

刘 强,袁 凡,王雪飞,等. 不同杂种优势群玉米籽粒百粒质量差异性分析[J]. 江苏农业科学,2022,50(21):54-61.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.21.008

# 不同杂种优势群玉米籽粒百粒质量差异性分析

刘 强<sup>1</sup>,袁 凡<sup>1</sup>,王雪飞<sup>1</sup>,刘伊凡<sup>1</sup>,李婷婷<sup>1</sup>,宋伟彬<sup>2</sup>,郭晋杰<sup>1</sup>

(1. 河北农业大学农学院/国家玉米改良中心河北分中心/华北作物改良与调控国家重点实验室,河北保定 071001;

2. 中国农业大学国家玉米改良中心,北京 100193)

**摘要:**鉴评和筛选不同杂种优势群玉米百粒质量性状优异的玉米自交系,为育成高产玉米品种提供借鉴。研究材料为 313 份玉米自交系,利用包含玉米全部基因组的 40 个 SSR 核心标记对杂种优势群体进行划分,通过测定籽粒百粒质量性状,对来自各个杂种优势群的玉米籽粒百粒质量进行多重比较分析,筛选不同杂种优势群中百粒质量高的自交系。结果表明,P 群、旅大红骨、塘四平头、瑞德互相的百粒质量之间在 0.05 水平上差异均不显著;P 群、旅大红骨群、塘四平头群、瑞德群等 4 个杂种优势群与兰卡斯特的玉米籽粒百粒质量在 0.05 水平上差异显著。P 群的高百粒质量自交系包括遵 90110、E200、R31、78599、8701 等;旅大红骨群的高百粒质量自交系包括中 741、关 17-1、L473、天 77、吉 846 等;兰卡斯特群的高百粒质量自交系包括 CT52C、Ay3566、Va26、Mo24W 和 Mo17;塘四平头群的高百粒质量自交系包括昌 D、武 126、D619、中黄 64、20837 等;瑞德群的高百粒质量自交系包括邢 230、Maxa、d140、SS99、苏 75 等。

**关键词:**玉米;自交系;百粒质量;杂种优势类群;差异性分析

**中图分类号:**S513.037 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)21-0054-08

玉米作为我国农业种植面积最大的农作物,产量占粮食总产量的 1/4<sup>[1]</sup>。随着时代的发展,玉米

作为粮饲兼用型作物其产量越来越受到玉米育种者的重视<sup>[2]</sup>。玉米的百粒质量与玉米产量呈正相关,因此,研究百粒质量性状是增加玉米自交系产量的重要工作之一<sup>[3]</sup>。研究表明,百粒质量是育种家在田间估算产量的重要理论依据,在育种过程中,育种工作者经常会用百粒质量的大小作为作物产量高低和籽粒品质优劣的评判标准<sup>[4]</sup>。

Huang 等通过田间试验提出,间作玉米的产量随着穗密度和百粒质量的增加而增加,单作玉米的

收稿日期:2021-11-23

基金项目:河北省科技计划(编号:16226323D-2);华北作物改良与调控国家重点实验室自主课题(编号:NCCIR2021ZZ-10)。

作者简介:刘 强(1997—),男,河北张家口人,硕士研究生,研究方向为玉米遗传育种。E-mail:3302167147@qq.com。

通信作者:郭晋杰,博士,副教授,研究方向为玉米遗传育种。E-mail:guojinjie512@163.com。

Naturalist,1972,106(949):283-292.

[21] Liu K J, Muse S V. PowerMarker: an integrated analysis environment for genetic marker analysis [J]. *Bioinformatics*, 2005, 21(9): 2128-2129.

[22] Yeh F, Yang R, Boyle T. POPGENE Version 1.32 Microsoft Windows-based freeware for populations genetic analysis [J]. *University of Alberta*, 1999, 38(8): 212-213.

[23] Nei M, Tajima F, Tateno Y. Accuracy of estimated phylogenetic trees from molecular data [J]. *Journal of Molecular Evolution*, 1983, 19(2): 153-170.

[24] Rohlf F J. NTSYS - pc: microcomputer programs for numerical taxonomy and multivariate analysis [J]. *The American Statistician*, 1987, 41(4): 330.

[25] Peakall R, Smouse P E. GenAlEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research: an update [J]. *Bioinformatics*, 2012, 28(19): 2537-2539.

[26] 胡 月,郭晓红,李 猛,等. 中日水稻品种株型与品质比较分

析[J]. *中国稻米*, 2018, 24(5): 39-44.

[27] 解文孝,吕 军,韩 勇,等. 辽宁省不同熟期水稻品种株型特征比较研究[J]. *中国稻米*, 2017, 23(2): 45-49.

[28] 莫永生,杨亲琼,卢升安,等. 水稻株型发展对提高水稻产量的作用研究[J]. *中国稻米*, 2006, 12(1): 16-17.

[29] 陈于敏,世 荣,刘吉新,等. 基于 SSR 标记的高原粳稻品种遗传多样性分析[J]. *分子植物育种*, 2019, 17(12): 4102-4111.

[30] 马孟莉,郑 云,周晓梅,等. 云南哈尼梯田红米地方品种遗传多样性分析[J]. *作物杂志*, 2018(5): 21-26.

[31] 李 松,张世成,董云武,等. 基于 SSR 标记的云南腾冲水稻的遗传多样性分析[J]. *作物杂志*, 2019(5): 15-21.

[32] 唐如玉,邹玉霞,陈 娇,等. 三峡库区优异稻种资源遗传多样性及群体结构分析[J]. *植物遗传资源学报*, 2019, 20(6): 1408-1417.

[33] 张 科,魏海峰,卓大龙,等. 黑龙江省近年审定水稻品种基于 SSR 标记的遗传多样性分析[J]. *植物遗传资源学报*, 2016, 17(3): 447-454.

