 DOI：10.13430/j.cnki.jpgr.20250902006

90 份玉米地方品种表型多样性研究

李淑芳[1]，杨佳慧[1]，李鹤南[2]，陶　蕊[3]，谭　化[1]，李金鹏[4]，王　阳[1]，刘晓冬[1]，李玉发[5]

（[1]吉林省农业科学院作物资源研究所，公主岭 136100；[2]山东农业大学植物保护学院，泰安 271018；[3]吉林省农业科学院，长春 130033；[4]延边大学农学院，吉林延吉 133002；[5]吉林省农业科学院花生研究所，公主岭 136100）

摘要：玉米地方种质蕴藏的基因丰富多样，对拓宽当前玉米种质资源遗传基础、丰富材料类型具有重要的潜在价值。以90份玉米地方品种为研究对象，基于两年的表型鉴定，分析其40个表型性状（20个农艺性状及20个品质性状）的变异系数与表型多样性指数，并进行了聚类分析。结果表明，农艺性状中15个数量性状及20个品质性状的变异系数变化范围为2.89%（总淀粉含量）~44.20%（赖氨酸含量），其中，30个性状的变异系数大于10.00%，表明这些性状的表型变异较丰富。40个表型性状多样性指数变化范围为0.892（穗形）~2.088（穗位高），农艺性状中5个质量性状的多样性指数相对较低（<1.2），9个数量性状的多样性指数相对较高（>2.0）；20个品质性状中仅6个性状的多样性指数较高（>2.0），表明这15个性状的表型多样性更为丰富。相关分析结果显示，株高及穗位高与其余12个农艺性状均呈极显著正相关，相关程度较高；粗蛋白质含量、粗脂肪含量、总淀粉含量与脂肪酸含量及16种氨基酸含量之间相关程度较高。主成分分析发现，15个农艺性状-数量性状中贡献率最大的为株高、单株穗干重、单株粒干重、穗粗及穗长；20个品质性状中贡献率最大的为酪氨酸含量、异亮氨酸含量、丝氨酸含量、苏氨酸含量、脯氨酸含量、总氨基酸含量，说明穗部性状及6种氨基酸含量性状是形成这些种质遗传变异比较丰富的主要因素。基于15个农艺性状-数量性状，可将90份玉米地方品种分为3类，类群I主要是高秆大穗型资源，可作为稀植品种选育的基础材料；类群II资源的主要特征是植株较矮、果穗较短，该类群种质可作为高密品种选育的潜在基础材料；类群III资源的主要特征是穗行数较多，可为玉米产量及相关性状的改良提供优异资源。基于20个品质性状同样将90份玉米地方品种分成3类，类群I包含1份高淀粉种质；类群II包含8份种质，其中高蛋白种质4份；类群III包含81份种质，其中高油种质13份。这些种质可分别为高淀粉、高蛋白及高油等特/专用玉米品种选育提供潜在的材料支撑。

关键词：玉米；地方品种；表型性状；表型多样性

Study on Phenotypic Diversity of 90 Maize Landraces

LI Shufang[1], YANG Jiahui[1], LI Henan[2], TAO Rui[3], TAN Hua[1], LI Jinpeng[4], WANG Yang[1], LIU Xiaodong[1], LI Yufa[5]

(*[1]Institute of Crop Resources Sciences,Jilin Academy of Agricultural Sciences,Gongzhuling 136100;[2]College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Taian 271018; [3]Jilin Academy of Agricultural Sciences,Changchun 130033;[4]Agriculture College of Yanbian University,Yanji 133002, Jilin ;[5]Peanut Research Institute,Jilin Academy of Agricultural Sciences,Gongzhuling 136100*)

Abstract: Maize landraces harbors rich and diverse genes, which are of great potential value for broadening the genetic base of current maize germplasm resources and enriching material types.The coefficient of variation(*CV*) and phenotypic diversity index(*H′*) of 40 phenotypic traits (20 agronomic traits and 20 quality traits) of 90 maize Landraces were analyzed based on two years of phenotypic identification, and clustering analysis was performed.The results indicate that the *CV* for 15 quantitative trait in agronomic traits and 20 quality traits ranged from 2.89% (total starch content) to 44.20% (lysine content), of which, 30 phenotypic traits had coefficients of variation greater than 10.00%, indicating that the phenotypic variability of these traits was rich.The *H′* varied from 0.892 (ear shape) to 2.088 (ear height), among agronomic traits, 5 qualitative traits exhibited relatively low diversity indices (<1.2), while 9 quantitative traits showed relatively high diversity indices (>2.0); among the 20 quality traits, only 6 exhibited higher diversity indices (>2.0), indicating richer phenotypic diversity for these 15 traits.The results of correlation analysis showed that plant height and

[1] 收稿日期：2025-09-02　　网络出版日期：

URL: https：//doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20250902006

第一作者主要从事作物资源研究，E-mail：xlsf@163.com；杨佳慧为共同第一作者

通信作者：刘晓冬，主要从事作物资源研究，E-mail：Liuxd214@foxmail.com

李玉发，主要从事花生育种，E-mail：liyufa2000@126.com

基金项目：国家作物种质资源库（吉林）分库运行服务（NCGRC2025-052）

Foundation project: Operation Service of the National Crop Germplasm Bank (Jilin) Branch(NCGRC2025-052)

ear height were highly significant positively correlated with the remaining 12 agronomic traits with a high degree of correlation; three quality traits, crude protein content, crude fat content and total starch content, were highly correlated with fatty acid content and 16 amino acid content. Principal component analysis revealed that the 15 agronomic traits with the highest contribution rates were plant height, ear weight per plant, grain weight per plant, ear diameter and ear length; and the 20 quality traits with the highest contribution rates were tyrosine content, isoleucine content, serine content, threonine content, proline content, and total amino acid content, which indicated that the ear traits and the six amino acid content traits were the main factors in the formation of the relatively abundant genetic variation in these germplasms. Based on 15 agronomic traits, the 90 maize landraces can be classified into three groups. Group I is mainly high-culm and large-ear type resources, which can be used as the base material for the selection of sparse varieties; Group II resources are mainly characterized by lower plants and shorter ears, and the germplasm of this group can be used as the potential base material for the selection of high-density varieties; The main characteristic of taxon III resources is that the number of rows per ears is larger, which can provide excellent resources for the improvement of corn yield and related traits. Based on 20 quality traits, the 90 maize landraces were also grouped into three categories, group I included one high-starch germplasm; group II comprised 8 germplasm accessions, including four high-protein germplasm accessions; Group III contained 81 germplasm accessions, including 13 high-oil germplasm accessions. These germplasm can provide potential material support for the selection of special/specialized maize varieties with high-starch, high protein and high oil, respectively.

Key words: maize; landraces; phenotypic traits; phenotypic diversity

玉米用途极其广泛，作为粮食、饲料及经济作物，在保障全球粮食安全和提高人民生活水平等方面起着至关重要的作用[1-3]。玉米在我国种植已有 500 多年，面对复杂多变的生态环境，经过漫长的自然选择以及人工选择，形成了数量众多且类型丰富的地方种质，这些种质具有广泛的遗传变异[4-5]。作为一种重要的基础资源，玉米地方种质曾在生产上发挥着重要作用[4]。新中国成立后，我国玉米品种经历了 4 次更新换代，而地方种质则是玉米品种更新换代的重要依托[6]。从玉米地方种质中选育出的优良自交系矮金 525、黄早四及 E28 等，通过与其他亲本组配所产生的杂交种在生产上广泛推广，推动了我国玉米品种产量的显著提高[7-8]。

随着生产发展，玉米地方种质逐渐退出了历史舞台，被生产所淘汰，但其蕴藏的基因丰富多样，可拓宽当前玉米种质资源遗传基础、丰富材料类型。玉米表型性状众多，每个性状在育种过程中具有不同作用，对表型性状进行鉴定评价能够提高其利用率[9]。董昕等[10]对 129 份重庆玉米地方品种的 31 个农艺性状进行了多样性分析，发现以株高为主的 16 个农艺性状的多样性较丰富。蒙祖庆等[11]以来源于西藏的 179 份玉米地方品种为材料，详细分析了 36 个农艺性状的多样性，发现以粒色为主的 20 个农艺性状多样性较丰富。李清超等[12]以来源于我国西南地区的 785 份玉米地方种质为材料，分析 13 个表型性状的多样性，发现该地区玉米地方种质资源遗传变异较丰富。郭欢乐等[13]的研究发现，湖南省 139 份玉米地方品种在 14 个表型性状方面多样性较丰富。研究玉米地方种质的表型多样性对改良当前玉米种质、扩增其遗传基础以及提高利用效率具有重要意义[14]。吉林省玉米地方种质资源表型多样性研究较少，本研究以吉林省作物种质资源保护与利用中心保存的 90 份玉米地方种质为试验材料，针对 40 个表型性状的多样性进行了全面分析，旨在为这些地方种质资源的高效利用提供实践参考和借鉴。

