

黄淮麦区不同来源地新育成小麦品种遗传多样性分析

张会芳¹, 齐红志¹, 孙 岩¹, 冯 晓¹, 杨翠苹¹, 卓文飞¹, 燕照玲¹, 齐学礼²

(¹河南省农业科学院农业经济与信息研究所, 郑州 450002; ²河南省作物分子育种研究院, 郑州 450003)

摘要: 为系统了解黄淮麦区不同来源地小麦遗传多样性现状, 以黄淮冬麦区南片、北片新育成的 109 份小麦为材料, 采用 Shannon-Wiener 多样性指数 (H') 计算、聚类分析、主成分分析、回归模型构建等, 对黄淮麦区新育成小麦的 12 个农艺及品质性状进行遗传多样性分析及综合评价。结果表明, 109 份小麦中, 南片、北片各有 84、25 个品种, 分别占比 77.1%、22.9%。强筋、中强筋小麦分别占比, 合计占比 28.4%。12 个性状变异系数在 1.66%~76.64%, 平均为 11.37%, 稳定时间的变异系数最大, 容重的最小。12 个性状的 H' 在 1.50~4.65, 平均为 3.78, 基本苗的 H' 最小, 其余均在 3.00 以上。北片小麦 12 个性状的 H' 均高于南片, 增幅为 24.7%~188.6%, 生育期的增幅最小, 基本苗的最大。在平方欧氏距离 10.0 处, 黄淮麦区 109 个小麦被聚为六大类, 大部分小麦按来源地聚在同一类。不同来源地小麦容重、生育期、穗数、吸水率差异达显著或极显著水平, 南片比北片分别低 0.9%、3.5%、11.0%、4.1%。不同来源地小麦前 6 个主成分累计贡献率差别较小, 南片为 80.25%, 北片为 83.33%。不同来源地综合得分均表现为强筋小麦>中强筋和中筋小麦。北片小麦性状的丰富度、均匀性高于南片, 进化潜力较高, 穗数、穗粒数、容重、蛋白质含量、吸水率 5 个性状可用于评价其小麦的综合表现; 南片小麦应积极改良品种, 注重品种农艺及品质性状的多样性, 拓宽其遗传基础, 生育期、穗数、产量、容重、蛋白质含量、湿面筋含量 6 个性状可用于评价其小麦的综合表现。

关键词: 黄淮麦区; 小麦新品种; 多样性指数; 聚类分析; 综合评价

Genetic Diversity Analysis of New Wheat Varieties from Different Origins in Huang-Huai Wheat Region

ZHANG Hui-fang¹, QI Hong-zhi¹, SUN Yan¹, FENG Xiao¹, YANG Cui-ping¹, ZHUO Wen-fei¹, YAN Zhao-ling¹,
QI Xue-li²

(¹Institute of Agricultural Economy and Information, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002; ²Seed Administration Station of Henan Province, Zhengzhou 450003)

Abstract: In order to systematically understand the current status on the genetic diversity of wheat varieties from different origins in Huang-Huai wheat cultivation region, 109 newly-released varieties from this region were investigated in this study. The genetic diversity analysis and comprehensive evaluation based on 12 agronomic and quality traits were carried out by using Shannon-Wiener diversity index (H'), cluster analysis, principal component analysis, regression model construction, etc. 84 and 25 varieties were collected from the southern and northern part of Huang-Huai wheat cultivation region, accounting for 77.1% and 22.9%, respectively. The wheat varieties showing strong gluten and medium strong gluten accounted for 11.9% and 16.5%, respectively. The variation coefficient on 12 traits ranged from 1.66% to 76.64%, with an average of 11.37%. The variation coefficient of stabilization time was the largest, and the variation coefficient of bulk density was the smallest. The H' index on 12 traits ranged from 1.50 to 4.65, with an average of 3.78. The H' index on basic seedling was the smallest (1.50), and the rest H' were above 3.00. The H' on 12 traits of wheat

收稿日期: 2022-07-03 修回日期: 2022-10-01 网络出版日期: 2022-00-00

URL:

第一作者研究方向为农业科技信息分析, E-mail: hfzh2005@126.com

基金项目: 国家小麦产业技术体系专项 (CARS-03-7); 2021 年度河南省重点研发与推广专项 (212400410282)

Foundation projects: National Wheat Industry Technology System Special Project (CARS-03-7); Key R & D and Promotion Projects in Henan Province in 2021 (212400410282)

in the northern part was higher than that in the southern part, with an increase of 24.7%-188.6%. The increase of growth period was the smallest, and the increase of basic seedling was the largest. At the square Euclidean distance of 10.0, 109 wheat varieties were grouped into six categories, mostly being coincidence with their origins. There were significant or extremely significant differences in bulk density, growth period, spike number and water absorption rate of wheat varieties from different origins, part which were 0.9%, 3.5%, 11.0% and 4.1% lower in the southern than that in the northern, respectively. The cumulative contribution rates of the first six principal components of wheat varieties from different origins had little difference, with 80.25% in the southern part and 83.33% in the northern part. The comprehensive scores of wheat varieties from different origins were strong gluten wheat > medium strong gluten and medium gluten wheat. The richness and uniformity of wheat traits in the northern part were higher than those in the southern part, and the evolutionary potential was higher. The five traits of spike number, grain number per spike, bulk density, protein content and water absorption rate could be used to evaluate the comprehensive performance of northern part wheat varieties. Gained from these results, it is suggested that future improvement of wheat varieties in the southern part would profile from enlarging the genetic basis. The six traits including growth period, spike number, yield, bulk density, protein content and wet gluten content could be used to evaluate the comprehensive performance of wheat varieties in this region.

Keywords: Huang-Huai wheat region; new wheat varieties; diversity index; cluster analysis; comprehensive evaluation

生物多样性主要包括生态系统多样性、物种多样性和遗传多样性, 其中, 遗传多样性是生物多样性的的重要组成部分。物种的稳定性和进化潜力依赖其遗传多样性, 保护生物多样性最终是要保护遗传多样性^[1-4]。种质资源的遗传多样性是物种进化的基础, 对于小麦而言, 其遗传多样性是遗传改良的基础。小麦遗传多样性越丰富, 其进化及抵御不良环境的潜力就越大^[2,5-6]。客观全面地评价小麦遗传多样性, 对于正确认识种质资源利用现状、育种家有针对性地选择优异亲本、改善小麦品种结构等具有重要意义。丁明亮等^[5]研究了 2008—2018 年云南区试 171 个小麦品种(系)的遗传多样性发现, 13 个品质性状的 Shannon-Wiener 多样性指数(H') 在 1.555~2.060, 粗蛋白含量的 H' 最大, 稳定时间的 H' 最小, 且地麦品种(系)的品质性状遗传多样性高于田麦品种(系), 并筛选出云麦 109 等综合品质性状较优的小麦作为云南小麦品质育种的首选亲本资源。许娜丽等^[6]分析国内外 251 份小麦种质多样性发现, 其农艺和品质性状变异较大, 遗传多样性较为丰富, 并从中筛选出 17 份综合评价较优的种质资源用于改良宁夏小麦农艺及品质性状。