产量随着单穗粒数和百粒质量的增加而增加<sup>[5]</sup>。孟静娇等对 12 个参试品种的 11 个性状进行灰色关联度分析发现,百粒质量是对玉米杂交种产量影响较大的主要农艺性状之一,仅次于穗长和株高<sup>[6]</sup>。余慧明等采用灰色关联分析法对 11 个玉米杂交种的产量等 9 个农艺性状进行分析,结果表明,与产量关联度较大的前 3 个性状分别是单穗粒质量、行粒数、百粒质量,并指出要注重单穗粒质量、行粒数和百粒质量的选择和研究,为玉米高产育种提供了参考<sup>[7]</sup>。张中伟等指出,粒质量是玉米产量构成因素之一,较高的粒质量是实现玉米增产丰收和提高玉米品质的重要保证<sup>[8]</sup>。唐海涛等研究认为,选育玉米杂交种时应该优先注重选育百粒质量较高的品种<sup>[9]</sup>。通过比较前人的研究发现关于百粒质量的研究主要在农艺性状与产量的关系上,而对玉米不同杂种优势群百粒质量差异的研究很少。

玉米是一种利用杂种优势的模范作物,利用类群内种质进行遗传改良和类群间组配杂交种是主要育种途径<sup>[10]</sup>。本研究的研究材料为 313 份遗传性丰富多样的玉米自交系,结合基因型划分为不同杂种优势群,分析玉米自交系百粒质量在不同杂种优势组间的变异幅度、趋势和变异程度,筛选出不同杂种优势类群百粒质量高的自交系,以期为进一步提高我国玉米产量提供借鉴。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料与田间种植

研究材料为中国农业大学国家玉米改良中心提供的 313 份遗传多样性丰富和来源广泛的优良玉米自交系(表 1)<sup>[11]</sup>。这些自交系包含了我国大部分玉米自交系的品种,广泛代表了我国主要玉米产区的种质资源基础。

于 2020 年 5 月中旬和 2020 年 11 月上旬,分别将所有材料种植于河北农业大学玉米改良中心河

北分中心保定试验基地和三亚南繁试验站。试验区域周围种植玉米保护行,采用常规肥水管理。

### 1.2 试验方法

**1.2.1 DNA 提取与基因型鉴定** 2020 年,每个自交系选取 5 株,采用十六烷基三甲基溴化铵(CTAB)法<sup>[12]</sup>提取玉米叶片 DNA,经过纯化与浓度检测后,放于 4℃ 冰箱保存备用。利用北京市农林科学院玉米研究中心的 40 对简单重复序列(SSR)标记引物<sup>[13-14]</sup>,最后采用 PCR 仪扩增和聚丙烯酰胺凝胶电泳的方法进行基因型分析。

**1.2.2 百粒质量测定** 按照陈春侠等的测定方法<sup>[15]</sup>,对成熟期的果穗收获后自然风干,测定籽粒含水量,使每个果穗的籽粒含水量保持一致,随机选取每个果穗中部籽粒,进行百粒质量测定,即百粒质量 = 每穗正常籽粒的质量/每穗正常籽粒的数量 × 100。

### 1.3 数据处理

使用 STRUCTURE V2.3.4 软件<sup>[16]</sup>对 313 份自交系进行聚类分析。利用软件 Microsoft Excel 2013 处理表型数据,利用 SPSS 22.0 软件对整理的数据进行描述性统计分析、方差分析和多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 313 份玉米自交系杂种优势类群划分

利用 40 对玉米核心标记在群体中的基因型数据,应用基于数学模型的 STRUCTURE v2.3.4 软件对 313 份玉米自交系进行群体结构分析<sup>[17]</sup>。结果(图 1、表 1)表明,自交系群体可被分为 5 个类群。参照刘洋等的分群方法和结果<sup>[18-19]</sup>进行杂种优势类群划分。以 50% 作为划分群体的遗传相似比例,将 313 份玉米自交系划分为 6 个类群,兰卡斯特群 46 份自交系、P 群 62 份自交系、旅大红骨群 56 份自交系、塘四平头群 21 份自交系、瑞德群 83 份自交系以及混合群 45 份自交系。