1 材料与方法

1.1 试验材料

90 份玉米地方品种（表 1）均由吉林省作物种质资源保护与利用中心提供，这些品种均是在新中国成立初期从全国各地的农业科研单位以及技术推广部门征集获得。据资料记载，90 份玉米地方品种中有 41 份国外种质，29 份国内种质，其余 20 份种质原产地不详。

表 1 90 份玉米地方品种基本信息

Table 1 General information of 90 maize landraces

序号 No.	保存号 Save No.	种质名称 Germplasm name	原产地 Origin	序号 No.	保存号 Save No.	种质名称 Germplasm name	原产地 Origin
1	05306Y12G0301	GasPe	产地不详	46	05406Y12G0801	黄金顶	中国吉林省桦甸市
2	05307Y12G0306	R12972	产地不详	47	05417Y12G0856	平野在来	日本
3	05308Y12G0311	12596	中国吉林省敦化市	48	05418Y12G0861	大金顶	中国吉林省永吉县
4	05309Y12G0316	12557	中国吉林省敦化市	49	05420Y12G0871	VS525	美国
5	05310Y12G0321	11820	中国吉林省集安市	50	05421Y12G0876	VS341	美国
6	05310Y12G0322	11820	中国吉林省集安市	51	05429Y12G0916	黄糖包米	中国吉林省辉南县
7	05316Y12G0351	农安金顶子	中国吉林省农安县	52	05430Y12G0921	金黄 33	产地不详
8	05318Y12G0361	敦化白头霜	中国吉林省敦化市	53	05431Y12G0926	VS46	美国
9	05322Y12G0381	舒兰白头霜	中国吉林省舒兰市	54	05434Y12G0941	前川黄马牙	朝鲜
10	05324Y12G0391	小穗黄	中国广西百色县	55	05436Y12G0951	VS13	美国
11	05327Y12G0406	农安白马牙	中国吉林省农安县	56	05437Y12G0956	oho24	美国
12	05335Y12G0446	粘包米	中国吉林省公主岭市	57	05439Y12G0966	斯帕索夫	苏联
13	05336Y12G0451	长品 687 号	中国吉林省长岭县	58	05461Y12G1076	怀德面包米	中国吉林省怀德县
14	05338Y12G0461	长品 878 号	中国吉林省长岭县	59	05462Y12G1081	伊通洋包米	中国吉林省伊通县
15	05339Y12G0466	ZK81003	荷兰	60	05464Y12G1091	LN24	产地不详
16	05340Y12G0471	ZK81002	荷兰	61	05465Y12G1096	PR38	美国
17	05341Y12G0476	MVTC200	匈牙利	62	05466Y12G1101	SMH522	波兰
18	05342Y12G0481	MVTC201	匈牙利	63	05467Y12G1106	PR37	美国
19	05343Y12G0486	Sc58C	加拿大	64	05468Y12G1111	SMH593	波兰
20	05344Y12G0491	Pick18	加拿大	65	05474Y12G1141	G-4810A	加拿大
21	05345Y12G0496	SX397	产地不详	66	05475Y12G1146	G-303	加拿大
22	05346Y12G0501	PRy11	产地不详	67	05476Y12G1151	G-4256	加拿大
23	05347Y12G0506	IRR15	意大利	68	05477Y12G1156	G-4436	加拿大
24	05352Y12G0531	Corneu	产地不详	69	05478Y12G1161	G-4524	加拿大
25	05353Y12G0536	IR36	产地不详	70	05479Y12G1166	G-188	加拿大
26	05354Y12G0541	Sugering	美国	71	05480Y12G1171	G-4848	加拿大
27	05355Y12G0546	Kehred	产地不详	72	05481Y12G1176	G-4673	加拿大
28	05356Y12G0551	Soh	产地不详	73	05482Y12G1181	G-4143	加拿大
29	05357Y12G0556	Pom	产地不详	74	05483Y12G1186	G-4336	加拿大
30	05358Y12G0561	IR29	产地不详	75	05484Y12G1191	G-211	加拿大
31	05359Y12G0566	ACD22	产地不详	76	05489Y12G1216	LG11	产地不详
32	05360Y12G0571	AC35	加拿大	77	05491Y12G1226	LG5	产地不详
33	05364Y12G0591	长品 878	中国吉林省长岭县	78	05492Y12G1231	LG6	产地不详
34	05365Y12G0596	紫玉米	中国山东省垦利县	79	05493Y12G1236	LG9	产地不详
35	05368Y12G0611	AC1	加拿大	80	05494Y12G1241	V530	美国
36	05369Y12G0616	AC0	加拿大	81	05495Y12G1246	H063	美国
37	05370Y12G0621	AC0	加拿大	82	05496Y12G1251	ANIOV	产地不详
38	05371Y12G0626	BC1	加拿大	83	05497Y12G1256	LORA28	意大利

39	05382Y12G0681	白包米	中国吉林省扶余市	84	05498Y12G1261	Sil18	产地不详
40	05389Y12G0716	粘包米	中国吉林省九台县	85	05499Y12G1266	IRR55	意大利
41	05390Y12G0721	AL49	产地不详	86	05501Y12G1276	MF3	匈牙利
42	05393Y12G0736	白包米	中国吉林省四平市	87	05502Y12G1281	MLC2132	产地不详
43	05396Y12G0751	面包米	中国吉林省公主岭市	88	05503Y12G1286	MLC123	产地不详
44	05398Y12G0761	面包米	中国吉林省德惠市	89	05505Y12G1296	黄糖包米	中国吉林省公主岭市
45	05400Y12G0771	白包米	中国吉林省榆树市	90	05506Y12G1301	LG1	产地不详

1.2 试验方法

1.2.1 试验地概况 2023–2024 年在吉林省公主岭市吉林省农业科学院试验地开展试验。玉米全生育期气象数据来源于当地气象局，2023 年月平均气温 18.9℃，日照时数 1297.6 h，降雨量 469.1 mm；2024 年月平均气温 19.7℃，日照时数 1273.2 h，降雨量 697.4 mm。玉米生育期间的气温无异常波动现象。

1.2.2 试验设计 采用完全随机区组设计，3 次重复。行长 5 m，行株距 60 cm×30 cm，每份材料种植 5 行，田间管理与当地大田生产保持一致。

1.2.3 农艺性状测定 参照《玉米种质资源描述规范和数据标准》[15]测定轴色、穗形、粒型、子粒形状及粒色共 5 个质量性状，以及雄穗一级分枝数、雄穗长、株高、穗位高、上位穗位叶数、穗长、穗粗、穗行数、行粒数、轴粗、单株穗干重、单株粒干重、出籽率、千粒重及子粒容重共 15 个数量性状。5 个质量性状分别以数值进行描述（表 2）。大田测量时，去掉边际效应，选取有代表性的植株 10 株进行测量，重复 3 次。秋季适期收获，待果穗风干后考种，测量 10 个果穗及籽粒相关性状，农艺性状测量值均来源于 2 年观测数据的平均值。

表 2 玉米地方品种 5 个质量性状描述标准

Table 2 Description standard on 5 qualitative traits of maize landrace

性状 Traits	描述标准 Description standard
轴色 CC	1：白；2：浅红；3：红
穗形 ES	1：筒形；2：锥到筒形；3：锥形
粒型 KT	1：硬粒型；2：马齿型；3：中间型；4：糯质型；5：甜质型；6：爆裂型
子粒形状 KS	1：圆形；2：楔形；3：中间形
粒色 KC	1：白；2：浅黄；3：黄；4：橙黄；5：橘黄；6：红；7：蓝；8：紫

CC: Cob colour; ES: Ear shape; KT: Kernel type; KS: Kernel shape; KC: Kernel colour; The same as below

1.2.4 品质性状测定 针对田间人工授粉的果穗收获后考种并脱粒，将籽粒中的杂质清除干净，每份种质选取 300 g 用于测定品质性状。通过多功能近红外品质分析仪（福斯 FOSS DS3F）测定粗蛋白质含量、粗脂肪含量、总淀粉含量、脂肪酸含量及 16 种氨基酸含量相关性状[苯丙氨酸含量、丙氨酸含量、苏氨酸含量、天（门）冬氨酸含量、甘氨酸含量、酪氨酸含量、异亮氨酸含量、谷氨酸含量、组氨酸含量、精氨酸含量、脯氨酸含量、赖氨酸含量、丝氨酸含量、亮氨酸含量、缬氨酸含量、总氨基酸含量]，3 次重复，取平均。

1.3 数据分析

利用 Excel 2017 计算各性状表型多样性指数（H'）及变异系数。表型多样性指数 H'[16]公式为 $H'=$

$-\sum P_i \times \ln P_i$，其中 P_i 为某一性状第 i 级别时的频率。农艺性状中的 5 个质量性状以频率分布来计算表型多样性指数；其余 15 个农艺性状及 20 个品质性状通过平均数（ $\bar{X}$ ）和标准差（S）分级，将观测值划分为 10 级，第 1 级 $X_i \leq (\bar{X}-2S)$到第 10 级 $X_i \geq (\bar{X}+2S)$，每 0.5S 为 1 级，采用相对频率来计算表型多样性指数（H'）[17]。采用 Oringin 2024 进行主成分分析及聚类分析。