黄淮麦区是我国小麦主产区, 小麦种植面积、产量在各麦区中均居第一, 占全国 50%以上^[7-8], 在保障国家粮食安全方面举足轻重。在农业农村部发布的《中国小麦品质区划方案(试行)》中, 黄淮麦区北片被划为强筋、中筋小麦产区; 南片被划为以优质中筋小麦生产为主, 根据具体生态条件兼顾强、弱筋小麦发展的小麦产区^[9]。研究黄淮麦区不同产区小麦遗传多样性及不同类型优质麦占比, 对于根据生态条件分类拓宽黄淮麦区小麦遗传基础、适应供给侧需求结构变化至关重要。马艳明等^[10]于 2004 年对黄淮麦区 100 个小麦品种(系)品质性状进行了多样性分析, 并将其划分为 4 个类别, 为品质改良提供参考; 江涛等^[11]对黄淮麦区 85 个品种(系)基于农艺性状进行了遗传多样性分析, 发现其变异幅度在 6.4%~36.8%; 姚盟等^[12]对 2012—2013 年黄淮麦区 111 份小麦新品系 12 个主要农艺性状的变异进行了分析, 发现不同农艺性状均存在较大的变异幅度, 且遗传距离与材料的来源地无必然联系; 李晓航等^[13]基于品质性状对 2011—2015 年黄淮地区南片、北片区试材料研究后发现, 容重在不同年份间变异最小, 稳定时间变异最大, 强筋、弱筋小麦占比分别 3.15%、0%。新审定的小麦品种代表了小麦最新育种主攻方向及种质资源的利用范围, 尚无黄淮麦区不同来源地最新小麦品种的聚类及遗传多样性的系统分析。因此, 拟以黄淮麦区 2021 年 109 个小麦

新品种为研究对象，基于农艺及品质性状进行品种聚类及性状遗传多样性分析，为黄淮麦区不同产区小麦品种筛选、丰富种质资源基因库、调整育种策略提供参考。

1 材料和方法

1.1 试验材料

材料为黄淮麦区 2021 年审定通过的 109 个小麦新品种（表 1），于 2017—2019 年度参加黄淮麦区区域试验、2019—2020 年度参加生产试验。统计其生育期、株高、穗数、穗粒数、千粒重、产量、基本苗、容重、蛋白质含量、湿面筋含量、稳定时间、吸水率共 12 个农艺及品质性状。数据来源于农业农村部种植业管理司、全国农业技术推广服务中心编著的小麦国家区试品种报告。

表 1 黄淮麦区新育成小麦品种种性及区试组别

Table 1 Species and regional trial groups of new wheat varieties in Huang-Huai wheat region

序号 Serial number	品种名称 Variety name	种性 Species	区试组别 Regional trial group	序号 Serial number	品种名称 Variety name	种性 Species	区试组别 Regional trial group
1	许研 5 号	半冬性	黄淮冬麦区南片	56	苏研麦 658	半冬性	黄淮冬麦区南片
2	郑麦 16	半冬性	黄淮冬麦区南片	57	百农 418	半冬性	黄淮冬麦区南片
3	新麦 45	半冬性	黄淮冬麦区南片	58	岱麦 728	半冬性	黄淮冬麦区南片
4	天益科麦 7 号	偏春性	黄淮冬麦区南片	59	国禾麦 1 号	半冬性	黄淮冬麦区南片
5	豫农 804	半冬性	黄淮冬麦区南片	60	成麦 791	半冬性	黄淮冬麦区南片
6	平安 658	半冬性	黄淮冬麦区南片	61	众信麦 998	半冬性	黄淮冬麦区南片
7	华成 865	半冬性	黄淮冬麦区南片	62	圣麦 108	半冬性	黄淮冬麦区南片
8	丰韵麦 5 号	半冬性	黄淮冬麦区南片	63	淮麦 178	半冬性	黄淮冬麦区南片
9	涡麦 77	半冬性	黄淮冬麦区南片	64	西农 629	半冬性	黄淮冬麦区南片
10	淮麦 45	半冬性	黄淮冬麦区南片	65	淮麦 51	半冬性	黄淮冬麦区南片
11	淮麦 1033	半冬性	黄淮冬麦区南片	66	创麦 68	半冬性	黄淮冬麦区南片
12	利麦 1 号	半冬性	黄淮冬麦区南片	67	新植 9 号	半冬性	黄淮冬麦区南片
13	山农 116	半冬性	黄淮冬麦区南片	68	皖宿 0628	半冬性	黄淮冬麦区南片
14	宝亮 5 号	半冬性	黄淮冬麦区南片	69	弘麦 360	半冬性	黄淮冬麦区南片
15	厚德麦 981	半冬性	黄淮冬麦区南片	70	荣华 116	半冬性	黄淮冬麦区南片
16	淮麦 47	半冬性	黄淮冬麦区南片	71	烟农 1212	半冬性	黄淮冬麦区南片
17	赛德麦 8 号	半冬性	黄淮冬麦区南片	72	安麦 1350	冬性	黄淮冬麦区南片
18	濮麦 1165	半冬性	黄淮冬麦区南片	73	成麦 608	半冬性	黄淮冬麦区南片
19	郑麦 22	半冬性	黄淮冬麦区南片	74	皖宿 0313	半冬性	黄淮冬麦区南片
20	中育 1428	半冬性	黄淮冬麦区南片	75	连麦 9 号	半冬性	黄淮冬麦区南片
21	驻麦 762	半冬性	黄淮冬麦区南片	76	漯麦 116	半冬性	黄淮冬麦区南片
22	稷麦 336	半冬性	黄淮冬麦区南片	77	航宇 19	半冬性	黄淮冬麦区南片
23	众麦 1818	半冬性	黄淮冬麦区南片	78	滩 1615	半冬性	黄淮冬麦区南片
24	淮麦 52	半冬性	黄淮冬麦区南片	79	滩 1309	半冬性	黄淮冬麦区南片
25	丰韵麦 6 号	半冬性	黄淮冬麦区南片	80	洛麦 37	半冬性	黄淮冬麦区南片
26	西农 235	半冬性	黄淮冬麦区南片	81	苑丰 12	偏冬性	黄淮冬麦区南片
27	华伟 306	半冬性	黄淮冬麦区南片	82	艾麦 180	半冬性	黄淮冬麦区南片
28	新麦 38	半冬性	黄淮冬麦区南片	83	武农 988	半冬性	黄淮冬麦区南片
29	德宏福麦 11	半冬性	黄淮冬麦区南片	84	武农 981	半冬性	黄淮冬麦区南片
30	科大 1026	半冬性	黄淮冬麦区南片	85	鑫麦 807	半冬性	黄淮冬麦区北片
31	创麦 58	半冬性	黄淮冬麦区南片	86	济麦 55	半冬性	黄淮冬麦区北片
32	西农 733	半冬性	黄淮冬麦区南片	87	冀麦 U80	半冬性	黄淮冬麦区北片
33	瑞华麦 568	半冬性	黄淮冬麦区南片	88	冀麦 782	半冬性	黄淮冬麦区北片
34	轮选 6 号	半冬性	黄淮冬麦区南片	89	婴泊 700	半冬性	黄淮冬麦区北片
35	百农 4199	半冬性	黄淮冬麦区南片	90	圣麦 5 号	半冬性	黄淮冬麦区北片
36	丰德存麦 23	半冬性	黄淮冬麦区南片	91	石麦 30	半冬性	黄淮冬麦区北片