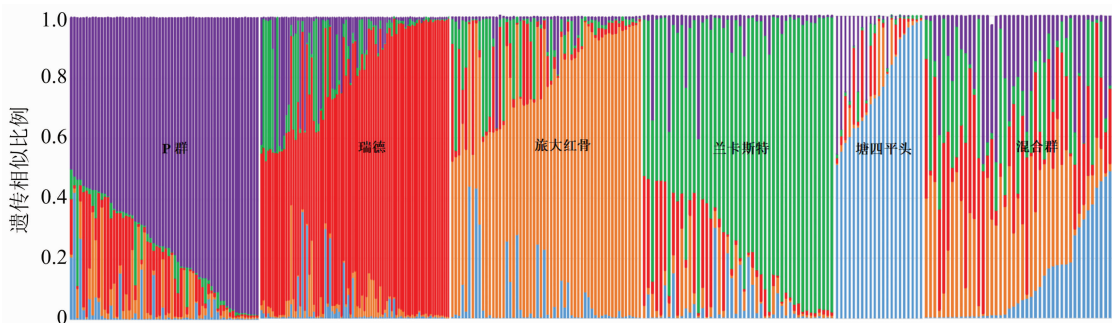


图1 313 份玉米自交系材料的群体结构

表 1 313 份玉米自交系群体结构

序号	材料名称	遗传相似比例				
		塘四平头	旅大红骨	瑞德	兰卡斯特	P 群
1	KI4	0.005	0.011	0.015	0.965	0.003
2	HR78	0.006	0.006	0.009	0.574	0.404
3	KI2	0.114	0.057	0.051	0.776	0.002
4	W9706	0.010	0.139	0.598	0.206	0.047
5	吉 853	0.771	0.197	0.014	0.010	0.008
6	丹 9046	0.005	0.010	0.981	0.001	0.002
7	沈 137	0.007	0.157	0.006	0.004	0.827
8	沈 135	0.006	0.031	0.006	0.005	0.951
9	L069	0.005	0.006	0.009	0.006	0.975
10	辐 8527	0.011	0.533	0.354	0.065	0.037
11	郑 58	0.008	0.007	0.961	0.004	0.020
12	获唐黄 17	0.006	0.470	0.016	0.495	0.012
13	444	0.497	0.489	0.009	0.003	0.002
14	旅 28	0.115	0.535	0.112	0.231	0.006
15	吉 833	0.007	0.881	0.047	0.008	0.058
16	B73	0.004	0.004	0.991	0.001	0.000
17	自 330	0.014	0.608	0.051	0.325	0.002
18	鲁原 92	0.009	0.965	0.012	0.012	0.002
19	L005	0.009	0.005	0.013	0.014	0.959
20	关 17 - 1	0.014	0.458	0.044	0.446	0.038
21	武 312	0.071	0.007	0.014	0.003	0.904
22	武 125	0.011	0.080	0.009	0.014	0.886
23	遵 90110	0.006	0.152	0.006	0.001	0.836
24	Lo1125	0.005	0.213	0.007	0.002	0.773
25	宗 548 - 1521	0.006	0.010	0.226	0.004	0.753
26	宋 1145	0.006	0.305	0.008	0.006	0.675
27	897	0.423	0.015	0.010	0.029	0.524
28	91 黄 15	0.005	0.621	0.007	0.002	0.364
29	CN165	0.074	0.465	0.012	0.205	0.244
30	707	0.036	0.135	0.026	0.568	0.235
31	Va35	0.016	0.355	0.040	0.387	0.203
32	C 武 215B	0.053	0.348	0.014	0.386	0.200
33	遗 67	0.006	0.796	0.007	0.004	0.188
34	武系 205	0.144	0.369	0.015	0.321	0.151
35	中引 15	0.009	0.094	0.481	0.297	0.118
36	岱 6	0.015	0.757	0.102	0.013	0.113
37	B12	0.041	0.790	0.040	0.022	0.108
38	遗 113	0.007	0.860	0.033	0.008	0.093
39	赤黄 32	0.006	0.615	0.285	0.027	0.067
40	齐 410	0.168	0.388	0.305	0.084	0.056
41	遗 12	0.039	0.824	0.019	0.062	0.056
42	秋 23	0.153	0.059	0.207	0.554	0.028
43	龙抗 279	0.012	0.924	0.030	0.010	0.024

表 1( 续)

序号	材料名称	遗传相似比例				
		塘四平头	旅大红骨	瑞德	兰卡斯特	P 群
44	岩 156	0.016	0.929	0.018	0.014	0.022
45	82 黄早 4	0.007	0.724	0.235	0.013	0.021
46	长 7 大咸 1	0.380	0.097	0.034	0.474	0.015
47	De811	0.008	0.053	0.890	0.035	0.014
48	中 128	0.015	0.523	0.021	0.429	0.012
49	488	0.009	0.005	0.971	0.002	0.012
50	辐 8521	0.006	0.920	0.041	0.021	0.012
51	A495	0.360	0.115	0.297	0.219	0.010
52	朝鲜白	0.315	0.555	0.024	0.096	0.010
53	VG85 - 5	0.248	0.723	0.018	0.002	0.010
54	宁 37	0.051	0.035	0.332	0.571	0.010
55	A632	0.011	0.122	0.829	0.029	0.010
56	忻轮 5 - 9	0.007	0.969	0.008	0.007	0.010
57	吉 870	0.007	0.938	0.039	0.007	0.010
58	旱 21	0.301	0.019	0.648	0.023	0.009
59	200 - 24 - 13413	0.074	0.899	0.007	0.011	0.009
60	大 MO	0.032	0.700	0.007	0.252	0.009
61	吉 846	0.028	0.943	0.012	0.008	0.009
62	中二/O2	0.020	0.023	0.518	0.430	0.009
63	32	0.011	0.022	0.951	0.008	0.008
64	宁 45	0.010	0.034	0.489	0.460	0.008
65	MP704	0.005	0.040	0.428	0.519	0.008
66	鲁原 133	0.441	0.539	0.007	0.005	0.007
67	焦 05	0.007	0.021	0.430	0.534	0.007
68	辐射 A	0.124	0.678	0.114	0.077	0.006
69	鹿 65	0.014	0.920	0.010	0.049	0.006
70	D801	0.012	0.938	0.035	0.008	0.006
71	兰 766 - 4 - 2	0.036	0.917	0.031	0.011	0.005
72	2005	0.013	0.958	0.007	0.017	0.005
73	79131	0.008	0.031	0.526	0.431	0.005
74	紫多穗	0.123	0.833	0.032	0.008	0.004
75	H 大 - 5	0.006	0.697	0.028	0.266	0.004
76	早 49	0.258	0.649	0.079	0.011	0.003
77	材 11 - 8	0.188	0.351	0.010	0.448	0.003
78	宁 55	0.020	0.044	0.506	0.428	0.003
79	九 22	0.010	0.952	0.012	0.023	0.003
80	丹 3115	0.007	0.940	0.045	0.005	0.003
81	785	0.007	0.703	0.282	0.005	0.003
82	太 1/Lg	0.006	0.891	0.010	0.091	0.003
83	辐 8538	0.005	0.775	0.012	0.204	0.003
84	岩 38	0.231	0.733	0.028	0.006	0.002
85	辐 8529	0.129	0.809	0.017	0.042	0.002
86	繁荣 2	0.029	0.561	0.016	0.391	0.002

表 1(续)

