

网络出版时间:2026-01-15

网络出版地址:https://link.cnki.net/urlid/61.1359.S.20260115.1310.002

国家黄淮旱地审定小麦品种农艺和品质性状演变规律

邬志远,张俊灵,闫金龙,冯丽云,张东旭

(山西农业大学谷子研究所,山西长治 046011)

摘要:为进一步探讨国家黄淮旱地小麦品种演变规律,以2006–2023年国家审定的67个黄淮旱地小麦品种为试验材料,对其主要农艺性状(株高、有效穗数、穗粒数、千粒重、产量)和品质性状(蛋白质含量、湿面筋含量、稳定时间、容重、吸水率)进行变异分析、线性分析、相关性分析、通径分析和聚类分析。结果表明,2006–2023年国家审定的67个黄淮旱地小麦品种指标中,稳定时间变异系数最大,为72.31%,其他农艺和品质性状变异系数较小(2.23%~14.37%)。随时间推移,株高、千粒重呈逐渐降低趋势,年均分别下降0.21 cm和0.03 g;穗粒数、有效穗数和产量均呈稳步上升趋势,年均分别增长0.11粒、 4.71×10^4 穗· hm^{-2} 和28.73 kg· hm^{-2} ;蛋白质含量和湿面筋含量呈逐年下降趋势,年均分别下降0.04%和0.03%;稳定时间、容重和吸水率呈缓慢递增趋势,年均分别增长0.2 min、1.48 g· L^{-1} 和0.04%。经相关性分析,产量与千粒重、穗粒数和有效穗数呈显著($P < 0.05$)或极显著($P < 0.01$)正相关,株高与产量呈显著负相关,蛋白质含量与湿面筋含量呈极显著正相关,容重与吸水率呈显著正相关。通过通径分析,对产量的直接贡献大小表现为有效穗数(0.488) > 千粒重(0.356) > 穗粒数(0.303) > 株高(-0.069)。按照品质指标将67个品种分为4类,第I类品种的稳定时间和容重表现最优;第II类品种的吸水率、湿面筋含量和蛋白质含量均值最高;第III类品种数量最多,其蛋白质含量和稳定时间均值在4个类群中最低;第IV类品种容重最低。综上所述,黄淮旱地小麦育种需在适当降低株高的前提下,通过增加有效穗数、穗粒数和千粒重提高产量,并注重品种品质提升,实现高产优质。

关键词: 黄淮旱地小麦;农艺性状;品质性状;演变规律

中图分类号: S512.1;S330

文献标识码: A

文章编号: 1009-1041(2026)03-0304-08

Evolutionary Trends of Agronomic and Quality Traits of Wheat Varieties Approved by the National Huang-Huai Dryland

WU Zhiyuan, ZHANG Junling, YAN Jinlong, FENG Liyun, ZHANG Dongxu

(Millet Research Institute, Shanxi Agricultural University, Changzhi, Shanxi 046011, China)

Abstract: To further explore the evolution patterns of wheat varieties in the dryland areas of the Huanghuai region, 67 wheat varieties approved by the state from 2006 to 2023 were used as experimental materials. The variation analysis, linear analysis, correlation analysis, path analysis and cluster analysis were conducted on the main agronomic traits (plant height, effective spike number, grain number per spike, thousand-grain weight and yield) and quality traits (protein content, wet gluten content, stability time, test weight and water absorption rate) of the wheat varieties in the dryland of the Huanghuai region. The results showed that the coefficient of variation of stability time of the wheat varieties in the dryland of the Huanghuai region was the largest, reaching 72.31%, while the coefficients of variation of other agronomic and quality traits were relatively small (2.23%–14.37%). Plant height and thousand-grain weight showed a gradually decreasing trend, with an average annual

收稿日期:2025-04-16

修回日期:2025-06-12

基金项目: 小麦抗旱种质材料的鉴定与筛选项目(2023L048);山西小麦育种联合攻关项目(NYGG26-3);山西重点研发计划项目(202302140601002-3);山西农大生物育种工程项目(YZGC024)

第一作者 E-mail:18835517341@163.com(邬志远)

通讯作者 E-mail: sxgzszjl@163.com(张俊灵)

decrease of 0.21 cm and 0.03 g, respectively; grain number per spike, effective spike number and yield showed a steady upward trend, with an average annual increase of 0.11 grains, 4.71×10^4 spikes $\cdot \text{hm}^{-2}$ and $28.73 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, respectively; protein content and wet gluten content showed a decreasing trend year by year, with an average annual decrease of 0.04% and 0.03%, respectively; stability time, test weight and water absorption rate showed a slow increasing trend, with an average annual increase of 0.2 min, $1.48 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ and 0.04%, respectively. The results of correlation analysis showed that yield was significantly ($P < 0.05$) or extremely significantly ($P < 0.01$) positively correlated with thousand-grain weight, grain number per spike, and effective spike number, while plant height was significantly negatively correlated with yield; protein content was extremely significantly positively correlated with wet gluten content, and the test weight was significantly positively correlated with the water absorption rate. Path analysis indicated that the direct contribution to yield ranked as effective spike number(0.488) > thousand-grain weight(0.356) > grain number per spike(0.303) > plant height(-0.069). The cluster analysis classified the 67 varieties into four categories according to quality indicators. Class I varieties had the best performance in stability time and test weight; Class II varieties had the highest average values of water absorption rate, wet gluten content, and protein content; Class III contained the most varieties, with the lowest average values of protein content and stability time among the four groups; Class IV varieties have the lowest test weight. In conclusion, for wheat breeding in the dryland of the Huanghuai region, it is necessary to appropriately reduce plant height while increase effective spike number, grain number per spike, and thousand-grain weight to enhance yield. At the same time, attention should be paid to improving the quality of the varieties to achieve high yield and quality.

