寒旱农业科学 2024,3(6):531-537
Journal of Cold-Arid Agricultural Sciences

149 份春小麦种质资源遗传多样性分析

李旭华，牟丽明，令　鹏
（定西市农业科学研究院，甘肃　定西　743000）

摘要：为筛选出高产优质的春小麦新种质资源，丰富黄土高原旱作雨养区春小麦种质资源的遗传多样性，以 149 份春小麦种质资源为研究对象，通过农艺性状和品质性状研究其遗传多样性，分析性状间相关性，并运用聚类分析法筛选出高产优质的春小麦种质资源。结果表明，149 份春小麦种质资源的 10 个品质性状(籽粒灰分含量、水分含量、蛋白质含量、淀粉含量、降落数值、硬度、容重、湿面筋含量、弱化度、沉降值)的多样性指数介于 1.77~2.03，平均值为 1.924；5 个农艺性状(小穗数、穗长、株高、单株穗数、单株产量)的多样性指数介于 1.84~2.04，平均值为 1.958。供试春小麦种质各性状具有丰富的多样性，且变异类型丰富，其中单株穗数与单株产量呈极显著正相关；单株产量与蛋白质含量呈极显著负相关，与淀粉含量、湿面筋含量、降落数值呈负相关。通过聚类分析，筛选出了定西 53 号、10102-1、Mace、EmuRock 等 4 个性状优良且变异类型丰富的春小麦种质资源。

关键词：春小麦；种质资源；品质性状；遗传多样性指数；聚类分析
中图分类号：S512.1　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**2097-2172(2024)06-0531-07
doi:10.3969/j.issn.2097-2172.2024.06.008

Genetic Diversity Analysis of 149 Spring Wheat Germplasm Resources

LI Xuhua, MU Liming, LING Peng
(Dingxi Academy of Agricultural Sciences, Dingxi Gansu 743000, China)

Abstract: To select high-yield and high-quality new germplasm resources of spring wheat and enrich the genetic diversity of spring wheat germplasm resources on the Loess Plateau dry farming and rain-fed areas,149 spring wheat germplasm resources were studied. Their genetic diversity was examined through agronomic and quality traits, correlations among traits were analyzed, and clustering analysis was used to select high-yield and high-quality spring wheat germplasm resources. Results showed that the diversity index of 10 quality traits (grain ash content, moisture content, protein content, starch content, falling number, hardness, bulk density, wet gluten content, weakening degree, sedimentation value) of the 149 spring wheat germplasm resources ranged from 1.77 to 2.03, with an average of 1.924, and the diversity index of 5 agronomic traits (number of spikelets, spike length, plant height, number of spikes per plant, yield per plant) ranged from 1.84 to 2.04, with an average of 1.958.The tested spring wheat germplasm resources exhibited rich diversity in traits and variation types. There was a highly significant positive correlation between the number of spikes per plant and yield per plant, a highly significant negative correlation between yield per plant and protein content, and negative correlations with starch content, wet gluten content, and falling number. Through clustering analysis, 4 spring wheat germplasm resources with excellent traits and rich variation types were selected: Dingxi 53, 10102-1, Mace, and EmuRock.

Key words: Spring wheat; Germplasm resource; Quality trait; Genetic diversity index; Cluster analysis

黄土高原旱作雨养区地域辽阔，土层深厚，气候温和，光照充足，昼夜温差大，光热资源丰富，有利于提高小麦光合效率和干物质积累，非常适合小麦的生长[1]，因此小麦是西北黄土高原旱作雨养农业区最主要的粮食作物之一[2]。小麦作为重要的粮食作物，如何保证高产稳产是关乎国家粮食安全和粮食供给平衡的重要问题[3]。因此，提高小麦种质资源的遗传多样性，根据育种目标和市场需求来选育小麦新品种，对推动黄土高原旱作雨养区小麦产业高质量发展具有重要意义[4]。

收稿日期：2024-05-11；**修订日期：**2024-05-20
基金项目：定西市科技计划项目(DX2023AZ12、DX2023AR03)。
作者简介：李旭华(1989—)，女，甘肃通渭人，农艺师，硕士，主要从事农产品品质分析等工作。Email: 635497725@qq.com。
通信作者：令　鹏(1974—)，男，甘肃定西人，副研究员，主要从事土壤肥料与植物保护工作。Email: Lingpeng523@163.com。

在育种过程中，种质资源的遗传多样性发挥重要作用。近年来，众多学者就小麦种质资源的遗传多样性开展了研究，总体表现出种质的遗传差异与种质地理来源有关系，不同区域小麦种质资源的遗传特点及遗传基础具有明显差异[5-9]。当前对于陇中黄土高原旱作区春小麦种质资源的遗传特点研究较少，对新培育的育种资源缺乏综合比较。另外，品质育种的指标测定较为复杂，研究小麦农艺性状与品质性状之间的关系，可在育种过程中利用正相关关系，快速筛选高品质种质资源，是快速选育小麦种质资源最有效的手段。

