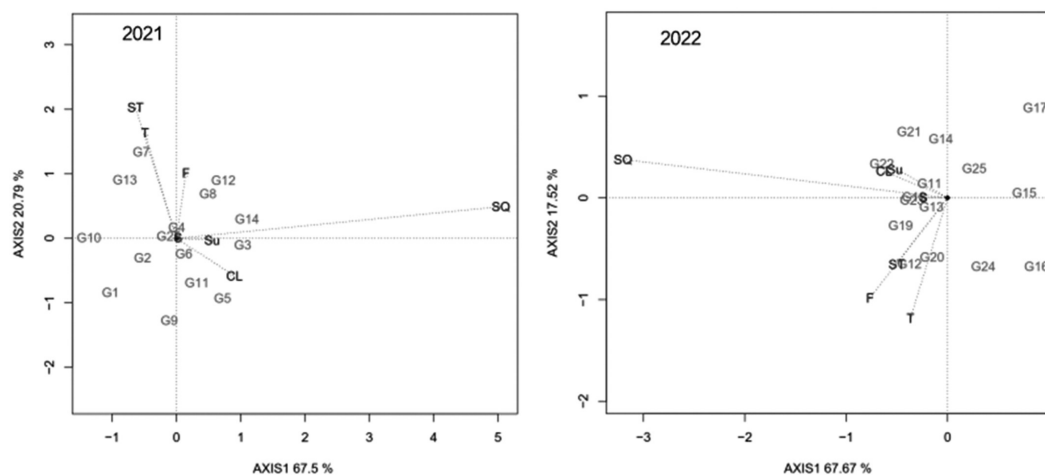
图4 理想品种分析
Fig.4 Analysis of the ideal maize varieties

2.6 参试品种品质性状(GT)双标图

鲜食糯玉米品质性状是除鲜穗产量外的另一重要评价指标,综合考量其鲜穗产量和食用品质性状才有意义。将鲜食糯玉米品种的感官品质(sensory quality, SQ)、气味(smell, S)、色泽(colour and lustre, CL)、风味(flavor, F)、甜度(sugary, Su)、柔嫩性(tenderness, T)和皮厚度(skin thickness, ST)7个品质性状得分组建品种×品质性状(GT)双标图(图5),以便对品种目标性状的好坏及目标性状间的相关性、品种×品质性状的互作关系进行分析,对品种进行综合评价。

由图5可见,2021年品种×品质性状双标图共解释了品种×品质性状总变异的88.29%,基本表达了

品质性状间的相关性及品种与品质性状的互作关系。根据各品质性状指标间的夹角大小,将其分为不同的向量群,向量群内的品质性状呈正相关,向量群间的品质性状相关性较弱或呈负相关。柔嫩性和皮厚度呈正相关,甜度和色泽呈正相关。双标图能够精确展示出品种的品质性状,如品种G7和G13的柔嫩性和皮厚度得分较高,品种G8、G12和G14的风味和感官品质得分较高。2022年GT双标图中,柔嫩性和皮厚度呈正相关,甜度、色泽和感官品质呈正相关。品种G12、G13、G19和G20的柔嫩性和皮厚度得分较高,品种G11、G14、G21和G22的甜度、色泽和感官品质得分较高。



注:SQ:感官品质;S:气味;CL:色泽;F:风味;Su:甜度;T:柔嫩性;ST:皮厚度;Y:产量。下图同。

Note: SQ, sensory quality; S, smell; CL, colour and lustre; F, flavor; Su, sugary; T, tenderness; ST, skin thickness; Y, yield. The same below.