Keywords: Huanghuai dryland wheat; Agronomic traits; Quality traits; Evolutionary trends

小麦(*Triticum aestivum* L.)含有丰富的碳水化合物、蛋白质、微量元素等营养物质,是人类重要的粮食作物,养活了全球约五分之二的人口^[1-2],在中国粮食安全战略中占据极其重要的地位。中国旱地小麦的种植面积主要集中于黄淮冬麦区^[3-4]。随着全球气温的升高,干旱现象出现的频率不断增加。与此同时,黄淮旱地土壤瘠薄等逆境因素相互叠加,对小麦的生长发育造成了严重影响,导致小麦出现减产甚至绝收的情况,对农业生产构成重大威胁^[5-7]。为保障粮食安全,培育和推广适应旱地环境的小麦品种一直是该区育种工作的核心目标。长期以来,通过品种改良,黄淮旱地小麦在抗旱性、产量、品质特性等方面取得了显著进展^[8]。解析这些品种农艺与品质性状的演变规律,对指导未来小麦抗旱优质品种选育具有重要意义。

近年来,针对小麦农艺和品质性状的研究已有很多,有关黄淮旱地小麦农艺性状和品质性状的研究已有报道。杨子光等^[9]对2000—2017年国家黄淮旱地冬小麦区域试验品种研究发现,黄淮旱地小麦的产量水平受年际间环境影响较大,“3年1小旱,5年1大旱”的干旱气候特点是旱地

小麦生产和品种评价与筛选的阻碍。选育适于较强干旱条件下的抗旱品种、节水品种和优质强筋型品种是黄淮冬麦区旱地小麦育种的主要发展方向。胡学旭等^[10]对2000—2015年国家黄淮和北部冬麦区区域试验品种的品质进行了分析,认为中国小麦品质育种进展缓慢,区组之间发展不平衡,强筋和中强筋品种比例较低,而中筋品种占比较高。上述研究均说明黄淮旱地小麦育种中存在一定问题和挑战。且以上研究均以区域试验材料为研究对象,对审定品种的研究鲜见报道。本研究以2006—2023年国家黄淮旱地审定的67个小麦品种为试验材料,分析其主要农艺性状及品质性状的演化规律,以期为黄淮旱地小麦育种提供方向和理论依据,推动小麦生产的可持续发展。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验材料为2006—2023年通过国家审定的67个黄淮旱地小麦品种(表1)。67个小麦品种分布区域见表2,其中山东18个,河北和山西分别有16个和13个,河南10个,陕西5个,北京3

个,安徽 2 个。

1.2 数据来源

数据来源于中国种业大数据平台(<http://202.127.42.145/bigdataNew/>),为两年多点区域试验结果的平均值。指标包括农艺性状株高、有效穗数、穗粒数、千粒重、产量和品质性状蛋白

质含量、湿面筋含量、稳定时间、容重、吸水率。

1.3 数据分析

采用 Excel 2010 进行数据整理与分析,并绘制图表,用 SPSS 27.0 进行变异分析、通径分析,利用 Origin 2024 进行相关性分析、线性拟合分析和聚类分析。