2 结果与分析

2.1 玉米地方品种表型多样性分析

2.1.1 农艺性状多样性分析 由表 3 可知，20 个农艺性状中，5 个质量性状的表型多样性指数变化范围为 0.892~1.190。其中，粒型的表型多样性指数最大，穗形的最小，其他 3 个性状的表型多样性指数排序为子粒形状<轴色<粒色。90 份玉米地方品种的轴色以白色居多，其次为红色、浅红色；穗形以筒形居多，其次为锥形，锥到筒形极少；粒型最多的为中间型，其次为硬粒型，其余类型的籽粒较少；子粒形状多为楔形和中间形；粒色多为黄色和浅黄色，白色、橘黄色和紫色籽粒也稍有分布。

表 3 玉米地方品种 5 个质量性状的频率分布及表型多样性

Table 3 Phenotypic diversity and frequency distribution of 5 qualitative traits in maize landrace

性状 Traits	表型多样性指数 H'	频率 Frequency							
		1	2	3	4	5	6	7	8
轴色 CC	1.037	0.433	0.178	0.389					
穗形 ES	0.892	0.589	0.089	0.322					
粒型 KT	1.190	0.422	0.022	0.433	0.022	0.067	0.033		
子粒形状 KS	1.004	0.144	0.456	0.400					
粒色 KC	1.181	0.111	0.367	0.456	0	0.056	0	0	0.011

20 个农艺性状中，15 个数量性状的分析结果（表 4）显示，各性状间的表型多样性指数及变异系数均存在较大差异。表型多样性指数变化范围为 1.604~2.088，平均值 1.985。其中，穗位高的表型多样性指数最大，穗行数的最小，其余 13 个数量性状的表型多样性指数排序为株高>穗长>穗粗>千粒重>单株粒干重>雄穗一级分枝数>单株穗干重>轴粗>雄穗长>行粒数>上位穗位叶数>出籽率>子粒容重。

变异系数变化范围为 4.54%~43.64%，平均值 21.65%。其中，单株粒干重变异系数最大，出籽率变异系数最小，其余 13 个数量性状的变异系数排序为单株穗干重>雄穗一级分枝数>穗位高>千粒重>行粒数>株高>穗行数>穗长>上位穗位叶数>穗粗>雄穗长>轴粗>子粒容重。90 份玉米地方品种的 15 个数量性状中千粒重的极差最大，294.50 g，轴粗的最小，1.61 cm。上述分析结果表明，15 个数量性状蕴藏着丰富的遗传变异。

表 4 玉米地方品种 15 个数量性状的表型多样性分析

Table 4 Phenotypic diversity analysis of 15 quantitative traits in maize landrace

性状 Ttaits	最小值 Min.	最大值 Max.	极差 Range	平均值 Mean	标准差 *SD*	变异系数 (%) *CV*	表型多样性指数 H'
雄穗一级分枝数 TBN	4.33	28.33	24.00	14.91	5.481	36.752	2.011
雄穗长（cm）TL	25.00	53.00	28.00	37.76	4.770	12.63	1.999
株高（cm） PH	129.00	313.00	184.00	223.36	41.225	18.46	2.081

穗位高（cm） EH	14.67	147.00	132.33	76.35	26.654	34.91	2.088
上位穗位叶数 LUEN	2.67	7.00	4.33	5.13	0.892	17.40	1.993
穗长（cm） EL	8.00	22.50	14.50	15.76	2.814	17.86	2.061
穗粗（cm） ED	2.80	5.05	2.25	3.93	0.510	12.97	2.056
穗行数 ERN	8.00	22.00	14.00	13.80	2.509	18.18	1.604
行粒数 RKN	14.00	47.00	33.00	31.79	6.861	21.58	1.998
轴粗（cm） CD	1.78	3.40	1.61	2.48	0.306	12.34	2.000
单株穗干重（g）EW	38.22	257.80	219.58	123.05	53.293	43.31	2.009
单株粒干重（g）KW	31.10	226.01	194.91	105.26	45.930	43.64	2.017
出籽率（%）KWP	72.62	94.21	21.59	85.41	3.882	4.54	1.983
千粒重（g）TKW	102.90	397.40	294.50	263.60	60.101	22.80	2.039
子粒容重（g/L）TW	156.15	280.16	124.01	252.65	18.847	7.46	1.832

TBN: Branch number of tassel; TL: Length of tassel; PH: Plant height; EH: Ear height; LUEN: Ordinal nurmber of the leaf at the node bearing the uppermost ear; EL: Ear length; ED: Ear diameter; ERN: Number of rows per ear; RKN: Number of kernels per row; CD: Cob diameter; EW: Ear weight per plant; KW: Kernel weight per plant; KWP: Percentage of kernel weight in ear weight; TKW: 1000-kernel weight; TW: Test weight; The same as below

2.1.2 **品质性状多样性分析** 20 个品质性状的表型多样性指数变化范围为 1.143~2.083，平均值 1.790（表 5）。其中，总氨基酸含量的表型多样性指数最大，甘氨酸含量的最小，其余 18 个品质性状的表型多样性指数排序为赖氨酸含量<精氨酸含量<天(门)冬氨酸含量<粗脂肪含量<苏氨酸含量<缬氨酸含量<脯氨酸含量<组氨酸含量<脂肪酸含量<总淀粉含量<异亮氨酸含量<酪氨酸含量<丝氨酸含量<亮氨酸含量 <谷氨酸含量=粗蛋白质含量<丙氨酸含量<苯丙氨酸含量。

20 个品质性状变异系数变化范围为 2.89%~44.20%，平均值 18.42%。其中，赖氨酸含量的变异系数最大，总淀粉含量的最小，其余 18 个品质性状的变异系数排序为甘氨酸含量>天（门）冬氨酸含量>组氨酸含量>亮氨酸含量>丙氨酸含量>粗脂肪含量>精氨酸含量>苏氨酸含量>脯氨酸含量>异亮氨酸含量>谷氨酸含量>苯丙氨酸含量>粗蛋白质含量>丝氨酸含量>酪氨酸含量>总氨基酸含量>缬氨酸含量>脂肪酸含量。20 个品质性状中脂肪酸含量的极差最大，18.92%，苯丙氨酸含量的极差最小，0.27%。综上分析，20 个品质性状有着丰富的遗传变异。

表 5 玉米地方品种 20 个品质性状的表型多样性分析

Table 5 Phenotypic diversity analysis of 20 qualitative traits in maize landrace

性状 Ttaits	最小值 Min.	最大值 Max.	极差 Range	平均值 Mean	标准差 *SD*	变异系数 (%)*CV*	表型多样性指数 *H′*
总淀粉含量（%）SC	63.78	76.08	12.30	72.18	2.086	2.890	1.933
粗蛋白质含量（%）PC	8.24	15.02	6.78	10.94	1.353	12.37	2.014
粗脂肪含量（%）CFC	4.33	13.40	9.07	5.57	1.041	18.68	1.599
苯丙氨酸含量（%）PHAC	0.28	0.55	0.27	0.43	0.061	14.28	2.074
丙氨酸含量（%）ALAC	0.29	0.79	0.50	0.57	0.108	18.97	2.052
甘氨酸含量（%）GLYC	0.25	1.84	1.59	0.41	0.166	40.79	1.143
谷氨酸含量（%）GLUC	1.05	2.17	1.12	1.66	0.251	15.18	2.014
精氨酸含量（%）ARGC	0.73	2.25	1.52	0.94	0.167	17.73	1.203
赖氨酸含量（%）LYSC	0.13	0.95	0.82	0.20	0.088	44.20	1.196
酪氨酸含量（%）TYRC	0.31	0.63	0.32	0.41	0.047	11.60	1.938

亮氨酸含量（%）LEUC	0.31	1.34	1.03	0.94	0.199	21.12	2.000
脯氨酸含量（%）PROC	0.63	1.67	1.04	0.94	0.146	15.65	1.873
丝氨酸含量（%）SERC	0.39	0.74	0.35	0.51	0.060	11.62	1.965
苏氨酸含量（%）THRC	0.24	0.76	0.52	0.34	0.059	17.61	1.692
天（门）冬氨酸含量（%）ASPC	0.22	1.71	1.49	0.42	0.160	38.33	1.430
缬氨酸含量（%）VALC	0.45	0.85	0.40	0.56	0.055	9.83	1.838
异亮氨酸含量（%）ILEC	0.21	0.54	0.33	0.31	0.048	15.22	1.936
组氨酸含量（%）HISC	0.13	0.66	0.53	0.32	0.086	26.56	1.894
总氨基酸含量（%）TAAC	8.27	14.22	5.95	10.77	1.139	10.58	2.083
脂肪酸含量（%）)FAC	70.64	89.56	18.92	83.11	4.377	5.27	1.918

SC: Starch content; PC: Protein content; CFC: Crude fat content; PHAC: Phenylalanine content; ALAC: Alanine content; GLYC: Glycine content; GLUC: Glutamic acid content; ARGC: Arginine content; LYSC: Lysine content; TYRC: Tyrosine content; LEUC: Leucine content; PROC: Proline content; SERC: Serine content; THRC: Threonine content; ASPC: Aspartic acid content; VALC: Valine content; ILEC: Isoleucine content; HISC: Histidine content; TAAC: Total amino acid content; FAC: Fatty acid content; The same as below