本研究以149份春小麦种质资源为研究对象，通过农艺形状和品质特性研究其遗传多样性，并分析性状间相关性，同时运用聚类分析法对遗传多样性进行聚类分析，以期筛选出新的高产优质春小麦种质资源，这对推动黄土高原旱作雨养区春小麦产业高质量发展和保障区域粮食安全意义重大。

1　材料与方法

1.1　研究区概况

试验在典型黄土高原旱作雨养区定西市农业科学研究院试验基地进行，当地海拔1 920 m，年均气温8.3 ℃，年均降水量386.6 mm，年均日照时数2 600 h，无霜期平均为140 d。春小麦生育期（3月底至7月底）平均气温为13.6 ℃，降水量为210 mm[10]。试验地土壤为黄绵土，耕层土壤含全氮0.8 mg/kg、碱解氮86.2 mg/kg、速效磷26.0 mg/kg、速效钾203.0 mg/kg、有机质19.0 g/kg，pH 7.8。

1.2　试验设计

149份春小麦种质材料于2021—2023年连续种植3 a，采用顺序排序种植，不设重复。每份材料均种植4行，按行距0.3 m、行长1.5 m。3月29日播种，7月下旬成熟收获，田间管理同大田。

1.3　田间观测及室内考种

成熟期每小区随机选取长势均匀、株型一致的10株植株，测量株高和穗长，统计单株穗数和小穗数。收获时每小区随机选取10株测量单株产量。以上数据均重复3次并取平均值。

小麦蜡熟期每小区随机选取40株小麦植株，手工脱粒晒干后用近红外品质分析仪（NIRS DS-2500）测定小麦籽粒灰分含量、水分含量、蛋白质含量、淀粉含量、降落数值、硬度、容重、湿面筋含量、弱化度、沉降值等品质指标。

1.4　统计分析

遗传多样性指数的计算参照李晶等[11]的方法。

$$H'=-\sum Pi\ln Pi,$$

式中，H'为遗传多样性指数，Pi为某一性状第i个级别出现的频率。

对供试个春小麦种质资源的农艺性状和品质性状进行相关性分析和主成分分析。以欧式距离作为供试资源间距离进行聚类分析，相关性分析、主成分分析和聚类分析均使用SPSS 19.0统计分析软件。采用Excel 2013软件处理数据并绘图，各指标值均为每份春小麦种质材料3 a测定值的平均值。

2　结果与分析

2.1　品质性状遗传变异分析

从表1可以看出，10个品质性状的多样性指数介于1.77～2.03，平均为1.924，表明各品质性状多样性丰富，遗传基础广。10个品质性状的变异系数介于1.83%～50.64%。其中弱化度的变异系数最高，达到50.64%，即弱化度在小麦种质资源间有很大的差异，变异类型很丰富；降落数值和沉降值的变异系数分别为23.41%和16.44%，即降落数值和沉降值变异类型较为丰富；硬度、湿

表1　149份春小麦种质资源品质性状表型变异

性状指标	灰分含量/(g/kg)	水分含量/(g/kg)	蛋白质含量/(g/kg)	淀粉含量/(g/kg)	降落数值/s	硬度	容重/(g/L)	弱化度/F.U	湿面筋含量/(g/kg)	沉降值/mL
最大值	6.20	124.50	195.00	569.30	314.00	75.04	832.56	108.64	404.90	47.39
最小值	5.30	114.10	143.70	507.00	55.42	45.70	688.69	1.92	295.00	16.51
极差	0.90	10.50	51.40	62.30	258.58	29.34	143.88	106.72	109.90	30.88
平均值	5.80	119.60	173.70	536.60	202.47	62.72	768.02	44.82	358.90	33.01
标准差	0.20	2.20	10.10	13.10	47.39	5.59	26.37	22.70	21.50	5.43
变异系数/%	2.64	1.83	5.82	2.45	23.41	8.91	3.43	50.64	6.00	16.44
遗传多样性指数	1.93	2.01	1.93	1.98	1.92	1.88	1.89	2.03	1.90	1.77

面筋含量和蛋白质含量的变异系数分别为 8.91%、6.00%和 5.82%，即这 3 个性状种质资源间差异相对较小；灰分含量、水分含量、容重、淀粉含量的变异最小，变异系数分别为 2.64%、1.83%、3.43%、2.45%，说明这 4 个性状在种质资源间差异很小，很稳定。

