

网络出版时间:2026-03-16

网络出版地址:https://link.cnki.net/urlid/61.1359.s.20260313.1807.010

2014—2023 年江苏审定小麦品种农艺和品质性状演变分析

谭亚宁¹, 张保龙^{2,3}, 曹爱忠^{2,4}, 姚金保⁵, 任润生^{2,3}

(1. 沈阳农业大学食品学院, 辽宁沈阳 110866; 2. 生物育种钟山实验室, 江苏南京 210014; 3. 江苏省农业科学院种质资源与生物技术研究所, 江苏南京 210014; 4. 南京农业大学农学院/作物遗传与种质创新利用全国重点实验室, 江苏南京 210000; 5. 江苏省农业科学院粮食作物研究所, 江苏南京 210014)

摘要: 为了解江苏省近十年来审定小麦品种的农艺、品质性状演变情况, 分析了 2014—2023 年江苏淮北及淮南地区审定的 90 和 95 个小麦品种的 13 个农艺、品质性状及变化规律。结果发现, 2014—2023 年, 淮北市审定小麦品种以中筋为主, 而淮南地区重心逐渐向中强筋及强筋小麦转移。淮南地区小麦品种选育较多利用本地种质资源, 对异地种质资源利用较少, 淮北地区则较多利用山东及河南地区小麦资源, 直接利用频率较高的小麦品种有镇麦 9 号(17 次)、镇麦 168(14 次)、郑麦 9023(13 次)、矮抗 58(11 次)。淮北和淮南审定小麦品种的产量、株高、穗粒数、千粒重均呈上升趋势; 有效穗数发展平稳, 生育期呈下降趋势。两地小麦品种的品质变化存在较大差异, 淮北地区小麦品种的容重、蛋白质含量、湿面筋含量及吸水率与淮南小麦品种的容重及吸水率均呈上升趋势, 淮南地区小麦蛋白质含量及湿面筋含量呈下降趋势, 且逐渐低于淮北地区; 两地小麦的最大拉伸阻力及拉伸面积均发展平稳, 面团稳定时间呈下降趋势。通过相关性分析发现, 淮北地区小麦产量与其三要素相关性表现为千粒重>穗粒数>有效穗数; 淮南地区小麦产量与其三要素相关性表现为千粒重>有效穗数>穗粒数。这说明过去十年江苏小麦产量育种均以提高千粒重为主要方向, 今后可从穗粒数和有效穗数方面挖掘增产潜力; 淮北地区应尝试分区发展强筋及弱筋小麦, 淮南地区的品种选育应进一步引进新的优质种质资源; 两地在审定品种增多的同时兼顾增产率的提高及品质的优化, 选育符合市场需求的优质、高产小麦。

关键词: 江苏; 小麦品种; 农艺性状; 品质性状; 演变

中图分类号: S512.1; S330

文献标识码: A

文章编号: 1009-1041(2026)04-0433-10

Evolution Analysis of Agronomic and Quality Traits of the Approved Wheat Varieties in Jiangsu from 2014 to 2023

TAN Yaning¹, ZHANG Baolong^{2,3}, CAO Aizhong^{2,4}, YAO Jinbao⁵, REN Runsheng^{2,3}

(1. College of Food Science, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning, 110866, China; 2. Zhongshan Biological Breeding Laboratory, Nanjing, Jiangsu, 210014, China; 3. Institute of Germplasm Resources and Biotechnology, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing, Jiangsu, 210014, China; 4. State Key Laboratory of Crop Genetics & Germplasm Enhancement and Application/JCIC-MCP, College of Agronomy, Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu, 210095, China; 5. Institute of Food Crops, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing, Jiangsu, 210014, China)

Abstract: To understand the evolution of agronomic and quality traits of wheat varieties approved in Jiangsu Province over past decade, thirteen agronomic and quality traits of 90 and 95 wheat varieties approved in Huaibei and Huainan areas of Jiangsu Province from 2014 to 2023 were analyzed. The results showed that the wheat varieties approved in Huaibei from 2014 to 2023 were primarily medium-gluten types, while the focus in Huainan gradually shifted toward medium- and strong-gluten varieties. Local germplasm resources were more frequently utilized in variety breeding within the province

收稿日期: 2025-05-20

修回日期: 2025-06-12

基金项目: 作物遗传与种质创新利用全国重点实验室开放课题基金项目(ZW202405)

第一作者 E-mail: 1397950241@qq.com(谭亚宁)

