

# 陇东地区13个旱地冬小麦品种的籽粒性状遗传变异研究

田 斌<sup>1,2</sup>, 倪胜利<sup>2</sup>, 李兴茂<sup>2</sup>

(1. 镇原县种子管理站, 甘肃 镇原 744500; 2. 甘肃省农业科学院旱地农业研究所, 甘肃兰州 730070)

**摘要:** 为明确陇东干旱环境下冬小麦品种籽粒性状的遗传变异特点, 应用近红外仪和种子图像分析系统, 对参加2018—2019年度甘肃省陇东冬小麦区域试验的陇东地区育成的13个冬小麦品种的籽粒性状进行系统分析。结果表明, 供试各冬小麦品种的籽粒形态性状的广义遗传力由大到小依次为长度、面积、长宽比、圆度、宽度和厚度。千粒重的广义遗传力为0.96, 明显大于产量遗传力(0.75)。品质相关性状的广义遗传力由大到小依次为容重、蛋白质含量、黑胚度、色变度, 各性状存在显著地点间和品种间差异。长粒型的大粒冬小麦品种明显具有低容重、高千粒重和高产优势, 宽厚粒的大粒冬小麦品种产量、千粒重和容重都高, 这些资源将有助于旱地冬小麦优质丰产育种。

**关键词:** 陇东地区; 旱地; 冬小麦; 品种; 籽粒性状; 遗传变异

**中图分类号:** S512.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2019)11-0063-05

**doi:** 10.3969/j.issn.1001-1463.2019.11.016

籽粒性状是商品小麦市场分级和商用价值的重要评价指标, 籽粒大小、形态性状和黑胚及颜色对小麦粉品质也有着重要的影响。了解这些籽粒特性的遗传规律, 对于培

育市场价值高的小麦品种具有重要意义。小麦籽粒相关的性状包括籽粒长度、宽度、厚度、周长、面积, 籽粒长宽比、圆度、千粒重及籽粒黑斑、籽粒花斑、籽粒蛋白质等,

**收稿日期:** 2019-09-04

**基金项目:** 甘肃省科技重大专项计划项目(17ZD2NA016); 甘肃省小麦产业技术体系(GARS-01-02)。

**作者简介:** 田 斌(1972—), 男, 甘肃镇原人, 农艺师, 主要从事作物品种试验、推广及种子管理工作。联系电话: (0)13629344846。

**通信作者:** 李兴茂(1975—), 男, 甘肃张家川人, 研究员, 博士, 主要从事小麦育种研究工作。Email: xm759@163.com。

- 衰老作用机制的实验研究[J]. 中国现代应用药学杂志, 2006, 23(8): 729-731.
- [7] 张晓君, 祝晨蓓, 胡 黎, 等. 党参多糖对小鼠免疫和造血功能的影响[J]. 中药新药与临床药理, 2003, 14(3): 174-176.
- [8] 巧赵兵, 王玉春, 欧阳落, 等. 超声波在植物提取中的应用[J]. 中草药, 1999, 30(9): 1-3.
- [9] 崔同霞, 李怀德, 杨俊海, 等. 配方施肥对党参产量性状的影响[J]. 甘肃农业科技, 2017(3): 25-28.
- [10] 汪淑霞, 宋振华. 党参新品种渭党3号选育报告[J]. 甘肃农业科技, 2015(11): 11-13.
- [11] 毕红艳, 苏小敬, 张丽萍. 党参不同种质资源间多糖含量的差异[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(2): 714-715; 718.
- [12] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 一部[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2015.
- [13] 白 鸿. 保健食品功效成分检测方法[M]. 北京: 中国中医药出版社, 2011: 82-85.
- [14] 赵 立. 微波预处理法从植物细胞中提取有效成分的研究[D]. 南宁: 广西大学, 2003.