2.2　农艺性状遗传变异分析

分析表 2 数据可知，供试各春小麦种质资源的 5 个农艺性状的多样性指数介于 1.84 ~ 2.04，平均值为 1.958。单株产量的变异系数最高，达 40.97%，表明单株产量在不同春小麦种质资源间具有很大差异，且变异类型丰富；单株穗数、株高、穗长、小穗数的变异系数介于 22.03% ~ 28.27%，即这 4 个指标的变异类型较为丰富，多样性指数较高。

表 2　149 份春小麦种质资源农艺性状表型变异

性状指标	穗长/cm	小穗数/个	株高/cm	单株穗数/个	单株产量/g
最大值	18.0	13.00	122.0	4.20	4.84
最小值	6.0	5.0	37.0	1.00	0.51
极差	12.0	8.0	84.0	3.20	4.34
平均值	10.2	8.8	81.2	2.17	2.04
标准差	2.3	1.9	20.3	0.61	0.84
变异系数/%	22.70	22.03	25.00	28.27	40.97
遗传多样性指数(H′)	2.04	2.04	1.98	1.89	1.84

2.3　品质性状与农艺性状相关性分析

对供试 149 份春小麦种质资源农艺性状和品质性状的相关性进行分析的结果(表3)表明，穗长与单株产量、株高呈极显著正相关，与单株穗数呈极显著负相关；株高与单株穗数、单株产量均呈极显著负相关；单株穗数与单株产量呈极显著正相关。湿面筋含量与硬度、弱化度呈极显著负相关；沉降值与淀粉含量、降落数值湿面筋含量呈极显著正相关；穗长与淀粉含量、降落数值、湿面筋含量、沉降值呈极显著正相关；小穗数与淀粉含量显著正相关，与湿面筋含量、沉降值均呈极显著正相关；单株穗数与硬度、弱化度呈极显著正相关，与容重、湿面筋含量呈极显著负相关；单株产量与蛋白质含量、水分含量、硬度呈极显著负相关，与淀粉含量、湿面筋含量、降落数值呈负相关但未达显著水平。

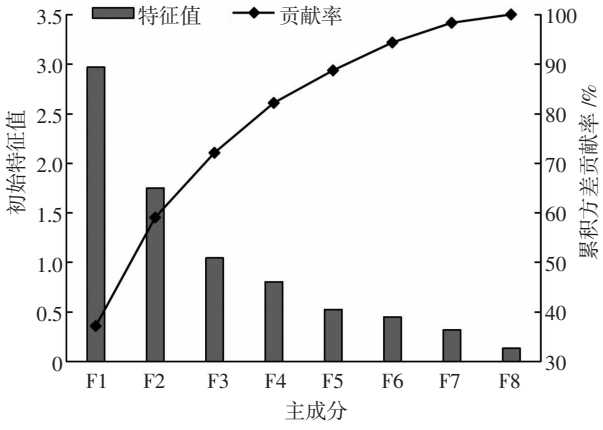
2.4　农艺性状和品质性状主成分分析

为了挖掘各性状间起主导作用的综合指标，突出体现重要指标，对 149 份春小麦种质资源变异系数超过 10%的性状进行主成分分析。从图 1 可以看出，前 3 个主成分特征值均大于 1，能较全面的反应样本的信息。从表 4 可以看出，在第一主成分中载荷较高的是单株产量、单株穗数、降落数值和弱化度，因此，以提高产量和低 α－淀粉酶活性为改良目标时，第一主成分值应适量增大；第二主成分中载荷较高的是沉降值、降落数值，因此，以改善小麦籽粒品质为育种主要目标时应重点关注第二主成分指标。

表 3　149 份春小麦种质资源农艺性状和品质性状间的相关性分析

性状	Ash	Moi	Pro	Sta	FN	Har	UW	WD	WG	Sed	EL	SN	PH	PNPL
Moi	0.205*													
Pro	0.306**	0.552**												
Sta	0.267**	0.02	0.132											
FN	0.270**	0.166*	0.282**	0.759**										
Har	−0.145	0.036	−0.049	−0.274**	−0.488**									
UW	−0.185*	−0.360**	−0.209*	−0.329**	−0.455**	0.096								
WD	0.048	0.114	0.016	0.166*	0.016	0.410**	−0.377**							
WG	0.032	−0.059	0.032	0.140	0.383**	−0.539**	0.110	−0.725**						
Sed	0.134	−0.038	0.143	0.597**	0.726**	−0.479**	−0.213**	−0.032	0.301**					
EL	0.116	−0.002	0.027	0.395**	0.501**	−0.631**	0.014	−0.225**	0.259**	0.515**				
SN	0.031	−0.113	0.02	0.171*	0.372**	−0.363**	0.053	−0.193*	0.551**	0.528**	0.141			
PH	0.220**	0.136	0.224**	0.327**	0.556**	−0.557**	−0.368**	−0.281**	0.482**	0.248**	0.240**	−0.007		
PNPL	0.010	0.088	−0.026	0.191*	0.051	0.420**	−0.364**	0.977**	−0.668**	0.020	−0.239**	−0.138	−0.306**	
YPL	−0.135	−0.229**	−0.251**	−0.037	−0.086	−0.218**	0.137	0.377**	−0.098	0.201*	0.265**	0.395**	−0.363**	0.375**

