

2011—2024年黄淮冬麦区南片国审小麦品种产量、品质及抗病性分析

葛冬冬¹,王粤生¹,王长有¹,陈春环¹,刘新伦¹,邓平川¹,
李停栋¹,王弘²,郑祥博²,杨海波²,吉万全¹,赵继新¹

(1.西北农林科技大学农学院,陕西杨凌 712100; 2.陕西省种子工作总站,陕西西安 710018)

摘要:为了解近年来黄淮冬麦区南片国审小麦品种的产量、品质、抗病性及亲本使用情况,为小麦新品种培育提供参考,对2011—2024年黄淮冬麦区南片国审小麦品种的产量、品质、抗病性和亲本使用情况进行分析。结果表明,2011至2024年黄淮南片国审通过小麦品种574个,其产量呈逐年增加趋势,年均增产 $58.4\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$;产量与千粒重呈极显著正相关($P<0.01$),与穗粒数呈显著正相关($P<0.05$)。品质性状中,容重、稳定时间、吸水率均呈缓慢增加趋势,湿面筋含量基本稳定。品质属中筋、强筋和中强筋的品种分别有459、26和67个,占比分别79.97%、4.53%和6.97%,优质品种呈增加趋势。抗病性方面,抗条锈病品种96个,占比16.72%,其中高抗和免疫品种40个,占比6.97%;无高抗赤霉病和白粉病品种,中抗赤霉病和白粉病品种分别有8和7个,占比分别为1.39%和1.22%;高抗和中抗纹枯病品种分别有2和5个,合计占比1.22%;兼抗2种以上病害的品种9个,占比1.57%。育种方式以单交组合育种为主,占比72.30%。分析亲本来源,574个品种共应用到489个亲本,其中5个亲本被高频使用,分别是周麦18(41次)、济麦22(43次)、百农矮抗58(73次)、周麦22(82次)和周麦16(90次)。黄淮冬麦区南片国审小麦品种中优质品种数量较少,抗赤霉病和白粉病品种欠缺,育种方式较为单一,亲本使用较为集中,今后应拓宽遗传基础,丰富育种方式,加强优质和抗病品种的培育。

关键词:黄淮冬麦区;小麦品种;产量;品质;抗病性

中图分类号:S512.1;S330

文献标识码:A

文章编号:1009-1041(2025)09-1180-10

Analysis on Yield, Quality and Disease Resistance of Wheat Varieties in the Southern Huang-Huai Winter Wheat Region from 2011 to 2024

GE Dongdong¹, WANG Yuesheng¹, WANG Changyou¹, CHEN Chunhuan¹, LIU Xinlun¹, DENG Pingchuan¹,
LI Tingdong¹, WANG Hong², ZHENG Xiangbo², YANG Haibo², JI Wanquan¹, ZHAO Jixin¹

(1. College of Agronomy, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Shaanxi Province Seed Work Station, Xi'an, Shaanxi 710018, China)

Abstract: In order to understand the yield, quality, disease resistance and parental use of new wheat varieties in the southern Huanghuai winter wheat region in recent years, and to provide reference for the cultivation of new wheat varieties, this study analyzed the yield, quality, disease resistance, and parental use of wheat in the southern Huang-Huai winter wheat region from 2011 to 2024. The results showed that from 2011 to 2024, there were totally 574 wheat varieties, and the yield increased year by year, with an average annual increase of $58.4\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$. Among the three yield components, there was a significantly positive correlation between yield and 1 000-grain weight ($P<0.01$). Yield was significantly correlated with the number of grains per spike ($P<0.05$). Among the quality traits,

收稿日期:2024-08-28

修回日期:2024-11-17

基金项目:陕西省省级农业专项现代种业发展项目;科技创新 2030 重大项目(2023ZD0402503)

第一作者 E-mail:3354547299@qq.com(葛冬冬)

通讯作者 E-mail:jiwanquan2008@126.com(吉万全);zhjx881@163.com(赵继新)

the bulk density, stability time and water absorption all showed a slow increase trend, and the wet gluten content was basically stable. There are 459 medium-gluten varieties, accounting for 79.97%, 26 strong gluten varieties, accounting for 4.53%, and 67 medium-strong gluten varieties, accounting for 11.67%. High-quality varieties are on the increase. In terms of disease resistance, among the 574 varieties, 96 varieties are resistant to stripe rust, accounting for 16.72%, of which 40 varieties are highly resistant or immune, accounting for 6.97%. There are no varieties with high resistance to Fusarium head blight(FHB) or powdery mildew, only 8 and 7 varieties with moderate resistance to FHB and powdery mildew, accounting for 1.39% and 1.22%, respectively. There are only 2 and 5 varieties with high resistance and moderate resistance to sheath blight, accounting for 1.22% in total. There are 9 varieties resistant to more than two diseases, accounting for 1.57%. Single cross combination breeding is the main breeding method, accounting for 72.30%. A total of 489 parental materials were applied for breeding the 574 varieties, among which 5 parental materials were frequently used: Zhoumai 18(41 times), Jimai 22(43 times), Bainong Aikang 58(73 times), Zhoumai 22(82 times), and Zhoumai 16(90 times). The analysis showed that the number of good-quality varieties in the national approval of the southern Huang-Huai winter wheat region is small; the varieties resistant to FHB and powdery mildew are lacking; the breeding method is relatively simple, and the use of parental materials is relatively concentrated. In the future, we should broaden the genetic basis, enrich the breeding methods and strengthen the cultivation of good-quality and disease-resistant varieties.

Keywords: Huang-Huai winter wheat region; Wheat varieties; Yield; Quality; Disease resistance

小麦是仅次于水稻的第二大粮食作物,在中国农业发展中具有重要地位^[1]。中国是全球最大的小麦生产国和消费国,2023年总产 1.345×10^{11} kg,播种面积 2.306×10^7 hm²,平均单产为 $5\ 834.3$ kg·hm⁻²(<https://www.stats.gov.cn>),为世界粮食安全做出了巨大的贡献。

许多研究者对中国不同小麦生产区域、不同年代育成品种的产量、品质、抗病性等性状进行了分析。张运校等^[2]对2015—2018年黄淮冬麦区国家区域试验参试小麦的产量三因素进行了分析,发现有效穗数对产量作用最大,其次是千粒重,认为育种中要重视有效穗数,协调穗粒数和千粒重的关系,进而实现产量最大化。张会芳等^[3]对河南省2020年主推的20个半冬性小麦品种进行产量和品质性状分析,发现稳定时间、穗粒数和产量变异系数较大,容重变异系数较小,遗传基础较为狭窄。王晓乐等^[4]对2003—2013年黄淮麦区南片国审小麦品种产量三因素进行分析,发现适当减少穗粒数,增加有效穗数、千粒重和容重,对于提高小麦的产量和品质具有积极意义。郝天佳等^[5]分析1991—2018年国家审定小麦品种的产量与品质,发现随着年份的更替,产量和审定品种的数量显著增加,产量增加是三要素协同作用的结果。齐双丽等^[6]对2017—2021年黄淮南片