(本文责编: 陈 伟)

这些都是小麦产量和品质改良的重要指标。大圆且饱满的籽粒比小薄且扁平的籽粒，面粉品质更好<sup>[1]</sup>，而且宽粒和容重与种子活力相关<sup>[2]</sup>。小麦驯化过程中，长而细的原始籽粒逐渐变得更宽、更短。研究表明，除 1D、3B、6B、6D、7B 外，其余染色体都发现籽粒面积的 QTL；除 3D、4D、6D 外，其余染色体上都发现了籽粒长宽比的 QTL，1A、2B、3B、6BS、7B、4A、5A、2A、2D、5B 上有籽粒周长的 QTL；所有染色体上都发现了控制籽粒长度和宽度的 QTL，其中广泛存在 QTL 共同控制几个性状<sup>[1]</sup>。籽粒黑胚基因发现与多个染色体有关<sup>[3]</sup>，籽粒色变是因环境变化引发的一种生理失调反应，表现为浅黄色、不透明的淀粉状籽粒，该性状的基因定位在 2D、5D 染色体上<sup>[4]</sup>。籽粒性状主要受基因型的控制，同时也受到环境的影响。

为了应对干旱、病害、冻害等多个自然灾害的影响，甘肃省陇东地区育成的冬小麦品种普遍存在株高较高、籽粒明显小于我国主产区研究了冬小麦品种的问题。为了明确陇东干旱环境下冬小麦品种籽粒性状的遗传变异特点，我们研究了甘肃省陇东地区育成的 13 个冬小麦品种小麦籽粒的遗传规律和性状间关系，旨在为陇东地区培育抗旱、优

质冬小麦品种提供参考。

## 1 材料和方法

选用 2018—2019 年度参加甘肃省陇东冬小麦区域试验的陇东地区育成的 13 个冬小麦品种(表 1)，分别在镇原县上肖镇、西峰区温泉乡、庆城县驿马镇、宁县和盛镇、泾川县高平镇、崇信县黄寨镇和崆峒区草峰镇 7 个试点试验，均采用随机区组设计，3 次重复。试验按照当地大田生产水平进行田间管理。收获后，将各试点每个品种的 3 次重复混合，收集各试点种子进行分析。

利用种子图像分析系统(sc6000R)的 Seed Count 分析软件分析种子长度、宽度、厚度、圆度、长宽比、千粒重、容重、籽粒面积、黑胚度、色变度，籽粒蛋白质含量用近红外分析仪 foss250 扫描测定。产量按小区实际产量统计。

数据统计分析采用 Excel 软件进行，方差分析、相关性分析、遗传力分析等均用 Icimapping 软件进行<sup>[5-6]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 冬小麦籽粒性状的方差分析及其广义遗传力比较分析

从表 2 可以看出，冬小麦籽粒长度、宽度、圆度、长宽比和面积等形态性状，品种间存在显著差异。其中宽度和厚度的广义遗

表 1 参试冬小麦品种及来源

品种名称	组合	品种来源
山农 20	PH82-2-2/954072	甘肃种业有限公司
灵选 6 号	Q104-3/兰天 16 号	灵台县鑫丰种业有限责任公司
西农 886	西峰 20 号/Certa/Rht13	西北农林科技大学
兰天 575	兰天 19 号/陇原 031	甘肃省农业科学院小麦研究所
陇育 0906	陇育 5 号/临早 51241	陇东学院农林科技学院
陇育 4 号	西峰 20 号/中 210	陇东学院农林科技学院
灵麦 2 号	兰天 10 号/晋麦 47	灵台县农业技术推广中心
陇麦 479	长武 134/TW98-829-1	平凉市农业科学院
陇鉴 115	1R15/陇鉴 386//陇鉴 386	甘肃省农业科学院旱地农业研究所
陇育 0869	京 3964×宁麦 9 号	庆阳市农业科学研究所
中麦 175	BPM27/京 411	泾川县农业技术推广中心
西平 1 号	西农 104-3/Y93120(京农 79-13/P60-412)	平凉市农业科学院
陇育 12	陇育 5 号/太 13907	陇东学院农林科技学院

