

DOI:10.19462/j.cnki.zgzy.20250109009

103份小麦高代品系品质性状的综合分析

孔欣欣 韩雪 杨丹丹 赵国轩 苏亚中 金建猛 赵鹏飞 于俊杰 邱学领 赵国建
(开封市农林科学研究院,河南开封 475000)

摘要:为鉴定品质性状优良的小麦种质,挖掘品种选育中可有效利用的品质性状信息,以开封市农林科学研究院103份自育小麦高代品系为试验材料,通过变异分析、相关性分析和聚类分析等对测定的6个主要品质性状进行综合分析。结果表明,供试材料品质性状的变异系数大小为沉降值>湿面筋含量>粗蛋白含量>水分含量>吸水率>容重,沉降值的变异范围最大。相关性分析表明,粗蛋白含量与湿面筋含量、沉降值均呈极显著正相关,湿面筋含量与沉降值、吸水率均呈极显著正相关,沉降值与吸水率呈极显著正相关。聚类分析表明,103份小麦品系可分为3个类群,类群I的J23072、J23073、J23074、J23093、J23094、J23095等6个小麦品系与对照品种新麦26聚为1个大类,品质综合性状在高代品系中表现最优;类群II品质综合性状在高代品系中表现中等,水分和容重表现较好;类群III为容重最高,其他性状表现一般。按照强筋、中强筋、中筋、弱筋标准对小麦品系进行划分,可分为强筋类型15个、中强筋类型57个、中筋类型31个。对品质性状进行综合分析发现,J23012、J23055、J23062、J23065、J23069、J23084、J23088、J23091、J23092、J23093、J23095、J23096、J23100、J23102、J23103等15个小麦品系的品质性状较好,可作为优质小麦育种的研究利用材料。

关键词:小麦;高代品系;品质性状;综合评价;聚类分析;相关性分析

Comprehensive Analysis of Quality Traits of 103 High-Generation Wheat Lines

KONG Xinxin, HAN Xue, YANG Dandan, ZHAO Guoxuan, SU Yazhong, JIN Jianmeng,
ZHAO Pengfei, YU Junjie, QIU Xuelling, ZHAO Guojian
(Kaifeng Academy of Agricultural and Forestry, Kaifeng 475000, Henan)

近年来,随着小麦单产稳步提升和优质专用型小麦相对紧缺,生产和市场上对小麦品种的需求逐渐从高产向优质专用型转变,因此选育高产优质品种成为小麦育种的核心内容^[1-4]。开展优异种质资源的收集鉴定、优异基因资源发掘及创新利用,是持续提高小麦遗传改良研究水平的重要方式^[5]。咎香存等^[6]对河南省小麦种质资源品质多样性进行分析,发现不同小麦种质资源间的品质性状存在丰富变异,且性状间存在不同程度的相关性,随着年代推移反映面筋强度的指标呈明显升高趋势。蔡金华等^[7]对35份小麦种质资源品质性状进行分析,发现材料间存在丰富的遗传多样性。张婷等^[8]对黄淮麦区105份冬小麦品质性状的分析表明,品质性状中稳

定时间的变幅最大。付亮等^[9]对河南省70个参试小麦新品种(系)的品质性状进行分析,结果表明提高吸水率和稳定时间是河南省小麦品种品质育种的重要目标。辛玉杰等^[10]对2017-2021年河南省小麦区域试验品种(系)的品质性状进行分析,指出河南省小麦品种(系)仍以中筋为主,蛋白质质量仍是制约河南省优质小麦育种的关键指标。以上在小麦种质资源挖掘和品种特性方面的研究对小麦品质育种具有较大的可参考性,优质小麦资源和品种的高效筛选及合理利用是培育优质小麦新品种的重要内容。

小麦优良品种的选育及推广应用是河南省粮食生产稳定发展的重要组成部分。为选育优质高产的小麦品种,了解自育高代品系的品质特性情况,筛选出具有优异品质性状的材料,本研究以开封市农林科学研究院103份自育高代品系为试验材料,采