表 1 审定品种
Table 1 Approved varieties

序号 Number	品种 Variety	序号 Number	品种 Variety	序号 Number	品种 Variety	序号 Number	品种 Variety
1	鲁农 116 Lunong 116	18	中信麦 28 Zhongxinmai 28	35	河农 9204 Henong 9204	52	西农 219 Xinong 219
2	洛早 6 号 Luohan 6	19	中信麦 78 Zhongxinmai 78	36	洛早 28 号 Luohan 28	53	运早 115 Yunhan 115
3	洛早 7 号 Luohan 7	20	石麦 28 Shimai 28	37	西农 198 Xinong 198	54	洛早 15 号 Luohan 15
4	山农优麦 2 号 Shannongyoumai 2	21	洛早 22 号 Luohan 22	38	徽研 1515 Huiyan 1515	55	品育 8161 Pinyu 8161
5	石麦 19 Shimai 19	22	阳光 818 Yangguang 818	39	垦星 7 号 Kenxing 7	56	晋麦 100 号 Jinmai 100
6	洛早 11 号 Luohan 11	23	泰科麦 30 Taikemai 30	40	齐民 13 Qimin 13	57	长 6990 Chang 6990
7	衡 136 Heng 136	24	垦星 5 号 Kenxing 5	41	山农 42 Shannong 42	58	中麦 36 Zhongmai 36
8	中麦 175 Zhongmai 175	25	齐民 8 号 Qimin 8	42	衡麦 36 Hengmai 36	59	中信麦 68 Zhongxinmai 68
9	烟农 863 Yannong 863	26	泰田麦 118 Taitianmai 118	43	衡麦 33 Hengmai 33	60	品育 8155 Pinyu 8155
10	衡 6632 Heng 6632	27	衡 H1217 Heng H1217	44	临早 6 号 Linhan 6	61	铜麦 6 号 Tongmai 6
11	山农 26 Shannong 26	28	圣麦 105 Shengmai 105	45	长 6359 Chang 6359	62	临早 8 号 Linhan 8
12	阳光 578 Yangguang578	29	登海 202 Denghai 202	46	运早 20410 Yunhan 20410	63	长 7080 Chang 7080
13	青麦 6 号 Qingmai 6	30	石麦 31 Shimai 31	47	洛早 9 号 Luohan 9	64	运早 1512 Yunhan 1512
14	冀麦 418 Jimai 418	31	冀麦 325 Jimai 325	48	西农 928 Xinong 928	65	渭麦 9 号 Weimai 9
15	中信麦 9 号 Zhongxinmai 9	32	泰科麦 38 Taikemai 38	49	洛早 13 号 Luohan 13	66	徽研 56 Huiyan 56
16	农大 5181 Nongda 5181	33	济麦 52 Jimai 52	50	沧麦 6005 Cangmai 6005	67	运早 1392 Yunhan 1392
17	山农 25 Shanong 25	34	济麦 60 Jimai 60	51	运早 618 Yunhan 618		

表 2 2006—2023 年黄淮旱地审定小麦品种分布

Table 2 Distribution of wheat varieties approved
for the Huanghuai dryland from 2006—2023

省份 Province	审定年份 Appraisal year				总计 Total
	2006— 2009	2010— 2013	2014— 2017	2018— 2023	
山东 Shandong	2	1	2	13	18
河北 Hebei	1	3	2	10	16
山西 Shanxi	3	1	3	6	13
河南 Henan	5	—	2	3	10
陕西 Shaanxi	1	1	—	3	5
安徽 Anhui	—	—	—	2	2
北京 Beijing	—	1	1	1	3

2 结果与分析

2.1 小麦品种农艺和品质性状变化

由表 3 可知,2006—2023 年通过国家审定的黄淮旱地小麦品种间农艺性状和品质性状差异较大。在农艺性状方面,株高平均 78.06 cm,变化范围为 70.00 cm(渭麦 9 号)~94.7 cm(阳光 818),变异系数为 6.82%;有效穗数平均 555.8×10^4 穗 $\cdot$ hm⁻²,变化范围为 451.50×10^4 穗 $\cdot$ hm⁻²(洛早 13 号)~ 682.50×10^4 穗 $\cdot$ hm⁻²(中麦 175),变异系数为 8.49%;穗粒数平均为 31.6 粒,变化范围为 25.50 粒(西农 928)~38.20 粒

(石麦 19), 变异系数为 7.18%; 千粒重平均 40.56 g, 变化范围为 32.40(运早 618)~46.80 g(农大 5181), 变异系数为 6.80%; 产量平均 5 667.12 kg·hm⁻², 变化范围为 4 069.50 kg·hm⁻²(沧麦 6005)~7 590.00 kg·hm⁻²(石麦 19), 变异系数为 14.37%。被测农艺性状的变异系数在 6.80%~14.37% 之间, 其中产量的变异系数最大, 说明不同年份审定品种间产量存在较大差异。在品质性状方面, 蛋白质含量平均 14.06%, 变化范围为 12.50%(渭麦 9 号)~16.30%(运早 20410), 变异系数为 6.12%; 湿面筋含量平均 31.45%, 变化范围为 26.50%(衡 136)~37.10%(山农 25), 变异系数为 7.69%; 容重平均 800.55 g·L⁻¹, 变化

范围为 766.00 g·L⁻¹(临旱 8 号)~834.00 g·L⁻¹(泰科麦 30), 变异系数为 2.23%; 吸水率平均 59.56%, 变化范围为 53.40%(中麦 175)~65.00%(西农 198), 变异系数为 3.98%。蛋白质含量、湿面筋含量和容重的变异系数介于 2.23%~7.69% 之间, 表现相对稳定。稳定时间平均 5.02 min, 以运早 1512 最低(0.50 min), 中信麦 68 最高(18.90 min), 变异系数达 72.31%, 远高于其他性状, 说明稳定时间在不同小麦品种间存在较大差异。综上所述, 黄淮旱地审定小麦品种农艺性状的变异系数表现为产量>有效穗数>穗粒数>株高>千粒重, 品质性状的变异系数表现为稳定时间>湿面筋含量>蛋白质含量>吸水率>容重。