传力均为 0.88, 其余形态性状的广义遗传力均大于 0.90, 各形态性状的广义遗传力由大到小依次为长度、面积、长宽比、圆度、宽度和厚度。产量和千粒重品种间差异显著, 其中千粒重的广义遗传力(0.96)明显大于产量的广义遗传力(0.75)。籽粒蛋白质含量、黑胚度、色变度、容重等品质相关性状也存在显著品种间差异, 广义遗传力由大到小大小依次为容重、蛋白质含量、黑胚度、色变度。

## 2.2 不同基因型冬小麦籽粒性状差异分析

由表 3 可知, 籽粒长度最长的冬小麦品种是兰天 575 和灵选 6 号, 株高相对较高的早薄型品种陇育 4 号、陇育 12、陇育 0869、陇育 0906 和陇鉴 115 的籽粒长度相对较短, 株高较低的早肥型品种陇麦 479、山农 20、西农 886 等品种的籽粒长度介于中间。籽粒宽度和厚度也是陇育 4 号、陇育 12、陇育 0869、陇育 0906 和陇鉴 115 的相对小, 山农 20 的籽粒宽度和厚度最大。籽粒面积最

表 2 冬小麦籽粒性状的方差分析及其广义遗传力比较<sup>①</sup>

性状	基因型自由度	环境自由度	互作自由度	基因型均方 MS <sub>g</sub>	环境均方 MS <sub>e</sub>	互作均方 MS <sub>ge</sub>	基因型 F 值	环境 F 值	互作 F 值	广义遗传力 H <sup>2</sup>
蛋白质	12	6	72	7.31	21.44	1.25	79.80**	234.19**	13.68**	0.85
容重	12	6	72	7 839.16	7 233.77	838.83	125.32**	115.64**	13.41**	0.90
黑胚度	12	6	72	6.11	3.34	2.34	322.98**	176.62**	123.79**	0.72
色变度	12	6	72	83.50	385.35	32.62	93.72**	432.55**	36.62**	0.71
产量	12	6	72	9 464.27	52 483.42	2 972.87	29.67**	164.54**	9.32**	0.75
长度	12	6	72	3.44	0.12	0.03	2703.26**	92.62**	20.33**	0.99
宽度	12	6	72	0.13	0.36	0.02	223.46**	641.32**	29.17**	0.88
厚度	12	6	72	0.15	0.41	0.02	114.69**	309.35**	14.81**	0.88
千粒重	12	6	72	280.04	163.24	12.01	1010.90**	589.25**	43.35**	0.96
长宽比	12	6	72	0.27	0.12	0.01	322.40**	142.24**	11.21**	0.97
圆度	12	6	72	0.008	0.0058	0.0006	23.30**	16.79**	1.69**	0.93
面积	12	6	72	29.06	10.54	0.56	858.20**	311.27**	16.67**	0.98