基金项目:河南省现代农业产业技术体系(HARS-22-01-Z2)

通信作者:赵国建

用近红外光谱技术测定其籽粒水分含量、粗蛋白含量、湿面筋含量等指标,分析品质性状的多样性,明确品质性状间的相关性并进行聚类分析,为高效利用优质材料及合理调整育种计划提供理论参考,进一步拓宽育种遗传基础,提高优质小麦品种的育种效率,加速育种进程。

1 材料与方法

1.1 试验材料 供试材料为 2023–2024 年度种植于开封市农林科学研究院试验田(开封市祥符区八里湾镇姬坡农场)的 103 份自育小麦品系,均是综合性状较好且稳定的高代品系,以新麦 26(优质强筋型小麦)为对照品种。采取完全随机区组设计,设置 3 次重复,行长 5m,行间距 30cm,株距 10cm,每个品系播种 6 行,成熟期按小区单独收获。试验地肥力均匀,田间管理按当地区域试验要求进行,收获籽粒用于品质测定。

1.2 试验方法 在各小麦品系收获熏仓并储存 2 个月,使用 Perten DA7200 型近红外分析仪测定各供试材料的籽粒水分含量、粗蛋白含量、湿面筋含量、沉降值、吸水率、容重等品质性状。

1.3 数据处理 利用 SPSS 19.0 和 Origin 2024 软件对测定的 103 份小麦高代品系籽粒的 6 个品质性状进行相关性分析和聚类分析。

2 结果与分析

2.1 不同小麦品系品质性状的遗传多样性分析

如表 1 所示,103 份小麦品系的品质性状的变异系数大小为:沉降值 > 湿面筋含量 > 粗蛋白含量 > 水分含量 > 吸水率 > 容重。沉降值的平均值为 30.85mL,变幅为 22.84~41.34mL;该性状变异系数最大,为 15.06%,品系变异类型较为丰富;有 26 个品系的沉降值比对照高,占供试品系的 25.24%。湿面筋含量的平均值为 31.38%,变幅为 27.37%~36.15%,变异系数为 5.68%;有 5 个品系的湿面筋含量比对照高,占供试品系的 4.85%。粗蛋白含量的平均值均为 13.49%,变幅为 12.12%~15.69%,变异系数为 5.30%;仅有 1 个品系(J23103)的粗蛋白含量比对照高,可见自育品系的粗蛋白含量总体低于优质强筋品种。水分含量的平均值为 12.43%,变幅为 10.81%~13.64%,变异系数为 5.19%;有 57 个品系的水分含量比对照高,占供试品系的 55.34%。吸水率的平均值为 61.96%,变幅为 53.10%~66.37%,变异系数为 4.19%;有 63 个品系的吸水率比对照高,占供试品系的 61.17%。容重的平均值为 814.01g/L,变幅为 791.80~848.75g/L;该性状变异系数最小,为 1.14%,变异范围较窄;有 94 个品系的容重比对照高,占供试品系的 91.26%,可见自育品系的籽粒容重总体较高。

2.2 不同小麦品系品质性状的相关性分析 如表 2 所示,容重与各品质性状间均无显著相关性,说

表 1 103 份小麦品系的品质性状

序号	品系名称	水分含量 (%)	粗蛋白含量 (%)	湿面筋含量 (%)	沉降值 (mL)	吸水率 (%)	容重 (g/L)
1	J23001	13.50	13.49	30.78	27.05	60.68	806.36
2	J23002	13.29	12.91	29.46	27.78	59.57	822.61
3	J23003	13.30	12.79	29.63	26.60	60.09	811.27
4	J23004	12.89	12.46	29.32	26.57	61.72	821.10
5	J23005	13.11	13.86	31.14	29.70	59.57	812.74
6	J23006	12.89	12.86	30.04	27.31	61.28	808.70
7	J23007	13.26	12.51	29.20	24.93	60.08	821.34
8	J23008	13.23	12.90	31.30	26.42	62.87	808.87
9	J23009	13.32	12.86	27.38	23.76	53.10	811.38
10	J23010	13.40	13.55	31.42	29.47	59.76	817.97
11	J23011	12.49	13.54	31.22	30.30	59.49	822.02
12	J23012	12.83	14.19	33.12	30.86	62.81	815.62