冬小麦品种农艺性状和品质性状进行分析,发现产量和株高随着年份增加而增加,面团稳定时间是影响小麦品质的关键因素,该区小麦品种具有丰富的遗传多样性。李爱国等^[7]对2001—2020年河南省审定小麦品种进行分析,发现品种选育以种间杂交为主,审定品种大多是中筋品种,强筋品种较少,遗传同质化严重,需要重点改善蛋白质质量。马玲等^[8]对2004—2022年甘肃省审定小麦品种进行分析,发现使用亲本单一,遗传基础狭窄,品种对条锈病的抗性较好,但年际间波动较大。这些研究从不同角度分析了中国不同生态区域小麦育成品种的产量、品质等发展趋势。

黄淮麦区是中国生态条件最适宜小麦生长的地区,小麦种植面积和产量在各麦区中均处于第一位,对国家粮食安全有举足轻重的作用^[9]。但有关近些年黄淮冬麦区南片国审小麦新品种的产量、品质、抗病性及亲本利用等情况的全面分析尚未见报道。随着品种审定渠道的拓宽,审定品种数量迅速增加,有必要对近十多年来黄淮冬麦区南片国审小麦新品种的产量、品质、抗病性及亲本利用情况等进行深入分析。为此,本研究对2011—2024年黄淮冬麦区南片国审小麦品种性状数据进行汇总,分析其产量、品质、抗病性和亲本利用情况,以期今后小麦新品种培育提供参考。

1 材料与方法

1.1 数据来源

数据来源于全国农业技术推广服务中心官方网站(<https://www.natesc.org.cn>)国家小麦品种审定公告。其中,产量性状包括株高、有效穗数、穗粒数、千粒重和产量;品质性状包括容重、蛋白质含量、湿面筋含量、稳定时间、吸水率、最大拉伸阻力和拉伸面积;抗病性主要有抗赤霉病、白粉病、条锈病、叶锈病和纹枯病的鉴定结果。

1.2 数据处理

采用 EXCEL、ORIGIN 2018 和 SPSS 25 软件进行数据统计、分析和作图。

2 结果与分析

2.1 小麦品种数量分析

2011—2024 年,黄淮冬麦区南片通过国家审定的小麦品种共 574 个,审定数量呈增长趋势(图 1),其中 2022—2024 年数量为 294 个,占比 51.2%,2023 年最多,为 106 个,占比 18.5%。

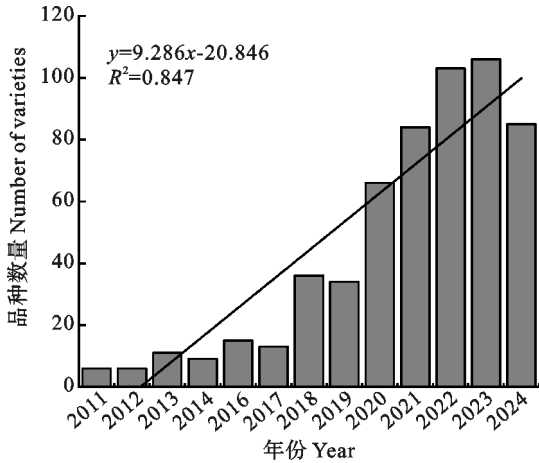


图 1 2011—2024 国审小麦品种数量

Fig. 1 Number of national approved wheat varieties in 2011—2024

2.2 产量相关性状分析

从图 2A 和表 1 可以看出,供试品种的株高介于 68.20~98.10 cm,平均 80.38 cm,株高总体呈缓慢升高趋势,年均升高 0.23 cm,2011—2013 年平均值为 79.40 cm,2022—2024 年的平均值为 81.64 cm,总体表现较稳定。有效穗数在 370.50 万~702.00 万·hm⁻² 之间,平均 604.71 万·hm⁻²,总体表现平稳(图 2B)。穗粒数介于 27.00~54.40 粒,平均 34.53 粒。千粒重介于 37.00~55.90

g,平均 45.13 g。穗粒数和千粒重均呈缓慢升高趋势,年均分别增加 0.27 粒和 0.24 g(图 2C 和 2D)。产量逐年增加,平均值由 2011 年的 7 819.00 kg·hm⁻² 增加到 2024 年的 8 636.00 kg·hm⁻²,年均增产 58.40 kg·hm⁻²,年均增幅 0.75%。变异系数由大到小依次为穗粒数(7.27%)、产量(7.15%)、千粒重(5.96%)、有效穗数(5.62%)和株高(5.49%)(表 1)。相关性分析显示,产量与千粒重呈极显著正相关($P<0.01$),与穗粒数呈显著正相关($P<0.05$),与株高呈极显著负相关,产量构成因素间均呈负相关(表 2)。说明 2011—2024 年间,黄淮冬麦区南片国审品种株高呈上升趋势,产量呈增加趋势,产量增加的主要原因是穗粒数和千粒重的增加。

2.3 品质性状分析

根据 2017 年《主要农作物品种审定标准(国家级)》中小麦优质品种分类标准^[10],574 个品种中,强筋品种 26 个,占比 4.53%;中强筋品种 67 个,占比 11.67%,二者合计占比 16.20%;中筋品种 481 个,占比 83.80%,无弱筋品种(图 3)。2022—2024 年间审定的强筋品种为 16 个,占强筋总数的 61.54%,表明近 3 年黄淮冬麦区南片强筋小麦品种数量明显增加。

574 个审定品种的品质指标中,容重介于 767.00~855.85 g·L⁻¹,平均 809.85 g·L⁻¹(表 3),呈逐年升高趋势(图 4A),变异系数为 1.79%(表 4),表明不同品种间容重差异较小,该性状较为稳定;有 523 个品种达到了一级小麦标准(≥ 790 g·L⁻¹),占比 91.11%。蛋白质含量介于 12.25%~16.55%,平均 14.20%,呈逐年缓慢降低趋势(图 4B),变异系数为 5.21%(表 3)。其中,蛋白质含量 $\geq 15.0\%$ 的品种有 81 个,占比 14.11%;蛋白质含量 $\geq 14.0\%$ 的品种有 344 个,占比 59.93%;13.99% $>$ 蛋白质含量 $\geq 13.0\%$ 的品种有 203 个,占比 35.37%。这说明黄淮冬麦区南片国审小麦品种的蛋白质含量整体较高。湿面筋含量介于 24.40%~40.50%,平均 31.85%,呈逐年增加趋势(图 4C),变异系数为 7.28%。其中,有 537 个品种湿面筋含量 $\geq 28.5\%$,占比 93.55%;有 424 个品种 $\geq 30.5\%$,占比 73.87%;有 51 个品种的湿面筋含量 $\geq 35.0\%$,占比 8.89%。由此说明 2011—2024 年间黄淮冬麦区南片国审小麦品种的湿面筋含量较高。