① \* 表示差异显著( $P < 0.05$ ); \*\* 表示差异极显著( $P < 0.01$ )。

表 3 不同基因型冬小麦籽粒性状差异

品种	长度 /mm	宽度 /mm	厚度 /mm	面积 /mm <sup>2</sup>	千粒重 /g	长宽比	圆度	蛋白质含量 /g/kg	黑胚度	色变度	容重 /g/L	产量 /g/m <sup>2</sup>
中麦175	6.44±0.07	3.27±0.13	3.03±0.12	14.50±0.67	39.1±3.0	1.92±0.09	0.63±0.01	135.1±10.8	0.14±0.06	3.56±3.20	787.09±31.90	388.2±61.2
兰天575	7.30±0.12	3.32±0.09	3.04±0.12	16.60±0.59	43.1±2.8	2.16±0.08	0.60±0.02	125.7±15.1	0.30±0.23	5.52±4.82	754.81±39.10	526.7±78.4
西平1号	6.44±0.13	3.33±0.09	3.13±0.10	14.60±0.64	40.1±2.3	1.89±0.04	0.65±0.01	142.5±8.6	0.57±0.35	6.54±2.73	796.00±65.80	466.1±72.4
灵选6号	7.12±0.14	3.23±0.13	2.96±0.12	15.60±0.97	41.7±3.6	2.19±0.08	0.60±0.01	131.3±7.8	1.79±2.52	6.61±4.79	751.81±30.20	487.4±70.1
灵麦2号	6.85±0.07	3.20±0.11	2.96±0.09	15.00±0.67	38.2±2.0	2.11±0.07	0.61±0.01	130.4±8.1	0.45±0.35	6.02±4.28	758.30±40.80	476.4±32.2
陇鉴115	6.26±0.09	3.16±0.09	2.94±0.11	13.50±0.37	36.3±2.4	1.95±0.06	0.64±0.02	132.8±10.4	0.08±0.04	3.75±2.81	816.30±25.90	486.4±41.7
陇麦479	6.83±0.11	3.26±0.09	3.07±0.12	15.40±0.42	42.4±2.0	2.07±0.06	0.62±0.01	132.6±12.5	0.48±0.27	6.63±2.35	787.91±44.70	458.8±119.9
陇育0869	6.08±0.08	3.11±0.17	2.88±0.18	12.90±0.74	33.2±3.5	1.92±0.09	0.65±0.02	128.5±6.4	0.22±0.11	5.16±4.70	793.31±49.20	457.6±47.5
陇育0906	6.14±0.08	3.16±0.12	2.93±0.13	13.20±0.64	34.1±2.6	1.89±0.10	0.65±0.04	126.3±9.5	0.25±0.1	5.74±4.62	793.33±31.30	447.2±49.2
陇育12	6.12±0.14	3.19±0.11	2.97±0.11	12.60±0.63	35.0±2.1	1.89±0.05	0.65±0.01	130.3±6.8	1.51±1.18	10.76±6.53	799.47±46.90	507.6±71.9
陇育4号	6.15±0.15	3.16±0.17	2.91±0.18	12.60±0.81	34.5±4.2	1.91±0.09	0.64±0.02	131.3±8.3	0.95±1.48	6.01±5.99	782.03±38.00	447.2±38.5
山农20	6.71±0.07	3.35±0.09	3.16±0.12	15.50±0.36	44.0±2.5	1.97±0.06	0.64±0.01	126.8±10.0	0.32±0.33	8.33±5.72	783.59±56.00	513.5±94.6
西农886	6.75±0.08	3.15±0.14	2.97±0.15	14.60±0.85	38.9±2.5	2.12±0.09	0.62±0.02	129.0±7.6	0.17±0.12	3.43±2.96	765.53±51.90	424.4±55.1

大的冬小麦品种是兰天 575；其次是灵选 6 号和山农 20；陇育 4 号、陇育 12、陇育 0869、陇育 0906 和陇鉴 115 的籽粒面积相对较小。早肥地选育的冬小麦品种兰天 575、灵选 6 号、灵麦 2 号、西农 886、陇麦 479 的长宽比较大；陇育 4 号、陇育 12、陇育 0869、陇育 0906 和陇鉴 115 的长宽比也最小；山农 20 介于中间。籽粒最长的兰天 575 和灵选 6 号的圆度最小，而小籽粒的陇育 4 号、陇育 12、陇育 0869、陇育 0906 圆度最大。

千粒重最大的冬小麦品种为山农 20 和兰天 575，具有明显产量优势，但这 2 个冬小麦品种蛋白质含量相对最小。长粒品种兰天 575 容重低，而圆厚的大粒种山农 20 容重较高。高秆冬小麦品种陇育 4 号、陇育 12、陇育 0869、陇育 0906 和陇鉴 115 普遍千粒重较低，但容重较高，尤其陇鉴 115 容重达 816 g/L。灵选 6 号和陇育 4 号黑胚较

重，陇育 4 号和山农 20 籽粒色变现象严重。蛋白质含量最高的冬小麦品种是西平 1 号，而其千粒重、籽粒大小和产量均表现中等。

### 2.3 不同环境下冬小麦籽粒性状差异分析

从表 4 可以看出，冬小麦籽粒性状在各试验点间存在差异，产量最高的崇信试点和宁县试点，籽粒面积相对最小，籽粒长宽比大，千粒重相对较低；崇信试点的蛋白质含量最高，但容重最低，可能与收获期阴雨多有关。崆峒试点产量最低，但容重最高；宁县试点黑胚最重；庆城试点的籽粒发生色变严重。