序号 Serial number	品种名称 Variety name	种性 Species	区试组别 Regional trial group	序号 Serial number	品种名称 Variety name	种性 Species	区试组别 Regional trial group
37	丰德存麦 21	半冬性	黄淮冬麦区南片	92	中麦 578	半冬性	黄淮冬麦区北片
38	涡麦 505	半冬性	黄淮冬麦区南片	93	济麦 44	半冬性	黄淮冬麦区北片
39	濮麦 8062	半冬性	黄淮冬麦区南片	94	泰科麦 44	半冬性	黄淮冬麦区北片
40	濮麦 117	半冬性	黄淮冬麦区南片	95	石农 083	半冬性	黄淮冬麦区北片
41	中麦 6052	半冬性	黄淮冬麦区南片	96	中麦 6079	半冬性	黄淮冬麦区北片
42	皖宿 0891	半冬性	黄淮冬麦区南片	97	中麦 6032	半冬性	黄淮冬麦区北片
43	天麦 160	半冬性	黄淮冬麦区南片	98	鲁研 373	半冬性	黄淮冬麦区北片
44	安农 1589	半冬性	黄淮冬麦区南片	99	济麦 0435	半冬性	黄淮冬麦区北片
45	昌麦 20	半冬性	黄淮冬麦区南片	100	山农 42 号	半冬性	黄淮冬麦区北片
46	安科 1701	半冬性	黄淮冬麦区南片	101	泰科麦 36	半冬性	黄淮冬麦区北片
47	皖宿 1510	半冬性	黄淮冬麦区南片	102	衡麦 28	半冬性	黄淮冬麦区北片
48	山农 41 号	半冬性	黄淮冬麦区南片	103	衡麦 29	半冬性	黄淮冬麦区北片
49	平安 11 号	半冬性	黄淮冬麦区南片	104	菏麦 30	半冬性	黄淮冬麦区北片
50	郑麦 150	半冬性	黄淮冬麦区南片	105	良星 89	半冬性	黄淮冬麦区北片
51	信粮 9 号	半冬性	黄淮冬麦区南片	106	齐民 12 号	冬性	黄淮冬麦区北片
52	平安 803	半冬性	黄淮冬麦区南片	107	轮选 49	半冬性	黄淮冬麦区北片
53	郑麦 9188	半冬性	黄淮冬麦区南片	108	诚麦 99	半冬性	黄淮冬麦区北片
54	徐麦 706	半冬性	黄淮冬麦区南片	109	中麦 30	半冬性	黄淮冬麦区北片
55	粮源 666	半冬性	黄淮冬麦区南片				

1.2 品种分类标准

参照国家标准《小麦品种品质分类》（GB/T 17320—2013），对黄淮麦区 109 个小麦品种以蛋白质含量、湿面筋含量、吸水量、稳定时间进行如下分类：蛋白质含量≥14.0%、湿面筋含量≥30%、吸水量≥60%、稳定时间≥8.0 min 为强筋小麦；蛋白质含量≥13.0%、湿面筋含量≥28%、吸水量≥58%、稳定时间≥6.0 min 为中强筋小麦；蛋白质含量≥12.5%、湿面筋含量≥26%、吸水量≥56%、稳定时间≥3.0 min 为中筋小麦；蛋白质含量<12.5%、湿面筋含量<26%、吸水量<56%、稳定时间<3.0 min 为弱筋小麦。

1.3 统计方法

利用 Excel 2013 对数据进行初步整理，获取 12 个性状的最大值、最小值、平均值、变异系数。参照唐如玉等^[14]的方法计算 Shannon-Wiener 多样性指数（ H' ）： $H' = -\sum P_i \ln P_i$ ， P_i 为分析单元内某性状第 i 级的材料数占该单元内总材料数的百分比， $\ln$ 为自然对数。本研究分析单元为黄淮麦区、黄淮冬麦区南片、黄淮冬麦区北片。利用 SPSS 26.0 将 12 个不同量级性状的原始数据标准化为统一量度的 Z 分值，采用瓦尔德（Wald）法基于平方欧式距离（Square Eucliden distance）进行系统聚类。利用 T 分数转化法^[15]，分别以 0.6、0.1 为转化后的综合评价数据集中数据的均值、标准差的近似值，消除数据标准化后的负值，将主成分分析综合评价值（ D ）转化为改进后的 D' 。

2 结果与分析

2.1 黄淮麦区小麦新品种的整体情况分析

2021 年黄淮麦区新育成小麦品种种性及其试验组别见表 1。黄淮麦区新育成的 109 个小麦中，南片的有 84 个，占比 77.1%；北片的有 25 个，占比 22.9%。新育成的 109 个小麦品种中，偏冬性、偏春性、冬性、半冬性品种分别有 1、1、2、105 个，分别占比 0.9%、0.9%、1.8%、96.3%。其中，南片 84 个品种中，偏冬性、偏春性、冬性、半冬性品种分别有 1、1、1、81 个，分别占比 1.2%、1.2%、1.2%、96.4%；北片 25

个品种中，冬性、半冬性品种分别有 1、24 个，分别占比 4.0%、96.0%。

2.2 黄淮麦区小麦新品种的类型及主要性状多样性分析

参照国家标准《小麦品种品质分类》(GB/T 17320—2013)，黄淮麦区 109 个小麦品种被分为强筋、中强筋、中筋 3 种小麦类型，大部分为中筋小麦，无弱筋小麦。其中，强筋小麦 13 个，占比 11.9%；中强筋小麦 18 个，占比 16.5%；中筋小麦 78 个，占比 71.6%。黄淮麦区 109 个小麦品种 12 个农艺及品质性状及其变异情况如表 2 所示。12 个性状的变异系数在 1.66%~76.64%，平均为 11.37%。稳定时间的变异系数最大；其次是穗粒数，为 9.02%；再次是穗数，为 8.74 %。容重的变异系数最小；其次是生育期，为 2.05%；然后是吸水率和产量，分别为 4.16%和 4.19%。其余 5 个性状的变异系数集中在 5.37%~7.05%。黄淮麦区小麦的 H' 在 1.50~4.65，平均为 3.78。基本苗的 H' 最低，其余 11 个性状的 H' 均在 3.00 以上。表明除基本苗外，黄淮麦区小麦产量、株高、容重、稳定时间、穗数等其他 11 个性状均有较高的遗传稳定性。

表 2 黄淮麦区小麦新品种 12 个性状的变异及多样性指数

Table 2 Variation and diversity index of 12 traits of new wheat varieties in Huang-Huai wheat region

性状 Trait	变异范围 Variation range	均值 Mean	CV/%			H'		
			黄淮 Huang-Huai	南片 Southern part	北片 Northern part	黄淮 Huang-Huai	南片 Southern part	北片 Northern part
生育期/d Growth period	216.0~236.8	226.6	2.05	1.52	0.89	4.09	2.19	2.73
株高/cm Plant height	68.2~88.9	78.0	5.37	5.49	4.80	4.27	2.13	2.75
穗数/(万穗/hm ²) Spike number	370.5~742.5	617.1	8.74	7.81	4.85	4.10	1.74	3.00
穗粒数 Grain number per spike	30.6~54.4	34.3	9.02	9.93	4.67	3.81	1.89	2.94
千粒重/g 1000-grain weight	37.1~55.9	44.3	6.20	6.12	6.38	3.94	2.02	2.87
产量/(kg/hm ²) Yield	6 685.5~9 427.5	8643.6	4.19	4.26	3.76	4.65	2.32	3.22
基本苗/(万/hm ²) Basic seedling	225.0~337.5	273.0	6.01	5.22	8.23	1.50	0.44	1.27
容重/(g/L) Bulk density	754.7~842.0	803.8	1.66	1.56	1.84	4.14	2.07	3.11
蛋白质含量/% Protein content	12.5~16.8	14.5	5.41	5.24	5.98	3.09	1.38	2.71
湿面筋含量/% Wet gluten content	28.0~38.3	32.5	7.05	7.31	6.23	4.02	1.91	2.94
稳定时间/min Stabilization time	1.4~26.1	6.2	76.64	71.12	92.88	4.11	1.91	3.11
吸水率/% Water absorption rate	54.5~65.9	59.7	4.16	3.91	3.32	3.67	1.93	2.90

2.3 黄淮麦区不同来源地小麦新品种的主要性状多样性分析及比较

2.3.1 南片小麦新品种主要性状多样性分析 南片 84 个品种的 H' 在 0.44~2.32，平均为 1.83（表 2）。南片小麦 H' 最大的是产量，最小的是基本苗。基本苗、蛋白质含量、穗数 3 个性状的 H' 在平均值以下，其余 9 个性状的 H' 均在平均值以上，表明南片小麦种质的产量、生育期、株高、容重、千粒重、吸水率、稳定时间、湿面筋含量、穗粒数遗传稳定性较高。