表 3 主要农艺性状和品质性状分析
Table 3 Analysis of major agronomic traits and quality traits

性状 Trait	最大值 Min	最小值 Max	平均值 Mean	标准差 SD	变异系数 CV/%
株高 PH/cm	94.70	70.00	78.06	5.32	6.82
有效穗数 EPN/(×10 ⁴ 穗·hm ⁻²)	682.50	451.50	555.80	47.24	8.49
穗粒数 GNPS	38.20	25.50	31.60	2.27	7.18
千粒重 TGW/g	46.80	32.40	40.56	2.76	6.80
产量 Yield/(kg·hm ⁻²)	7 590.00	4 069.50	5 667.12	814.38	14.37
蛋白质含量 PC/%	16.30	12.50	14.06	0.86	6.12
湿面筋含量 WGC/%	37.10	26.50	31.45	2.42	7.69
容重 TW/(g·L ⁻¹)	766.00	834.00	800.55	17.89	2.23
稳定时间 ST/min	18.90	0.50	5.02	3.63	72.31
吸水率 WAR/%	65.00	53.40	59.56	2.37	3.98

PH: Plant height; EPN: Effective spike number; GNPS: Grain number per spike; TGW: Thousand-grain weight; PC: Protein content; WGC: Wet gluten content; TW: Test weight; ST: Stability time; WAR: Water absorption rate. The same in below.

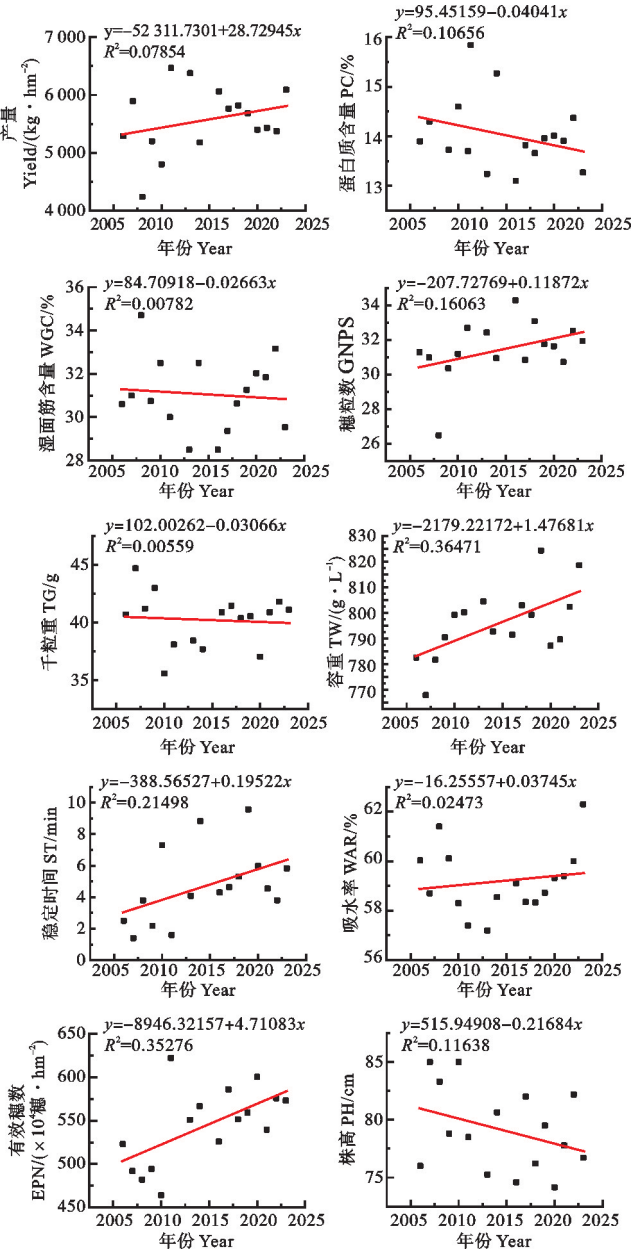
2.2 审定小麦品种性状变化趋势

由图 1 可知, 在 2006—2023 年间, 黄淮旱地审定小麦品种的不同农艺性状和品质性状呈现出不同的变化趋势。就农艺性状而言, 株高呈下降趋势, 年均下降 0.21 cm; 穗粒数有增高趋势, 年均增加 0.11 粒; 千粒重略有下降, 年均降低 0.03 g; 有效穗数和产量均呈现上升趋势, 年均分别增加 4.71×10⁴穗·hm⁻² 和 28.73 kg·hm⁻²。其中, 2008—2010 年期间有效穗数、千粒重、穗粒数以及产量变化幅度较大, 这主要是因为该时段极端气候事件频发。具体而言, 2008 年初雨雪冰冻灾害影响小麦越冬, 而 2009 至 2010 年黄淮流域持续干旱, 严重制约了冬小麦分蘖成穗和灌浆物质积累, 导致产量三要素的波动。在

品质性状方面, 蛋白质含量和湿面筋含量呈现缓慢下降趋势, 年均分别下降 0.04% 和 0.03%; 稳定时间呈递增趋势, 年均增加 0.20 min; 容重和吸水率逐步上升, 年均增加分别为 1.48 g·L⁻¹ 和 0.04%。