表 1 (续)

序号	品系名称	水分含量 (%)	粗蛋白含量 (%)	湿面筋含量 (%)	沉降值 (mL)	吸水率 (%)	容重 (g/L)
13	J23013	12.68	13.43	31.26	28.83	61.50	820.41
14	J23014	13.04	13.08	30.53	28.51	62.83	803.47
15	J23015	12.10	12.76	27.69	25.07	56.97	820.17
16	J23016	11.95	12.89	30.56	27.21	62.51	815.03
17	J23017	13.19	13.30	30.98	26.80	60.73	810.35
18	J23018	13.09	13.37	29.89	27.90	58.56	823.28
19	J23019	12.35	13.85	31.29	28.90	59.68	818.03
20	J23020	13.06	13.17	31.09	29.03	60.95	820.34
21	J23021	12.22	13.70	32.22	31.36	62.59	825.68
22	J23022	12.70	12.98	29.61	29.49	58.91	832.93
23	J23023	11.79	13.18	30.70	26.04	60.46	810.76
24	J23024	13.20	12.72	28.48	24.21	59.65	818.08
25	J23025	12.81	13.33	31.53	27.69	64.56	800.81
26	J23026	12.68	13.16	29.38	25.01	61.07	797.37
27	J23027	12.03	13.33	31.34	29.46	62.14	815.98
28	J23028	13.64	13.14	31.96	28.72	63.13	813.67
29	J23029	13.29	13.20	31.11	27.69	61.94	813.87
30	J23030	12.89	12.78	28.94	25.26	58.66	821.61
31	J23031	12.88	13.73	32.32	30.48	63.56	803.95
32	J23032	12.65	13.41	29.27	26.88	59.70	816.72
33	J23033	12.79	13.61	30.79	28.45	60.73	811.30
34	J23034	12.83	13.72	30.99	28.86	60.47	810.45
35	J23035	12.86	12.81	29.92	28.55	62.21	820.15
36	J23036	12.85	13.76	30.60	29.16	59.20	816.91
37	J23037	13.08	14.69	32.88	33.01	59.79	820.06
38	J23038	13.36	13.91	31.30	30.14	59.06	820.39
39	J23039	12.42	13.95	30.97	29.40	59.09	819.95
40	J23040	13.37	13.56	31.18	29.11	60.50	815.63
41	J23041	12.49	13.12	29.62	26.44	59.19	816.23
42	J23042	12.85	12.17	29.69	27.38	64.95	823.15
43	J23043	12.90	12.51	29.69	26.23	61.51	823.43
44	J23044	12.30	12.61	30.31	25.85	64.90	821.51
45	J23045	13.43	12.47	28.98	26.66	59.81	805.62
46	J23046	12.73	13.58	32.16	31.45	63.61	810.39
47	J23047	13.30	12.73	30.18	26.76	61.93	804.28
48	J23048	11.86	12.50	29.37	25.91	63.01	808.37

表 1 (续)