图5 品种与品质性状双标图

Fig.5 Biplots of varieties and quality traits

2.7 参试品种产量×品质性状(GYT)双标图

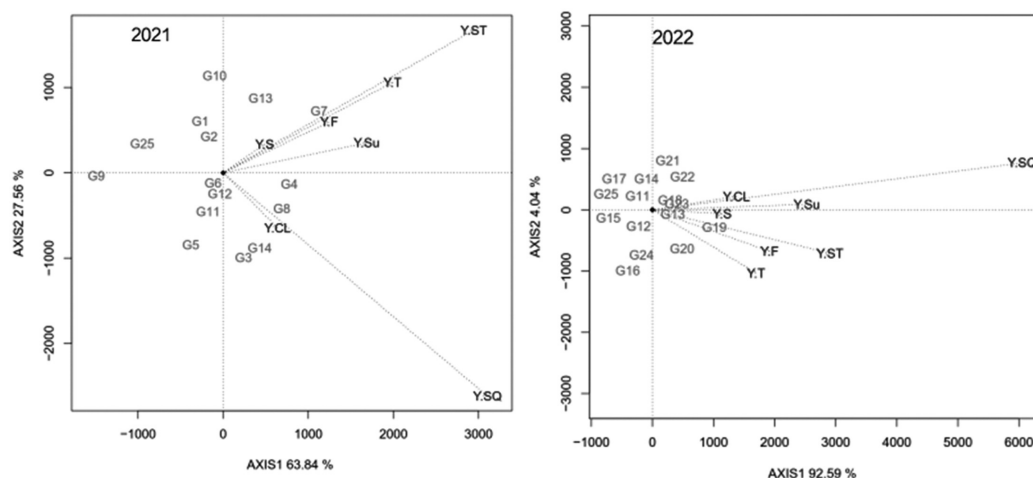


图6 品种与产量×品质性状双标图

Fig.6 Biplots of varieties and yield × quality traits

GYT双标图的构建建立在GT双标图基础上,将参试糯玉米品种的品质性状转化为产量×品质性状乘积,分别表示为 $Y \times SQ$ 、 $Y \times S$ 、 $Y \times CL$ 、 $Y \times F$ 、 $Y \times Su$ 、 $Y \times T$ 、 $Y \times ST$ 。由图6可见,两年试验的前两个主成分分别解释了91.4%和96.63%的总变异,分析的拟合度更高,糯玉米品种产量×品质组合间向量夹角均为锐角,呈正相关。GYT双标图较GT双标图解释的变异比例更大,结果可靠性更高。

图7为品种与产量×品质性状稳定性双标图。图中单箭头轴线为产量×品质性状的平均环境轴,

箭头指向为品种的产量×品种性状综合表现优秀的方向,每个品种落在平均环境轴上的垂点位置越靠近箭头方向,代表该品种综合表现越好。图7显示,2021年参试糯玉米品种的综合表现依次为 $G7 > G4 > G8 > G13 > G14 > G3 > G10 > G12 > G6 > G2 > G11 > G1 > G5 > G25 > G9$;2022年参试糯玉米品种的综合表现依次为 $G19 > G20 > G22 > G13 > G23 > G18 > G21 > G24 > G14 > G12 > G11 > G16 > G17 > G15 > G25$ 。两年排序结果均与当年理想品种产量稳定性排序结果相似,可以作为糯玉米品种综合评价的依据。