序号	材料名称	遗传相似比例				
		塘四平头	旅大红骨	瑞德	兰卡斯特	P 群
87	FR218	0.008	0.071	0.802	0.117	0.002
88	BC4B	0.008	0.006	0.979	0.004	0.002
89	黄 C	0.007	0.707	0.267	0.017	0.002
90	中 741	0.006	0.605	0.012	0.375	0.002
91	选 6	0.006	0.983	0.008	0.002	0.002
92	8701	0.005	0.541	0.447	0.004	0.002
93	CML58	0.929	0.006	0.064	0.001	0.001
94	M3736	0.006	0.639	0.014	0.340	0.001
95	85 黄 14	0.006	0.714	0.010	0.269	0.001
96	广优 5	0.280	0.698	0.006	0.015	0.000
97	京糯 2	0.090	0.896	0.005	0.009	0.000
98	遗 49	0.007	0.950	0.033	0.010	0.000
99	P138	0.008	0.160	0.006	0.003	0.823
100	沈 977	0.007	0.004	0.006	0.002	0.981
101	PN2	0.156	0.027	0.173	0.006	0.639
102	PH6WC	0.005	0.006	0.964	0.013	0.012
103	掖 8112	0.069	0.005	0.925	0.001	0.000
104	昌 7-2	0.943	0.005	0.048	0.002	0.002
105	黄野四 3	0.984	0.004	0.005	0.007	0.000
106	78599	0.010	0.011	0.024	0.131	0.825
107	昌 K	0.636	0.007	0.012	0.096	0.249
108	昌 D	0.678	0.008	0.031	0.006	0.276
109	黄昌 a	0.813	0.003	0.005	0.008	0.170
110	龙抗 11	0.021	0.120	0.021	0.824	0.015
111	掖 488	0.013	0.005	0.978	0.002	0.002
112	连 87	0.037	0.067	0.293	0.585	0.018
113	68122	0.006	0.005	0.006	0.003	0.980
114	1313	0.005	0.005	0.007	0.003	0.980
115	D856	0.006	0.005	0.007	0.004	0.978
116	陕 89	0.007	0.008	0.006	0.004	0.975
117	811A	0.006	0.007	0.005	0.007	0.974
118	CT109	0.006	0.005	0.005	0.011	0.972
119	R150	0.005	0.005	0.012	0.005	0.072
120	D1051	0.006	0.004	0.023	0.003	0.964
121	DH138	0.011	0.021	0.019	0.015	0.933
122	SC-9	0.007	0.010	0.034	0.015	0.933
123	18	0.028	0.005	0.007	0.054	0.906
124	08-64	0.071	0.017	0.034	0.012	0.866
125	N138	0.018	0.023	0.015	0.085	0.859
126	R98	0.007	0.042	0.062	0.030	0.858
127	D869	0.007	0.011	0.119	0.006	0.857
128	P136	0.059	0.005	0.088	0.006	0.841
129	5032	0.006	0.006	0.162	0.006	0.820

表 1(续)

序号	材料名称	遗传相似比例				
		塘四平头	旅大红骨	瑞德	兰卡斯特	P 群
130	成自 2142	0.006	0.006	0.078	0.105	0.805
131	8701	0.008	0.006	0.125	0.078	0.783
132	SC-14	0.010	0.015	0.189	0.027	0.759
133	802	0.006	0.013	0.220	0.002	0.758
134	D886	0.043	0.160	0.025	0.018	0.754
135	SC24-1	0.005	0.007	0.235	0.004	0.749
136	沈 142	0.151	0.015	0.065	0.026	0.744
137	SC11-1	0.006	0.013	0.239	0.016	0.727
138	XF223	0.006	0.020	0.236	0.026	0.711
139	M101	0.169	0.018	0.015	0.116	0.683
140	y9961	0.024	0.044	0.049	0.211	0.671
141	e 群 3	0.008	0.226	0.104	0.010	0.653
142	XF77	0.004	0.030	0.310	0.007	0.649
143	E600	0.006	0.081	0.260	0.009	0.643
144	4936	0.006	0.027	0.307	0.021	0.640
145	D1139	0.007	0.006	0.343	0.006	0.639
146	E588	0.009	0.114	0.243	0.005	0.628
147	D864	0.050	0.054	0.234	0.052	0.610
148	成 698-3	0.006	0.018	0.385	0.003	0.589
149	1610	0.009	0.028	0.373	0.010	0.580
150	E200	0.015	0.360	0.025	0.022	0.578
151	DH149	0.062	0.014	0.346	0.005	0.573
152	Y223	0.077	0.190	0.072	0.093	0.569
153	D88	0.018	0.341	0.020	0.054	0.568
154	W968	0.071	0.101	0.246	0.019	0.562
155	K22	0.006	0.006	0.419	0.010	0.560
156	807D	0.035	0.009	0.381	0.021	0.554
157	陈 322	0.271	0.124	0.053	0.018	0.533
158	1127	0.008	0.097	0.009	0.353	0.533
159	P007	0.209	0.010	0.183	0.098	0.501
160	SC30-1	0.011	0.006	0.473	0.024	0.486
161	R31	0.013	0.297	0.049	0.161	0.479
162	D619	0.513	0.004	0.017	0.010	0.456
163	M131-5	0.006	0.005	0.542	0.004	0.443
164	D854	0.007	0.007	0.545	0.007	0.435
165	698-3	0.005	0.010	0.543	0.018	0.423
166	Lo415	0.031	0.016	0.504	0.029	0.419
167	Z31B	0.331	0.048	0.202	0.002	0.417
168	L473	0.011	0.457	0.073	0.044	0.415
169	7236	0.007	0.022	0.333	0.247	0.391
170	806A	0.008	0.007	0.550	0.046	0.389
171	B394	0.278	0.020	0.214	0.107	0.382
172	433-7	0.068	0.014	0.453	0.085	0.379

表 1(续)