序号	品系名称	水分含量 (%)	粗蛋白含量 (%)	湿面筋含量 (%)	沉降值 (mL)	吸水率 (%)	容重 (g/L)
49	J23049	12.45	13.42	30.76	26.13	61.77	802.24
50	J23050	12.57	12.85	29.37	25.08	61.01	809.08
51	J23051	13.23	13.61	30.94	27.44	59.32	812.14
52	J23052	12.85	13.31	30.88	29.52	61.95	819.03
53	J23053	12.59	12.88	29.80	26.11	60.39	816.74
54	J23054	13.59	13.20	28.68	23.79	54.56	813.84
55	J23055	12.34	14.36	33.71	35.51	62.73	810.87
56	J23056	12.90	13.66	32.34	29.34	62.06	801.63
57	J23057	12.13	13.20	29.81	26.96	59.30	808.93
58	J23058	12.71	13.46	30.75	27.74	59.98	803.60
59	J23059	12.24	12.12	27.37	22.84	58.97	809.54
60	J23060	12.90	14.59	32.29	31.13	59.61	802.44
61	J23061	12.35	14.07	31.50	29.34	58.51	801.71
62	J23062	12.33	14.06	31.31	27.97	60.18	804.95
63	J23063	12.65	14.20	31.13	28.51	57.64	804.04
64	J23064	12.06	13.70	31.67	32.00	60.77	829.92
65	J23065	12.51	14.24	32.64	31.64	60.65	812.82
66	J23066	12.00	13.30	32.60	34.29	66.37	813.53
67	J23067	11.93	13.89	33.25	39.19	63.17	828.85
68	J23068	11.49	12.77	30.68	31.31	60.42	798.54
69	J23069	11.79	14.12	33.35	39.75	63.48	811.71
70	J23070	12.15	13.35	30.87	32.09	63.15	814.99
71	J23071	11.97	12.69	30.54	31.44	63.41	805.17
72	J23072	11.31	13.58	33.48	36.16	66.25	791.80
73	J23073	12.12	13.56	33.18	35.00	64.99	804.15
74	J23074	11.81	13.51	33.01	41.34	63.95	805.90
75	J23075	12.49	13.07	31.49	31.29	65.14	811.68
76	J23076	11.19	12.26	30.91	32.23	66.03	816.37
77	J23077	12.36	13.78	33.17	34.95	65.58	819.26
78	J23078	12.20	13.97	33.55	35.37	64.87	813.71
79	J23079	12.33	12.58	30.71	30.05	63.91	804.49
80	J23080	12.42	13.39	32.18	32.34	63.74	808.24
81	J23081	12.30	13.65	32.52	33.78	65.39	819.58
82	J23082	11.86	13.69	32.01	36.07	63.97	828.26
83	J23083	11.66	13.26	31.68	37.87	64.52	825.44
84	J23084	11.87	14.58	33.42	38.33	64.27	826.68

表 1 (续)

序号	品系名称	水分含量 (%)	粗蛋白含量 (%)	湿面筋含量 (%)	沉降值 (mL)	吸水率 (%)	容重 (g/L)
85	J23085	11.71	13.24	31.02	36.12	64.20	826.65
86	J23086	11.19	13.33	31.33	35.12	64.28	819.86
87	J23087	12.04	13.10	31.74	32.30	64.06	813.28
88	J23088	11.25	14.99	35.43	41.24	65.14	819.99
89	J23089	11.28	13.99	33.20	37.11	64.96	819.84
90	J23090	11.46	13.95	32.33	35.74	64.79	833.57
91	J23091	10.81	14.15	33.18	40.66	65.16	823.99
92	J23092	11.83	14.03	33.44	37.39	63.95	816.41
93	J23093	12.23	15.10	35.76	39.17	64.95	795.89
94	J23094	12.04	13.70	32.59	33.59	63.98	796.10
95	J23095	11.56	14.92	34.66	37.36	64.81	797.12
96	J23096	12.03	14.94	35.06	39.93	65.03	815.66
97	J23097	11.94	13.77	33.20	34.84	65.78	811.32
98	J23098	11.80	12.89	30.37	35.97	64.82	811.20
99	J23099	12.22	13.16	30.10	25.43	57.19	805.33
100	J23100	11.99	15.21	36.15	39.19	65.12	828.85
101	J23101	11.20	12.92	29.48	31.25	64.39	848.75
102	J23102	11.03	14.68	34.98	40.35	65.28	812.05
103	J23103	11.55	15.69	34.73	38.41	61.99	817.26
对照	新麦 26	12.33	15.39	34.85	34.32	60.88	801.75
平均值		12.43	13.49	31.38	30.85	61.96	814.01
标准误差		0.06	0.07	0.18	0.46	0.26	0.92
最大值		13.64	15.69	36.15	41.34	66.37	848.75
最小值		10.81	12.12	27.37	22.84	53.10	791.80
极差		2.83	3.57	8.78	18.50	13.27	56.95
变异系数(%)		5.19	5.30	5.68	15.06	4.19	1.14