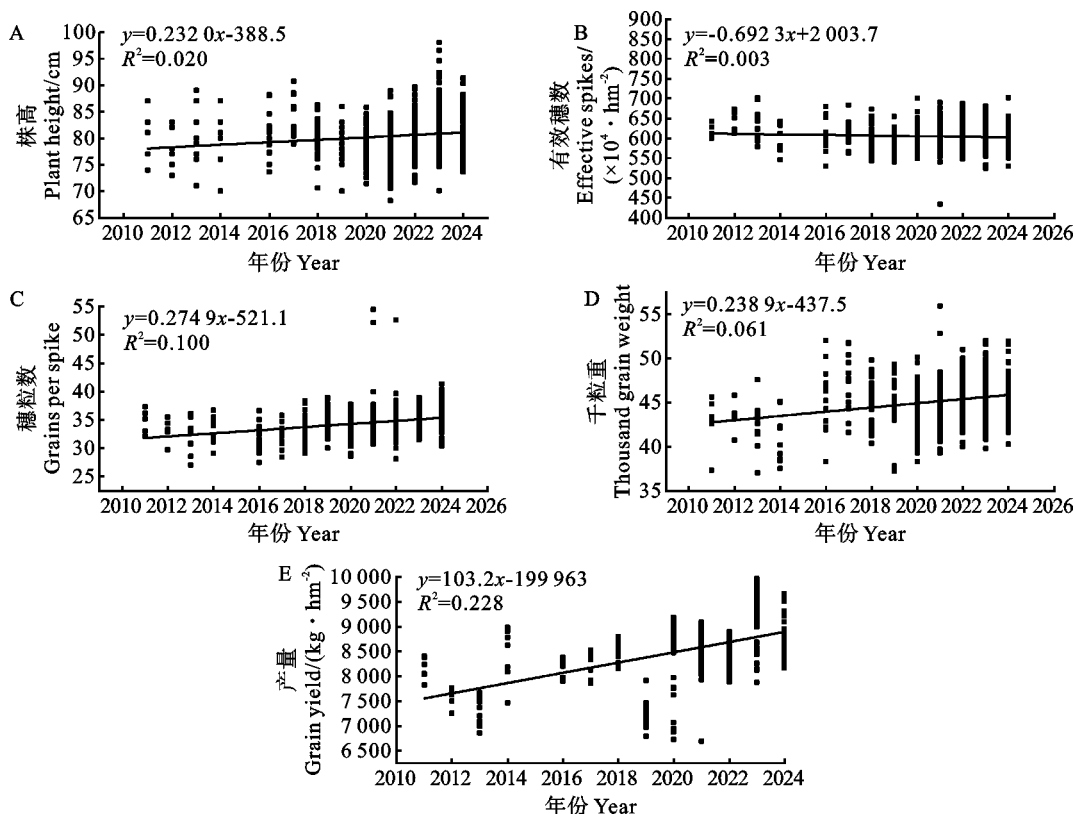


图 2 574 分小麦品种的产量及其相关性状的变化趋势

Fig. 2 Variation trend of yield and related traits of the 574 wheat varieties

表 1 小麦品种产量及其相关指标

Table 1 Wheat varieties yield and their relative traits

性状 Trait	株高 plant weight/cm	有效穗数 Effective spikes/ ($\times 10^4 \cdot \text{hm}^{-2}$)	穗粒数 Grains per spike	千粒重 Thousand grain weight/g	产量 Grain yield/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)
最大值 Maximum	98.10	702.00	54.40	55.90	9 963.00
最小值 Minimum	68.20	370.50	27.00	37.00	6 685.50
平均值 Average	80.38	604.71	34.53	45.13	8 572.25
标准差 Standard deviation	4.42	33.98	2.51	2.69	612.86
变异系数 CV/%	5.49	5.62	7.27	5.96	7.15

表 2 产量及其相关性状间相关性分析

Table 2 Correlation analysis of yield and the relative traits

性状 Trait	株高 Plant height	有效穗数 Effective spikes	穗粒数 Grains per spike	千粒重 Thousand grain weight
株高 Plant height				
有效穗数 Effective spikes	0.187**			
穗粒数 Grains per spike	-0.144**	-0.501**		
千粒重 Thousand grain weight	0.027	-0.370**	-0.037	
产量 Grain yield	-0.189**	-0.053	0.091*	0.115**

* : $P < 0.05$; ** : $P < 0.01$.

供试品种的稳定时间介于 1.05 ~ 39.95 min, 平均 6.31 min, 呈逐年缓慢增加趋势(图 4D), 变异系数为 74.48%, 品种间差异较大; 分别有 178 和 92 个品种的稳定时间 ≥ 7.0 min 和 ≥ 10.0 min, 占比分别为 31.01% 和 16.03%。2011—2019 年品种平均稳定时间为 5.49 min, 2020—2024 年品种平均稳定时间为 6.55 min, 表明近五年品种的稳定时间较之前有所提高。吸水率介于 50.80% ~ 69.05%, 呈逐年增加趋势(图 4E), 变异系数为 4.85%, 品种间差异较小; 分别有 360 和 214 个品种的吸水率 $\geq 58.0\%$ 和 $\geq 60\%$, 占比分别为 62.72% 和 37.28%, 说明黄淮冬麦区南片国审小麦品种的吸水率较稳定。

574个品种中,仅有281个有最大拉伸阻力数据,其值介于63.00~821.00 EU,平均392.29 EU,呈逐年增加趋势(图4F);变异系数为38.46%,说明品种间差异较大。其中,≥350 EU的品种有162个,占比57.65%;≥450 EU的品种有100个,占比35.59%,说明黄淮冬麦区南片国审小麦品种的最大拉伸阻力整体表现一般。有279个品种测定了拉伸面积,其值介于5.00~175.00 cm²,平均78.84 cm²,表现逐年增加(图4G);变异系数为40.46%,说明品种间差异较大。其中,有130个品种的拉伸面积≥80 cm²,占比28.67%;有67个品种≥100 cm²,占比24.01%,说明黄淮冬麦区南片国审小麦品种的拉伸面积整体表现较弱。

综上所述,2011—2024年黄淮冬麦区南片审定的574个品种中,主要是中筋品种,强筋和中强筋品种偏少,无弱筋品种;容重、蛋白质含量、湿面筋含量、吸水率整体较高,变异系数较小;稳定时间、最大拉伸阻力和拉伸面积整体较低,变异系数较大,表明这3个性状具有较大的改良空间。优质强筋和中强筋品种的选育应是今后小麦新品种培育的重要目标。