通讯作者 E-mail: runshengren@163.com(任润生)

compared to external sources, with Zhenmai 9(17 times), Zhenmai 168(14 times), Zhengmai 9023(13 times), and Aikang 58(11 times) being the most commonly used. The yield, plant height, grain number per spike, and 1 000-grain weight of the approved wheat varieties in both regions showed an upward trend, while the effective panicle number remained stable, and the growth period exhibited a downward trend. There are great differences in the quality changes of wheat varieties between the two places. In the Huaibei region, grain test weight, protein content, wet gluten content, and water absorption increased rapidly. The protein content and wet gluten content of wheat in Huainan showed a downward trend, and were gradually lower than those in Huaibei area. The maximum tensile resistance and tensile area of wheat in the two regions showed a steady trend, while dough stability time showed a downward trend. Correlation analysis revealed that in Huaibei, the correlation between wheat yield and its three components ranked as: 1 000-grain weight>grain number per spike>effective spike number. In Huainan, the correlation ranked as: 1 000-grain weight>effective panicle number>grain number per panicle. This indicates that the main goal of wheat yield breeding in Jiangsu Province in the past ten years was to improve the 1 000-grain weight, and the potential of yield increase can be continuously improved from the aspects of grain number per spike and effective spike number in the future. Huaibei area should try the feasibility of developing strong gluten and weak gluten wheat in different regions, and Huainan area should further introduce new high-quality germplasm resources. While increasing the number of approved varieties, the two regions should take into account the improvement of yield increase rate and the optimization of quality, and breed high-quality and high-yield wheat varieties that meet market demand.

Keywords:Jiangsu; Wheat varieties; Agronomic traits; Quality traits; Evolutionary analysis

小麦是世界主要的粮食作物之一,也是中国第三大粮食作物,其种植面积达到本国粮食作物总面积的22%,小麦高产稳产关系着中国的粮食安全^[1-3]。对审定小麦品种的农艺、品质等性状演变规律进行分析和研究,有助于育种工作者明确育种目标,提高育种效率。葛昌斌等^[4]对近20年来豫南及江苏淮南审定的小麦品种进行分析发现,两地审定小麦品种数量增速明显,品种主要为中筋小麦,豫南审定品种向弱筋类型发展,淮南向中强筋发展,两地育种以提高千粒重和有效穗数为主要方向。潘丽媛等^[5]对江苏淮北地区1 098份小麦种质的生育期、株型、籽粒及品质性状进行了分析。陈次娥等^[6]对2002—2018年间江苏省审定的46个小麦种质的区域试验产量进行分析,指出淮南麦区超高产品种穗粒数在40粒左右、千粒重44 g以上、株高85 cm左右最为适宜。张巧凤等^[7]研究发现,1975—2010年间江苏省沿海地区小麦种质的小麦产量呈上升态势。冷苏凤等^[8]对1982—2007年江苏小麦的产量进行分析,发现育成小麦品种与对照相比产量增幅呈下降趋势,说明在目前遗传背景下提高产量的难度增大。不断挖掘优质、高产和抗病种质、拓宽遗传背景是

提高小麦品质和产量的育种途径。沈业松等^[9]对296份黄淮麦区小麦种质在淮北区域种植后的品质性状分析表明,面团稳定时间和面粉沉淀值的变异系数较大,而容重、出粉率和吸水率的变异系数较小;蛋白质含量与沉淀值、面团稳定时间及形成时间、湿面筋含量呈极显著正相关。

江苏省是中国小麦生产大省,前人研究较多针对淮北或沿海区域,对相对产量较低区域研究较少。本研究以2014—2023年江苏省小麦审定公告数据为材料,统计并分析近十年来江苏审定小麦品种的农艺、品质性状及其演变规律,为江苏省小麦育种发展提供参考。

1 材料与方法

1.1 数据来源

试验数据为2014—2023年江苏省种业信息网(<http://www.jsseed.cn/>)发布的185个审定小麦品种相关资料。指标包括6个农艺性状(产量、生育期、株高、有效穗数、穗粒数、千粒重)及7个品质性状(容重、蛋白质含量、湿面筋含量、面团稳定时间、吸水量、拉伸面积、最大拉伸阻力)。由于淮北地区与淮南地区间存在较大差异,因此对

两地审定品种分别分析。

1.2 数据处理

利用 Excel 2010 和 SPSS Statistics 27. 0. 1 对数据进行处理和分析。

2 结果与分析

2.1 审定小麦品种数量及类型分析

2014—2023 年江苏共审定小麦品种 185 个, 淮北地区 90 个, 淮南地区 95 个, 年均 18. 5 个; 在 2020—2023 年共审定 131 个, 年均 32. 75 个。