2.3 主要农艺性状和品质性状的相关性

相关性分析(图 2)表明, 产量与千粒重、穗粒数、有效穗数呈显著($P < 0.05$)或极显著($P < 0.01$)正相关, 说明这些性状对于提升小麦产量具有积极的促进作用。而株高与产量呈显著负相关, 与穗粒数呈极显著负相关。有效穗数与穗粒数呈极显著正相关。在品质性状中, 蛋白质含量与湿面筋含量呈极显著正相关, 容重与吸水率呈显著正相关。其余性状间相关不显著。



PH: Plant height; EPN: Effective spike number; GNPS: Grain number per spike; TGW: Thousand-grain weight; PC: Protein content; WGC: Wet gluten content; TW: Test weight; ST: Stability time; WAR: Water absorption rate. The same in below.

图1 2006—2023 黄淮旱地审定小麦品种农艺和品质性状变化

Fig. 1 Agronomic and quality traits of the wheat varieties approved in Huanghuai dryland from 2006 to 2023

2.4 主要农艺性状对产量的通径分析

相关性分析仅能揭示变量之间的关联程度，并不能准确地反映出各农艺性状对产量的具体贡献大小。为了更深入地探究农艺性状与产量之间的内在联系，对其进行通径分析，结果(表4)发现，在67个黄淮旱地审定的小麦品种中，主要农

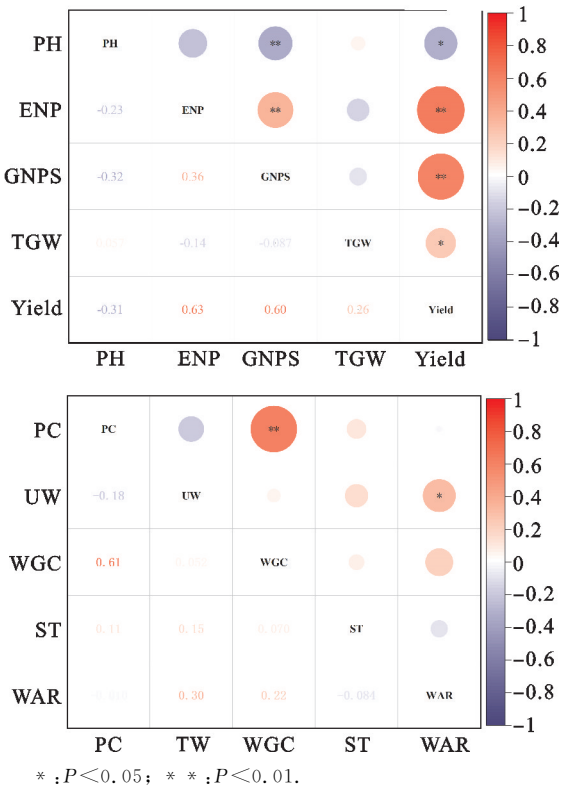


图2 主要农艺性状和品质性状的相关性分析

Fig. 2 Correlation analysis of major agronomic traits and quality traits

艺性状对产量的直接贡献大小表现为有效穗数(0.488)>千粒重(0.356)>穗粒数(0.303)>株高(-0.069)，进一步说明有效穗数、穗粒数和千粒重对产量有正效应，而株高有负效应，所以应适当控制株高，提升有效穗数、千粒重和穗粒数，可以达到增产的目的。

2.5 主要品质性状聚类分析

基于蛋白质含量、湿面筋含量、容重、稳定时间和吸水率5个品质性状进行聚类分析，将67个小麦品种划分为4类(表5、图3)。第I类有2个品种，分别为山农26和中信麦68，稳定时间和容重均值为4个类群中最高，湿面筋含量和蛋白质含量均值仅次于第II类；第II类有4个品种，吸水率、湿面筋含量和蛋白质含量均值在4个类群中最高，容重均值略低于第I类和第III类，该类群品种与山农优麦2号品质较近；第III类有43个品种，数量最多，蛋白质含量和稳定时间均值为4个类群中最低，该类群品种与登海202品质较近；第IV类有18个品种，容重均值为4个类群中最低，稳定时间均值与第III类相近，该类群品种与临早6号品质较近。

表 4 主要农艺性状对产量的通径分析

Table 4 Path analysis of major agronomic traits on yield

作用因子 Action factor	相关系数 Coefficient	直接通径系数 Direct path coefficient	间接通径系数 Indirect flux coefficient			
			有效穗数 EPN	穗粒数 GNPS	千粒重 TGW	株高 PH
有效穗数 EPN	0.511	0.488	—	0.180	−0.068	−0.131
穗粒数 GNPS	0.602	0.303	0.111	—	−0.016	−0.121
千粒重 TGW	0.263	0.356	−0.049	−0.019	—	0.160
株高 PH	−0.306	−0.069	−0.018	−0.027	0.003	—