2.2 性状相关性分析

2.2.1 农艺性状相关性分析 农艺性状的 15 个数量性状的相关性分析表明，73 个相关系数呈显著或极显著相关，其中 67 个相关系数呈极显著正相关，5 个相关系数呈显著正相关，1 个相关系数呈显著负相关（图 1）。株高、穗位高除出籽率无显著相关性外，与其他 12 个数量性状均呈极显著正相关；上位穗位叶数与雄穗一级分枝数、穗长、行粒数、轴粗、单株穗干重及单株粒干重均呈极显著正相关；雄穗长与穗长、单株穗干重、单株粒干重及千粒重共 4 个性状均呈极显著正相关；果穗涉及的 6 个性状如单株穗干重、单株粒干重、轴粗、穗行数、行粒数及千粒重均与穗长、穗粗呈极显著正相关；子粒容重与穗粗、轴粗、单株穗干重、单株粒干重及千粒重呈均极显著正相关。可见，15 个农艺性状中株高、穗位高、上位穗位叶数、穗长及穗粗与其余 10 个数量性状相关程度较高。

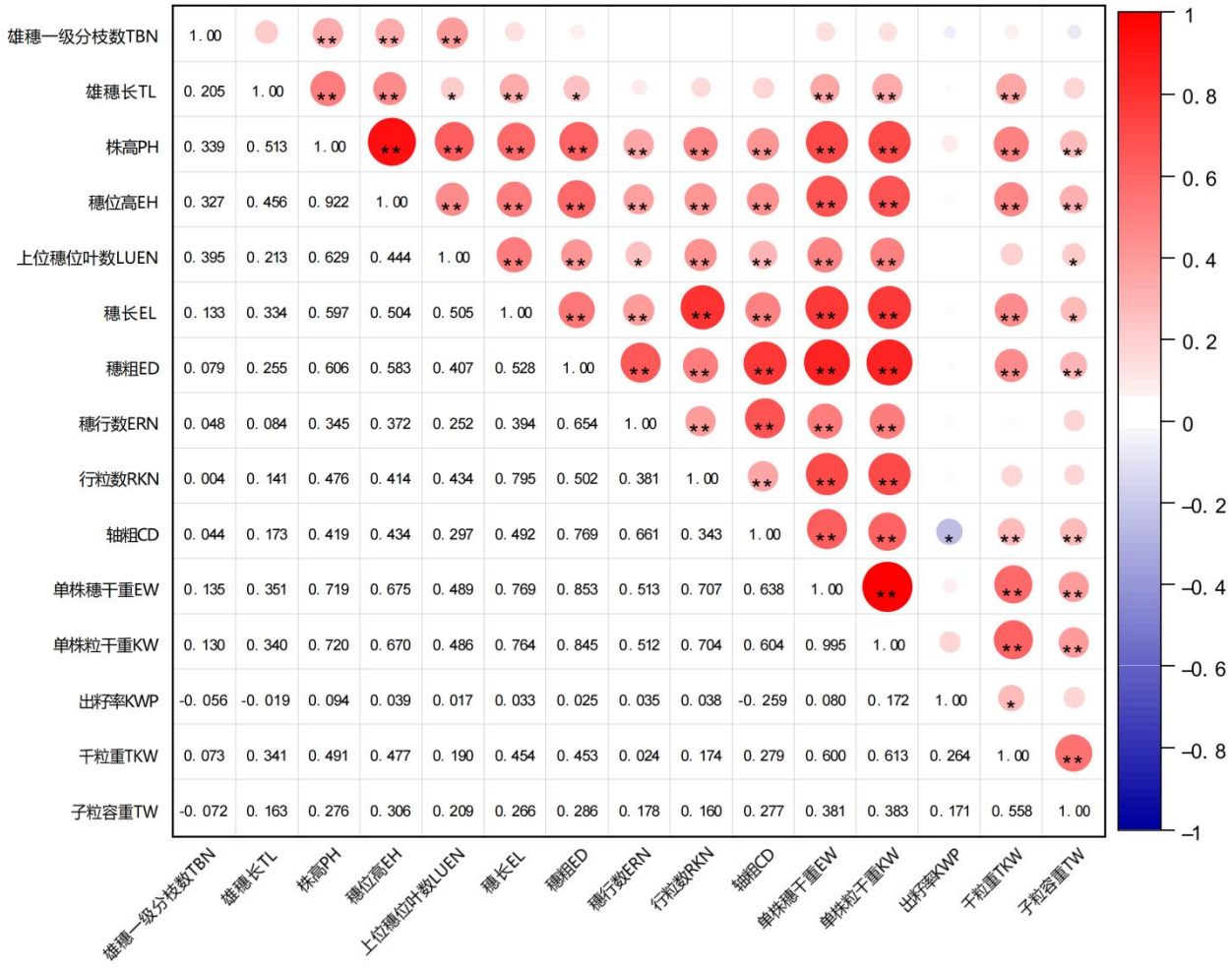


图 1 玉米地方品种 15 个农艺性状相关性分析

Fig. 1 The correlation analysis of 15 agronomic traits in maize landrace

2.2.2 品质性状相关性分析 20 个品质性状相关性分析（图 2）表明，143 个相关系数（113 个正相关系数、30 个负相关系数）达到极显著水平。其中，负相关系数最小值 - 0.278，正相关系数最大值 0.992。粗蛋白质含量、粗脂肪含量及总淀粉含量与其他性状相关程度较高。总淀粉含量与粗蛋白质含量、粗脂肪含量均呈极显著负相关，除丙氨酸含量、亮氨酸含量、组氨酸含量外，总淀粉含量与甘氨酸含量等其他 13 种氨基酸含量均呈极显著负相关。粗蛋白质含量与丙氨酸含量等 11 种氨基酸含量均呈极显著正相关；粗脂肪含量与赖氨酸含量等 10 种氨基酸含量均呈极显著正相关。16 种氨基酸含量中，缬氨酸含量、异亮氨酸含量及总氨基酸含量与其他氨基酸含量相关程度较高。总氨基酸含量与丙氨酸含量、苯丙氨酸含量等 14 种氨基酸含量均呈极显著正相关；异亮氨酸含量与丙氨酸含量等 14 种氨基酸含量均呈极显著正相关；缬氨基酸含量与甘氨酸含量、苯丙氨酸含量等 10 种氨基酸含量均呈极显著正相关。脂肪酸含量与苏氨酸含量、精氨酸含量等 10 种氨基酸含量均呈极显著负相关。此可见，玉米地方品种的 20 个品质性状之间相关程度较高，相关关系复杂。