审定小麦品种类型以中筋及中强筋为主(表

1)。其中, 中筋品种共 110 个(淮北 61 个, 淮南 49 个), 占审定品种的 59. 5%; 中强筋品种 49 个(淮北 24 个, 淮南 5 个), 占审定品种的 26. 5%; 强筋品种 25 个(淮北 5 个, 淮南 20 个), 占审定品种的 13. 5%; 弱筋类型仅在 2022 年淮南地区有 1 个品种(宁麦 36)。淮北地区审定品种中, 中筋类型占比达到了 67. 8%, 中强筋占比 26. 7%, 强筋占比 5. 6%; 淮南地区中强筋及强筋品种自 2020 年后逐渐增多, 中筋品种占比 51. 6%, 中强筋占比 26. 3%, 强筋品种占比 21. 05%, 其强筋品种审定数量是淮北地区的 4 倍。

表 1 江苏 2014—2023 年审定小麦品种类型分析
Table 1 Types of approved wheat varieties in Jiangsu from 2014 to 2023

年份 Year	强筋品种 Strong gluten variety	中强筋品种 Medium-strong gluten variety	中筋品种 Medium gluten variety	弱筋品种 Weak gluten variety	合计 total
2014	1/—	3/—	2/2	—/—	6/2
2015	—/1	3/—	3/—	—/—	6/1
2016	—/1	—/2	3/1	—/—	3/4
2017	—/1	—/1	7/1	—/—	7/3
2018	—/1	3/2	2/3	—/—	5/6
2019	—/—	2/2	1/6	—/—	3/8
2020	2/2	3/2	13/10	—/—	18/14
2021	1/3	3/3	7/12	—/—	11/18
2022	—/4	4/6	17/9	—/1	21/20
2023	1/7	3/7	6/5	—/—	10/19
合计 total	5/20	24/25	61/49	—/1	90/95

数据为淮北/淮南。下同。
Date are Huaibei/Huainan. The same in tables 3—6.

2.2 审定品种亲缘关系分析

对 185 个品种的亲本进行统计分析发现, 直接利用频率较高的种质资源有镇麦 9 号(17 次)、镇麦 168(14 次)、郑麦 9023(13 次)、矮抗 58(11 次)、扬麦 15(10 次)、淮麦 18(9 次)、扬麦 20(8 次)、周麦

16(8 次)、宁麦 13(7 次)、淮麦 20(7 次)、扬麦 158(6 次)、宁麦 14(5 次)、生选 6 号(5 次)、淮麦 33(5 次)(表 2)。从亲本来源看, 淮北审定品种较多利用河南及山东地区种质资源; 淮南地区则对省内种质利用率高, 对异地种质资源利用较少。

表 2 2014—2023 江苏审定小麦品种亲本利用情况
Table 2 Utilization of parents of the approved wheat varieties in Jiangsu from 2014 to 2023

直接亲本 Direct parent
镇麦 9 号(17), 镇麦 168(14), 郑麦 9023(13), 矮抗 58(11), 扬麦 15(10), 淮麦 18(9), 扬麦 20(8), 周麦 16(8), 宁麦 13(7), 淮麦 20(7), 扬麦 158(6 次), 宁麦 14(5), 生选 6 号(5), 淮麦 33(5), 镇麦 6 号(4), 烟农 19(4), 扬麦 18(4), 淮麦 28(4), 宁麦 9 号(4), 镇麦 10 号(4), 扬辐麦 4 号(3), 小偃 8788(3), 扬辐麦 8004(3), 华麦 5 号(3), 瑞华麦 520(3), 周麦 18(3), 济麦 22(3), 镇麦 4 号(3), 扬麦 22(3), 偃高 1 号(3), 瑞华麦 506(2), 宁麦资 218(2), 扬麦 13(2), 苏麦 3 号(2), 周麦 22(2), 徐 9098(2), 扬麦 17(2), 镇麦 12(2), 镇麦 8 号(2), 淮麦 25(2), 漂麦 9920(2), 瑞华麦 523(2), 保麦 5 号(2), 扬辐麦 9144(2), 铜麦 1 号(2), 扬辐麦 2 号(2), 淮麦 36(2), 扬 06-164(2), 宁麦 8 号(2), 西农 979(2), 扬麦 19(2), 新麦 18(2), 莱州 817(2) Zhenmai 9(17), Zhenmai 168(14), Zhengmai 9023(13), Aikang 58(11), Youngmai 15(10), Huaimai 18(9), Youngmai 20(8), Zhoumai 16(8), Ningmai 13(7), Huaimai 20(7), Yangmai 158(6), Ningmai 14(5), Shengxuan 6(5), Huaimai 33(5), Zhenmai 6(4), Yannong 19(4), Yangmai 18(4), Huaimai 28(4), Ningmai 9(4), Zhenmai 10(4), Yangfumai 4(3), Xiaoyan 8788(3), Yangfumai 8004(3), Huamai 5(3), Ruihuamai 520(3), Zhoumai 18(3), Jimai 22(3), Zhenmai 4(3), Yangmai 22(3), Yangao 1(3), Ruihuamai 506(2), Ningmaizi 218(2), Yangmai 13(2), Sumai(2), Zhoumai 22(2), Xu 9098(2), Youngmai 17(2), Zhenmai 12(2), Zhenmai 8(2), Huaimai 25(2), Luomai 9920(2), Ruihuamai 523(2), Baomai 5(2), Yangfumai 9144(2), Tongmai 1(2), Yangfumai 2(2), Huaimai 36(2), Yang 06-164(2), Ningmai 8(2), Xinong 979(2), Yangmai 19(2), Xinmai 18(2), Laizhou 817(2)