2.4 抗病性分析

对2011—2024年黄淮南片国审小麦品种的赤霉病、白粉病、纹枯病、条锈病和叶锈病抗性情况进行了统计分析(图5)。赤霉病抗性方面(图5A),高感品种505个,占比87.98%;中感品种61个,占比10.63%,无高抗品种;达到中抗水平的品种有8个品种,占比仅1.39%,分别是皖宿1510、漂麦49、宛1204、中科166、皖宿1232、徐麦DH9、兆丰36和中科1878,且均为2021年之后选育。表明黄淮冬麦区南片抗赤霉病品种极少,但近期审定品种的抗性有所提高。白粉病抗性方面(图5B),高感品种519个,占比90.42%;中感品种48个,占比8.36%;无高抗白粉病的品种,

仅有7个品种中抗白粉病,占比仅1.22%,分别是郑麦6694、涡麦606、涡麦505、华麦17号、宛1204、皖宿0891和尚农9。这说明黄淮南片国审小麦品种的白粉病抗性较差。纹枯病抗性方面(图5C),高感品种301个,占比52.44%;中感品种265个,占比46.17%;中抗品种5个,占比0.87%,高抗品种只有2个,占比0.35%,分别是存麦16和郑麦1860。由此可见审定品种整体对纹枯病抗偏低。条锈病抗性方面(图5D),抗病品种96个,占比16.72%,其中高抗以上品种40个,占比6.97%;免疫和近免疫品种16个,占比2.79%,2022年以来审定的丰德存麦13号、郑麦16、中育1428、禾丰3号、天中麦7号和沃麦168共6个品种的抗性达到了免疫或近免疫水平。叶锈病抗性方面(图5E),抗病品种83个,占比14.46%,其中高抗以上品种47个,占比8.19%,有8个品种的抗性达到免疫水平。这表明黄淮南片国审小麦品种的条锈病和叶锈病抗性水平较其他病害高,但整体抗性品种占比有待提高。

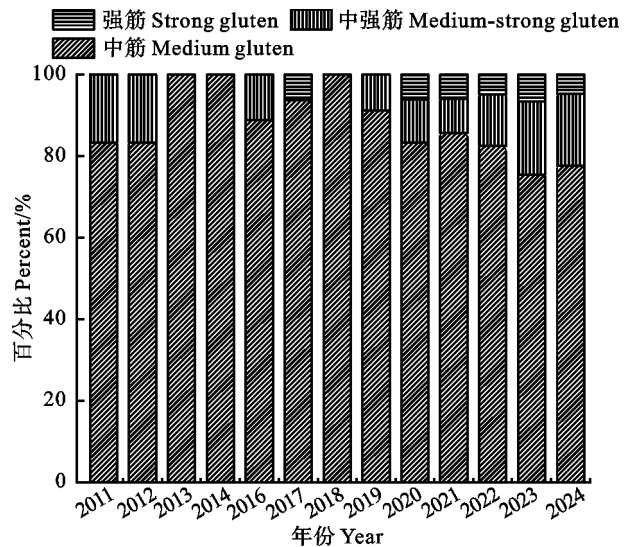


图3 574个国审小麦品种的品质情况
Fig. 3 Quality of the 574 national approved wheat varieties

表3 小麦品质相关性状的变异分析

Table 3 Variation analysis of wheat quality traits

性状 Trait	容重 Test weight/(g · L ⁻¹)	蛋白质含量 Protein content/%	湿面筋含量 Wet gluten content/%	稳定时间 Stability time/min	吸水率 Absorption/%	最大拉伸阻力 Maximum tensile/EU	拉伸面积 Extension area/cm ²
最大值 Maximum	855.50	16.55	40.50	39.95	69.00	821.00	175.00
最小值 Minimum	767.00	12.25	24.40	1.05	50.80	63.00	5.00
平均值 Average	809.85	14.20	31.85	6.31	59.24	392.29	78.84
标准差 Standard deviation	14.53	0.74	2.32	4.70	2.90	150.86	31.90
变异系数 CV/%	1.79	5.21	7.28	74.48	4.90	38.46	40.46

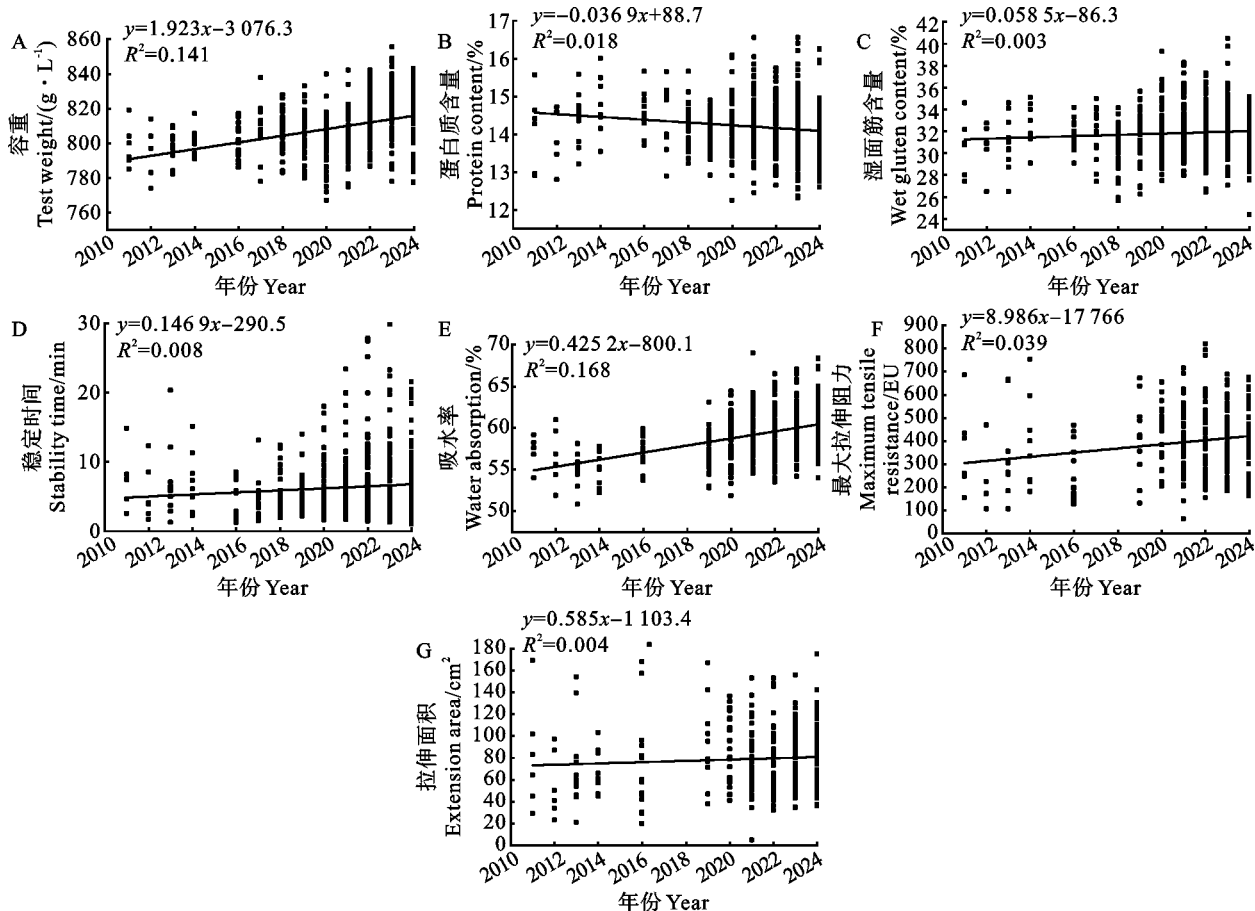
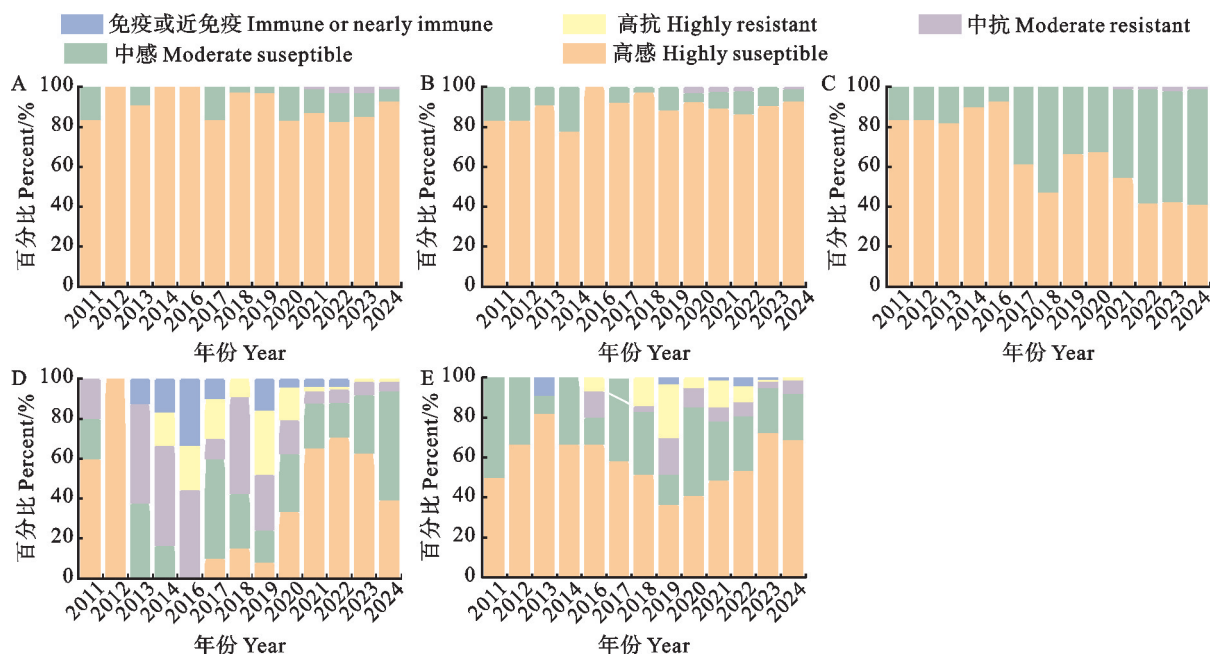