①* 表示在 5%水平上差异显著，** 表示在 1%水平上差异显著；Ash 为灰分含量，Moi 为水分含量，Pro 为蛋白质含量，Sta 为淀粉含量，FN 为降落数值，Har 为硬度，UW 为容重，WD 为弱化度，WG 为湿面筋含量，Sed 为沉降值，EL 为穗长，SN 为小穗数，PH 为株高，PNPL 为单株穗数，YPL 为单株产量。



（F1、F2、F3、F4、F5、F6、F7、F8、F9 分别代表第一、二、三、四、五、六、七、八、九主成分）

图 1　主成分分析碎石图

表 4　149 份春小麦种质资源 3 个主成分的特征值

特征向量	主成分		
	1	2	3
单株产量	0.910	0.252	–0.039
单株穗数	0.773	0.373	–0.026
降落数值	0.689	0.533	0.202
弱化度	0.649	–0.145	–0.535
穗长	0.476	–0.259	0.177
小穗数	0.333	–0.676	0.404
株高	0.504	–0.587	0.380
沉降值	–0.239	0.613	0.614
特征值	2.970	1.751	1.045
贡献率/%	37.125	21.892	13.068
累积贡献率/%	37.125	59.017	72.085

2.5　小麦种质资源聚类分析

使用组间联结的办法，依据欧氏平方距离对供试小麦种质资源进行系统聚类分析，结果将 149 份供试春小麦种质资源分为五大类（图2），第Ⅰ类包括定西 51 号、会宁 23 号、陇春 47 号等 98 份，占全部供试材料的 65.77%；第Ⅱ类包括陇春 51 号、西紫 1 号、乌春 10 号等 41 份，占全部供试材料的 27.52%；第Ⅲ类有 4 份，分别为定西 53 号、10102–1、Mace、EmuRock，占全部供试材料的 2.68%；第Ⅳ类有 2 份，分别为乌麦 3 号、互麦 11 号，占全部供试材料的 1.34%；第Ⅴ类有 4 份，分别为乌春 4 号、M0326–7、云 9526–10、9624–2，占全部供试材料的 2.68%。