表 2 103 份小麦品系品质性状的相关性分析

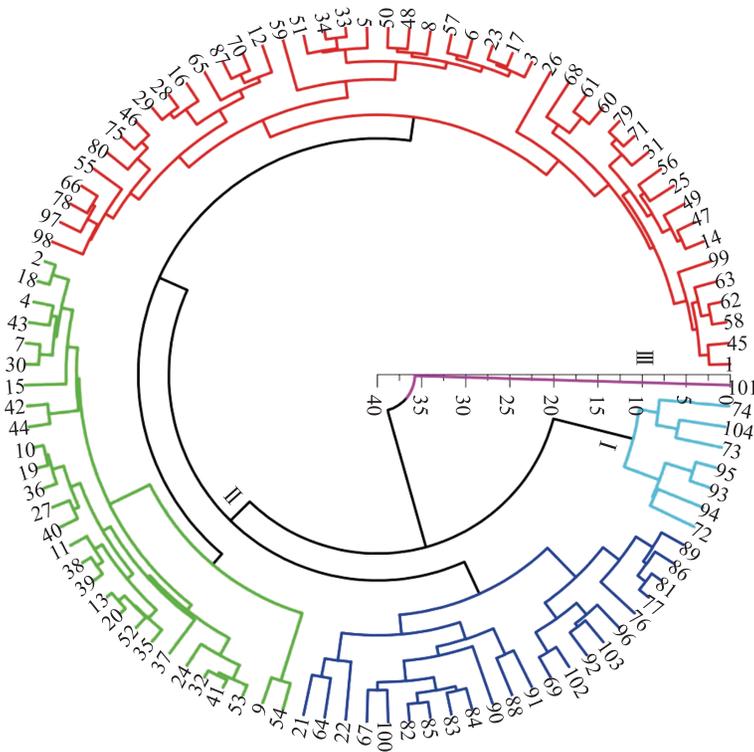
性状	水分含量	粗蛋白含量	湿面筋含量	沉降值	吸水率	容重
水分含量	1					
粗蛋白含量	-0.28*	1				
湿面筋含量	-0.45*	0.84**	1			
沉降值	-0.67**	0.67**	0.85**	1		
吸水率	-0.58**	0.18	0.61**	0.68**	1	
容重	-0.13	-0.06	-0.09	0.13	0.04	1

*、** 分别表示在 0.05、0.01 水平上存在显著、极显著相关性

明容重与其他品质性状的兼顾并不矛盾,是可以协调的。小麦水分含量与粗蛋白含量、湿面筋含量均呈显著负相关,与沉降值、吸水率均呈极显著负相关,说明水分含量增加,粗蛋白含量、湿面筋含量、沉降值、吸水率均随之降低,反之亦然;粗蛋白含量与湿面筋含量、沉降值均呈极显著正相关,说明粗蛋白含量增加,湿面筋含量、沉降值均随之上升;湿面筋含量与沉降值、吸水率均呈极显著正相关,说明湿面筋含量增加,沉降值、吸水率均随之上升;沉降值与吸水率呈极显著正相关,说明沉降值增加,吸水率随之上升。综上,103份供试小麦品系品质性状间存在着不同的相关关系,对小麦品质性状进行改良时要考虑性状间的相互影响。