2.3.2 北片小麦新品种主要性状多样性分析 北片 25 个品种的 H' 在 1.27~3.22，平均为 2.80。同南片一样，北片小麦 H' 最大的是产量，最小的是基本苗。基本苗、蛋白质含量、生育期、株高 4 个性状的 H' 在平均值以下，其余 8 个性状的 H' 均在平均值以上，表明北片小麦种质的产量、容重、稳定时间、穗数、湿面筋含量、穗粒数、吸水率、千粒重遗传稳定性较高。

2.3.3 南片、北片小麦新品种主要性状多样性比较 北片小麦 12 个性状的 H' 均分别高于南片，增幅为 24.7%~188.6%，平均增加 63.7%。其中生育期的增幅最小，基本苗的增幅最大。以上表明，北片小麦 12 个性状（尤其是基本苗）的丰富度、均匀性均高于南片，进化潜力较高。

2.4 黄淮麦区小麦新品种的聚类分析及不同类群性状比较

2.4.1 黄淮麦区小麦新品种的聚类分析 基于12个农艺及品质性状，在平方欧氏距离10.0处，109个小麦品种被聚为六大类（图1）。不同类群及来源地小麦性状特征见表3。六大类群小麦性状存在显著性差异。类群I包括科大1026、航宇19、德宏福麦11等19个品种（占比17.4%），除1个为北片小麦外，其他18个均为南片小麦。该类群小麦蛋白质含量、湿面筋含量最高，稳定时间较长，产量居中。类群II包括山农116、新麦38、淮麦45等9个品种（占比8.3%），3个北片小麦，6个南片小麦，除1个品种为中强筋外，其他8个品种全部为强筋小麦。该类群小麦容重、蛋白质含量均最高，稳定时间最长，湿面筋含量、穗数、千粒重、产量也较高，整体表现为优质、较高产。类群III包括豫农804、平安658、洛麦37等41个品种（占比37.61%），除3个为北片小麦外，其他38个均为南片小麦。该类群小麦稳定时间较长，产量一般。类群IV包括众信麦998、荣华116、岱麦728等20个品种（占比18.3%），全部为南片小麦。该类群小麦产量、蛋白质含量、湿面筋含量、稳定时间均最低。类群V包括武农988、武农981共2个品种（占比1.8%），均为南片小麦。该类群小麦穗粒数、千粒重、产量、基本苗、吸水率均为最高，整体表现为优质、高产，生育期最短、株高最低。类群VI包括山农42号、衡麦29、中麦6079等18个品种（占比16.5%），全部为北片小麦。该类群小麦产量、容重、吸水率较高，生育期最长、穗数最高。黄淮麦区小麦蛋白质含量整体较高，绝大部分在14.0%以上，湿面筋含量在30%以上，吸水率在58%以上，且大部分按来源地聚在同一大类。

2.4.2 黄淮麦区不同来源地小麦新品种性状比较 进一步对不同来源地小麦主要性状进行对比分析，结果见表3。北片小麦生育期、穗数、产量、基本苗、容重、蛋白质含量、稳定时间、吸水率大于南片，其中，容重有显著性差异，生育期、穗数、吸水率有极显著差异。南片小麦株高、穗粒数、千粒重高于北片，但差异均不显著。南片小麦容重为802.2 g/L，比北片（809.2 g/L）低0.9%；南片小麦生育期为224.8 d，比北片（232.9 d）短3.5%；南片小麦穗数为600.1万穗/hm²，比北片（674.3万穗/hm²）低11.0%；南片小麦吸水率59.1%，比北片（61.6%）低4.1%。

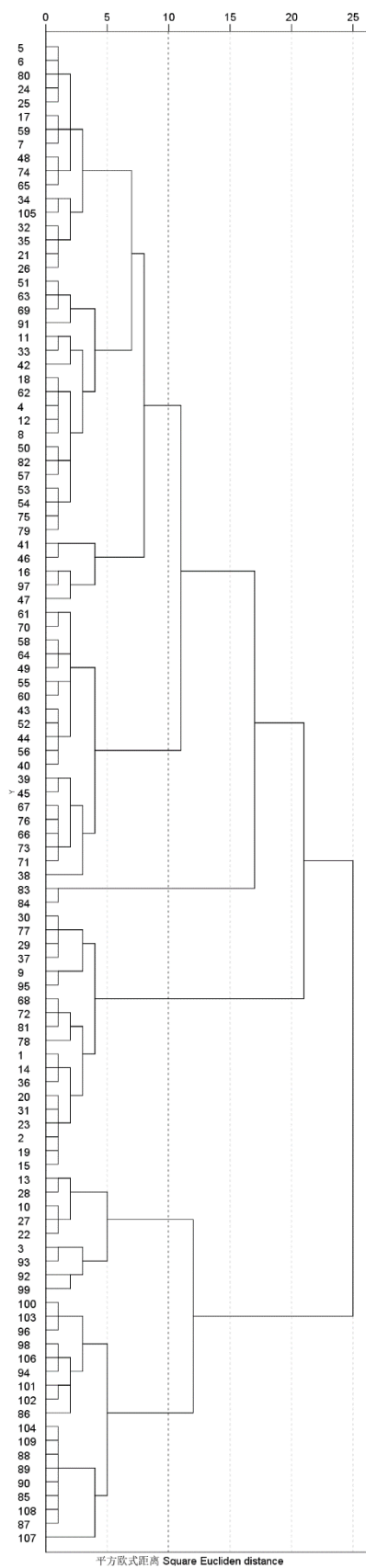


图1 基于12个性状的黄淮麦区小麦新品种聚类分析

Fig.1 Cluster analysis of new wheat varieties in Huang-Huai wheat region based on 12 traits

表 3 黄淮麦区小麦新品种不同类群及来源地性状比较

Table 3 Comparison of traits of different groups and different resource origin of new wheat varieties in Huang-Huai wheat region

性状 Trait	类群 Group						来源地 Resource origin		P
	I	II	III	IV	V	VI	南片 Southern part	北片 Northern part	
生育期/d Growth period	226.4c	229.3b	226.0c	221.6d	220.6d	233.1a	224.8	232.9	0.000
株高/cm Plant height	79.3a	78.2ab	79.9a	74.5b	72.8b	76.6b	78.3	77.0	0.192
穗数/(万穗/hm ²) Spike number	596.2c	662.3a	616.1b	589.5c	375.0d	676.6a	600.1	674.3	0.000
穗粒数 Grain number per spike	33.7c	31.9d	33.7c	35.2b	53.3a	34.2c	34.4	33.9	0.469
千粒重/g 1000-grain weight	44.5b	44.7b	43.9b	44.7b	54.4a	43.5b	44.5	43.7	0.170
产量/(kg/hm ²) Yield	8730.8a	8791.2a	8671.3	8282.6b	9003.8a	8776.1a	8 609.5	8 758.2	0.071
基本苗/(万/hm ²) Basic seedling	272.0b	266.7c	270.5c	280.1b	307.5a	270.8bc	272.8	273.6	0.825
容重/(g/L) Bulk density	799.2b	814.6a	803.2a	799.6b	801.0a	809.4a	802.2	809.2	0.019
蛋白质含量/% Protein content	15.3a	15.3a	14.3b	13.9b	14.5ab	14.2b	14.4	14.6	0.443
湿面筋含量/% Wet gluten content	36.0a	32.4b	31.6b	31.2b	32.5b	32.3b	32.5	32.5	0.966
稳定时间/min Stabilization time	5.4b	17.9a	5.3b	4.7b	4.8b	5.0b	6.1	6.4	0.769
吸水率/% Water absorption rate	58.6c	60.7ab	58.8c	59.5b	63.7a	61.9ab	59.1	61.6	0.000

同行数据后不同小写字母表示不同类群差异显著 ($P<0.05$)

Different lowercase letters after the same line data indicate significant differences among different groups ($P < 0.05$)