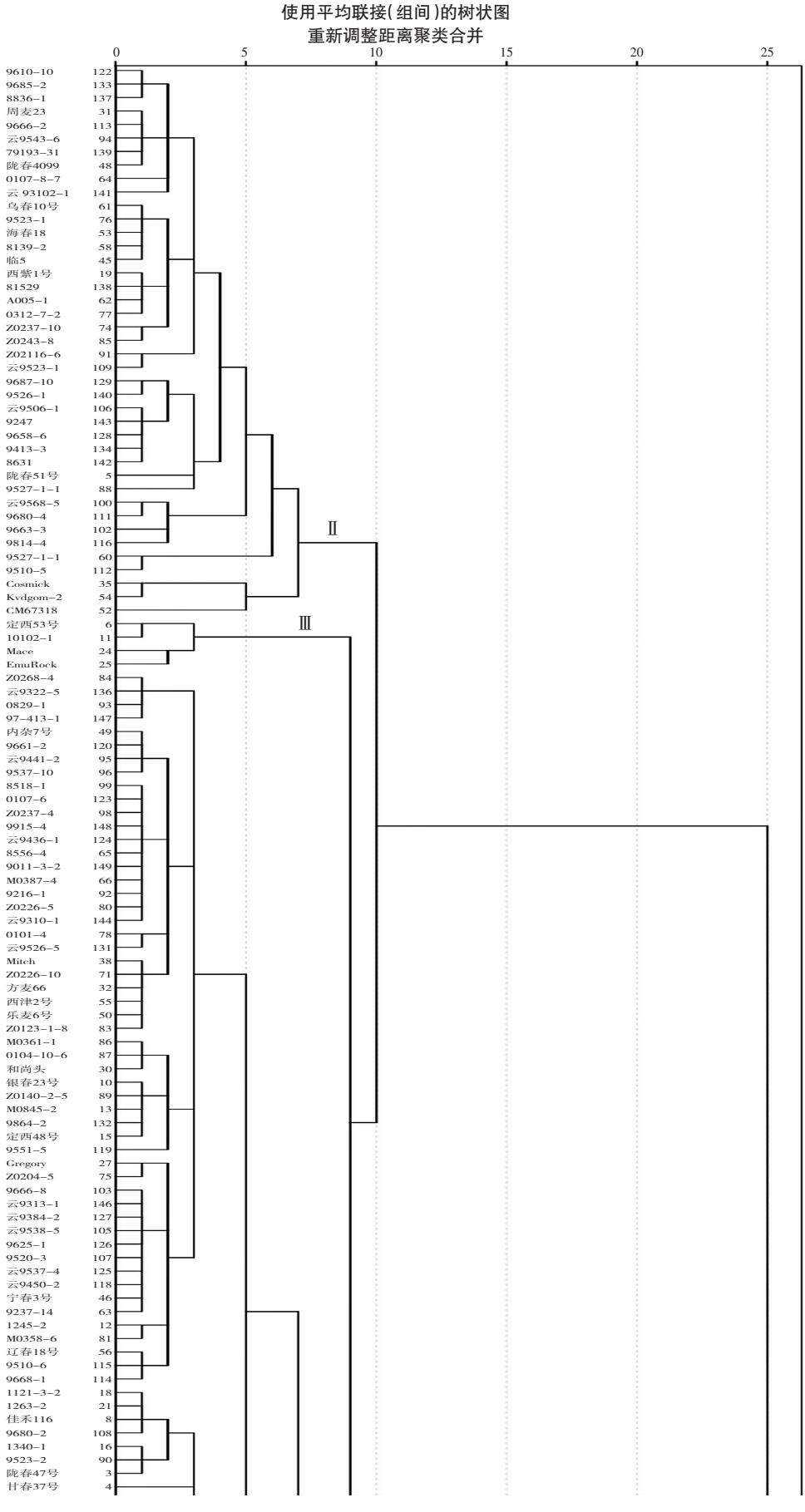
对每一类种质资源的性状进行统计分析（表5）发现，第Ⅰ类种质资源的蛋白质含量、湿面筋含量、沉降值均高于其他 4 类；第Ⅲ类种质资源的小穗数、株高、单株穗数、单株产量、降落数值、硬度、弱化度均高于其他 4 类；第Ⅳ类种质资源的水分含量、淀粉含量、容重均高于其他 4 类，弱化度仅比第Ⅱ类高 13.8%，比其他 3 个类群低；第Ⅴ类种质资源的穗长高于其他 4 类。因小穗数、单株穗数均与小麦产量构成因素直接相关，单株产量与总产量直接相关，而第Ⅲ类种质资源的小穗数 9.13

表 5　各类群春小麦主要农艺性状和品质性状的平均值及其变异范围

类群	性状指标	穗长 /cm	小穗数 /个	株高 /cm	单株穗数 /个	单株产量 /g	灰分含量 /(g/kg)	水分含量 /(g/kg)
Ⅰ	Means±SD	10.32±2.45 a	8.70±1.75 a	82.88±20.33 a	2.34±0.57 ab	2.31±0.74 b	5.8±0.1 ab	119.5±1.9 b
	CV/%	23.71	20.11	24.53	24.23	32.11	2.59	1.61
Ⅱ	Means±SD	9.66±1.98 a	8.93±2.36 a	78.18±20.21 a	1.80±0.46 bc	1.47±0.58 bc	5.9±0.1 a	120.0±2.6 ab
	CV/%	20.52	26.45	25.85	25.82	39.73	2.32	2.18
Ⅲ	Means±SD	11.67±1.28 a	9.13±1.07 a	89.92±22.43 a	2.85±0.79 a	3.21±0.61 a	5.6±0.1 b	117.7±2.6 b
	CV/%	10.96	11.68	24.95	27.70	18.96	2.53	2.24
Ⅳ	Means±SD	9.17±3.54 a	7.09±0.12 a	61.5±4.48 a	1.10±0.14 c	0.62±0.04 c	0.6±0.2 a	122.6±2.7 a
	CV/%	38.56	1.70	7.29	12.86	5.75	3.56	2.19
Ⅴ	Means±SD	11.95±0.82 a	9.04±2.58 a	70.92±16.4 a	1.65±0.34 bc	0.90±0.31 c	5.9±0.2 a	120.1±0.3 ab
	CV/%	6.84	28.53	23.13	20.70	34.15	3.22	0.25