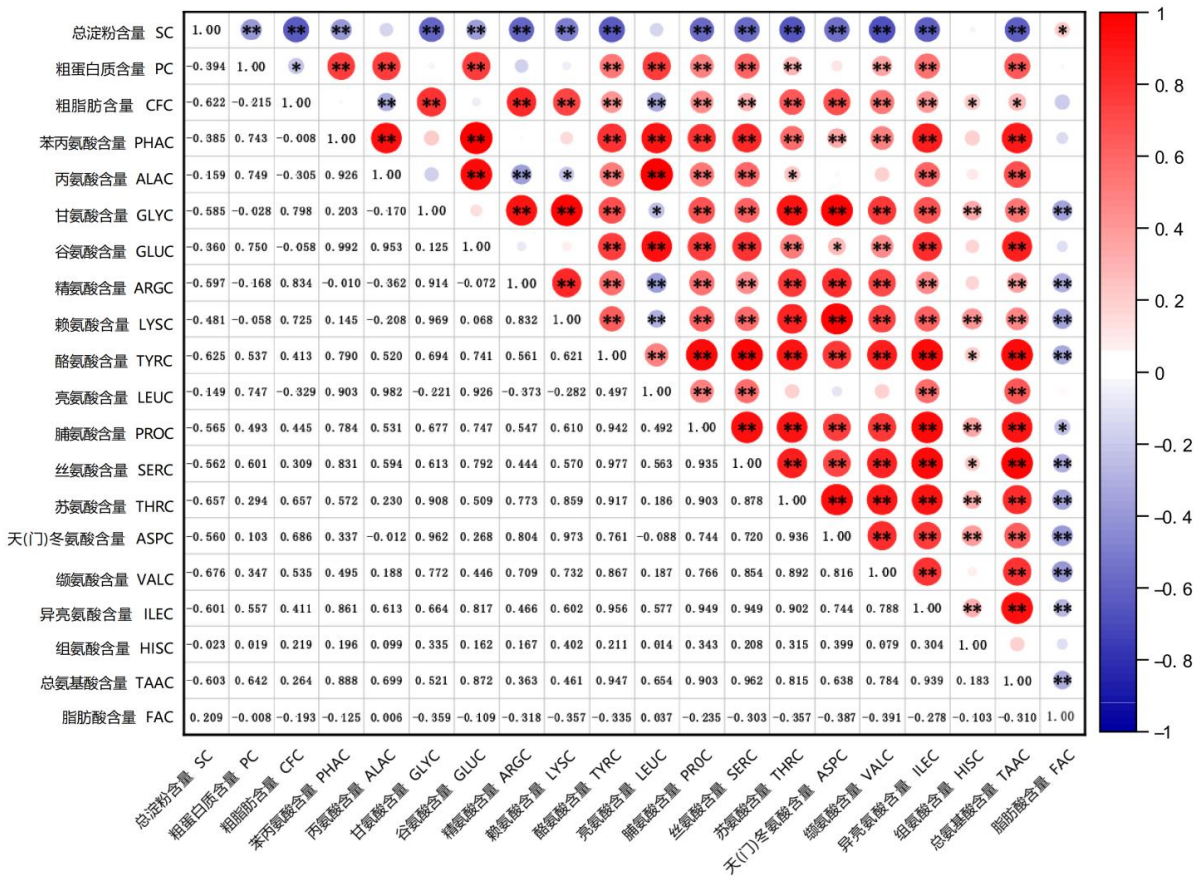


图 2 玉米地方品种 20 个品质性状相关性分析

Fig. 2 Correlation analysis of 20 qualitative traits in maize landrace

2.3 主成分分析

2.3.1 玉米地方品种农艺性状主成分分析 对农艺性状的 15 个数量性状进行主成分分析（表 6），提取到 4 个主成分，累积贡献率为 74.444%。其中，第 1 主成分的特征值为 6.949、贡献率为 46.327%，其中，株高、单株穗干重、单株粒干重、穗粗及穗长共 5 个性状的正向特征值较高，说明第 1 主成分的主要构成因子与籽粒产量有关。第 2 主成分的特征值为 1.622，贡献率为 10.812%，正向特征值较高的为千粒重，说明第 2 主成分也与籽粒产量有关。第 3 主成分的特征值和贡献率分别为 1.495 和 9.967%，正向特征值较高的为子粒容重、出籽率，说明第 3 主成分与籽粒产量和品质有关。第 4 主成分的特征值和贡献率分别为 1.101 和 7.338%，正向特征值较高的为行粒数、出籽率，说明第 4 主成分也与籽粒产量有关。

表 6 玉米地方品种 15 个农艺性状主成分分析

Table 6 Principal component analysis of 15 agronomic traits in maize landrace

性状 Traits	主成分 1 PC1	主成分 2 PC2	主成分 3 PC3	主成分 4 PC4
雄穗一级分枝数 TBN	0.033	0.231	-0.444	-0.012
雄穗长 TL	0.064	0.263	-0.129	-0.280
株高 PH	0.121	0.189	-0.156	-0.018
穗位高 EH	0.114	0.162	-0.129	-0.139
上位穗位叶数 LUEN	0.087	0.090	-0.255	0.248
穗长 EL	0.116	-0.038	-0.004	0.284
穗粗 ED	0.122	-0.179	0.054	-0.145

穗行数 ERN	0.083	-0.336	-0.011	-0.076
行粒数 RKN	0.099	-0.148	-0.002	0.491
轴粗 CD	0.098	-0.308	-0.017	-0.352
单株穗干重 EW	0.137	-0.048	0.073	0.052
单株粒干重 KE	0.136	-0.026	0.101	0.094
出籽率 KWP	0.012	0.247	0.344	0.402
千粒重 TKW	0.086	0.279	0.297	-0.200
子粒容重 TW	0.063	0.138	0.351	-0.251
特征值 Eigenvalue	6.949	1.622	1.495	1.101
贡献率（%）Contribution rate	46.327	10.812	9.967	7.338
累积贡献率（%）Cumulative contribution rate	46.327	57.139	67.106	74.444

2.3.2 **玉米地方品种品质性状主成分分析** 通过对品质性状的主成分分析（表 7）发现，前 3 个主成分的累积贡献率达 87.645%。其中，第 1 主成分的特征值和贡献率分别为 11.158 和 55.789%，正向特征值较高的为酪氨酸含量、异亮氨酸含量、丝氨酸含量、苏氨酸含量、脯氨酸含量、总氨基酸含量，说明 6 种氨基酸含量是第 1 主成分的主要构成因子。第 2 主成分的特征值是 5.218，贡献率为 26.092%，正向特征值较高的为亮氨酸含量、丙氨酸含量，说明亮氨酸含量及丙氨酸含量是第 2 主成分的主要构成因子。第 3 主成分的特征值和贡献率分别为 1.153 和 5.763%，正向特征值较大的为组氨酸含量，说明组氨酸含量是第 3 主成分的主要构成因子。

表 7 玉米地方品种 20 个品质性状的主成分分析

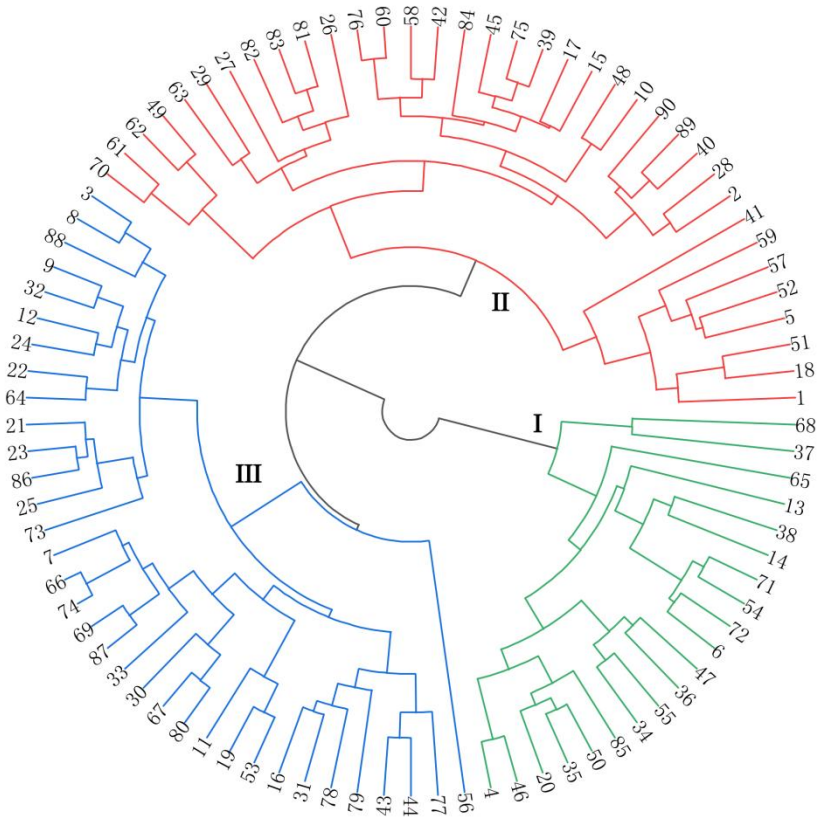
Table 7 Principal component analysis of 20 qualitative traits in maize landrace

性状 Traits	主成分 1 PC1	主成分 2 PC2	主成分 3 PC3
总淀粉含量 SC	-0.061	0.034	0.375
粗蛋白质含量 PC	0.046	0.125	-0.141
粗脂肪含量 CFC	0.046	-0.131	-0.077
苯丙氨酸含量 PHAC	0.069	0.119	0.064
丙氨酸含量 ALAC	0.043	0.164	0.074
甘氨酸含量 GLYC	0.068	-0.121	0.052
谷氨酸含量 GLUC	0.065	0.129	0.046
精氨酸含量 ARGC	0.054	-0.142	-0.122
赖氨酸含量 LYSC	0.063	-0.124	0.147
酪氨酸含量 TYRC	0.088	0.014	-0.049
亮氨酸含量 LEUC	0.040	0.169	0.000
脯氨酸含量 PROC	0.085	0.014	0.087
丝氨酸含量 SERC	0.086	0.033	-0.023
苏氨酸含量 THRC	0.086	-0.052	0.021
天（门）冬氨酸含量 ASPC	0.074	-0.094	0.122
缬氨酸含量 VALC	0.079	-0.043	-0.210
异亮氨酸含量 ILEC	0.087	0.028	0.056
组氨酸含量 HISC	0.027	-0.025	0.758
总氨基酸含量 TAAC	0.084	0.054	-0.051
脂肪酸含量 FAC	-0.031	0.041	0.008

特征值 Eigenvalue	11.158	5.218	1.153
贡献率（%）Contribution rate	55.789	26.092	5.763
累积贡献率（%）Cumulative contribution rate	55.789	81.881	87.645

2.4 聚类分析

2.4.1 玉米地方品种农艺性状聚类分析 基于农艺性状的15个数量性状将90份玉米地方品种聚为3个类群（图3），对3个类群的品种表现进行统计（表8）。类群I包括20份种质，占比22.2%，主要特征为植株较高、果穗较长，除穗行数外，其他14个性状的平均值在3个类群中均最大，9个性状的变异系数均大于10.00%。类群II包括36份种质，占比40.0%，15个性状的平均值在3个类群中均最小，除轴粗外，其他14个性状的变异系数在3个类群中均最大，其中13个性状的变异系数均超过10.00%，说明类群II里的36份种质变异较丰富。类群III包括34份种质，占比37.8%，主要表现为穗行数最多，但雄穗长等6个数量性状的变异系数小于10.00%，具有较小的变异。