图 4 审定品种的品质相关性状变化趋势

Fig. 4 Change trend of quality related indicators of the national approved wheat varieties



A: 赤霉病抗性;B: 白粉病抗性;C: 纹枯病抗性;D: 条锈病抗性;E: 叶锈病抗性。

A: Fusarium head blight resistance; B: Powdery mildew resistance; C: Sharp eyespot resistance; D: Strip rust resistance; E: Leaf rust resistance.

图 5 审定小麦品种抗病性分析

Fig. 5 Disease resistance analysis on the national approved wheat varieties

574 个品种中,抗性达到中抗水平以上且兼抗 2 种以上病害的品种共有 38 个,占比 6.62%,其中兼抗条锈病和叶锈病的品种有 24 个;兼抗条锈病和赤霉病品种有 2 个,分别是宛 1204 和兆丰 36;兼抗条锈病和白粉病的品种有 3 个,分别是郑麦 6694、宛 1204 和尚农 9;兼抗条锈病和纹枯病的品种有 5 个,分别是存麦 16、郑麦 1860、濮麦 8062、泛麦 65 和郑麦 1905;兼抗 3 种病害(条锈病、白粉病和赤霉病)的品种有 1 个,是宛 1204。2011—2024 年黄淮冬麦区南片国审小麦无高抗赤霉病和白粉病的品种,中抗赤霉病和白粉病的品种极少;高抗和中抗纹枯病品种也很少;抗条锈病和叶锈病品种约 15%左右,整体占比不高,兼抗 2 种以上病害的品种也较少,说明黄淮冬麦区南片国审小麦品种的抗病性整体有待加强。

2.5 育种方法及亲本使用情况分析

对 2011—2024 年黄淮冬麦区南片国审小麦品种的育种方式和亲本使用情况进行了统计,发现 574 个品种中采用单交方式育成 415 个,占比 72.30%;采用三交方式育成 132 个,占比 23.00%;采用四交方式育成 10 个,占比 1.74%;采用轮回选择方式育成 13 个,占比 2.26%;采用辐射诱变育成 3 个,占比 0.52%;采用单倍体诱导育成 1 个,占比 0.17%。这说明常规杂交育种,尤其单交组合是小麦新品种选育的主要方式(图 6)。

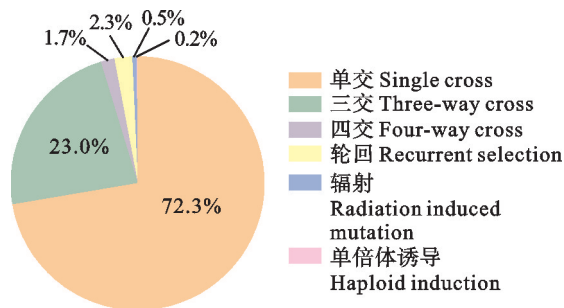


图 6 审定品种的育种方式分布

Fig. 6 Distribution of breeding methods for the national approved wheat varieties

574 个品种共应用到 1 283 份次、489 个亲本。其中,有 358 个亲本应用了 1 次,占比 73.21%;有 60 个亲本应用了 2 次,占比 12.27%;有 52 个亲本应用了 3~9 次,占 10.63%;亲本应用超过 10 次的亲本有 18 个,占比 3.68%;总合计 518 次,占总次数的 40.37%,其中有 9 个亲本应用了 10~17 次,占比 1.84%;有 4 个亲本应用了 21~27