续表

类群	性状均值	蛋白质含量 /(g/kg)	淀粉含量 /(g/kg)	降落数值 /s	硬度	容重 /(g/L)	弱化度 /F.U	湿面筋含量 /(g/kg)	沉降值 /mL
Ⅰ	Means±SD	174.7±10.2 a	537.9±13.3 ab	224.74±25.27 b	63.7±5.0 8 ab	777.27±18.96 b	46.51±23.52 a	361.6±2.2 a	34.23±4.69 a
	CV/%	5.86	2.47	11.24	7.97	2.44	50.57	6.09	13.71
Ⅱ	Means±SD	173.8±8.7 a	532.5±11.6 ab	157.9±20.94 c	61.14±5.15 ab	749.46±24.02 c	37.89±17.85 a	357.6±18.1 a	31.64±5.51 ab
	CV/%	5.02	2.18	13.26	8.42	3.21	47.11	5.07	17.42
Ⅲ	Means±SD	159.7±13.5 b	549.6±15.7 a	293.82±15.82 a	67.34±4.57 a	775.2±8.6 bc	65.13±11.61 a	332.3±28.0 a	25.99±4.15 b
	CV/%	8.45	2.86	5.38	6.78	1.11	17.83	8.42	15.97
Ⅳ	Means±SD	164.3±13.3 ab	549.8±11.2 a	84.92±1.46 d	49.1±2.95 c	808.1±34.59 a	43.13±50.82 a	344.8±28.6 a	30.03±10.03 ab
	CV/%	8.09	2.05	1.72	6.01	4.28	117.84	8.31	33.42
Ⅴ	Means±SD	168.2±1.3 ab	529.6±5.7 b	81.14±27.45 d	57.26±8.45 b	704.57±22.02 d	55.14±29.14 a	341.9±5.1 a	25.7±8.24 b
	CV/%	0.76	1.08	33.83	14.76	3.13	52.84	1.49	32.09


使用平均联接(组间)的树状图
重新调整距离聚类合并
0
5
10
15
20
25
9610–10 122
9685–2 133
8836–1 137
周麦23 31
9666–2 113
云9543–6 94
79193–31 139
陇春4099 48
0107–8–7 64
云 93102–1 141
乌春10号 61
9523–1 76
海春18 53
8139–2 58
临5 45
西紫1号 19
81529 138
A005–1 62
0312–7–2 77
Z0237–10 74
Z0243–8 85
Z02116–6 91
云9523–1 109
9687–10 129
9526–1 140
云9506–1 106
9247 143
9658–6 128
9413–3 134
8631 142
陇春51号 5
9527–1–1 88
云9568–5 100
9680–4 111
9663–3 102
9814–4 116
9527–1–1 60
9510–5 112
Cosmick 35
Kvdgom–2 54
CM67318 52
定西53号 6
10102–1 11
Mace 24
EmuRock 25
Z0268–4 84
云9322–5 136
0829–1 93
97–413–1 147
内杂7号 49
9661–2 120
云9441–2 95
9537–10 96
8518–1 99
0107–6 123
Z0237–4 98
9915–4 148
云9436–1 124
8556–4 65
9011–3–2 149
M0387–4 66
9216–1 92
Z0226–5 80
云9310–1 144
0101–4 78
云9526–5 131
Mitch 38
Z0226–10 71
方麦66 32
西津2号 55
乐麦6号 50
Z0123–1–8 83
M0361–1 86
0104–10–6 87
和尚头 30
银春23号 10
Z0140–2–5 89
M0845–2 13
9864–2 132
定西48号 15
9551–5 119
Gregory 27
Z0204–5 75
9666–8 103
云9313–1 146
云9384–2 127
云9538–5 105
9625–1 126
9520–3 107
云9537–4 125
云9450–2 118
宁春3号 46
9237–14 63
1245–2 12
M0358–6 81
辽春18号 56
9510–6 115
9668–1 114
1121–3–2 18
1263–2 21
佳禾116 8
9680–2 108
1340–1 16
9523–2 90
陇春47号 3
甘春37号 4
Ⅱ
Ⅲ