2.5 黄淮麦区小麦新品种综合评价

2.5.1 黄淮麦区不同来源地小麦新品种主成分分析 基于 12 个性状的主成分分析结果（表 4）表明，南片小麦前 6 个主成分累计贡献率为 80.25%，能够反映 84 个小麦品种 12 个性状的大多数信息。第 1 主成分特征值为 3.08，贡献率为 25.69%，主要反映穗数、穗粒数的信息，穗数有较高的正特征向量值（0.48），穗粒数有较高的负特征向量值（-0.48）；第 2 主成分特征值为 2.08，贡献率为 17.34%，主要反映产量、蛋白质含量、湿面筋含量的信息，特征向量值分别为 0.41、0.47、0.55；第 3 主成分特征值为 1.55，贡献率为 12.94%，主要反映容重、稳定时间、吸水率的信息，特征向量值分别为 0.60、0.45、0.45；第 4 主成分特征值为 1.19，贡献率为 9.95%，主要反映株高、蛋白质含量、稳定时间的信息，株高有较高的正特征向量值（0.46），蛋白质含量、稳定时间有较高的负特征向量值（-0.49、-0.45）；第 5 主成分特征值为 0.98，贡献率为 8.20%，主要反映生育期、株高的信息，株高有较高的正特征向量值（0.51），生育期有较高的负特征向量值（-0.41）；第 6 主成分特征值为 0.74，贡献率为 6.13%，主要代表产量、基本苗的信息，特征向量值分别为 0.45、0.65。

表 4 黄淮麦区不同来源地小麦新品种前 6 个主成分的特征向量、特征值、贡献率及累计贡献率

Table 4 Eigenvectors, eigenvalues, contribution rates and cumulative contribution rates of the first six principal components of new wheat varieties resources from different origins in Huang-Huai wheat region

项目 Item	性状 Trait	南片 Southern part						北片 Northern part					
		主成分 1 PC1	主成分 2 PC2	主成分 3 PC3	主成分 4 PC4	主成分 5 PC5	主成分 6 PC6	主成分 1 PC1	主成分 2 PC2	主成分 3 PC3	主成分 4 PC4	主成分 5 PC5	主成分 6 PC6
特征向量 Eigenvector	生育期	0.33	0.36	0.03	0.18	-0.41	0.12	-0.33	-0.05	0.09	0.54	0.43	-0.13
	株高	0.27	0.05	0.03	0.46	0.51	-0.09	0.15	-0.28	0.35	0.34	0.19	0.27
	穗数	0.48	-0.28	0.04	-0.06	0.19	0.06	0.31	0.18	0.54	0.11	-0.26	-0.12
	穗粒数	-0.48	0.12	0.13	0.00	-0.17	0.02	-0.37	-0.30	0.00	-0.04	-0.30	0.36
	千粒重	-0.33	0.29	-0.06	0.29	-0.14	-0.33	0.27	-0.19	-0.11	-0.38	0.66	-0.01
	产量	0.13	0.41	0.35	0.31	-0.08	0.45	0.32	-0.38	0.02	0.14	-0.29	0.06
	基本苗	-0.34	-0.04	0.22	-0.06	0.37	0.65	-0.25	0.32	0.18	-0.44	-0.13	-0.12
	容重	0.09	-0.05	0.60	0.25	0.02	-0.36	-0.05	0.28	0.62	-0.06	0.21	0.08

蛋白质含量	0.15	0.47	-0.02	-0.49	0.18	-0.10	0.30	0.36	-0.25	0.28	-0.10	0.34
湿面筋含量	0.07	0.55	-0.21	-0.13	0.32	-0.08	-0.02	0.41	-0.12	0.00	0.16	0.66
稳定时间	0.22	-0.01	0.45	-0.45	-0.31	0.02	0.30	0.33	-0.24	0.25	0.01	-0.40
吸水率	-0.21	0.06	0.45	-0.19	0.34	-0.31	0.46	-0.15	0.11	-0.29	0.02	0.16
特征值 Eigenvalue	3.08	2.08	1.55	1.19	0.98	0.74	2.77	2.47	1.50	1.21	1.03	1.01
贡献率/% Contribution rate	25.69	17.34	12.94	9.95	8.20	6.13	23.12	20.59	12.54	10.08	8.62	8.38
累积贡献率/% Cumulative contribution rate	25.69	43.04	55.97	65.92	74.12	80.25	23.12	43.71	56.25	66.33	74.95	83.33
权重 Index weight	0.32	0.22	0.16	0.12	0.10	0.08	0.28	0.25	0.15	0.12	0.10	0.10

北片小麦前 6 个主成分累计贡献率为 83.33%，能够反映 25 个小麦品种 12 个性状的绝大部分信息（表 4）。第 1 主成分特征值为 2.77，贡献率达 23.12%，主要反映吸水率的信息，特征向量值为 0.46；第 2 主成分特征值为 2.47，贡献率为 20.59%，主要反映湿面筋含量的信息，特征向量值为 0.41；第 3 主成分特征值为 1.50，贡献率为 12.54%，主要反映穗数、容重的信息，特征向量值分别为 0.54、0.62；第 4 主成分特征值为 1.21，贡献率为 10.08%，主要反映生育期、基本苗的信息，生育期有较高的正特征向量值（0.54），基本苗有较高的负特征向量值（-0.44）；第 5 主成分特征值为 1.03，贡献率达 8.62%，主要反映生育期、千粒重的信息，特征向量值分别为 0.43、0.66；第 6 主成分特征值为 1.01，贡献率为 8.38%，主要代表湿面筋含量、稳定时间的信息，湿面筋含量有较高的正特征向量值（0.66），稳定时间有较高的负特征向量值（-0.40）。南片、北片小麦前 6 个主成分累积贡献率比较接近，但不同主成分构成因子及特征向量值差别较大。

2.5.2 黄淮麦区不同来源地小麦新品种综合评价结果 基于上述南片小麦 6 个主成分权重及 12 个性状标准化得分，改进后的小麦综合得分（ D' 值）及基于 D' 值的南片小麦排名见表 5。84 个小麦中，强筋小麦 8 个、中强筋小麦 16 个、中筋小麦 60 个，分别占比 9.5%、19.0%、71.4%；强筋、中强筋小麦合计占比 28.5%。基于主成分综合评价得分的排名中，8 个强筋小麦（稷麦 336、德宏福麦 11、华伟 306、新麦 38、新麦 45、科大 1026、航宇 19、安科 1701）排名比较靠前，其中前 6 个品种分别排在第 1、3、10、11、13、17 位。中强筋、中筋小麦排名没有明显规律。综上，南片小麦综合得分表现出强筋小麦 > 中强筋和中筋小麦的规律。

表 5 黄淮麦区南片小麦新品种前 6 个主成分综合得分及小麦品质类别

Table 5 Comprehensive scores of the first six principal components and wheat quality categories of new wheat varieties in the southern part of Huang-Huai wheat region

编号 NO.	D' 值 D' Value	位次 Ranking	品质分类 Quality classification	编号 NO.	D' 值 D' Value	位次 Ranking	品质分类 Quality classification	编号 NO.	D' 值 D' Value	位次 Ranking	品质分类 Quality classification
1	0.65	21	中筋	29	0.70	3	强筋	57	0.59	50	中强筋
2	0.67	12	中筋	30	0.67	17	强筋	58	0.52	74	中筋
3	0.67	13	强筋	31	0.70	4	中筋	59	0.58	56	中筋
4	0.66	18	中筋	32	0.61	41	中筋	60	0.51	78	中强筋
5	0.64	26	中筋	33	0.64	29	中筋	61	0.50	80	中强筋
6	0.62	32	中筋	34	0.59	49	中筋	62	0.62	39	中筋
7	0.68	7	中强筋	35	0.61	42	中筋	63	0.59	51	中筋
8	0.67	14	中强筋	36	0.62	36	中筋	64	0.51	79	中强筋
9	0.71	2	中筋	37	0.63	30	中强筋	65	0.62	40	中强筋
10	0.69	5	中强筋	38	0.35	84	中筋	66	0.55	64	中筋
11	0.66	19	中筋	39	0.51	75	中筋	67	0.55	65	中强筋
12	0.68	8	中筋	40	0.52	71	中筋	68	0.61	43	中筋
13	0.66	20	中强筋	41	0.55	61	中筋	69	0.59	52	中筋