次,占比 0.82%,分别是郑麦 366(27 次)、西农 979(24 次)、新麦 26(22 次)和烟农 19(21 次);有 5 个亲本应用超过 40 次,分别是周麦 18(41 次)、济麦 22(43 次)、百农矮抗 58(73 次)、周麦 22(82 次)和周麦 16(90 次),合计 329 次,占应用总次数的 25.63%。574 个国审品种中有 274 个品种含有这 5 个亲本的血缘,占比 47.74%。这 5 个亲本普遍具有具有丰产性好、适应性广、遗传配合力强等优良特性,成为黄淮麦区小麦品种选育的骨干亲本,近三年仍得到广泛应用,其中周麦 18 应用 11 次,济麦 22 应用 16 次,百农矮抗 58 应用 30 次,周麦 22 应用 32 次,周麦 16 应用 16 次,分别占育成品种个数的 3.74%、5.44%、10.20%、10.88%、5.44%。

“周麦”系列品种普遍具有矮秆、中大穗和丰产性好等优良特性,574 个品种中有 249 个品种含有“周麦”系列品种血缘,占比 43.38%;其中有 23 个相同组合选育出了 2 个品种;有 1 个组合(莱 137/周麦 16//郑育麦 9987)选育了涡麦 505、涡麦 303、涡麦 33、联创麦 11 和涡麦 66 共 5 个品种,周麦 22 与周麦 24 的正交组合选育了存麦 11、顺麦 11 号和周麦 38 号共 3 个品种,其反交组合选育出了存麦 8 号、周麦 26 号和丰德存麦 13 号共 3 个品种。由此说明黄淮冬麦区南片国审小麦品种的亲本应用较为集中,遗传基础偏窄。

3 讨论

本研究对黄淮冬麦区南片 2011—2024 年国审小麦进行了统计分析,发现审定数量呈逐年增长趋势。2016 年实施新修订《种子法》,对品种审定制度进行改革,开通绿色审定通道和联合体试验^[11],这与 2019 年后审定品种数量呈井喷式增加有关。

董连生^[12]分析了 2019—2023 年国审小麦产量三要素的变化趋势,发现有效穗数和千粒重对产量的提高起促进作用,穗粒数对产量的提高起抑制作用;黄淮麦区有效穗数较高,千粒重中等,穗粒数较低。刘海浪等^[13]对 2005—2019 年江苏省审定小麦品种进行性状分析发现,产量逐年增加,千粒重和产量呈极显著正相关。刘文林等^[14]对 2008—2022 年黑龙江省审定小麦品种进行分析,发现品种审定数量逐年上升,产量和千粒重逐年下降,但变化幅度较小。陈贵菊等^[15]对 2011—2020 年黄淮北片水地组区试小麦品种(系)产量

及农艺性状进行研究,发现产量逐年增加,有效穗数和千粒重呈上升趋势。Gao等^[16]对1950—2012年间黄淮麦区南片小麦品种分析,发现每年平均产量增加 $57.5\text{ kg}\cdot\text{hm}^2$ 。本研究结果显示,黄淮冬麦区南片2011—2024年国审小麦品种的产量呈增加趋势,年均增产 $58.4\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,变异系数表现为穗粒数>千粒重>有效穗数,与产量相关性表现为千粒重>穗粒数>有效穗数。这些结果与上述研究结果较为一致,表明在小麦品种选育中,要协调产量构成三因素,应稳定穗数,提高穗粒数和千粒重,从而获得高产。

株高是影响小麦株型的主要因素,对小麦的丰产性和稳产性具有重要影响^[17]。闵东红等^[18]研究发现,株高在75~85 cm的半矮秆品种有较大的产量潜力,大于85 cm和小于75 cm不利于提高产量。董连生^[19]研究表明,2019—2023年国审小麦株高在各麦区变化幅度较小,在相同麦区,株高越高,单产越低。朱宝磊等^[20]对河南省1980—2020年审定和大规模推广品种的农艺性状分析,发现随着年份的推移,株高、穗下节长、旗叶长呈下降趋势,旗叶宽、旗叶面积和穗长呈上升趋势,产量与株高、穗下节长和脖长呈极显著负相关关系。本研究中,株高与产量呈极显著负相关,株高总体表现为升高趋势,但年均升高0.23 cm,总体表现较稳定,说明当前国审品种的株高处于较为合适水平。虽然株高的增加会提高生物产量,但过高的株高会增加倒伏的风险,影响小麦的稳产性,因此在选育品种中,应协调株高与产量三要素的关系,在合理降低株高的基础上协同提升穗粒数、千粒重和有效穗数,从而提高单产。

小麦品质不仅受自身遗传特性的影响,还受到气候、土壤、光照等自然因素的制约^[21]。张羽丰等^[22]对2012—2022年黄淮麦区审定品种的品质进行分析发现,10年间审定小麦品种的容重、粗蛋白含量、湿面筋含量、吸水量有一定提高;稳定时间、最大拉伸阻力、拉伸面积、延展性数值偏低,但近年来提升较大。董策等^[23]对2013—2021年河北省区域试验水地组小麦品种品质指标进行分析,发现审定品种以中筋麦为主,蛋白质含量、湿面筋含量和吸水率较高,面团稳定时间较低。付亮等^[24]对黄淮南片32个国审小麦品种的品质分析认为,供试小麦品种的容重、蛋白质含量、湿面筋含量较高,而稳定时间、最大抗延阻力等指标数值偏低。冯丽云等^[25]对山西省2002—2020年

审定小麦品种的品质分析显示,供试品种的蛋白质含量和湿面筋含量较高且稳定,面团稳定时间较低且呈下降趋势。

本研究中,2011—2024年黄淮冬麦区南片国家审定的574个小麦品种中,中筋品种占比83.80%,强筋和中强筋品种偏少,占比仅16.20%。品质性状中,容重、蛋白质含量、湿面筋含量、吸水率均较高,变异系数较小;稳定时间、最大拉伸阻力和拉伸面积较低,变异系数较大,有较大的改良空间。蛋白质含量和湿面筋含量均达到强筋小麦标准的有301个,占比52.4%,有396个品种的稳定时间在7 min以下,有189个品种的吸水率在58%以下,4个指标均达到强筋小麦标准的仅有26个。这与前人研究结果基本一致,品质性状不协调是导致强筋和中强筋小麦品种数量较少的主要原因。因此,在今后小麦新品种培育中应加强优质强筋和中强筋品种的选育,品质性状应在保证容重、蛋白质含量和湿面筋含量不降低的前提下,注重吸水率、稳定时间和拉伸参数指标的选择,促进品质性状协同改良,选育高品质小麦品种。