2.3 聚类分析 为研究小麦高代品系品质性状的

变异特征,采用欧式聚类法对103份供试材料和对照品种新麦26的6个品质性状进行聚类分析,在距离20处可聚为3个类群(图1),对每个类群的品质性状均值进行比较(表3),类群I包括J23072、J23073、J23074、J23093、J23094、J23095等6个品系和对照品种新麦26(序号74顺时针旋转至序号72),占全部自育品系的5.83%,除水分含量和容重外,粗蛋白含量、湿面筋含量、沉降值、吸水率的平均值在3个类群中最高,且粗蛋白含量、湿面筋含量、沉降值的均值与对照最为接近,其中沉降值优于对照,品质综合性状在高代品系中表现最优;类群II包括J23089、J23086、J23081、J23077、J23076、J23096、J23103、J23092等96个品系(序号89顺时针旋转至序号1),占全部自育品系的93.20%,除水



104 为对照品种新麦 26

图 1 103 份小麦品系的系统聚类

表 3 103 份小麦品系聚类分析各类群性状均值比较

类群	水分含量(%)	粗蛋白含量(%)	湿面筋含量(%)	沉降值(mL)	吸水率(%)	容重(g/L)
类群 I	11.85	14.06	33.78	37.10	64.82	798.49
类群 II	12.48	13.44	31.22	30.42	61.77	814.75
类群 III	11.20	12.92	29.48	31.25	64.39	848.75
新麦 26 (CK)	12.33	15.39	34.85	34.32	60.88	801.75

分含量和容重外,粗蛋白含量、湿面筋含量、沉降值的均值都低于类群 I,品质综合性状在高代品系中表现中等;类群 III 仅 J23101 (序号 101) 1 个品系,容重含量最高,除沉降值和吸水率外,其他品质性状的均值最小。

2.4 综合评价 根据《国家级小麦品种审定标准(2024年修订)》统计分析粗蛋白含量、湿面筋含量和吸水率 3 个品质指标,按照强筋、中强筋、中筋、弱筋标准对小麦品系进行综合评价。各项品质指标要求都可以满足强筋的为强筋小麦;其中任何一个指标达不到强筋的要求,但可以满足中强筋的为中强筋小麦;其中任何一个指标达不到中强筋要求的为中筋小麦;达不到弱筋要求的也为中筋小麦。

由表 4 可知,粗蛋白含量达到强筋和中强筋标准的品系分别为 19 个和 56 个;湿面筋含量达到强筋和中强筋标准的品系分别为 74 个和 25 个;吸水率达到强筋和中强筋标准的品系分别为 76 个和 22 个。粗蛋白含量、湿面筋含量和吸水率均达到强筋小麦标准的有 15 个,分别为 J23012、J23055、J23062、J23065、J23069、J23084、J23088、J23091、J23092、J23093、J23095、J23096、J23100、J23102、J23103;达到中强筋小麦标准的品系有 57 个,包

括 J23001、J23005、J23010、J23011、J23013、J23014、J23017、J23018、J23019、J23020 等;达到中筋小麦标准的品系有 31 个,包括 J23002、J23003、J23004、J23006、J23007、J23008、J23009、J23015、J23016、J23022 等;参试品系无弱筋小麦(表 5)。

3 讨论与结论

小麦品质性状受基因型和环境共同影响,是多种因素相互作用的综合体现^[11-14]。近年来,近红外分析技术在小麦品质性状检测中的应用较多,能有效提高品质育种效率,尤其是强筋组合优质后代的初筛效率。变异系数可呈现出性状离散程度,变异系数越大表明离散程度越高^[15-17]。沉降值变异系数最大,容重变异系数最小,说明选育的品系中容重的变异类型不丰富,沉降值的变异范围较广,具有较大的改良潜力。此外,有 26 个品系的沉降值、5 个品系的湿面筋含量、1 个品系的粗蛋白含量比对照品种新麦 26 高,说明自育品系的主要品质性状指标较优质强筋标准仍偏低,需要加强沉降值尤其是粗蛋白含量和湿面筋含量的筛选和研究,进一步优化自育品系的品质性状。