品种序号同表1

The variety number is the same as table 1

图3 基于15个农艺性状的聚类分析

Fig. 3 Clustering analysis based on 15 agronomic traits

表8 3个类群种质15个农艺性状的平均值及变异系数

Table 8 Average values and variation coefficient of 15 agronomic traits from 3 clusters

性状 Traits	类群I Cluster I		类群II Cluster II		类群III Cluster III	
	平均值 Mean	变异系数（%） *CV*	平均值 Mean	变异系数（%） *CV*	平均值 Mean	变异系数（%） *CV*
雄穗一级分枝数 TBN	16.97	17.85	13.88	45.60	14.80	36.72

雄穗长（cm）L	40.82	9.92	36.13	10.79	37.22	9.50
株高（cm）PH	270.88	8.18	184.74	13.33	236.30	9.36
穗位高（cm）EH	105.15	17.56	53.17	33.69	83.67	16.71
上位穗位叶数 LUEN	5.57	13.19	4.54	16.69	5.52	12.19
穗长（cm）EL	18.17	9.97	13.58	16.83	16.66	12.57
穗粗（cm）ED	4.47	8.95	3.48	10.20	4.09	5.42
穗行数 ERN	14.70	17.81	12.44	19.25	14.71	12.92
行粒数 RKN	35.95	14.59	27.06	22.72	34.53	13.72
轴粗（cm）CD	2.69	10.53	2.28	10.06	2.53	8.75
单株穗干重（g）EW	192.18	15.23	71.11	29.17	137.38	18.68
单株粒干重（g）KW	165.25	14.74	60.32	30.13	117.56	18.20
出籽率（%）KWP	86.11	3.49	84.79	4.98	85.87	3.89
千粒重（g）TKW	336.40	11.63	227.62	19.47	260.65	15.47
子粒容重（g/L）TW	261.12	3.86	249.85	6.82	255.33	4.48

2.4.2 **玉米地方品种品质性状聚类分析** 基于品质性状进行聚类分析（图 4），90 份玉米地方品种可划分为 3 个类群，同时对 3 个类群玉米地方品种的 20 个品质性状进行统计（表 9）。类群I仅包含 1 份种质，为序号 38（BC1），该种质的总淀粉含量在 3 个类群中最高，可用于培育高淀粉品种。类群II包含 8 份种质，占全部种质数量的 8.9%，分别为序号 12（粘包米）、序号 30（IR29）、序号 37（AC0）、序号 39（白包米）、序号 40（粘包米）、序号 41（AL49）、序号 62（SMH522）、序号 70（G-188）；该群种质的主要特征为总淀粉含量及脂肪酸含量在 3 个类群中最低，粗蛋白质含量及粗脂肪含量等 11 个品质性状的变异系数均超过 10.0%。类群III包含 81 份种质，占比 90.0%，主要特征为粗蛋白质含量、粗脂肪含量、丙氨酸含量、亮氨酸含量及脂肪酸含量共 5 个性状的平均值在 3 个类群中最大，粗蛋白质含量等 16 个品质性状的变异系数均超过 10.0%，说明该类群种质类型较丰富。

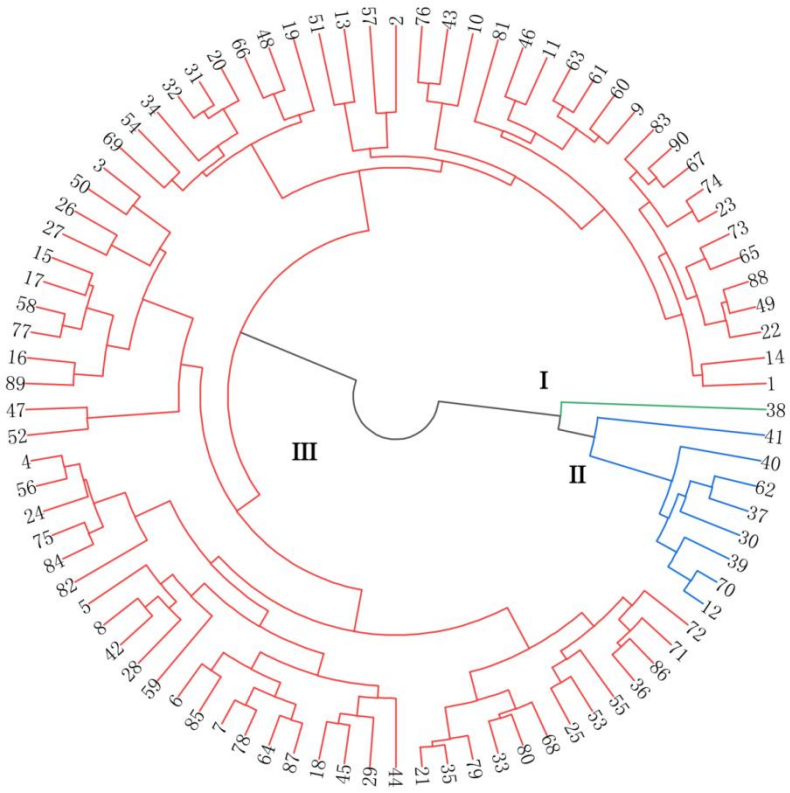


图 4 基于 20 个品质性状的聚类分析

Fig. 4 Clustering analysis based on 20 quality traits

表 9 3 个类群种质品质性状的平均值及变异系数

Table 9 Average values and variation coefficient of quality traits from 3 clusters （%）

性状 Ttaits	类群I Cluster I		类群II Cluster II		类群III Cluster III	
	平均值 Mean	变异系数 *CV*	平均值 Mean	变异系数 *CV*	平均值 Mean	变异系数 *CV*
总淀粉含量 SC	76.08	–	72.13	2.119	72.23	2.573
粗蛋白质含量 PC	9.34	–	10.85	11.892	10.94	11.928
粗脂肪含量 CFC	5.11	–	5.41	13.892	5.47	10.505
苯丙氨酸含量 PHAC	0.35	–	0.44	10.133	0.43	14.324
丙氨酸含量 ALAC	0.43	–	0.54	22.372	0.58	18.543
甘氨酸含量 GLYC	0.37	–	0.40	11.704	0.39	15.615
谷氨酸含量 GLUC	1.30	–	1.66	9.109	1.66	15.561
精氨酸含量 ARGC	0.91	–	0.93	8.486	0.92	5.830
赖氨酸含量 LYSC	0.18	–	0.19	12.624	0.18	17.516
酪氨酸含量 TYRC	0.35	–	0.42	6.107	0.41	10.381
亮氨酸含量 LEUC	0.72	–	0.91	18.124	0.95	20.043
脯氨酸含量 PROC	0.79	–	0.94	12.752	0.93	13.692
丝氨酸含量 SERC	0.44	–	0.54	9.075	0.51	10.997
苏氨酸含量 THRC	0.29	–	0.35	11.523	0.33	12.023
天(门)冬氨酸含量 ASPC	0.33	–	0.46	12.343	0.40	19.735
缬氨酸含量 VALC	0.50	–	0.59	6.234	0.55	7.843
异亮氨酸含量 ILEC	0.26	–	0.32	8.943	0.31	13.578

组氨酸含量 HISC	0.40	–	0.37	35.405	0.32	23.690
总氨基酸含量 TAAC	8.86	–	11.21	6.334	10.73	10.255
脂肪酸含量 FAC	77.93	–	73.85	0.941	84.14	3.768

–：无数据

–：No data

3 讨论

玉米地方种质具有巨大的利用潜力，对其进行科学系统地分析和评价可以提高玉米地方种质的利用效率。当前玉米育种和生产所依赖的种质遗传基础狭窄，进一步改良和利用难度较大，因此，将玉米地方种质资源转化为育种优势和生产优势是玉米育种和生产发展所必需解决的瓶颈因素[18]。据人民日报 2022 年报道[19]，粮食增产的贡献率 45%以上来自于良种，而优良品种的育成离不开特殊基因的挖掘及优异种质资源的利用[20-21]。分析玉米地方种质表型性状多样性，挖掘应对极端环境的优异基因，对拓宽当前玉米种质遗传基础，增加新的杂种优势群及杂种优势模式，快速提高玉米育种水平起到助推作用[22-23]。