续图

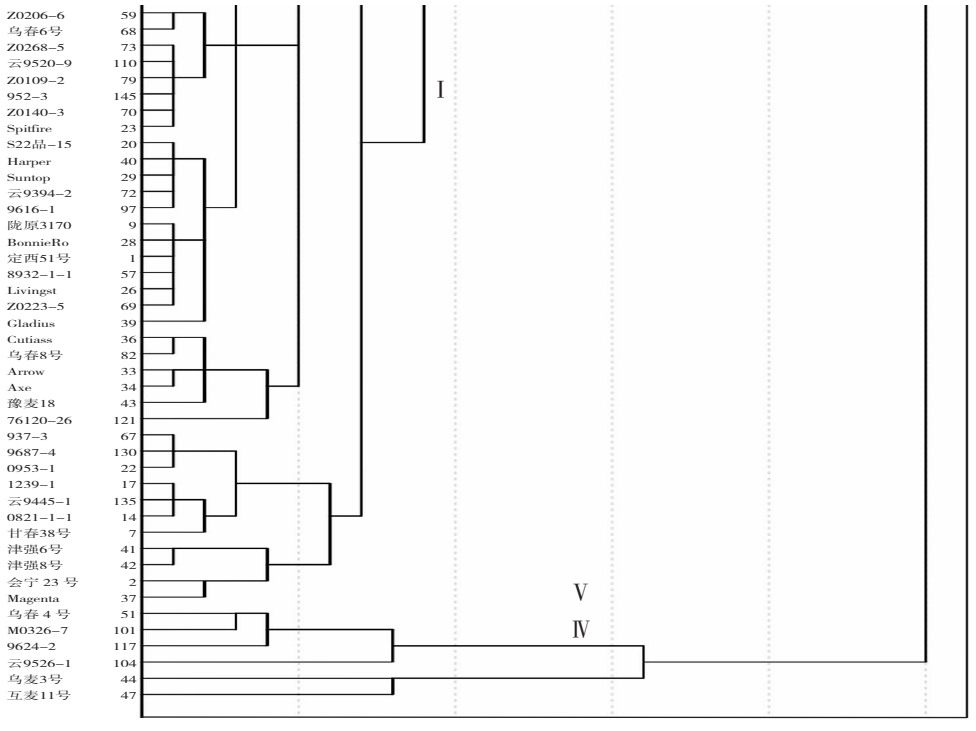


图2　149份小麦种质资源的聚类分析

个、单株穗数2.85个、单株产量3.21 g均为最高，因此认为第Ⅲ类种质资源为产量优良资源。第Ⅰ类资源蛋白质含量174.7 g/kg、湿面筋含量361.6 g/kg、沉降值34.23 mL，均为最高，因此认为第Ⅰ类种质资源为强筋种质资源；第Ⅳ类种质资源淀粉含量最高，蛋白质含量仅高于第Ⅲ类资源，湿面筋含量和沉降值均较低，因此认为第Ⅳ类种质资源为弱筋种质资源。

对每类种质资源各性状的变异程度进行分析，发现第Ⅱ类种质资源株高、单株产量的变异系数高于其他4类；第Ⅲ类种质资源单株穗数、水分含量、蛋白质含量、淀粉含量、湿面筋含量的变异系数高于其他4类；第Ⅳ类种质资源穗长、灰分含量、容重、弱化度、沉降值的变异系数高于其他4类；第Ⅴ类种质资源小穗数、降落数值、硬度的变异系数高于其他4类。综上所述，第Ⅲ类小麦种质资源为产量优良资源，同时其蛋白质含量、淀粉含量、湿面筋含量3个重要的品质指标的变异系数分别为8.45%、2.86%、8.31%，均高于其他4类，可在利用第Ⅲ类的定西53号、10102-1、Mace、EmuRock这4份春小麦种质资源性状特点和变异特点将其作为今后的育种材料。

3　讨论与结论

丰富的遗传基础是品种选育的前提，变异系数表示性状的多样性水平，遗传多样性指数反映品种遗传变异的大小[12]。本研究表明，供试的149份春小麦种质资源品质性状的多样性指数介于1.77～2.03，平均值为1.924。降落数值变异系数为23.41%，仅次于弱化度；沉降值的变异系数为16.44%，仅低于弱化度和降落数值的变异系数；灰分含量、水分含量、容重、淀粉含量的变异较小，变异系数介于1.83%～3.43%。小穗数、穗长、株高、单株穗数、单株产量等5个农艺性状的多样性指数介于1.84～2.04，平均值为1.958。许娜丽[13]研究发现，小麦农艺性状的变异系数明显高于品质性状的变异系数，沉降值和降落数值的变异系数较大，容重和水分含量的变异系数较小；崔文礼等[14]对黄淮麦区35个小麦品种(系)品质性状比较分析表明，沉淀值的变异系数较大。以上结论均与本研究一致。

性状间的相关性研究有助于了解性状间的相互关系，筛选与目标性状紧密关联的指标性状，可提高方案制定效率[15]。有研究表明，产量与蛋白质和沉淀值或湿面筋多呈显著或极显著负相关

性[16-18]。张喜平等[19]对天水市农业科学研究所选育的天选系列 54 份冬小麦新品系的研究表明，穗粒数与产量极显著相关，籽粒产量与蛋白质、湿面筋含量、沉降值呈显著负相关，即提高产量可能会使品质变劣，高产与优质较难同步改良。本研究也表明，单株产量与蛋白质含量呈极显著负相关，与淀粉含量、湿面筋含量、降落数值呈负相关。陆晴等[20]研究表明，成穗数与小麦产量具有显著相关性（R=0.623）。本研究表明，单株穗数与单株产量呈极显著正相关。曹俊梅等[21]对新疆近年来部分中晚熟冬小麦新品系产量和品质性状的关系研究结果表明，主穗粒重与湿面筋显著正相关，成穗数与湿面筋呈极显著负相关，千粒重与湿面筋呈显著正相关。在后续的育种工作中，可充分利用形态指标与品质指标之间的相关性筛选优质种质资源，提高育种工作效率。