随着气候、肥水条件和栽培耕作制度的改变,条锈病、赤霉病、白粉病和纹枯病频发,对小麦质量和产量影响较大,严重威胁小麦生产^[26]。赤霉病是由镰孢属真菌引起的主要在长江中下游和东北春麦区流行的病害^[27]。条锈病为气传病害,小麦在感染后生理功能会受到破坏,造成穗粒数、籽粒质量下降,甚至不能抽穗导致绝收^[28]。白粉病多发生于气候湿润、水肥优沃的地区,从江淮流域的冬麦区到东北省份的春麦区常有发生,造成的产量损失常年在5%~34%^[29]。小麦纹枯病是由土壤传播的世界性病害,可导致10%~40%的产量损失^[30]。董连生^[31]对2019—2023年国审小麦主要病害情况进行分析,发现抗赤霉病和白粉病品种比例较低,抗条锈病品种较多。本研究结果显示,2011—2024年,黄淮冬麦区南片国审品种的整体抗病性较差,抗赤霉病、白粉病和纹枯病的品种极少,抗条锈病和叶锈病品种约占15%,整体占比不高。因此,该区域小麦品种培育中,品种的抗病性仍是今后育种的重要目标,尤其应加强对赤霉病、白粉病和纹枯病抗性品种的选育。分析发现,兆丰36兼抗条锈病和赤霉病,郑麦6694和尚农9兼抗白粉病和条锈病,存麦16、郑麦1860、濮麦8062、泛麦65和郑麦1905兼抗条锈病和纹枯病,宛1204兼抗赤霉病、白粉病和条锈

病,这几个品种可作为优异抗源加以利用。

育种方法及亲本使用情况的统计和分析对研究品种间亲缘关系和品种的选育规律具有重要意义^[32]。蒋进等^[33]对四川省近 10 年育成小麦品种系谱及性状分析发现,品种选育方式以有性杂交为主,占比 98.2%,其中单交占比 62.5%。本研究结果表明,2011—2024 年国审小麦品种以品种间杂交为主,单交育成品种占比 72.3%,复交育成品种占比 24.7%,轮回选择占比 2.26%,辐射诱变占比 0.52%,说明品种间杂交育种,尤其是单交组合仍是小麦新品种培育的主要方式,今后可扩大轮回选择、辐射诱变等育种技术的应用,尝试采用细胞和染色体工程、基因编辑等生物育种技术,丰富育种方式,提高育种效率。

本研究 574 个国审小麦品种共应用了 489 个亲本,应用频次 10 次及以上的品种 18 个,其中周麦 18、济麦 22、百农矮抗 58、周麦 22 和周麦 16 共 5 个品种使用 40 次以上。系谱分析显示,周麦 22、周麦 18 和周麦 16 都是周麦 9 号的后代,周麦 16 和矮抗 58 为周 8425B 的后代。这表明近 10 余年黄淮冬麦区南片国审品种的亲本利用相对比较集中,品种同质化较严重,遗传基础较狭窄。今后应扩大亲本资源,可采用远缘杂交及染色体工程、转基因与基因编辑等生物育种技术,创新育种亲本,丰富小麦品种遗传多样性,深入挖掘新的抗病、优质、广适等种质资源,促进小麦生产稳健发展。

参考文献:

- [1] LI H, ZHOU Y, XIN W, *et al.* Wheat breeding in Northern China: Achievements and technical advances [J]. *The Crop Journal*, 2019, 7(6): 718.
- [2] 张运校, 吴彩霞, 刘筱颖. 小麦黄淮冬麦区北片国家区试品种产量构成因素变异分析[J]. 中国种业, 2020(2): 48.
ZHANG Y X, WU C X, LIU X Y. Variation analysis on yield components of wheat varieties tested in national regional trial in the north part of Huanghuai winter wheat region [J]. *China Seed Industry*, 2020(2): 48.
- [3] 张会芳, 韩琳琳, 王楠, 等. 河南省 2020 年主推小麦品种农艺及品质性状分析[J]. 种业导刊, 2022(2): 6.
ZHANG H F, HAN L L, WANG N, *et al.* Analysis of agronomic and quality traits of main wheat varieties in Henan Province in 2020 [J]. *Journal of Seed Industry Guide*, 2022(2): 6.
- [4] 王晓乐, 范永胜, 李文青, 等. 2003—2013 年黄淮南片麦区国审小麦品种产量因素及其亲本来源分析[J]. 农业科技通讯, 2015(7): 69.
WANG X L, FAN Y S, LI W Q, *et al.* Analysis of yield factors and parents' sources of national wheat varieties in Huanghuai winter wheat area from 2003 to 2013 [J]. *Bulletin of Agricultural Science and Technology*, 2015(7): 69.
- [5] 郝天佳, 曲文凯, 赵金科, 等. 1991—2018 年中国国审小麦品种产量与品质相关性状的变化趋势分析[J]. 中国粮油学报, 2023, 38(8): 84.
HAO T J, QU W K, ZHAO J K, *et al.* Trends of yield and quality related traits of wheat varieties released in China from 1991 to 2018 [J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2023, 38(8): 84.
- [6] 齐双丽, 李伟, 魏雅红, 等. 黄淮南片冬小麦品种(系)主要农艺性状和品质性状综合分析[J]. 天津农业科学, 2022, 28(6): 27.
QI S L, LI W, WEI Y H, *et al.* Comprehensive analysis of main traits of agronomic and quality traits of winter wheat varieties(lines) in South Huang-Huai Region [J]. *Tianjin Agricultural Sciences*, 2022, 28(6): 27.
- [7] 李爱国, 宋晓霞, 张文斐, 等. 2001—2020 年河南省审定小麦品种育种特点及表型性状演变分析[J]. 麦类作物学报, 2021, 41(8): 947.
LI A G, SONG X X, ZHANG W F, *et al.* Breeding characteristics and phenotypic traits evolution of wheat varieties approved in Henan Province during 2001—2020 [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2021, 41(8): 947.
- [8] 马玲, 汪军成, 李鹏程, 等. 2004—2022 年甘肃省审定小麦品种情况分析展望[J]. 麦类作物学报, 2024, 44(2): 268.
MA L, WANG J C, LI P C, *et al.* Analysis and prospect of the approved wheat varieties in Gansu Province from 2004 to 2022 [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2024, 44(2): 268.
- [9] 赵广才. 中国小麦种植区划研究(一)[J]. 麦类作物学报, 2010, 30(5): 886.
ZHAO G C. Study on Chinese wheat planting region alization (I) [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2010, 30(5): 886.
- [10] 国家农作物品种审定委员会. 主要农作物品种审定标准(国家级)[J]. 种业导刊, 2017(11): 5.
National Crop Variety Approval Committee. Standards for examination and approval of main crop varieties(national level) [J]. *Journal of Seed Industry Guide*, 2017(11): 5.
- [11] 杨红旗, 李磊, 董薇, 等. 刍议我国种子事业法制化建设[J]. 种子科技, 2022, 40(13): 130.
YANG H Q, LI L, DONG W, *et al.* On the legal construction of China's seed industry [J]. *Seed Science & Technology*, 2022, 40(13): 130.
- [12] 董连生. 2019—2023 年国审小麦品种产量相关性状的变化趋势分析[J]. 安徽农学通报, 2023, 29(20): 7.
DONG L S. Analysis on the changing trend of yield-related traits of wheat varieties approved by the state from 2019 to 2023 [J]. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 2023, 29(20): 7.
- [13] 刘海浪, 金彦刚, 杨永乐, 等. 2005—2019 年江苏省冬小麦品种的性状分析[J]. 中国农学通报, 2022, 38(13): 7.
LIU H L, JIN Y G, YANG Y L, *et al.* Character analysis of winter wheat varieties in Jiangsu Province from 2005 to 2019 [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2022, 38(13): 7.