序号	材料名称	遗传相似比例				
		塘四平头	旅大红骨	瑞德	兰卡斯特	P 群
173	XF27	0.008	0.045	0.024	0.543	0.379
174	K514	0.556	0.023	0.028	0.020	0.373
175	W344	0.005	0.024	0.592	0.006	0.372
176	GY3	0.007	0.037	0.575	0.015	0.365
177	M1016	0.013	0.317	0.266	0.020	0.354
178	ys06	0.006	0.006	0.613	0.026	0.349
179	MO113	0.006	0.079	0.040	0.532	0.344
180	S22	0.471	0.013	0.135	0.046	0.334
181	冲 72	0.008	0.066	0.619	0.007	0.300
182	丹 9064	0.010	0.053	0.561	0.089	0.286
183	武 126	0.605	0.096	0.009	0.010	0.281
184	掖 515	0.175	0.324	0.186	0.043	0.272
185	浚 971	0.585	0.009	0.147	0.009	0.250
186	1614	0.005	0.005	0.741	0.002	0.247
187	SW153	0.064	0.251	0.358	0.082	0.246
188	BM	0.010	0.322	0.410	0.020	0.239
189	D857	0.019	0.026	0.690	0.029	0.236
190	综 31	0.027	0.018	0.686	0.037	0.232
191	苏湾 1611	0.042	0.243	0.427	0.059	0.229
192	R1656	0.490	0.024	0.249	0.010	0.226
193	W238	0.006	0.011	0.762	0.007	0.214
194	Los -6	0.008	0.447	0.046	0.287	0.212
195	W668	0.025	0.024	0.731	0.015	0.206
196	68202	0.305	0.044	0.456	0.009	0.186
197	9711	0.006	0.038	0.765	0.027	0.164
198	K14	0.010	0.341	0.480	0.013	0.157
199	SS99	0.094	0.261	0.462	0.037	0.147
200	综 3	0.007	0.447	0.347	0.054	0.145
201	东 327	0.008	0.220	0.392	0.251	0.129
202	D1049	0.012	0.016	0.802	0.054	0.117
203	3489a	0.009	0.253	0.609	0.011	0.117
204	D15	0.005	0.019	0.850	0.011	0.116
205	4003	0.107	0.388	0.126	0.269	0.110
206	150 -4	0.009	0.383	0.249	0.253	0.106
207	d140	0.007	0.068	0.804	0.017	0.104
208	9702	0.007	0.020	0.528	0.344	0.102
209	郑 653	0.008	0.008	0.880	0.005	0.100
210	Q1261	0.633	0.014	0.252	0.004	0.097
211	CN104	0.081	0.023	0.762	0.042	0.093
212	99122	0.313	0.005	0.597	0.004	0.082
213	邢 230	0.022	0.010	0.884	0.002	0.081
214	长 72	0.179	0.484	0.237	0.022	0.078
215	468 -3	0.007	0.153	0.764	0.005	0.072

表 1(续)

序号	材料名称	遗传相似比例				
		塘四平头	旅大红骨	瑞德	兰卡斯特	P 群
216	Mo24W	0.005	0.006	0.088	0.838	0.062
217	M3	0.007	0.061	0.563	0.311	0.059
218	Maxa	0.036	0.015	0.697	0.199	0.053
219	Ay3566	0.005	0.008	0.377	0.557	0.053
220	KP3130	0.006	0.022	0.568	0.355	0.050
221	郑 32	0.138	0.017	0.763	0.035	0.046
222	DF32	0.008	0.032	0.293	0.625	0.044
223	本 7884	0.022	0.321	0.051	0.569	0.036
224	W966	0.658	0.012	0.287	0.009	0.034
225	天 77	0.008	0.479	0.049	0.432	0.032
226	7922	0.005	0.006	0.955	0.006	0.028
227	4722	0.010	0.009	0.006	0.949	0.026
228	W969	0.733	0.012	0.203	0.027	0.025
229	文黄 31413	0.714	0.026	0.167	0.070	0.023
230	Beck	0.270	0.016	0.686	0.006	0.022
231	La2 -4	0.007	0.062	0.846	0.063	0.022
232	441950	0.006	0.125	0.841	0.006	0.022
233	WN11H	0.051	0.329	0.562	0.037	0.021
234	Ay420	0.189	0.006	0.743	0.044	0.018
235	掖 52106	0.181	0.330	0.371	0.104	0.014
236	Sg1533	0.052	0.006	0.091	0.837	0.014
237	CM105	0.082	0.022	0.360	0.524	0.013
238	琼 51	0.008	0.020	0.913	0.046	0.013
239	Pa91	0.007	0.007	0.015	0.959	0.013
240	郑 22	0.026	0.537	0.272	0.154	0.011
241	绞 3	0.020	0.711	0.191	0.066	0.011
242	B98	0.018	0.229	0.014	0.728	0.011
243	HP301	0.019	0.009	0.020	0.943	0.010
244	掖 5237	0.871	0.007	0.099	0.015	0.009
245	遗 36	0.357	0.009	0.589	0.036	0.009
246	17564	0.014	0.847	0.018	0.112	0.009
247	M22	0.005	0.011	0.963	0.012	0.009
248	20837	0.436	0.165	0.379	0.011	0.008
249	获塘黄	0.026	0.023	0.611	0.332	0.008
250	FAP1360A	0.006	0.393	0.462	0.130	0.008
251	757	0.006	0.020	0.955	0.011	0.008
252	W499	0.010	0.100	0.856	0.027	0.007
253	豫 82	0.143	0.004	0.575	0.271	0.006
254	B37	0.004	0.004	0.376	0.609	0.006
255	697	0.008	0.030	0.790	0.167	0.005
256	苏 75	0.008	0.029	0.945	0.012	0.005
257	W182bn	0.007	0.079	0.497	0.412	0.005
258	F7584	0.006	0.013	0.644	0.333	0.005

表 1( 续)