### 2.4 不同冬小麦籽粒性状间的相关性

从表 5 可以看出，供试各冬小麦品种的籽粒形态性状间多数都存在显著的相关性。其中籽粒宽度和厚度显著相关，圆度与长度、长宽比极显著负相关，与千粒重显著负相关，与面积积极显著负相关，与容重显著正

表 4 不同环境下冬小麦籽粒性状差异分析

地点	长度/mm	宽度/mm	厚度/mm	面积/mm <sup>2</sup>	千粒重/g	长宽比	圆度	蛋白质含量/(g/kg)	黑胚度	色变度	容重/(g/L)	产量/(g/m <sup>2</sup> )
崇信	6.52±0.40	3.14±0.07	2.93±0.08	13.9±1.1	35.9±2.8	2.05±0.13	0.62±0.02	145.7±6.4	0.70±0.56	5.97±3.52	763.46±41.4	521.9±48.0
泾川	6.51±0.42	3.20±0.11	2.96±0.13	14.4±1.3	38.6±4.8	1.99±0.14	0.63±0.02	127.7±6.1	0.38±0.32	9.32±3.91	789.41±24.4	493.3±37.4
崆峒	6.59±0.38	3.29±0.07	3.06±0.08	14.7±1.2	41.2±3.3	1.97±0.10	0.63±0.02	125.0±5.8	0.71±1.13	6.98±4.87	802.01±16.6	403.1±49.9
宁县	6.57±0.42	3.14±0.13	2.97±0.16	13.3±1.3	36.3±5.1	2.07±0.12	0.62±0.01	127.2±7.4	1.06±1.94	4.83±2.38	792.61±15.3	545.5±73.8
庆城	6.57±0.44	3.41±0.07	3.18±0.07	15.3±1.2	40.8±3.7	1.89±0.11	0.65±0.03	124.5±11.1	0.54±1.03	10.58±4.17	780.24±38.8	458.5±50.9
西峰	6.64±0.42	3.26±0.08	3.04±0.07	14.8±1.3	40.0±3.6	2.00±0.13	0.63±0.02	135.9±7.2	0.21±0.23	1.60±1.75	780.11±17.5	403.7±39.8
镇原	6.47±0.41	3.11±0.12	2.83±0.11	14.0±1.3	36.7±4.3	2.04±0.11	0.61±0.02	130.8±5.4	0.28±0.32	2.74±3.16	768.03±29.5	452.1±68.6

表 5 冬小麦籽粒性状间的相关性<sup>①</sup>

	宽度	厚度	千粒重	长宽比	圆度	面积	黑胚度	色变度	蛋白质含量	容重	产量
长度	0.55	0.42	0.85**	0.92**	-0.91**	0.96**	0.09	-0.05	-0.20	-0.79**	0.39
宽度		0.93**	0.84**	-0.12	0.12	0.74**	-0.04	0.42	0.39	-0.19	0.32
厚度			0.80**	-0.17	0.23	0.64**	-0.06	0.41	0.61*	-0.02	0.35
千粒重				0.61*	-0.61*	0.95**	-0.04	0.15	0.19	-0.26	0.36
长宽比					-0.96**	0.79**	0.17	-0.28	-0.04	-0.83**	0.32
圆度						-0.79**	-0.14	0.35	-0.01	0.83**	0.02
面积							-0.14	0.05	-0.11	-0.37	-0.30
黑胚度								0.64*	0.02	0.68**	0.38
色变度									-0.23	0.44	0.56**
蛋白质含量										0.49	-0.23

① \* 表示相关性差异显著 ( $P < 0.05$ )；\*\* 表示相关性差异极显著 ( $P < 0.01$ )。

相关。产量与籽粒色变程度正相关，与籽粒其余性状间没有发现相关性。进一步对各试点产量与籽粒色变度进行相关分析，发现只有镇原试点、泾川试点的产量与籽粒色变显著相关，其他各试点的这 2 个性状没有相关性。容重与长度、长宽比极显著负相关，而与圆度和黑胚显著正相关。没有发现蛋白质含量与其余性状的相关相关性。籽粒面积和千粒重与籽粒长度、宽度、厚度均极显著正相关。