- [14]刘文林,唐婧泉,张宏纪,等. 2008—2022年黑龙江省审定小麦品种育种特点及性状分析[J]. 黑龙江农业科学, 2023(11):40.
LIU W L, TANG J Q, ZHANG H J, *et al.* Breeding characteristics and traits of wheat varieties approved in Heilongjiang Province from 2008 to 2022 [J]. *Heilongjiang Agricultural Sciences*, 2023(11):40.
- [15]陈贵菊,闫璐,王福玉,等. 近10年黄淮冬麦区北片水地区试品种产量及主要农艺性状分析[J]. 山东农业科学, 2021, 53(5):142.
CHEN G J, YAN L, WANG F Y, *et al.* Analysis on yield and main agronomic traits of winter wheat varieties in the North Huanghe-Huaihe Region test in recent 10 years [J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 2021, 53(5):142.
- [16]GAO F, MA D, YIN G, *et al.* Genetic progress in grain yield and physiological traits in Chinese wheat cultivars of southern Yellow and Huai Valley since 1950 [J]. *Crop Science*, 2017, 57(2):760.
- [17]车卓,王鹏,田甜,等. 小麦株高全基因组关联分析与候选基因预测[J]. 农业生物技术学报, 2024, 32(2):259.
CHE Z, WANG P, TIAN T, *et al.* Genome-wide association study and candidate gene prediction for plant height in wheat (*Triticum aestivum*) [J]. *Journal of Agricultural Biotechnology*, 2024, 32(2):259.
- [18]闵东红,王辉,孟超敏,等. 不同株高小麦品种抗倒伏性与其亚性状及产量相关性研究[J]. 麦类作物学报, 2001, 21(4):76.
MIN D H, WANG H, MENG C M, *et al.* Studies on the lodging resistance with its subtraits of different height wheat varieties and correlation between plant height and yield [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2001, 21(4):76.
- [19]董连生. 2019—2023年国审小麦品种生育期、株高与品质的变化趋势分析[J]. 安徽农学通报, 2024, 30(6):5.
DONG L S. Analysis of the changes in growth period, plant height, and quality of wheat varieties under national examination from 2019 to 2023 [J]. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 2024, 30(6):5.
- [20]朱保磊,李杰,马汉云,等. 河南省小麦品种主要农艺性状的演变规律[J]. 安徽农业科学, 2023, 51(18):34.
ZHU B L, LI J, MA H Y, *et al.* Development trends of wheat main agronomic characters in Henan Province [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2023, 51(18):34.
- [21]BERGMAN C J, GUALBERTO D G, CAMPBELL K G, *et al.* Genotype and environment effects on wheat quality traits in a population derived from a soft by hard cross [J]. *Cereal Chemistry*, 1998, 75(5):729.
- [22]张羽丰,谢付振,牛聪聪,等. 黄淮麦区品种审定情况及品质分析[J]. 中国种业, 2023(4):47.
ZHANG Y F, XIE F Z, NIU C C, *et al.* Variety approval and quality analysis in HuangHuai wheat region [J]. *China Seed Industry*, 2023(4):47.
- [23]董策,蔺桂芬,刘红耀,等. 2013—2021年河北省审定高产小麦品种品质性状分析[J]. 辽宁农业科学, 2022(2):35.
DONG C, LIN G F, LIU H Y, *et al.* Analysis on quality characters of the registered high-yield wheat varieties in Hebei Province from 2013 to 2021 [J]. *Liaoning Agricultural Sciences*, 2022(2):35.
- [24]付亮,李洋,蒋志凯,等. 黄淮南片2008—2012年国审小麦品种的品质分析[J]. 山东农业科学, 2013, 45(8):29.
FU L, LI Y, JIANG Z K, *et al.* Quality analysis of national approved wheat varieties in 2008—2012 in South HuangHuai Region [J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 2013, 45(8):29.
- [25]冯丽云,张俊灵,闫金龙,等. 2002—2020年山西省审定小麦品种品质分析[J]. 安徽农业科学, 2023, 51(9):20.
FENG L Y, ZHANG J L, YAN J L, *et al.* Quality analysis of approved wheat varieties in Shanxi Province in 2002—2020 [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2023, 51(9):20.
- [26]HAMADA M S, YIN Y, CHEN H, *et al.* The escalating threat of *Rhizoctonia cerealis*, the causal agent of sharp eyespot in wheat [J]. *Pest Management Science*, 2011, 67(11):1411.
- [27]陈云,王建强,杨荣明,等. 小麦赤霉病发生危害形势及防控对策[J]. 植物保护, 2017, 43(5):11.
CHEN Y, WANG J Q, YANG R M, *et al.* Current situation and management strategies of Fusarium head blight in China [J]. *Plant Protection*, 2017, 43(5):11.
- [28]李桂萍,王圣龙,柏晓宇,等. 皖北地区小麦条锈病的抗性鉴定[J]. 淮北师范大学学报(自然科学版), 2022, 43(3):64.
LI G P, WANG S L, BAI X Y, *et al.* Identification of resistance of wheat varieties to stripe rust in northern Anhui [J]. *Journal of Huaibei Normal University(Natural Sciences)*, 2022, 43(3):64.
- [29]全媛. 小麦白粉病和赤霉病的发生与防治方法研究[J]. 种子科技, 2023, 41(23):91.
TONG Y. Study on the occurrence and control methods of wheat powdery mildew and scab [J]. *Seed Science & Technology*, 2023, 41(23):91.
- [30]陈浩梁. 小麦纹枯病的发生与危害探析[J]. 农业灾害研究, 2011, 1(2):7.
CHEN H L. Analysis on occurrence and damage of wheat sheath blight [J]. *Journal of Agricultural Catastrophology*, 2011, 1(2):7.
- [31]董连生. 2019—2023年国审小麦品种主要病害的变化趋势分析[J]. 安徽农学通报, 2023, 29(21):1.
DONG L S. Analysis on the change trend of main diseases of national wheat varieties from 2019 to 2023 [J]. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 2023, 29(21):1.
- [32]张华崇,赵树琪,闫振华,等. 湖北省近20年审定小麦品种的产量、品质性状及抗病性分析[J]. 麦类作物学报, 2021, 41(11):1356.
ZHANG H C, ZHAO S Q, YAN Z H, *et al.* Analysis of yield, quality and disease resistance traits of wheat varieties approved in Hubei Province in the last two decades [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2021, 41(11):1356.
- [33]蒋进,张连全,费德友,等. 四川省近10年育成小麦品种系谱及性状分析[J]. 四川农业大学学报, 2023, 41(6):1048.
JIANG J, ZHANG L Q, FEI D Y, *et al.* Genealogy and character analysis of wheat varieties bred in Sichuan Province in last decade [J]. *Journal of Sichuan Agricultural University*, 2023, 41(6):1048.