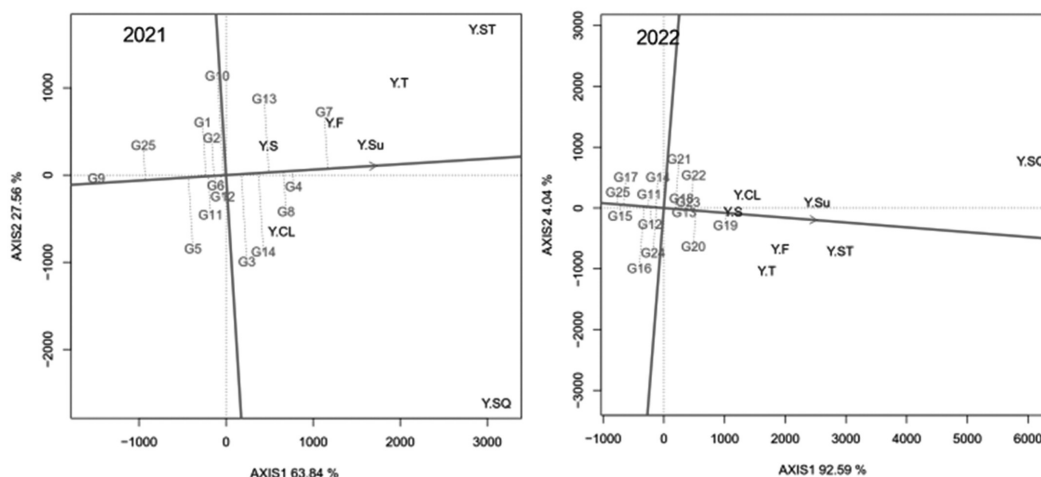


图7 品种与产量×品质性状稳定性双标图

Fig.7 Biplots of variety and yield × quality characteristic stability

3 结论与讨论

生态环境是影响农作物生长发育的重要因素,玉米新品种在推广应用时要具备较好的广适性,即同时具备丰产、稳产和广适才能大面积推广并应用于农业生产。玉米新品种区域试验过程中除品种自身基因型外,环境因素和环境-基因型互作因素均会影响品种产量和稳定性,因此,使用传统的二维数据进行数据统计分析难以准确合理地解释基因型×环境互作的机制^[18]。GGE双标图综合考虑基因型和基因型×环境互作两种效应^[19],既能够分析品种的适宜生态区,又能对试点的区分力和代表性进行评价分析,提高分析结果的科学性和可靠性。本研究应用GGE-biplot方法对2021–2022年江苏省鲜食玉米区试参试糯玉米品种进行分析,直观有效地评价了各参试品种的丰产性和稳产性。结果发现,2021年徐甜糯020和连甜糯931是丰产性和稳产性较好的品种,2022年连甜糯909和苏科糯212是丰产性和稳产性较好的品种。润扬白糯具有较强的地域性,适宜在徐州、淮安等地种植;连甜糯909对生态环

境反应不敏感,但更适宜在东台、常熟、海门及连云港区域种植。

GT双标图能够表达出性状间的关系、展示品种的特性,作为品种分类研究的依据。品种的丰产性是对品种进行综合评价的重要前提和基础,品种选育过程中对性状的选择应该建立在丰产性的基础之上,因此,GT双标图在对品种进行综合评价和选择方面尚有不足。GYT双标图在GT双标图的基础上将产量和目标性状相结合,对品种多性状进行综合分析评价。本研究通过品种与产量×品质性状双标图对品种产量与品质进行综合排序发现,2021年浙糯208、糯YH1113和2022年连甜糯909是产量与品质性状均表现优良的糯玉米品种。

在新品种选育过程中,既要考虑品种的适应性,同时也要将试验点的鉴别力作为考察的重要方面。理想的试点应同时具备较强的鉴别力和代表性,这样既可以淘汰稳定性较差的品种,又能够筛选出稳定性较好的优良品种^[20]。研究结果表明,2021年试验中E7(海门)试点的鉴别力较强,且代表性也较好,是较为理想的试验环境;试点E4(泰兴)具有较强的

鉴别力,但代表性一般。2022年试验中,试点E4(泰兴)同时具备较强的鉴别力和较好的代表性,是理想的试点;E7(海门)试点的鉴别力仍然较强,但代表性一般。因此综合两年试验结果,认为E4和E7两个试点是较为理想的试验地点,有利于选择高产稳产玉米新品种。

参考文献:

- [1] 宁慧云. 生态环境与种植密度对玉米产量和品质的影响[J]. 中国农业信息, 2013(17): 63.
- NING H Y. Effects of ecological environment and planting density on yield and quality of maize[J]. China Agricultural Informatics, 2013 (17): 63. (in Chinese)
- [2] 张群远, 孔繁玲. 作物品种区域试验统计分析模型的比较[J]. 中国农业科学, 2002(17): 365–371.
- ZHANG Q Y, KONG F L. Comparison of statistical models for regional crop trial analysis[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2002(17): 365–371. (in Chinese)
- [3] 金文林, 白琼岩. 作物区试中品种产量性状评价的秩次分析法[J]. 作物学报, 1999, 25(5): 632–638.
- JIN W L, BAI Q Y. Rank analysis method for evaluation of yield characters of varieties in regional trial[J]. Acta Agronomica Sinica, 1999, 25(5): 632–638. (in Chinese)
- [4] YAN W K. GGEbiplot—A windows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two-way data[J]. Agronomy Journal, 2001, 93(5): 1111–1118.
- [5] YAN W K, RAJCAN I. Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario[J]. Crop Science, 2002, 42(1): 11–20.
- [6] GAUCH H G J R, PIEPHO H P, ANNICCHIARICO P. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE: further considerations[J]. Crop Science, 2008, 48: 866–889.
- [7] YAN W K, HOLLAND J B. A heritability-adjusted GGE biplot for test environment evaluation[J]. Euphytica, 2010, 171: 355–369.
- [8] 张安宁, 毕俊国, 王飞名, 等. 基于R语言的GGE双标图在节水抗旱稻新品种多点试验中的应用[J]. 上海农业学报, 2019, 35(4): 38–42.
- ZHANG A N, BI J G, WANG F M, et al. Application of GGE-biplot based on R language in multi-location trial of water-saving and drought-resistance rice[J]. Acta Agriculturae Shanghai, 2019, 35(4): 38–42. (in Chinese)
- [9] 胡飞, 马现斌, 李新彦, 等. 应用GGE双标图分析湖北省玉米区域试验品种适应性和稳定性[J]. 湖北农业科学, 2019, 58(2): 23–25.
- HU F, MA X B, LI X Y, et al. Analysis of adaptability and stability of maize regional trial varieties in Hubei province by using GGE-Biplot[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2019, 58(2): 23–25. (in Chinese)
- [10] 郭敏杰, 邓丽, 任丽, 等. 基于Genstat的GGE双标图评价花生区试中的品种及试点[J]. 河北农业大学学报, 2017, 40(6): 9–13.
- GUO M J, DENG L, REN L, et al. Evaluating cultivars and testing sites in peanut regional trials by GGE biplot based on Genstat[J]. Journal of Hebei Agricultural University, 2017, 40(6): 9–13. (in Chinese)
- [11] 咎凯, 陈亚光, 徐淑霞, 等. 基于R语言的GGE双标图在大豆区试中的应用[J]. 大豆科技, 2019(4): 16–20.
- ZAN K, CHEN Y G, XU S X, et al. Application of GGE double plot in soybean regional tests based on R language[J]. Soybean Science & Technology, 2019(4): 16–20. (in Chinese)
- [12] 黄大明, 谢雄泽, 白桂萍, 等. AMMI模型和GGE双标图在湖北省油菜区域试验中的应用[J]. 湖北农业科学, 2018, 57(12): 24–29.
- HUANG D M, XIE X Z, BAI G P, et al. Application of AMMI model and GGE biplot in rape regional trial of Hubei[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2018, 57(12): 24–29. (in Chinese)
- [13] 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分[J]. 中国生态农业学报, 2016, 24(12): 1674–1682.
- TANG S R, XU N Y, YANG W H, et al. Ecological regionalization of cotton fiber quality in the Northwest Inland Region using GGE analysis[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2016, 24(12): 1674–1682. (in Chinese)
- [14] 严威凯. 双标图分析在农作物品种多点试验中的应用[J]. 作物学报, 2010, 36(11): 1805–1819.
- YAN W K. Optimal use of biplots in analysis of multi-location variety test data[J]. Acta Agronomica Sinica, 2010, 36(11): 1805–1819. (in Chinese)
- [15] YAN W K. Singular-value partitioning in biplot analysis of multi-environment trial data[J]. Agron. J., 2002, 94: 990–996.
- [16] YAN W K, FRÉGEAU-REID J. Genotype by yield×trait(GYT) biplot: a novel approach for genotype selection based on multiple traits[J]. Sci. Rep., 2018, 8: 8242.
- [17] 许乃银, 赵素琴, 张芳, 等. 基于GYT双标图对西北内陆棉区国审棉花品种的分类评价[J]. 作物学报, 2021, 47(4): 660–671.
- XU N Y, ZHAO S Q, ZHANG F, et al. Retrospective evaluation of cotton varieties nationally registered for the Northwest Inland cotton growing regions based on GYT biplot analysis[J]. Acta Agronomica Sinica, 2021, 47(4): 660–671. (in Chinese)
- [18] 王兵伟, 覃嘉明, 郑加兴, 等. 一年两季鲜食糯米区域试验GGE双标图分析[J]. 南方农业学报, 2017, 48(11): 1961–1968.
- WANG B W, QIN J M, ZHENG J X, et al. GGE biplot analysis on regional trial of fresh-eaten waxy maize with two seasons per year[J]. Journal of Southern Agriculture, 2017, 48(11): 1961–1968. (in Chinese)
- [19] 姚海梅, 王芳, 方永丰, 等. 甘肃省玉米区域试验品系产量稳定性及试点代表性分析[J]. 甘肃农业大学学报, 2016, 51(6): 17–23.
- YAO H M, WANG F, FANG Y F, et al. Yield stability and testing-site representativeness in regional test for maize lines in Gansu province[J]. Journal of Gansu Agricultural University, 2016, 51(6): 17–23. (in Chinese)
- [20] 强欣, 孟亚雄, 马小乐, 等. 甘肃省啤酒大麦新品种(系)区试结果的GGE双标图分析[J]. 麦类作物学报, 2015, 35(4): 488–493.
- QIANG X, MENG Y X, MA X L, et al. GGE biplot analysis on regional trial results about malting barley variety(line) in Gansu province[J]. Journal of Triticeae Crops, 2015, 35(4): 488–493. (in Chinese)

(责任编辑: 栾天宇)