3.1 玉米地方品种表型性状遗传差异

本研究针对 90 份玉米地方品种的 40 个表型性状进行了全面分析，发现这些性状间均存在不同程度的变异。田朋佳等[24]研究认为当变异系数大于 10.00% 时，样本间存在的差异较大。本研究农艺性状的 15 个数量性状及 20 个品质性状的变异系数变化范围为 2.89%（总淀粉含量）～44.20%（赖氨酸含量）。其中，穗位高等 13 个农艺性状、粗蛋白质含量等 17 个品质性状的变异系数均大于 10.00%，说明这 30 个表型性状的变异较丰富。所有性状的表型多样性指数变化范围为 0.892（穗形）～2.088（穗位高），20 个农艺性状中质量性状的表型多样性指数低于数量性状的表型多样性指数，这与前人在高粱[25]、苦荞[26]、谷子[27]等作物中的研究结果相同。株高及穗位高等 9 个农艺性状的表型多样性指数均大于 2.0，具有较丰富的表型多样性，这与刘志斋[4]、董昕等[10]、李清超等[12]的研究结果相同；粗蛋白质含量、苯丙氨酸含量、丙氨酸含量、谷氨酸含量、亮氨酸含量、总氨基酸含量共 6 个品质性状的表型多样性指数均大于 2.0，说明 6 个品质性状具有丰富的表型多样性，这与蔡一林等[28]，马平[29]的研究结果相同。综上分析，本研究所选用的 90 份玉米地方品种表型差异较大，可为后续的品种改良提供广阔的空间。

3.2 玉米地方品种表型性状综合评价

如何高效、精准且规模化地鉴定玉米地方品种是玉米育种急需解决的重要问题。本研究通过 15 个农艺性状的相关性分析发现，73 个相关系数呈显著或极显著。其中，株高及穗位高 2 个性状与其余 12 个农艺性状均呈极显著正相关，相关程度较高，这与李清超等[12]，隆文杰等[30]的研究结果相同。20 个品质性状的相关性分析发现，113 个正相关系数、30 个负相关系数共计 143 个相关系数达极显著水平。其中，总淀粉含量、粗脂肪含量及粗蛋白质含量与脂肪酸含量及 16 种氨基酸含量之间相关程度较高，这与张士龙[31]、傅绍清等[32]、柏光晓等[33]的研究结果相同。主成分分析揭示了 15 个农艺性状的主要信息集中在前 4 个主成分中，累积贡献率为 74.444%，贡献率最大的为单株穗干重、单株粒干重、穗粗及穗长；20 个品质性状的信息集

中在前 3 个主成分中，累积贡献率为 87.645%，贡献率最大的为酪氨酸含量、异亮氨酸含量、丝氨酸含量、苏氨酸含量、脯氨酸含量、总氨基酸含量，说明穗部性状、籽粒性状以及酪氨酸含量等 5 个品质性状是形成这些种质遗传变异比较丰富的主要因素。聚类分析发现，通过 15 个农艺性状可将 90 份玉米地方品种聚成 3 类，各类群种质性状间存在明显差异，类群I包含 20 份种质，主要特征是高秆大穗型品种，这类种质可作为稀植品种选育的基础材料。类群II包含 36 份种质，主要特征是植株较矮、果穗较短，该群种质的 13 个性状的变异系数均超过 10.00%，变异较丰富，可为高密品种选育提供丰富的基础材料。类群III包含 34 份种质，该群种质的穗行数在 3 个类群中最多，可为玉米产量及相关性状的改良提供优异资源。20 个品质性状仍将 90 份玉米地方品种聚成 3 类，类群I仅包含 1 份种质（BC1，来自加拿大），该种质的总淀粉含量达到 NY/T 597-2002《高淀粉玉米》[34]行业标准中规定的 1 级标准，可作为高淀粉玉米品种选育的基础材料。类群II包含 8 份种质，该类群中 4 份种质的粗蛋白质含量达到 NY/T 520-2002《优质蛋白玉米》[35]行业标准中规定的 1 级标准，分别为序号 12（粘包米）、序号 39（白包米），序号 40（粘包米），序号 70（G-188），这些种质可作为高蛋白玉米品种选育的基础材料；类群III包含 81 份种质，占所有种质资源的 90.0%，该类群中 13 份种质的粗脂肪含量达到 GB/T 22503-2008《高油玉米》[36]国家标准中规定的 3 级标准，分别为序号 6（11820-1）、序号 10（小穗黄）、序号 14（长品 878 号）、序号 19（Sc58C）、序号 24（Corneu）、序号 43（面包米）、序号 51（黄糖包米）、序号 52（金黄 33）、序号 57（斯帕索夫）、序号 59（伊通洋包米）、序号 61（PR38）、序号 75（G-211）、序号 89（黄糖包米），这些种质可作为高油玉米品种选育的基础材料。

参考文献

[1]麻一博,贾晓艳,刘亚捷,杨中哲,赵永锋,郭晋杰,祝丽英.玉米种质资源苞叶相关性状鉴定及综合评价.植物遗传资源学报,2023,24(6):1568-1579

Ma Y B, Jia X Y, Liu Y J, Yang Z Z, Zhao Y F, Guo J J, Zhu L Y. Identification and comprehensive evaluation of bract related traits of maize germplasm resources. Journal of Plant Genetic Resources, 2023, 24(6): 1568-1579

[2]闫海霞,张宝石.浅谈我国玉米种质扩增、改良和创新的途径.玉米科学,2006,14(3):20-24

Yan H X, Zhang B S. The methods of enhancement, improvement and development of maize germplasm resources. Journal of Maize Sciences, 2006, 14(3): 20-24

[3]Messmer R, Fracheboud Y, Banziger M, Vargas M, Stamp P. Drought stress and tropical maize: QTL-by-environment interactions and stability of QTLs across environments for yield components and secondary traits. Theoretical and Applied Genetics, 2009, 119(5): 913-930

[4]刘志斋.中国玉米地方品种的多样性研究与种族划分.重庆: 西南大学,2008

Liu Z Z. Diversity analysis and racial classification of maize landraces in China. Chongqing: Southwest University, 2008

[5]陈泽辉.贵州玉米育种.贵阳: 贵州科技出版社,2010

Chen Z H. Corn breeding in Guizhou. Guiyang: Guizhou Science and Technology Publishing House, 2010

[6]潘旭浩.不同类型玉米群体的育种潜势分析.雅安:四川农业大学,2009

Pan X H. Breeding potential analysis of different types of populations. Ya'an: Sichuan Agricultural University, 2009

[7]丰光,王孝杰,鲁宝良,高洪敏,杨辉,杨海龙,王亮,鲁俊田,付俊.旅大红骨玉米种质基础及骨干系的创制与应用.辽宁农业科学,2021(6):47-52

Feng G, Wang X J, Lu B L, Gao H M, Yang H, Yang H L, Wang L, Lu J T, Fu J. Germplasm base of Lvda red cob group with creation and application of foundation inbred lines. Liaoning Agricultural Sciences, 2021(6): 47-52

[8]赵久然,李春辉,张如养,刘新香,李志勇,石子,王帅帅,宋伟.玉米骨干自交系黄早四的来源探究.植物遗传资源学报,2021,22(1):1-6

Zhao J R, Li C H, Zhang R Y, Liu X X, Li Z Y, Shi Z, Wang S S, Song W. Deciphering the origin of maize key inbred line huangzaosi. Journal of Plant

Genetic Resources, 2021, 22(1): 1-6

[9]唐保军,王利锋,程泽强,丁勇,李会勇.河南部分优异玉米地方品种主要农艺性状变异研究.河南农业科学,2009(9):42-45

Tang B J, Wang L F, Cheng Z Q, Ding Y, Li H Y. Studies on variation of main agronomical characters in partial excellent maize landraces of Henan province. Henan Agricultural Sciences, 2009(9): 42-45

[10]董昕,李淑君,杨华,官玲,付忠军,祁志云,金川,余雪源,易红华,陈荣丽,张丕辉.重庆玉米地方品种表型多样性分析.植物遗传资源学报,2019,20(4):861-870

Dong X, Li S J, Yang H, Guan L, Fu Z J, Qi Z Y, Jin C, Yu X Y, Yi H H, Chen R L, Zhang P H. Phenotypic diversity of maize landraces collected from Chongqing. Journal of Plant Genetic Resources, 2019, 20(4): 861-870

[11]蒙祖庆,宋丰萍.西藏玉米地方品种表型多样性分析及类群划分.中国农业大学学报:自然科学版,2017,22(7):10-23

Meng Z Q, Song F P. Phenotypic diversity and group classification of maize landraces in Tibet. Journal of China Agricultural University: Natural Sciences Edition, 2017, 22(7): 10-23

[12]李清超,张登峰,李春辉,杨珊,刘建新,吴迅.西南地区玉米地方种质资源遗传多样性遗传多样性分析及综合评价.作物杂志,2024(4):24-32

Li Q C, Zhang D F, Li C H, Yang S, Liu J X, Wu X. Genetic diversity analysis and comprehensive evaluation of maize landraces in Southwest China. Crops,2024(4):24-32

[13]郭欢乐,汤彬,李涵,曹钟洋,曾强,刘良武,陈志辉.湖南省玉米地方品种表型性状综合评价及类群划分. 作物杂志,2022(6):33-41

Guo H L, Tang B, Li H, Cao Z Y, Zeng Q, Liu L W, Chen Z H. Comprehensive evaluation of phenotypic traits and classification of maize landraces in Hunan province, Crops, 2022(6): 33-41

[14]王利锋,李会勇,唐保军,程泽强,王振华,铁双贵.20 份特异玉米地方品种的 SSR 遗传多样性遗传多样性分析.华北农学报,2009,24(1):125-127

Wang L F, Li H Y, Tang B J, Cheng Z Q, Wang Z H, Tie S G. Genetic diversity analysis of 20 maize landraces by SSR markers. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2009, 24(1): 125-127