本研究中,水分含量与粗蛋白含量、湿面筋含量均呈显著负相关,与沉降值、吸水率均呈极显著负相关;粗蛋白含量与湿面筋含量、沉降值均呈极显著

表 4 小麦品系品质达标情况

类型	粗蛋白含量		湿面筋含量		吸水率		达标品系数量
	指标	达标品系数量	指标	达标品系数量	指标	达标数量	
强筋	≥ 14.0%	19	≥ 30.5%	74	≥ 60.0%	76	15
中强筋	≥ 13.0%	56	≥ 28.5%	25	≥ 58.0%	22	57
中筋	≥ 12.0%	28	≥ 24.0%	4	≥ 55.0%	3	31
弱筋	< 12.0%	0	< 24.0%	0	< 55.0%	2	0

表 5 不同筋型小麦品系

类型	品系
强筋	J23012、J23055、J23062、J23065、J23069、J23084、J23088、J23091、J23092、J23093、J23095、J23096、J23100、J23102、J23103
中强筋	J23001、J23005、J23010、J23011、J23013、J23014、J23017、J23018、J23019、J23020、J23021、J23023、J23025、J23026、J23027、J23028、J23029、J23031、J23032、J23033、J23034、J23036、J23037、J23038、J23039、J23040、J23041、J23046、J23049、J23051、J23052、J23056、J23057、J23058、J23060、J23061、J23064、J23066、J23067、J23070、J23072、J23073、J23074、J23075、J23077、J23078、J23080、J23081、J23082、J23083、J23085、J23086、J23087、J23089、J23090、J23094、J23097
中筋	J23002、J23003、J23004、J23006、J23007、J23008、J23009、J23015、J23016、J23022、J23024、J23030、J23035、J23042、J23043、J23044、J23045、J23047、J23048、J23050、J23053、J23054、J23059、J23063、J23068、J23071、J23076、J23079、J23098、J23099、J23101

正相关,湿面筋含量与沉降值、吸水率均呈极显著正相关,沉降值与吸水率呈极显著正相关,这与江伟等^[18]、张志鹏等^[19]的研究结果一致。6个品质性状的聚类分析表明,103份品系聚为3个类群,其中类群I小麦品系的粗蛋白含量、湿面筋含量、沉降值、吸水率在3个类群中均值最高,沉降值高于对照,说明品质综合性状在自育的高代品系中最为优良;类群II的粗蛋白含量、湿面筋含量、沉降值均值都低于类群I,品质综合性状在高代品系中处于中等水平,但占比最高;类群III仅有1个品系J23101,容重为848.75g/L,是高代品系中的最高值,其他品质性状的均值较低,可能是由于容重较高导致被单独分为一类。聚类分析结果说明,自育的高代品系中大部分品质综合性状表现一般,优质品系相对较少。依据《国家级小麦品种审定标准(2024年修订)》对品系的粗蛋白含量、湿面筋含量和吸水率的分析,品系的粗蛋白含量大部分达到中强筋标准,湿面筋含量大部分达到强筋标准,吸水率大部分达到强筋标准,3项品质指标综合来看,自育品系大多为中强筋和中筋类型,强筋类型偏少,无弱筋类型。因此,在今后的优质小麦育种改良上应加强强筋和弱筋小麦组合的配制和选育,尤其是要着重提高小麦蛋白质含量。

综合考虑103份小麦的品质性状,J23012、J23055、J23062、J23065、J23069、J23084、J23088、J23091、J23092、J23093、J23095、J23096、J23100、J23102、J23103等15个小麦品系品质表现较好,可作为优质小麦育种的研究利用材料。