14	0.64	27	中筋	42	0.55	62	中筋	70	0.53	70	中强筋
15	0.67	15	中筋	43	0.51	76	中筋	71	0.56	60	中筋
16	0.69	6	中筋	44	0.57	58	中筋	72	0.58	57	中筋
17	0.62	33	中强筋	45	0.52	72	中筋	73	0.49	81	中筋
18	0.64	28	中筋	46	0.62	37	强筋	74	0.65	25	中筋
19	0.68	9	中筋	47	0.62	38	中筋	75	0.59	53	中筋
20	0.65	22	中筋	48	0.65	24	中筋	76	0.54	69	中筋
21	0.62	34	中强筋	49	0.58	55	中强筋	77	0.63	31	强筋
22	0.75	1	强筋	50	0.60	45	中筋	78	0.55	66	中筋
23	0.67	16	中筋	51	0.55	63	中筋	79	0.60	48	中筋
24	0.65	23	中筋	52	0.51	77	中筋	80	0.61	44	中筋
25	0.62	35	中筋	53	0.60	46	中筋	81	0.55	67	中筋
26	0.58	54	中强筋	54	0.60	47	中筋	82	0.57	59	中筋
27	0.68	10	强筋	55	0.52	73	中筋	83	0.43	83	中筋
28	0.68	11	强筋	56	0.54	68	中筋	84	0.44	82	中筋

基于上述北片小麦 6 个主成分权重及 12 个性状标准化得分，改进后的小麦综合得分（ D' 值）及基于 D' 值的北片小麦排名见表 6。25 个小麦中，强筋小麦 5 个、中强筋小麦 2 个、中筋小麦 18 个，分别占比 20.0%、8.0%、72.0%；强筋、中强筋小麦合计占比 28.0%。基于主成分综合评价得分的排名中，5 个强筋小麦（济麦 0435、济麦 44、中麦 578、冀麦 U80、轮选 49）排名比较靠前，分别排在第 1、2、5、7、8 位；中强筋、中筋小麦排名没有明显规律。综上，北片小麦综合得分也表现出强筋小麦 $>$ 中强筋和中筋小麦的规律。可见，黄淮麦区不同来源地小麦新品种综合评价得分均以强筋小麦为最高。

表 6 黄淮北片小麦新品种前 6 个主成分综合得分及小麦品质类别

Table 6 Comprehensive scores of the first six principal components and wheat quality categories of new wheat varieties in the northern part of Huang-Huai wheat region

编号 NO.	D' 值 D' Value	位次 Ranking	品质分类 Quality classification	编号 NO.	D' 值 D' Value	位次 Ranking	品质分类 Quality classification	编号 NO.	D' 值 D' Value	位次 Ranking	品质分类 Quality classification
85	0.59	12	中筋	94	0.56	19	中筋	103	0.65	6	中筋
86	0.59	13	中强筋	95	0.61	11	中筋	104	0.59	16	中筋
87	0.63	7	强筋	96	0.59	14	中筋	105	0.53	23	中筋
88	0.56	18	中筋	97	0.68	3	中筋	106	0.54	21	中筋
89	0.61	9	中筋	98	0.55	20	中筋	107	0.62	8	强筋
90	0.61	10	中筋	99	0.78	1	强筋	108	0.54	22	中筋
91	0.48	25	中筋	100	0.67	4	中筋	109	0.58	17	中筋
92	0.65	5	强筋	101	0.49	24	中强筋				
93	0.7	2	强筋	102	0.59	15	中筋				

2.6 黄淮麦区不同来源地新育成小麦品种回归模型构建及评价指标筛选结果

2.6.1 南片小麦新品种回归模型构建及综合评价结果 将12个性状作为自变量（ x ）对因变量（ y ）小麦综合得分（ D' 值）进行回归，得到黄淮南片小麦的回归方程 $y=-3.1081+0.0054x_1+0.0007x_3+0.0001x_6+0.0012x_8+0.0164x_9+0.0060x_{10}$ 。式中， x_1 、 x_3 、 x_6 、 x_8 、 x_9 、 x_{10} 分别代表生育期、穗数、产量、容重、蛋白质含量、湿面筋含量。回归方程的各项 F 值均达极显著水平，各回归系数的偏相关系数分别为0.629、0.871、0.793、0.618、0.474、0.510，且均达极显著水平，表明构建的方程具有统计学意义。回归方程的决定系数（ R^2 ）=0.933，亦即生育期、穗数、产量、容重、蛋白质含量、湿面筋含量能解释小麦综合得分93.3%

的变异。解释度很高，表明可将上述6个性状作为黄淮南片小麦综合表现的评价指标。

2.6.2 北片小麦新品种回归模型构建及综合评价结果 北片小麦的回归方程 $y=-1.3335+0.0005x_3-0.0134x_4+0.0014x_8+0.0387x_9+0.0060x_{12}$ 。式中， x_3 、 x_4 、 x_8 、 x_9 、 x_{12} 分别代表穗数、穗粒数、容重、蛋白质含量、吸水率。回归方程的各项 F 值均达极显著水平，各回归系数的偏相关系数分别为0.654、-0.783、0.914、0.804、0.630，且均达极显著水平，表明构建的方程具有统计学意义。回归方程的决定系数(R^2)=0.957，亦即穗数、穗粒数、容重、蛋白质含量、吸水率能解释小麦综合得分95.7%的变异。解释度很高，表明可将上述5个性状作为黄淮北片小麦综合表现的评价指标。

3 讨论

3.1 黄淮麦区 109 份小麦新品种的品质现状及遗传多样性

新育成的109个小麦绝大部分为半冬性品种(105个，占比96.3%)。109个小麦中，南片84个，占比77.1%；北片25个，占比22.9%。强筋、中强筋、中筋小麦分别有13、18、78个，分别占比11.9%、16.5%、71.6%，强筋、中强筋小麦合计占比28.4%，高于云南2008—2018年强筋、中强筋小麦占比(5.9%)^[5]，强筋小麦占比也高于黄淮麦区2011—2015年强筋小麦占比(3.15%)^[13]。而且本研究中，绝大部分小麦蛋白质含量在14.0%以上(平均14.5%)，湿面筋含量在30%以上(平均32.5%)，高于黄淮麦区2011—2015年小麦蛋白质含量(平均14.34%)及湿面筋含量(平均30.80%)^[13]。综上，黄淮麦区小麦品质整体较优，这与其生态条件有关，也表明黄淮麦区近些年来发展优质专用小麦尤其是强筋高蛋白小麦的育种工作成效显著。变异系数反映性状的离散程度，多样性指数反映性状的丰富度和均匀性。本研究中，变异系数和多样性指数在不同性状上的表现不完全相关，这与李晓荣等^[16]、凌磊^[17]的研究结果一致。12个性状中稳定时间的变异系数最大，为76.64%；容重的变异系数最小，为1.66%。前人的研究也表明，与其他品质性状相比，容重的变异系数较小^[5, 18-19]，且不同产地间容重变异也最小^[20-22]。以上表明，12个农艺及品质性状中，容重的改良空间最小。本研究中，容重变异系数(1.66%)与云南2008—2018年的平均水平(2.65%)^[5]、2010年的全国平均水平(2.33%)^[23]，以及2011—2020年黄淮北片的平均水平(2.1%)^[24]相比均较低，后续黄淮麦区小麦品种选育应给予容重更多关注。黄淮麦区小麦的 H' 平均为3.78，除基本苗为1.50外，其余均在3.00以上。表明除基本苗外，黄淮麦区小麦的产量、株高、容重、稳定时间、穗数等11个性状均有较高的遗传稳定性。