### 3 结论与讨论

参试各冬小麦品种籽粒性状的遗传力较高，地点间也存在明显差异，因此，籽粒性状遗传选择的效果较好。但对这些性状间选择时，必须考虑某一优良性状的选择，往往伴随不良性状的同时选择。如果增加籽粒圆度，则有利于增加容重；若增加长度，却减小了容重。因此，对遗传力较高的单一性状进行选择时，需要掌握相对平衡的指标，才能达到选择效果。

性状间多点平均值之间的相关，与单点上性状的相关性之间存在差异。已有研究发现籽粒长和籽粒宽之间的相关性很高<sup>[1]</sup>。本研究未发现籽粒长和籽粒宽之间的相关性，只在镇原试点发现籽粒长与籽粒宽之间正相关，长度与厚度只有在泾川试点和宁县试点正相关。千粒重与粒长、粒宽、籽粒面积和籽粒周长呈显著正相关，与籽粒长宽比呈显著负相关<sup>[1]</sup>，而本研究发现多点平均千粒重与籽粒长宽比显著正相关，而这种正相关只有在庆城试点发现，其余各点没有发现相关性。泾川试点和宁县试点长度与厚度正相关，其余各点没有相关性。同样，产量与多个性状在多点平均后基本没有显著相关性，但在宁县试点与籽粒的粒长、宽度、厚度及千粒重显著正相关，尤其与宽度和千粒重呈极显著相关。而产量与蛋白质含量的显著负相关只在镇原试点表现，在其他试点没有显著相关。因此，可靠的选择性状，应该是在单点和平均值上相关性一致，比如对籽粒面

积与粒长、宽度、厚度之间，保持显著正相关，因此单一从某一性状的选择，就可以实现多个性状的改良，但部分点相关的性状，单一性状选择可能存在问题。

本研究发现粒长变异大于粒宽、粒厚，但利用遗传群体研究发现粒厚变异大于粒宽、粒长<sup>[7]</sup>。本研究中与千粒重的相关性以籽粒面积最大，且粒长大于粒宽。但也有对同一遗传背景群体的研究认为粒宽与千粒重的相关性大于粒长<sup>[8]</sup>。总之，冬小麦品种遗传背景的一致性和差异性，可能导致小麦籽粒性状间相关性的差异。

### 参考文献：

- [1] 辛 芳. 小麦籽粒形状主效 QTL 定位分析 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2019.
- [2] 姜 朋, 李斯深, 马鸿翔, 等. 利用小麦重组自交系群体进行籽粒性状与种子活力相关关系研究[J]. 江西农业学报, 2013, 25(11): 43-46.
- [3] JINDONG L, ZHONGHU H E, AWAIS RASHEED, Genome-wide association mapping of black point reaction in common wheat (*Triticum aestivum* L.) [J]. BMC Plant Biology, 2017, 17: 220.
- [4] RAMYA P, KRISHNANAND P K, BHUSHAN B D, et al. Molecular marker analysis reveals yellow berry tolerance loci on chromosomes 2D and 5D in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) [J]. J. Wheat Res., 2011, 3(1): 33-36.
- [5] 刘鸿燕, 王娜, 张耀辉, 等. 22 个冬小麦品种主要农艺和品质性状遗传多样性分析[J]. 甘肃农业科技, 2018(8): 40-43.
- [6] 张 勃, 骆惠生, 黄 瑾, 等. 冬小麦品种兰天 17 号抗条锈性遗传初步分析 [J]. 甘肃农业科技, 2011(6): 14-16.
- [7] 王 晖, 陈佳慧, 王文文, 等. 小麦籽粒构型与粒重性状的遗传分析 [J]. 山东农业科学, 2011(11): 13-16.
- [8] 余曼丽, 赵林姝, 郭会君, 等. 小麦籽粒性状的 QTL 定位[J]. 麦类作物学报, 2014, 34(8): 1029-1035.

(本文责编: 郑立龙)