参考文献

- [1] 何中虎,庄巧生,程顺和,于振文,赵振东,刘旭. 中国小麦产业发展与科技进步. 农学学报,2018,8(1):99-106
- [2] 曹新有,程敦公,刘爱峰,宋健民,赵振东,王利彬,王灿国,刘成,郭军,翟胜男,韩冉,訾妍,李法计,李豪圣,刘建军. 高产优质兼顾的强筋小麦品种选育方法与实践. 麦类作物学报,2020,40(9):1064-1069
- [3] 胡学旭,王步军. 我国小麦品质提升对策研究. 农产品质量与安全,2017(4):36-39
- [4] 李雪,沈鑫垚,郭钰婧,程天灵,韩文蕾,裴自友,温辉芹,王宏兵. 258份山西小麦品种(系)高分子量麦谷蛋白亚基组成分析. 种子,2023,42(6):86-91
- [5] 胡琳,许为钢,张磊,董海滨,王根松,咎香存,张建周,李正玲,齐学礼,李春鑫,赵明忠. 小麦种质资源鉴定、优异基因发掘及创新利用研究概述. 河南农业科学,2009,38(9):22-25
- [6] 咎香存,常莹莹,董海滨,张煜,陈弯,齐学礼. 河南省小麦种质资源品质特性多样性分析. 植物遗传资源学报,2025,26(1):67-78
- [7] 蔡金华,杨阳,单延博,张利伟,卢济康,李东升,温明星,曲朝喜. 35份小麦种质资源品质性状的主成分和聚类分析. 浙江农业科学,2017,58(5):758-760
- [8] 张婷,袁凯,史晓芳,张伟,杨斌,逯腊虎. 黄淮麦区105份冬小麦农艺及品质性状的分析与评价. 陕西农业科学,2023,69(5):85-92
- [9] 付亮,马华平,陈菊霞,刘朝辉,李洋,蒋志凯. 河南省2009-2010年度小麦区试新品系品质状况分析. 农业科技通讯,2012(5):53-55
- [10] 辛玉杰,刘继红,冯丹,赵光华,裴金花,尹海燕,王允,王红旗,刘冬梅,曹成,王俊艳,郑嘉,曹颖妮. 2017-2021年河南省小麦区域试验品种(系)的品质性状分析. 河南农业科学,2023,52(2):31-37
- [11] 金欣欣,姚艳荣,贾秀领,姚海坡,申海平,崔永增,李谦. 基因型和环境对小麦产量、品质和氮素效率的影响. 作物学报,2019,45(4):635-644
- [12] 郭天财,马冬云,朱云集,王晨阳,夏国军,罗毅. 冬播小麦品种主要品质性状的基因型与环境及其互作效应分析. 中国农业科学,2004,37(7):948-953
- [13] 阎俊,何中虎. 基因型、环境及其互作对黄淮麦区小麦淀粉品质性状的影响. 麦类作物学报,2001,21(2):14-19
- [14] 乔玉强,马传喜,司红起,蔡华,夏云翔. 基因型和环境及其互作效应对小麦品质的影响及品质稳定性分析. 激光生物学报,2008,17(6):768-774
- [15] 朱大洲,黄文江,马智宏,赵柳,杨小冬,王纪华. 基于近红外网络的小麦品质监测. 中国农业科学,2011,44(9):1806-1814
- [16] 夏利娟,蔡鲲鹏,马莉娟,陈文强,王宇,丁晨露,冉强,蔡健. 小麦品质相关分析和聚类分析. 农学学报,2021,11(8):1-7
- [17] 齐琳娟,胡学旭,周桂英,王爽,李静梅,陆伟,吴丽娜,陆美斌,孙丽娟,杨秀兰,宋敬可,王步军. 2004-2011年中国主产省小麦蛋白质品质分析. 中国农业科学,2012,45(20):4242-4251
- [18] 江伟,张晓,刘大同,高德荣,张勇,李曼,寿路路,陆成彬. 小麦品质性状相关性分析及主成分分析. 江苏农业科学,2023,51(16):43-48
- [19] 张志鹏,李菁,王兴龙,林参,严卫古,朱明超. 170份小麦高代品系品质性状的相关性分析和聚类分析. 安徽农业科学,2023,51(3):28-33

(收稿日期:2025-01-09)