[15]石云素,黎裕,王天宇,宋燕春.玉米种质资源描述规范和数据标准.北京:中国农业出版社,2006

Shi Y S, Li Y, Wang T Y, Song Y C. Descriptive specification and data standard of maize germplasm resources. Beijing: China Agriculture Press, 2006

[16]Shannon C E. A mathematical theory of communication. Acm Sigmobile Mobile Computing and Communications Review, 2001, 5(1): 3-55

[17]赵香娜,李桂英,刘洋,陆平,顿宝庆,岳美琪,张璞.国内外甜高粱种质资源主要性状遗传多样性及相关性分析.植物遗传资源学报,2008,9(3):302-307

Zhao X N, Li G Y, Liu Y, Lu P, Dun B Q, Yue M Q, Zhang P. Genetic diversity and correlation analysis of main agronomic characters in domestic and foreign sweet sorghum germplasm. Journal of Plant Genetic Resources, 2008, 9(3): 302-307

[18]钟昌松,范继征,吕巨智,石达金,卢生乔,弓雪,陈坤,刘亚利,闫飞燕,程伟东,张述宽.广西温带和热带血缘玉米品种表型鉴定及综合分析.西南农业学报,2020,33(3):478-486

Zhong C S, Fan J Z, Lyu J Z, Shi D J, Lu S Q, Gong X, Chen K, Liu Y L, Yan F Y, Cheng W D, Zhang S K. Phenotypic identification and comprehensive analysis of maize varieties with temperate and tropical blood in Guangxi. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2020, 33(3): 478-486

[19] 吴齐强，郝迎灿，张艺开．好种子为黑土地带来好收成．人民日报．(2022-04-28)[2024-06-02]. http://paper.people.com.cn/rmrb/html/2022-04/28/nbs.D110000renmrb_01.htm

Wu Q Q, Hao Y C, Zhang Y K. Good seeds bring a good harvest to the black soil. Renmin Ribao. (2022-04-28)[2024-06-02]. http://paper.people.com.cn/rmrb/html/2022-04/28/nbs.D110000renmrb_01.htm

[20]李淑芳,李鹤南,刘晓冬,张春宵,刘学岩,贾立辉,李晓辉.205 份玉米种质资源表型性状遗传多样性遗传多样性分析及优异种质筛选.玉米科学,2023,31(5):1-10

Li S F, Li H N, Liu X D, Zhang C X, Liu X Y, Jia L H, Li X H. Genetic diversity analysis of phenotypic traits and selection of superior germplasm in 205 maize germplasm resources. Journal of Maize Sciences, 2023, 31(5): 1-10

[21]全成哲,李淑芳,李鹤南,于维,金京花.吉林省 73 份审定水稻品种的表型性状遗传多样性遗传多样性研究.作物杂志,2024(3):64-75

Quan C Z, Li S F, Li H N, Yu W, Jin J H. Genetic diversity study of phenotypic traits of 73 rice varieties by approved in Jilin province. Crops, 2024(3): 64-75

[22]李志华,李会霞,田岗,刘鑫.山西省玉米种质基础与杂种优势利用研究.中国种业,2013(1):14-16

Li Z H, Li H X, Tian G, Liu X. Research on the germplasm basis and heterosis utilization of maize in Shanxi province. China Seed Industry, 2013(1): 14-16

[23]代秀云,于明彦,许明学,柳迎春,夏远峰,刘爱华.玉米种质改良问题探讨.玉米科学,2008,16(1):56-58

Dai X Y, Yu M Y, Xu M X, Liu Y C, Xia Y F, Liu A H. Discussion of maize germplasm improvement. Journal of Maize Sciences, 2008, 16(1): 56-58

[24]田朋佳,廖文华,高小丽,黄海皎,尼玛央宗,拉巴扎西,次珍,曲吉.140 份西藏大麦种质资源遗传多样性遗传多样性分析.西南农业学报,2022,35(1):16-26

Tian P J, Liao W H, Gao X L, Huang H J, Ni M Y Z, La B Z X, Ci Z, Qu J. Genetic diversity analysis of 140 barley germplasm resources in Tibet. Southwest

China Journal of Agricultural Sciences, 2022, 35(1): 16-26

[25]周瑜,李泽碧,黄娟,吴毓,张亚勤,张志良,张晓春.高粱种质资源表型性状的遗传多样性分析.植物遗传资源学报,2021,22(3):654-664

Zhou Y, Li Z B, Huang J, Wu Y, Zhang Y Q, Zhang Z L, Zhang X C. Genetic diversity of sorghum germplasms based on phenotypic traits. Journal of Plant Genetic Resources, 2021, 22(3): 654-664

[26]贾瑞玲,赵小琴,南铭,陈富,刘彦明,魏立平,刘军秀,马宁.64 份苦荞种质资源农艺性状遗传多样性遗传多样性分析与综合评价.作物杂志,2021(3):19-27

Jia R L, Zhao X Q, Nan M, Chen F, Liu Y M, Wei L P, Liu J X, Ma N. Genetic diversity analysis and comprehensive assessment of agronomic traits of 64 tartary buckwheat germplasms. Crops, 2021(3): 19-27

[27]赵小琴,贾瑞玲,刘军秀,刘彦明,文殷花,师丽丽,张娟宁,马宁.120 份谷子种质资源的农艺性状表现和遗传多样性遗传多样性分析.作物杂志,2022(6):61-69

Zhao X Q, Jia R L, Liu J X, Liu Y M, Wen Y H, Shi L L, Zhang J N, Ma N. Agronomic traits and genetic diversity analysis of 120 foxtail millet germplasms. Crops, 2022(6): 61-69

[28]蔡一林,刘志斋,王天宇,黎裕,覃鸿妮,王国强,孙海艳,王久光.国内部分玉米地方品种的品质与农艺性状的表型多样性分析.植物遗传资源学报,2011,12(1):31-36

Cai Y L, Liu Z Z, Wang T Y, Li Y, Qin H N, Wang G Q, Sun H Y, Wang J G. Phenotypic diversity analysis of quality and agronomy traits of maize landraces selected from the collection of china national genebank. Journal of Plant Genetic Resource, 2011, 12(1): 31-36

[29]马平.玉米农艺性状与籽粒营养成分的遗传特性研究.太原:山西农业大学,2022

Ma P. Study on the genetic characteristics of agronomic traits and grain nutrition quality in maiz. Taiyuan: Shanxi Agricultural University, 2022

[30]隆文杰,周国雁,武晓阳,陈丹,伍少云,蔡青.云南地方糯玉米品种主要农艺性状遗传多样性.热带农业科学,2021,41(2):38-53

Long W J, Zhou G Y, Wu X Y, Chen D, Wu S Y, Cai Q.Genetic diversity analysis of main agronomic traits of waxy maize landraces in Yunnan. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2021, 41(2): 38-53

[31]张士龙,黄益勤,贺正华,万正煌,李莉,焦春海.非洲玉米种质资源主要品质性状分析与评价.湖北农业科学,2016,55(16):4093-4099

Zhang S L, Huang Y Q, He Z H, Wan Z H, Li L, Jiao C H. Identification and evaluation on main quality traits of maize germplasm derived from Africa. Hubei Agricultural Sciences, 2016, 55(16): 4093-4099

[32]傅绍清,胡述揖,胡人卫,罗苹.我国玉米籽粒脂肪酸含量研究.作物学报,1992,18(3):222-229

Fu S Q, Hu S J, Hu R W, Luo P. A study on fatty acids of corn kernels in China. Acta Agronomica Sinica, 1992, 18(3): 222-229

[33]柏光晓,聂琼,任洪,沈建华,武筑珠,梁镇林.玉米地方品种赖氨酸含量与主要性状的相关分析.山地农业生物学报,2004,23(3):189-192

Bai G X, Nie Q, Ren H, Shen J H, Wu Z Z, Liang Z L. Analysis on the correlation between lysine content and main characters of local maize varieties in Guizhou. Journal of Mountain Agriculture and Biology, 2004, 23(3): 189-192

[34]高万久,杨秀兰,吴丽娜.NY/T 597-2002 高淀粉玉米.北京:中华人民共和国农业部,2002

Gao W J, Yang X L, Wu L N. NY/T 597-200 High-starch corn. Beijing: Ministry of Agriculture of the People's Republic of China, 2002

[35]祁葆滋,武力,宋敬可,陈虹.NY/T 520-2002 优质蛋白玉米.北京:中华人民共和国农业部,2002

Qi B Z, Wu L, Song J K, Chen H. NY/T 520-2002 Quality protein maize. Beijing: Ministry of Agriculture of the People's Republic of China, 2002

[36]谢玉珍,宋长权,冯锡仲,史玮,曹占文,高晓春,闵国春,乔丽娜.GB/T 22503-2008 高油玉米.北京:中国国家标准化管理委员会,2008

Xie Y Z, Song C Q, Feng X Z, Shi W, Cao Z W, Gao X C, Min G C, Qiao L N. GB/T 22503-2008 High oil corn. Beijing: National Standardization Adminstration, 2008