3.2 黄淮麦区 109 份小麦新品种的聚类分析

黄淮麦区109个小麦被聚为六大类，不同类群小麦数量占比分别为17.4%、8.3%、37.6%、18.3%、1.8%、16.5%，与云南171个小麦聚为六大类后不同类群数量占比(0.58%、0.58%、1.75%、2.34%、11.11%、83.63%)^[5]相比，黄淮麦区不同类群小麦数量占比差别较小。杜晓宇等^[25]关于黄淮南片冬小麦聚类的结果支持本研究结论，其所选取的黄淮南片的39个小麦被聚为五大类后，不同类群小麦数量占比差别亦较小(分别为5.1%、7.7%、23.1%、30.7%、33.3%)。表明黄淮麦区小麦遗传距离较远，遗传多样性较高。本研究聚类结果还表明，大部分小麦品种按来源地聚在同一大类，这与丁明亮等^[5]的研究结果类似，但姚盟等^[12]关于黄淮麦区111份小麦(2012—2013年)的聚类结果却表明，遗传距离远近与材料来源地无必然联系。究其原因，可能是目前黄淮麦区品种选育更注重了对来源地基本生态条件的适应性。

3.3 黄淮麦区不同来源地小麦农艺和品质性状及其多样性差异

北片小麦容重为 809.2 g/L, 显著高于南片 (802.2 g/L), 生育期、穗数、吸水率分别为 232.9 d、674.3 万穗/hm²、61.6%, 极显著高于南片 (224.8 d、600.1 万穗/hm²、59.1%), 分别高 3.5%、11.0%、4.2%。南片 84 个品种的 H' 平均为 1.83, 北片为 2.80。南片、北片均表现为产量的 H' 最大, 基本苗的最小。南片的产量、生育期、株高、容重、千粒重、吸水率、稳定时间、湿面筋含量、穗粒数 9 个性状的 H' 在平均值以上, 遗传稳定性较高; 北片的产量、容重、稳定时间、穗数、湿面筋含量、穗粒数、吸水率、千粒重 8 个性状的 H' 在平均值以上, 遗传稳定性较高。另外, 北片小麦 12 个性状的 H' 均分别高于南片, 增幅为 24.7%~188.6%, 平均增加 63.7%。其中生育期的增幅最小, 基本苗的增幅最大。表明北片小麦 12 个性状, 尤其是基本苗, 其丰富度、均匀性均高于南片, 进化潜力较高。

3.4 黄淮麦区不同来源地小麦品质类型差异

本研究中, 南片、北片强筋小麦占比差别较大, 南片强筋小麦占比为 9.5%, 低于北片 (20.0%), 表明主产区小麦品种的品质逐步与品质区域布局相适应^[9,19], 贴合《中国小麦品质区划方案 (试行)》中黄淮麦区北片被划为强筋及中筋小麦产区、南片被划为以优质中筋小麦生产为主品质类型的区域结构。但中强筋小麦南片占比较高 (19.0%), 北片较低 (8.0%), 北片中强筋小麦的选育有待加强。有研究表明, 不同品质类型小麦综合评价得分表现为强筋小麦>中强筋小麦>中筋小麦^[5]。本研究中, 不同来源地小麦综合得分表现为强筋小麦>中强筋和中筋小麦, 但中强筋和中筋小麦综合评价值之间并无明显规律。这或许与本研究中黄淮麦区小麦品质整体较优, 蛋白质、湿面筋含量整体较高, 导致中强筋、中筋小麦之间的品质差异较小有关。本研究中, 除了类群 IV 蛋白质含量为 13.9%, 未达到强筋标准 (14.0%) 外, 其余五个类群蛋白质含量均≥14.0%, 达到强筋标准; 而 6 个类群的湿面筋含量均>28.0%, 达到强筋标准。

3.5 黄淮麦区不同来源地小麦品种改良策略

北片小麦 12 个性状的 H' 均高于南片, 即遗传基础北片小麦较宽, 南片较窄。其中, 基本苗 H' 的增幅最大 (188.6%)。这与群体穗数是小麦高产的基础, 黄淮北片多为高水肥地块, 足够的群体才能满足高产稳产需求^[24]有关。南片小麦品种改良应积极创新种质资源, 拓宽遗传基础, 丰富育成品种农艺及品质性状的多样性。将 12 个性状作为自变量对不同来源地小麦综合得分进行回归, 回归方程的各项 F 值及各回归系数的偏相关系数均达极显著水平, 表明构建了有统计学意义的方程。其中, 南片小麦回归方程的 R^2 为 0.933, 北片小麦回归方程的 R^2 为 0.957; 可用生育期、穗数、产量、容重、蛋白质含量、湿面筋含量 6 个性状评价黄淮南片小麦的综合表现, 用穗数、穗粒数、容重、蛋白质含量、吸水率 5 个性状评价黄淮北片小麦的综合表现。

参考文献

- [1] 高爱农, 杨庆文. 作物种质资源调查收集的理论基础与方法. 植物遗传资源学报, 2022, 23 (1): 21-28.
Gao A N, Yang Q W. Theory and methods for survey and collection of crop germplasm resources. Journal of Plant Genetic Resources, 2022, 23(1): 21-28.
- [2] 王洪新, 胡志昂. 植物的繁育系统、遗传结构和遗传多样性保护. 生物多样性, 1996, 4 (2): 32-36.
Wang H X, Hu Z A. Plant breeding system, genetic structure and conservation of genetic diversity. Chinese Biodiversity, 1996, 4(2): 32-36.
- [3] 王晓鸣, 邱丽娟, 景蕊莲, 任贵兴, 李英慧, 李春辉, 秦培友, 谷勇哲, 李龙. 作物种质资源表型性状鉴定评价: 现状与趋势. 植物遗传资源学报, 2022, 23 (1): 12-20.
Wang X M, Qiu L J, Jing R L, Ren G X, Li Y H, Li C H, Qin P Y, Gu Y Z, Li L. Evaluation on phenotypic traits of crop germplasm: Status and development. Journal of Plant Genetic Resources, 2022, 23(1): 12-20.