序号	材料名称	遗传相似比例				
		塘四平头	旅大红骨	瑞德	兰卡斯特	P 群
259	NC268	0.005	0.004	0.516	0.469	0.005
260	3H2	0.434	0.549	0.010	0.003	0.004
261	DM07	0.068	0.008	0.892	0.027	0.004
262	D881	0.042	0.011	0.686	0.257	0.004
263	N68a	0.042	0.008	0.760	0.186	0.004
264	DF27	0.016	0.289	0.028	0.663	0.004
265	豫 374	0.005	0.627	0.339	0.025	0.067
266	98F1	0.005	0.005	0.978	0.008	0.004
267	牛 2 - 1	0.303	0.056	0.011	0.627	0.003
268	户 803	0.024	0.005	0.966	0.002	0.003
269	南 21 - 3	0.010	0.008	0.966	0.012	0.003
270	B100	0.008	0.516	0.391	0.082	0.003
271	A679	0.007	0.006	0.445	0.538	0.003
272	A554	0.006	0.009	0.037	0.945	0.003
273	Ms71	0.005	0.007	0.011	0.975	0.003
274	吉 4112	0.005	0.010	0.933	0.049	0.003
275	掖 8001	0.005	0.005	0.982	0.005	0.003
276	DM101B	0.009	0.008	0.975	0.006	0.002
277	美 68113	0.007	0.146	0.813	0.032	0.002
278	Va26	0.006	0.006	0.018	0.969	0.002
279	DF20	0.004	0.005	0.986	0.003	0.002
280	ND246	0.016	0.094	0.037	0.852	0.001
281	B68	0.005	0.004	0.612	0.378	0.001
282	1205A	0.005	0.006	0.963	0.025	0.001
283	196	0.968	0.019	0.010	0.003	0.001
284	沿 812	0.007	0.004	0.978	0.010	0.000
285	W117	0.005	0.004	0.543	0.448	0.000
286	DF24	0.005	0.015	0.976	0.005	0.000
287	K36	0.006	0.286	0.018	0.004	0.687
288	Mo17	0.010	0.290	0.116	0.557	0.028
289	黄野四	0.975	0.013	0.009	0.003	0.000
290	4F1	0.007	0.021	0.260	0.675	0.037
291	东 237	0.006	0.005	0.009	0.960	0.020
292	杂 C546	0.005	0.008	0.009	0.959	0.019
293	东 91	0.013	0.056	0.019	0.900	0.012
294	苏 80 - 1	0.011	0.011	0.012	0.964	0.003
295	中黄 64	0.844	0.149	0.006	0.001	0.001
296	H21	0.741	0.248	0.007	0.003	0.002
297	8982	0.006	0.056	0.557	0.060	0.322
298	DH40	0.181	0.379	0.243	0.128	0.068
299	A801	0.007	0.006	0.982	0.002	0.003
300	BT1	0.006	0.006	0.982	0.003	0.003
301	928	0.988	0.005	0.005	0.001	0.000

表 1( 续)

序号	材料名称	遗传相似比例				
		塘四平头	旅大红骨	瑞德	兰卡斯特	P 群
302	CT52C	0.006	0.007	0.012	0.851	0.124
303	S311	0.045	0.008	0.005	0.886	0.055
304	7327	0.028	0.064	0.008	0.770	0.129
305	HHe01	0.136	0.009	0.021	0.715	0.119
306	大青 133	0.180	0.013	0.009	0.768	0.031
307	木 6	0.457	0.107	0.236	0.185	0.015
308	贞 367	0.219	0.055	0.007	0.711	0.007
309	独紫	0.206	0.007	0.008	0.774	0.004
310	木 4	0.086	0.053	0.005	0.853	0.003
311	W2H03	0.113	0.048	0.295	0.542	0.002
312	7146	0.057	0.006	0.009	0.927	0.001
313	200B	0.036	0.470	0.131	0.018	0.345

2.2 玉米自交系百粒质量描述性统计分析

根据分析结果(表 2)可知,313 份玉米自交系籽粒百粒质量的平均值为 24.70 g,玉米百粒质量范围为 10.11 ~40.73 g,百粒质量最高的自交系是龙抗 279,属于旅大红骨群;百粒质量最低的自交系是 HP301,属于兰卡斯特群。其中,150 份玉米自交系籽粒百粒质量在平均值之上,163 份玉米自交系的籽粒百粒质量在平均值之下。

表 2 不同杂种优势群玉米百粒质量的统计结果

杂种优势群	百粒质量(g)			
	标准差	最大值	最小值	均值
P 群	4.71	38.82	15.08	25.45
旅大红骨	5.69	40.73	15.45	24.82
兰卡斯特	5.44	33.45	10.11	22.57
塘四平头	5.43	36.23	13.67	25.82
瑞德	4.76	39.15	13.90	24.90
总体	5.20	40.73	10.11	24.70

70 份属于 P 群的自交系百粒质量的平均值为 25.45 g,百粒质量范围为 15.08 ~ 38.82 g,其中最高的自交系是沈 137,最低的自交系是宋 1145,有 36 份自交系的百粒质量大于 25.45 g,34 份自交系的百粒质量小于 25.45 g。

51 份属于兰卡斯特群的自交系百粒质量的平均值为 22.57 g,百粒质量范围为 10.11 ~ 33.45 g,其中最高的自交系是 Mo17,最低的自交系是 HP301,有 25 份自交系百粒质量大于 22.57 g,26 份自交系百粒质量小于 22.57 g。

70 份属于旅大红骨群的自交系百粒质量的平均值为 24.82 g,百粒质量范围为 15.45 ~40.73 g,最高的自交系是龙抗 279,最低的自交系是 M3736,有 30 份自交系的百粒质量大于 24.82 g,40 份自交系的百粒质量小于 24.82 g。