表 5 不同类群各品质性状平均值

Table 5 Average values of quality characters in different groups

品质性状 Quality trait	类群 Cluster group			
	第Ⅰ类群 Class I	第Ⅱ类群 Class II	第Ⅲ类群 Class III	第Ⅳ类群 Class IV
蛋白质含量 PC/%	15.40	15.94	13.72	14.27
湿面筋含量 WGC/%	32.93	34.98	30.91	31.68
容重 TW/(g·L ^{−1})	823.00	790.20	818.98	777.47
稳定时间 ST/min	17.98	5.38	4.49	4.76
吸水率 WAR/%	58.20	60.28	59.71	58.87

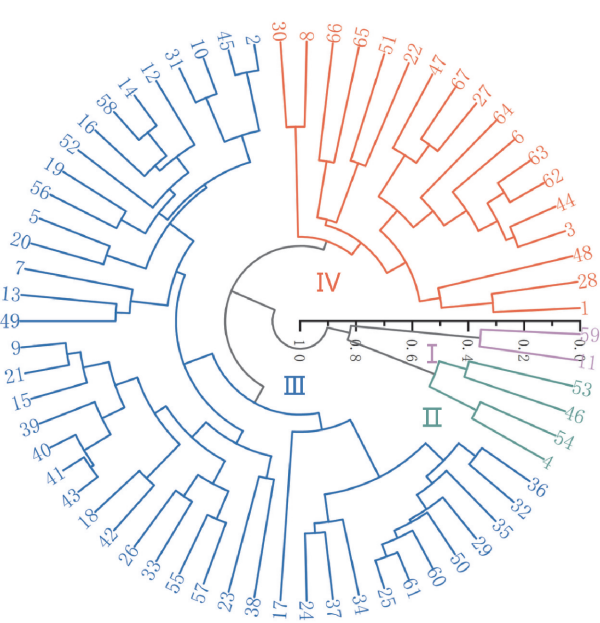


图 3 主要品质性状聚类分析

Fig. 3 Cluster analysis of main quality traits

3 讨论

3.1 小麦农艺性状和品质性状的演变趋势

本研究对 2006—2023 年近 18 年通过国家审定的 67 个黄淮旱地小麦品种的农艺性状和品质性状变化趋势进行了分析,结果发现,株高呈逐年下降趋势,平均株高 78.06 cm。李朴芳等^[11]研究发现,旱地小麦理想株高为 80~100 cm 左右,适

当降低株高能够增强植株的抗倒伏能力,减少倒伏现象,保障小麦光合作用的正常进行和养分的有效运输,最终实现产量的增加。有效穗数和穗粒数呈上升趋势,千粒重呈小幅度下降趋势,说明有效穗数和穗粒数的增加是推动黄淮旱地小麦产量提升的主要因素。孟丽梅等^[12]对黄淮旱地小麦品种主要性状的研究发现,在影响产量的诸多因素中,有效穗数的作用最为显著,是提升产量的关键因素。产量呈现增长态势,变异系数 14.37%,不同年份审定的品种间产量差异较大,例如产量最高的石麦 19 和产量最低的沧麦 6005 间相差 3 520.50 kg·hm^{−2}。这主要是因为黄淮旱地气候条件复杂多变、年际间的降水分布不均等因素所致;其次,不同品种对干旱、高温等逆境的耐受能力不同也是导致产量差异显著的原因。

在本研究中,67 个黄淮旱地小麦品种的容重、蛋白质含量和湿面筋含量呈逐年缓慢下降趋势,而稳定时间则呈递增趋势。丁明亮等^[13]针对云南育成小麦品种开展相关研究,发现容重和粗蛋白含量随年度推移呈上升趋势。而沈磊等^[14]分析了近年来河南省小麦审定品种主要性状的演变规律,结果显示,随着年份推移,粗蛋白含量快速上升,湿面筋含量和容重则缓慢降低。本试验结果与上述研究有相同之处,也存在差异。这可能与小麦品种所属区域不同有关系,不同区域的小麦品种在长期的自然选择和人工选育过程中,

形成了各自独特适应性特征,在具体区域和具体品种上,受到多种复杂因素的影响而表现出一定的差异性。

3.2 性状之间的相关性

本研究中,产量与千粒重、穗粒数、有效穗数呈显著或极显著正相关,再次证明千粒重、穗粒数和有效穗数的协同提升对增产至关重要。这与潘晓东等^[15]对黄淮南片水地组小麦区试品种的研究结果一致。高艳梅等^[16]在研究近20年中国小麦品种产量和品质性状变化时发现,在北部冬麦区,产量与穗数和千粒重显著相关,株高与产量呈显著负相关,与穗粒数呈极显著负相关,有效穗数与穗粒数呈极显著正相关。在品质性状的相关性分析中,蛋白质含量与湿面筋含量呈极显著正相关,容重与吸水率呈显著正相关。这与潘秋晓等^[17]对小麦高代育种品系研究结果一致。