- [4] 武晶, 郭刚刚, 张宗文, 王述民. 作物种质资源管理: 现状与展望. 植物遗传资源学报, 2022, 23 (3): 627-635.
Wu J, Guo G G, Zhang Z W, Wang S M. Management of crop germplasm resource: Advances and perspectives. Journal of Plant Genetic Resources, 2022, 23(3): 627-635.
- [5] 丁明亮, 林丽萍, 李明菊, 胡欣, 何迟, 廖合发, 赵红, 李绍祥, 刘琨. 云南育成小麦品种(系)品质性状遗传多样性分析及综合评价. 南方农业学报, 2020, 51 (2): 255-266.
Ding M L, Lin L P, Li M J, Hu X, He C, Liao H F, Zhao H, Li S X, Liu K. Genetic diversity analysis and comprehensive evaluation of quality traits of wheat varieties (lines) bred in Yunnan. Journal of Southern Agriculture, 2020, 51(2): 255-266.
- [6] 许娜丽, 王新华, 马冬花, 杨杰, 李清峰, 刘凤楼, 刘彩霞, 刘根红, 张晓岗, 王掌军. 251 份小麦种质资源的主要农艺与品质性状遗传多样性分析. 南方农业学报, 2021, 5 (9): 2404-2416.
Xu N L, Wang X H, Ma D H, Yang J, Li Q F, Liu F L, Liu C X, Liu G H, Zhang X G, Wang Z J. Genetic diversity analysis of main agronomic and quality traits of 251 wheat germplasm resources. Journal of Southern Agriculture, 2021, 5(9): 2404-2416.
- [7] 胡卫国, 赵虹, 王西成, 邱军, 曹廷杰, 曹颖妮. 黄淮冬麦区小麦品种品质改良现状分析. 麦类作物学报, 2010, 30 (5): 936-943.
Hu W G, Zhao H, Wang X C, Qiu J, Cao T J, Cao Y N. Quality improvement of winter wheat in Yellow and Huai River wheat zone. Journal of Triticeae Crops, 2010, 30(5): 936-943.
- [8] 赵广才. 中国小麦种植区划研究(一). 麦类作物学报, 2010, 30 (5): 886-895.
Zhao G C. Study on Chinese wheat planting regionalization (I). Journal of Wheat Crops, 2010, 30(5): 886-895.
- [9] 中华人民共和国农业部. 专用小麦优势区域发展规划. (2003-05-26) [2022-06-11]. <http://www.moa.gov.cn/was5/web/search?searchword>.
Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Development plan for special wheat advantage areas. (2003-05-26) [2022-06-11]. <http://www.moa.gov.cn/was5/web/search?searchword>.
- [10] 马艳明, 范玉顶, 李斯深, 李瑞军, 赵岩. 黄淮麦区小麦品种(系)品质性状多样性分析. 植物遗传资源学报, 2004, 5 (2): 133-138.
Ma Y M, Fan Y D, Li S S, Li R J, Zhao Y. Diversity of quality traits using wheat varieties of the Huang-Huai winter wheat area. Journal of Plant Genetic Resources, 2004, 5(2): 133-138.
- [11] 江涛, 于艳玲, 江楠, 杨发德. 黄淮麦区 85 个小麦品种(系)农艺性状的聚类分析. 山东农业科学, 2009 (10): 14-17, 21.
Jiang T, Yu Y L, Jiang N, Yang F D. Cluster analysis of 85 wheat varieties in Huang-Huai wheat area based on agronomic traits. Shandong Agricultural Sciences, 2009(10): 14-17, 21.
- [12] 姚盟, 张玲丽, 冯毅, 郑锦娟, 宋喜悦. 黄淮麦区小麦新品系主要农艺性状变异分析. 种子, 2015, 34 (9): 66-70.
Yao M, Zhang L L, Feng Y, Zheng J J, Song X Y. Analysis of the main agronomic traits variation of new wheat lines in Huang Huai wheat growing region. Seed, 2015, 34(9): 66-70.
- [13] 李晓航, 盛坤. 2011—2015 年黄淮麦区小麦品种品质分析. 中国农学通报, 2020, 36 (18): 134-140.
Li X H, Sheng K. Wheat quality in Huang-huai wheat region from 2011 to 2015. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2020, 36(18): 134-140.
- [14] 唐如玉, 徐鹏, 余迪求. 水稻轮回选择群体 XTBG-HP1 表型遗传多样性分析. 广西植物, 2020, 40 (2): 159-172.
Tang R Y, Xu P, Yu D Q. Phenotypic diversity analysis of rice recurrent selection population XTBG-HP1. Guihaia, 2020, 40(2): 159-172.
- [15] 武松, 潘发明. SPSS 统计分析大全. 1 版. 北京: 清华大学出版社, 2014: 318-320.
Wu S, Pan F M. SPSS Statistical Analysis Encyclopedia. 1st Edition. Beijing: Tsinghua University Press, 2014: 318-320.
- [16] 李晓荣, 张中平, 孙永海, 善从锐, 包晓鹏, 赵鹏, 刘琨, 丁明亮. 西南麦区 96 份小麦育种材料重要农艺性状的遗传多样性分析. 南方农业学报, 2021, 52 (9): 2358-2368.
Li X R, Zhang Z P, Sun Y H, Shan C R, Bao X P, Zhao P, Liu K, Ding M L. Genetic diversity of 96 wheat breeding materials in the southwest wheat region based on important agronomic traits. Journal of Southern Agriculture, 2021, 52(9): 2358-2368.
- [17] 凌磊. 利用 SRAP 标记和形态标记分析彩色棉和白色棉遗传差异. 合肥: 安徽农业大学, 2009: 15-16.
Ling Lei. Genetic difference analysis between colored cotton and white cotton by SRAP markers and morphological marker. Hefei: Anhui Agricultural University, 2009: 15-16.
- [18] 李楠楠, 杜晓宇, 韩玉林, 邹少奎, 李顺成, 王丽娜, 张倩, 吕永军, 杨光宇. 中国四大冬小麦主产区品种农艺性状的综合性分析. 种子, 2021, 40 (12): 94-101.
Li N N, Du X Y, Han Y L, Zou S K, Li S C, Wang L N, Zhang Q, Lü Y J, Yang G Y. Comprehensive analysis of agronomic traits of four main winter wheat producing areas in China. Seed 2021, 40(12): 94-101.
- [19] 胡学旭, 周桂英, 吴丽娜, 陆伟, 武力, 李静梅, 王爽, 宋敬可, 杨秀兰, 王步军. 中国主产区小麦在品质区域间的差异. 作物学报, 2009, 35 (6): 1167-1172.
Hu X X, Zhou G Y, Wu L N, Lu W, Wu L, Li J M, Wang S, Song J K, Yang X L, Wang B J. Variation of wheat quality in main wheat-producing regions in China. Acta Agronomica Sinica, 2009, 35(6): 1167-1172.
- [20] 赵鹏涛, 赵卫国, 罗红炼, 翟周平, 李保军, 苟升学. 小麦主要品质性状相关性及其主成分分析. 中国农学通报, 2019, 35 (21): 7-13.

Zhao P T, Zhao W G, Luo H L, Zhai Z P, Li B J, Gou S X. The main quality traits of wheat: correlation analysis and principal components analysis. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2019, 35(21): 7-13.

- [21] 查如璧, 国淑惠, 赵中民, 王德森, 陆建中. 我国硬粒小麦品质性状及质量分级标准研究. 中国农业科学, 1995, 28 (2): 8-14.

Zha R B, Guo S H, Zhao Z M, Wang D S, Lu J Z. Quality characterization and grading criteria of Chinese durum wheats. Scientia Agricultura Sinica, 1995, 28(2): 8-14.

- [22] 伍玲, 朱华忠, 邓丽, 胡嘉. 1997~2007 年通过四川省区试审定的小麦品种述评. 西南农业学报, 2008, 21 (3): 562-569.

Wu L, Zhu H Z, Deng L, Hu J. Review of the release wheat varieties through Sichuan trial during 1997 to 2007. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2008, 21(3): 562-569.

- [23] 刘世杰, 刘国华, 蔡辉益, 郑爱娟, 张姝, 常文环. 我国饲用小麦理化指标的变异度分析. 饲料工业, 2011, 32 (16): 43-47.

Liu S J, Liu G H, Cai H Y, Zheng A J, Zhang S, Chang W H. Variation analysis of physical and chemical indexes of forage wheat in my country. Feed Industry, 2011, 32(16): 43-47

- [24] 陈贵菊, 闫璐, 王福玉, 邵敏敏, 黄玲, 赵凯, 杨本洲, 张玉丹, 孙雷明, 王霖. 近 10 年黄淮冬麦区北片区试品种产量及主要农艺性状分析. 山东农业科学, 2021, 53 (5): 142-148.

Chen G J, Yan L, Wang F Y, Shao M M, Huang L, Zhao K, Yang B Z, Zhang Y D, Sun L M, Wang L. Analysis on yield and main agronomic traits of winter wheat varieties in the North Huanghe-Huaihe region test in recent 10 years. Shandong Agricultural Sciences, 2021, 53(5): 142-148.

- [25] 杜晓宇, 李楠楠, 邹少奎, 王丽娜, 吕永军, 张倩, 李顺成, 杨光宇, 韩玉林. 黄淮南片新育成小麦品种 (系) 主要性状的综合性分析. 作物杂志, 2021 (4): 38-45.

Du X Y, Li N N, Zou S K, Wang L N, Lü Y J, Zhang Q, Li S C, Yang G Y, Han Y L. Comprehensive analysis of main traits of newly bred wheat varieties (lines) in Southern Huang-Huai region. Crops, 2021(4): 38-45.