27 份属于塘四平头群的自交系百粒质量的平均值为 25.82 g,百粒质量范围为 13.67 ~36.23 g,最高的自交系是掖 5237,最低的自交系是黄野四,有 15 份自交系的百粒质量大于 25.82 g,12 份自交系的百粒质量小于 25.82 g。

95 份瑞德群的自交系百粒质量的平均值为 24.90 g,百粒质量范围为 13.90 ~39.15 g,最高的自交系是 WN11H,最低的自交系是郑 32,有 45 份自交系的百粒质量大于 24.90 g,50 份自交系的百粒质量小于 24.90 g。

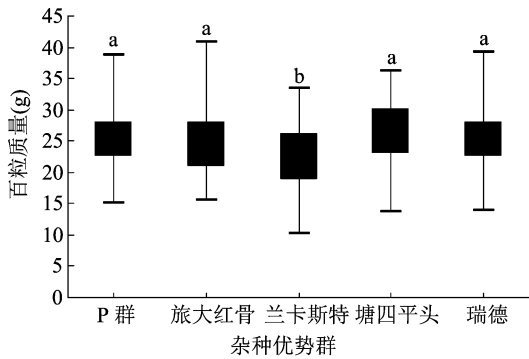
2.3 各杂种优势群玉米籽粒百粒质量方差分析

对不同优势群进行多重比较,结果(表 3)表明,塘四平头群玉米籽粒百粒质量整体偏高,接下来依次是 P 群、瑞德、旅大红骨和兰卡斯特。然而,P 群、旅大红骨、塘四平头、瑞德彼此之间在 0.05 水平上差异均不显著;P 群、旅大红骨、塘四平头、瑞德等 4 个杂种优势群与兰卡斯特的玉米籽粒百粒质量在 0.05 水平上差异显著(图 2)。

表 3 不同杂种优势群玉米籽粒百粒质量方差分析结果

杂种优势群	样本容量	平均百粒质量(g)
P 群	62	25.45a
旅大红骨	56	24.82a
塘四平头	21	25.82a
瑞德	85	24.90a
兰卡斯特	46	22.57b

注:数据后标有不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。



柱上标有不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著

图2 不同杂种优势群玉米籽粒百粒质量的箱形图

2.4 各杂种优势群中玉米籽粒百粒质量优异自交系筛选

正常条件下,玉米籽粒的百粒质量为 26.00 ~28.00 g,品种特性优良的玉米籽粒百粒质量可以达到 30.00 g 以上<sup>[20]</sup>。P 群中,玉米籽粒百粒质量大于 30.00 g 的有 9 份,分别为遵 90110、E200、R31、78599、8701、811A、D869 和沈 137;旅大红骨群中,玉米籽粒百粒质量大于 30.00 g 的有 12 份,分别为中 741、关 17-1、L473、天 77、吉 846、绞 3、掖 515、综 3、H 大-5、85 黄 14、太 1/Lg 和龙抗 279;兰卡斯特群中,玉米籽粒百粒质量大于 30.00 g 的有 5 份,分别为 CT52C、Ay3566、Va26、Mo24W 和 Mo17;塘四平头群中,玉米籽粒百粒质量大于 30.00 g 的有 7 份,分别为昌 D、武 126、D619、中黄 64、20837、文黄 31413 和掖 5237;瑞德群中,玉米籽粒百粒质量大于 30.00 g 的有 15 份,分别为邢 230、Maxa、d140、SS99、苏 75、宁 55、98F1、Lo415、综 31、PH6WC、吉 4112、A632、丹 9046、9702 和 WN11H(表 4)。

表 4 不同杂种优势群中玉米籽粒百粒质量大于 30.00 g 的自交系

杂种优势群	百粒质量大于 30.00 g 的自交系
P 群	遵 90110、E200、R31、78599、8701、811A、海 9-21、D869、沈 137
旅大红骨	中 741、关 17-1、L473、天 77、吉 846、绞 3、掖 515、综 3、H 大-5、85 黄 14、太 1/Lg、龙抗 279
塘四平头	昌 D、武 126、D619、中黄 64、20837、文黄 31413、掖 5237
瑞德	邢 230、Maxa、d140、SS99、苏 75、宁 55、98F1、Lo415、综 31、PH6WC、吉 4112、A632、丹 9046、9702、WN11H
兰卡斯特	CT52C、Ay3566、Va26、Mo24W、Mo17

3 讨论

百粒质量可以用于测定作物种子饱满度,是检测种子品质的主要内容,也是产量的组成因素之一,通常用于大粒种子比如玉米、大豆等<sup>[21]</sup>。同时,玉米籽粒百粒质量还与蛋白质、脂肪、淀粉、赖氨酸这些营养成分有相关性,与玉米品质有着密不可分的关系<sup>[22]</sup>。国内外对不同杂种优势群玉米籽粒百粒质量的研究比较少见。本研究将 313 份玉米自交系分为 5 个杂种优势群,并分析来自不同杂种优势群的玉米自交系百粒质量的情况。

结合杂种优势类群划分和表型数据分析,313 份玉米自交系中筛选出的籽粒百粒质量大于 30.00 g 的资源有 48 份,其中 P 群有 9 份、旅大红骨

群有 12 份、兰卡斯特群中有 5 份、唐四平头类群中有 7 份和瑞德群中 15 份,可以利用每个类群内部百粒质量高的种质资源作为供体亲本进行遗传改良。不同杂种优势群玉米籽粒百粒质量的平均值变化规律为塘四平头群>P 群>瑞德群>旅大红骨群>兰卡斯特群。方差分析结果表明,当显著性水平为 0.05 时,塘四平头群、P 群、瑞德群、旅大红骨群与兰卡斯特群具有显著性差异,说明兰卡斯特类群中存在控制玉米百粒质量的优异等位基因。因此,育种实践中注重兰卡斯特优异种质的利用可以提升玉米籽粒的产量。