3.3 主要农艺性状对产量的贡献

在67个黄淮旱地审定的小麦品种中,有效穗数的通径系数最大(0.488),其决定小麦群体数量的大小,对产量的直接贡献最大,这与传统育种观点一致^[18-19]。而千粒重和穗粒数的通径系数分别为0.356和0.303,穗粒数受有效穗数和环境因素的制约,对产量的直接贡献次之。千粒重主要衡量小麦籽粒的饱满程度,但其稳定性较差,易受灌浆期气候影响,所以对产量的直接贡献通常小于有效穗数和穗粒数。张俊灵等^[20]研究了北部冬麦区旱地小麦品种的演变规律,发现对产量的直接贡献大小表现为有效穗数>穗粒数>株高,本研究结论与其一致。此外,许世蛟等^[21]对江苏省小麦品种资源的农艺性状变化进行分析,认为随着育种时间推移,小麦产量呈现递增趋势,株高显著下降。李润芳等^[22]在探究山东省近60年主要小麦品种农艺性状的变化时也发现,通过审定的小麦品种产量逐渐增加,而株高则显著降低。本研究中,株高对产量直接影响较小,其通径系数为负数(-0.069),可能因为株高过高,易倒伏导致减产,过低则会影响光合效率,适当降低株高、提高有效穗数和穗粒数及千粒重,是增加产量的有效途径。

3.4 品质聚类分析评价

本试验通过聚类分析将67个小麦品种划分为4个类群。第Ⅰ类包含2个小麦品种,该类群主要特点是容重和稳定时间上表现优异,容重与出粉率呈正相关,高容重意味着能够产出更高比

例的面粉;稳定时间长则面团的耐搅拌性和加工性能较好。第Ⅱ类包含4个小麦品种,该类群主要特点是蛋白质含量和湿面筋含量较高,适合制作面包等。第Ⅲ类包含43个品种,是4个类群中品种数量最多的,该类群各项指标表现较为均衡,整体品质中等。第Ⅳ类包含18个,该类群小麦品种特点是容重较低,蛋白质含量和湿面筋含量处于中等水平,但稳定时间较短,适合用于制作面条等。类似的研究中,张凡等^[23]运用聚类分析方法,对黄淮南片育成的35份小麦品种的品质性状进行了分析,将其划分为6大类群,品质性状在不同类群间同样存在显著差异。

4 结论

黄淮旱地小麦育种应在稳定株高的基础上,着重提升有效穗数,并协同提升穗粒数和千粒重以增加产量;通过聚类分析发现,第Ⅲ和第Ⅳ类群的小麦品质性状处于中等偏低水平,而该类群的品种数量最多,占比高达89%,说明黄淮旱地的小麦品质还有较大的提升空间,应着力加以改进,从而实现小麦高产与优质兼具的目的。

参考文献:

- [1] NOOR H, ALISHAH A, DING P C, *et al.* Long-term nutrient cycle in improved grain yield of dryland winter wheat (*Triticum aestivum* L.) under hydrological process of plant ecosystem distribution in the Loess Plateau of China [J]. *Plants*, 2023, 12(12): 2369.
- [2] DIDARI S, TALEBNEJAD R, BAHRAMI M, *et al.* Dryland farming wheat yield prediction using the Lasso regression model and meteorological variables in dry and semi-dry region [J]. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 2023, 37(10): 3967.
- [3] 李龙, 毛新国, 王景一, 等. 小麦种质资源抗旱性鉴定评价 [J]. *作物学报*, 2018, 44(7): 988.
LI L, MAO X G, WANG J Y, *et al.* Drought tolerance evaluation of wheat germplasm resources [J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2018, 44(7): 988.
- [4] 孙军伟, 杨子光, 孟丽梅, 等. 北部冬麦区旱地小麦品种主要农艺性状的演变规律 [J]. *山西农业科学*, 2018, 46(7): 1078.
SUN J W, YANG Z G, MENG L M, *et al.* Evolution rule of main agronomic traits of dry land wheat varieties in northern winter wheat region [J]. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 2018, 46(7): 1078.
- [5] LI Q, GAO Y, KADER M H A, *et al.* Effects of warming and drought stress on the growth characteristics, photosynthetic transpiration rates, and yield of winter wheat [J]. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*,