供试 149 份春小麦种质资源各性状具有丰富的多样性，变异类型丰富，品种改良的潜力大。对试验结果分析得出，单株穗数与单株产量呈极显著正相关；单株产量与蛋白质含量呈极显著负相关，与淀粉含量、湿面筋含量、降落数值呈负相关。通过聚类分析将供试 149 份春小麦种质资源分为 5 类，其中第Ⅲ类的定西 53 号、10102-1、Mace、EmuRock 等 4 份春小麦种质资源的小穗数、单株穗数、单株产量均最高，蛋白质含量、淀粉含量、湿面筋含量变异系数均最高，是性状优良且变异类型丰富的春小麦种质资源，可在今后的育种工作中加以利用。

参考文献：

[1] 程小虎，王建兵，牟丽明. 2019 年定西市旱地春小麦新品系比较试验[J]. 农业科技通讯，2021(6)：65-67.

[2] 刘　江，王润元，王鹤龄，等. 半干旱区雨养春小麦蒸腾效率的计算与应用[J]. 江苏农业学报，2023，39(7)：1501-1509.

[3] 傅晓艺，史占良，单子龙，等. 氮肥和密度互作对冬小麦石 4366 群体茎秆特性和产量的影响[J]. 麦类作物学报，2023，43(1)：81-90.

[4] 马国江，马靖福，张沛沛，等. 128 份抗旱冬小麦新品系农艺性状遗传多样性分析[J]. 甘肃农业大学学报，2021，56(3)：37-44.

[5] 曾潮武，梁晓东，李建疆. 新疆春小麦种质资源主要农艺性状的遗传多样性分析[J]. 分子植物育种，2017，15(9)：3740-3750.

[6] 曾潮武，梁晓东，李建疆. 中亚引进春小麦种质资源主要农艺性状的遗传多样性分析[J]. 作物杂志，2017(2)：67-71.

[7] 蒋永超，于立河，薛盈文，等. 引进春小麦种质资源与黑龙江省育成品种农艺性状的遗传多样性分析[J]. 麦类作物学报，2015，35(10)：1378-1385.

[8] 贾永红，魏海鹏，曾雪华，等. 33 份国内引进春小麦种质资源的遗传多样性及抗旱性研究[J]. 农业科技通讯，2018(11)：80-85.

[9] 郭鹏燕，任杰成，赵吉平，等. 不同基因型冬小麦种质资源的遗传多样性研究[J]. 种子，2021，40(8)：25-29；38.

[10] 张　凯，王润元，王鹤龄，等. 模拟增温对半干旱雨养区春小麦物质生产与分配的影响[J]. 农业工程学报，2016，32(16)：223-232.

[11] 李　晶，南　铭. 俄罗斯和乌克兰引进冬小麦在我国西北地区的农艺性状表现和遗传多样性分析[J]. 作物杂志，2019(5)：9-14.

[12] 易腾飞，李珊珊，李嘉豪，等. 261 份小麦品种基于农艺性状的遗传多样性分析[J]. 河北农业大学学报，2018，41(2)：7-13.

[13] 许娜丽. 251 份小麦种质资源遗传多样性及分子标记辅助选择分析[D]. 银川：宁夏大学，2022.

[14] 崔文礼，王　军，汪　辉，等. 黄淮麦区 35 份小麦种质资源品质性状比较分析[J]. 安徽农业大学学报，2020，47(4)：606-611.

[15] 兰　涛. 小麦籽粒品质形成的基因型与生态效应研究[D]. 南京：南京农业大学，2005.

[16] 李玉发，何中国，刘洪欣，等. 东北早熟区春小麦品质与产量性状间的关系研究[J]. 山东农业科学，2007(1)：5-7；11.

[17] 韩启秀，于经川，张善勇，等. 山东省小麦区试参试品系产量与品质性状分析[J]. 山东农业科学，2008(3)：7-10.

[18] WANG C, KOVACS M I P. Swell index of glutenin test I. Method and comparison with sedimentation gelprotein and insoluble glutenin test[J]. Cereal Chem., 2002, 79(2)：183-189.

[19] 张喜平，宋建荣，张耀辉，等. 天选系列 54 份冬小麦新品系产量和品质性状评价及相关性分析[J]. 甘肃农业科技，2018(12)：41-45.

[20] 陆　晴，宋茂兴，马宏亮，等. 冀东地区冬小麦新品系主要性状及产量相关性评价[J]. 作物研究，2022，36(2)：103-107.

[21] 曹俊梅，周安定，吴新元，等. 新疆近年中晚熟冬小麦新品系产量和品质性状分析[J]. 新疆农业科学，2010，47(4)：659-663.