玉米的产量构成因素有很多,其中百粒质量占有很大一部分比重<sup>[23-24]</sup>,而且与玉米产量有极大的相关性<sup>[25]</sup>。除了百粒质量以外,其他农艺性状也或多或少影响着玉米产量。王新涛等研究指出,玉米籽粒的粒长与粒宽与百粒质量在不同环境下呈正相关<sup>[26]</sup>。杨世民等研究指出,玉米种植密度对玉米百粒质量影响很大<sup>[27]</sup>。因此,育种工作者在培育玉米过程中,除了选择合适的杂种优势群外,还应充分认识百粒质量与其他农艺性状的紧密相关性,重视对百粒质量和其他农艺性状的协同改良。

本研究探究了我国玉米种质资源中不同杂种优势群的籽粒百粒质量关系,并对各杂种优势群内优良的玉米自交系进行了筛选鉴定,并筛选出 48 份优质种质资源。研究结果为减少育种盲目性和提高育种效率,以及组配出品质优良的强优势杂交种提供了一定依据。

#### 参考文献:

- [1] 宋伟彬,赵海铭,赖锦盛. 2020 年度中国玉米生物学研究进展[J]. 玉米科学,2021,29(5):1-14.
- [2] 郭晋杰,刘文斯,郑云霄,等. 基于 4 个测交群体玉米籽粒品质相关性状关联分析[J]. 农业生物技术学报,2019,27(5):809-824.
- [3] 詹晶晶,邢文慧,田玉焕,等. 基于掖 478 导入系的玉米百粒质量 QTL 鉴定[J]. 植物遗传资源学报,2015,16(5):955-960.
- [4] 农业农村部. 2021 年版国家级稻和玉米品种审定标准发布实施[J]. 中国食品,2021(20):160-161.
- [5] Huang C D, Liu Q Q, Li X L, et al. Effect of intercropping on maize grain yield and yield components [J]. Journal of Integrative Agriculture, 2019, 18(8):1690-1700.
- [6] 孟静娇,张树明,刘婷婷,等. 玉米杂交种主要农艺性状与产量的灰色关联度分析[J]. 农业科技通讯,2021(4):128-129,163.
- [7] 余慧明,龙忠利,褚崇胜,等. 贵州省玉米区试品种的灰色关联度

- 分析[J]. 农业科技通讯,2016(2):43-45.
- [8] 张中伟,杨海龙,付俊,等. 玉米粒长性状主基因+多基因遗传分析[J]. 作物杂志,2019(5):37-40.
- [9] 唐海涛,张彪,林勇,等. 玉米杂交种主要农艺性状的灰色关联度分析[J]. 西南农业学报,2007,20(5):912-916.
- [10] 王越,李小雨,李青青,等. 不同杂种优势群玉米茎秆维管束性状比较分析[J]. 河北农业大学学报,2021,44(5):14-20,56.
- [11] 史俊鹏. 玉米育种群体重要农艺性状遗传基础解析[D]. 北京:中国农业大学,2017.
- [12] 王芳,王化俊,王汉宁. 玉米基因组 DNA 的提取及 SSR 分析[J]. 玉米科学,2006,14(2):30-32.
- [13] Wang F G, Zhao J R, Dai J R, et al. Selection and development of representative simple sequence repeat primers and multiplex SSR sets for high throughput automated genotyping in maize[J]. Chinese Science Bulletin, 2007, 52(2):215-223.
- [14] Wang F G, Tian H L, Zhao J R, et al. Development and characterization of a core set of SSR markers for fingerprinting analysis of Chinese maize varieties[J]. Maydica, 2011, 56:7-18.
- [15] 陈春侠,陆明洋,尚爱兰,等. 基于单片段代换系的玉米百粒质量 QTL 分析[J]. 作物学报,2013,39(9):1562-1568.
- [16] Pritchard J K, Stephens M, Donnelly P. Inference of population structure using multilocus genotype data [J]. Genetics, 2000, 155(2):945-959.
- [17] Falush D, Stephens M, Pritchard J K. Inference of population structure using multilocus genotype data: linked loci and correlated allele frequencies [J]. Genetics, 2003, 164(4):1567-1587.
- [18] 刘洋. 玉米自交系抗倒伏性状的关联分析[D]. 保定:河北农业大学,2014.
- [19] 刘志斋,吴迅,刘海利,等. 基于 40 个核心 SSR 标记揭示的 820 份中国玉米重要自交系的遗传多样性与群体结构[J]. 中国农业科学,2012,45(11):2107-2138.
- [20] 曹改萍,董红建,侯一波,等. 密度对不同玉米品种产量及其构成因素的影响[J]. 山西农业科学,2021,49(11):1290-1294.
- [21] 杨红燕,何庆元,张英虎,等. 川渝地区地方和育成大豆品种籽粒性状关联分析[J]. 大豆科学,2021,40(5):620-627.
- [22] 贾晓艳,朱良佳,田汉钊,等. 玉米自交系粒重与品质性状的相关分析[J]. 种子,2021,40(7):33-38,44.
- [23] 鲁珊,毛彩云,陆建章,等. 玉米杂交种主要农艺性状的相关和通径分析[J]. 天津农业科学,2018,24(5):55-57.
- [24] 季诗城,王旭东,石思博,等. 稻秆还田与化肥施肥对稻茬麦田土壤肥力和小麦产量的影响[J]. 江苏农业学报,2020,36(5):1181-1188.
- [25] 朱永兴,郭生虎,关雅静. 玉米杂交种主要农艺性状的表现分析[J]. 分子植物育种,2019,17(10):3348-3352.
- [26] 王新涛,李保叶,杨青,等. 玉米籽粒相关性状的 QTL 定位[J]. 河南农业科学,2021,50(9):9-15.
- [27] 杨世民,廖尔华,袁继超,等. 玉米密度与产量及产量构成因素关系的研究[J]. 四川农业大学学报,2000,18(4):322-324.