- 2024,17(3):121.
- [6]王爱珍.全球气候变暖对我国小麦生产的影响[J].四川农业科技,2017(8):48.
- WANG A Z. Influence of global warming on wheat production in China [J]. *Sichuan Agricultural Science and Technology*, 2017(8):48.
- [7]胡卫国,赵虹,王西成,等.黄淮冬麦区小麦品种品质改良现状分析[J].麦类作物学报,2010,30(5):936.
- HU W G, ZHAO H, WANG X C, *et al.* Quality improvement of winter wheat in Huang-Huai river wheat zone [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2010,30(5):936.
- [8]刘新月,裴磊,卫云宗.黄淮旱地小麦品种产量性状演变研究[J].农学学报,2015,5(7):1.
- LIU X Y, PEI L, WEI Y Z, *et al.* Study on variations of yield traits for dryland wheat varieties in Huang-Huai Plain [J]. *Journal of Agriculture*, 2015,5(7):1.
- [9]杨子光,张珂,孙军伟,等.黄淮冬麦区旱薄地小麦品种主要性状演变规律[J].陕西农业科学,2020,66(9):9.
- YANG Z G, ZHANG K, SUN J W, *et al.* Evolution law of main characters of winter wheat planted in dry and infertile land of Huang-Huai river area [J]. *Shaanxi Journal of Agricultural Sciences*, 2020,66(9):9.
- [10]胡学旭,孙丽娟,周桂英,等.2000—2015年国家黄淮和北部冬麦区域试验品种品质分析[J].中国农业科学,2016,49(24):4677.
- HU X X, SUN L J, ZHOU G Y, *et al.* Quality variation of national tested varieties in northern winter wheat region and Huang-Huai river valley winter wheat region from 2000 to 2015 [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2016,49(24):4677.
- [11]李朴芳,程正国,赵鸿,等.旱地小麦理想株型研究进展[J].生态学报,2011,31(9):2631.
- LI P F, CHENG Z G, ZHAO H, *et al.* Current progress in plant ideotype research of dryland wheat (*Triticum aestivum* L.) [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2011,31(9):2631.
- [12]孟丽梅,杨子光,孙军伟,等.近10a黄淮旱地小麦品种主要性状的演变[J].山西农业科学,2019,47(8):1341.
- MENG L M, YANG Z G, SUN J W, *et al.* Evolution of main traits of wheat varieties in Huang-Huai dryland in recent 10 years [J]. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 2019,47(8):1341.
- [13]丁明亮,林丽萍,李明菊,等.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[J].南方农业学报,2020,51(2):255.
- DING M L, LIN L P, LI M J, *et al.* Genetic diversity analysis and comprehensive evaluation of quality traits of wheat varieties(lines) bred in Yunnan [J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2020,51(2):255.
- [14]沈磊,赵凯铭.近年来河南省小麦审定品种主要性状的演变规律[J].农业科技通讯,2016(1):54.
- SHEN L, ZHAO K M. Evolution of main characters of wheat varieties approved in Henan Province in recent years [J]. *Bulletin of Agricultural Science and Technology*, 2016(1):54.
- [15]潘晓东,韩爱民,徐建伟,等.小麦产量与主要农艺性状的相关性分析[J].现代化农业,2024(12):2.
- PAN X D, HAN A M, XU J W, *et al.* Correlation of wheat yield with major agronomic traits [J]. *Modernizing Agriculture*, 2024(12):2.
- [16]高艳梅,景茂雅,陈薇薇,等.近20年来中国小麦品种产量和品质性状变化分析[J].麦类作物学报,2024,44(9):1152.
- GAO Y M, JING M Y, CHEN W W, *et al.* Analysis of yield and quality traits of wheat cultivars over the past 20 years in China [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2024,44(9):1152.
- [17]潘秋晓,彭莉,陈建省,等.小麦高代育种品系的蛋白质含量和淀粉组分与面粉糊化特性相关性分析[J].粮油食品科技,2021,29(2):34.
- PAN Q X, PENG L, CHEN J S, *et al.* Correlation analysis of wheat protein and starch components to flour gelatinization characteristics using advanced breeding lines [J]. *Science and Technology of Cereals, Oils and Foods*, 2021,29(2):34.
- [18]BHUTT A, MANZOOR W. Role of some agronomic traits for grain yield production in wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under drought conditions [J]. *Revista Cientifica UDO Agrícola*, 2006,6(1):11.
- [19]ZAREI L, CHEGHAM K, FARSHADLFAR E, *et al.* Evaluation of grain yield and some agronomic characters in durum wheat (*Triticum turgidu* L.) under rainfed conditions [J]. *Australian Journal of Crop Science*, 2013,7(5):609.
- [20]张俊灵,闫金龙,张东旭,等.北部冬麦区旱地小麦品种的演变规律[J].麦类作物学报,2017,37(8):1017.
- ZHANG J L, YAN J L, ZHANG D X, *et al.* Evolution rule of wheat varieties in dryland of northern winter wheat zone [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2017,37(8):1017.
- [21]许世蛟,熊小丽,谢梦洁,等.江苏省小麦品种资源农艺性状演变规律研究[J].湖南农业科学,2009(9):1.
- XU S J, XIONG X L, XIE M J, *et al.* Study on the changes of agronomic traits of wheat in Jiangsu Province, China [J]. *Hunan Agricultural Sciences*, 2009(9):1.
- [22]李润芳,张晓冬,王栋,等.山东省近60年来主推小麦品种主要农艺性状演变规律[J].中国农学通报,2019,35(7):20.
- LI R F, ZHANG X D, WANG D, *et al.* Evolution characteristics of major agronomic characters of main planting wheat varieties in Shandong Province in 60 years [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2019,35(7):20.
- [23]张凡,杨春玲,刘国涛.近年来黄淮南片育成小麦品种(系)农艺、产量及品质性状综合分析与评价[J].江苏农业科学,2022,50(21):90.
- ZHANG F, YANG C L, LIU G T. Comprehensive analysis and evaluation of the agronomic traits, yield, and quality characteristics of the wheat varieties(lines) developed in the Huanghuai south plain in recent years [J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2022,50(21):90.