2.3 审定小麦品种产量及农艺性状分析

由表 3 可知,在 2014—2023 年间,淮北和淮南审定小麦品种的平均产量分别为 8 638.59 和 7 619.50 kg · hm⁻²,标准差分别是 402.78 和 373.64 kg · hm⁻²,变异系数分别为 4.66% 和 4.90%;产量最高分别达到 9 405.00 kg · hm⁻² (徐麦 DH3)和 8 450.25 kg · hm⁻² (镇麦 29),最低分别为 7 688.25 kg · hm⁻² (淮麦 36)和 6 897.75 kg · hm⁻² (农麦 180)。

淮北和淮南审定小麦品种的平均生育期分别为 225.98 和 206.71 d,标准差分别是 4.77 和 3.37 d,变异系数分别为 2.11% 和 1.63%;生育期最短分别是 215.60 d (中研麦 070)和 199.90 d (金丰麦 1 号),最长分别为 235.00 d (保麦 5 号,保麦 6 号)和 219.40 d (佳源麦 1 号)。

淮北和淮南品种平均株高分别为 84.38 和 85.03 cm,标准差分别是 4.65 和 3.94 cm,变异系数分别为 5.51% 和 4.63%,最低分别是 74.20 cm (中研麦 0709)和 75.40 cm (明麦 13),最高分别是

94.30 cm (华麦 20)和 93.80 cm (扬江麦 182)。

淮北和淮南审定小麦品种的平均有效穗数分别为 621.88 万 · hm⁻² 和 480.92 万 · hm⁻²,标准差分别是 19.68 万 · hm⁻² 和 21.47 万 · hm⁻²,变异系数分别为 3.16% 和 4.77%;最小值分别为 570.00 万 · hm⁻² (农麦 55)和 430.50 万 · hm⁻² (农麦 180),最大值分别为 667.50 万 · hm⁻² (明麦 16)和 592.50 万 · hm⁻² (佳源麦 1 号)。

淮北和淮南审定品种平均穗粒数分别为 35.04 和 39.01 粒,标准差分别是 2.04 和 1.88 粒,变异系数分别为 5.81% 和 4.83%;最小值分别为 28.30 粒 (淮麦 36)和 36.00 粒 (金丰麦 1 号),最大值分别为 39.30 粒 (华麦 16)和 44.30 粒 (华麦 23)。

淮北和淮南审定品种平均千粒重分别为 43.48 和 44.47 g,标准差分别是 2.12 和 2.63 g,变异系数分别为 4.87% 和 5.92%;最小值为 38.80 g (连麦 7 号)和 38.00 g (佳源麦 1 号),最大值分别是 48.10 g (淮麦 136)和 49.30 g (辉丰麦 156)。

表 3 2014—2023 江苏审定小麦品种产量及农艺性状

Table 3 Yield and agronomic traits of the approved wheat varieties in Jiangsu Province from 2014 to 2023

项目 Project	产量 Yield/ (kg · hm ⁻²)	生育期 Growth period/d	株高 Plant height/cm	有效穗数 Effective panicles/ (万 · hm ⁻²)	穗粒数 Grains per spike	千粒重 1 000-grain weight/g
平均值 Average	8 638.59/7 619.95	225.98/206.71	84.38/85.03	621.88/480.92	35.04/39.01	43.48/44.47
最大值 Maximum	9 405.00/8 450.25	235.00/219.40	94.30/93.80	667.50/592.50	39.30/44.30	48.10/49.30
最小值 Minimum	7 688.25/6 897.75	215.60/199.90	74.20/75.40	570.00/430.50	28.30/36.00	38.80/38.00
标准差 Standard deviation	402.78/373.64	4.77/3.37	4.65/3.94	19.68/21.47	2.04/1.88	2.12/2.63
变异系数 Variable coefficient/%	4.66/4.90	2.11/1.63	5.51/4.63	3.16/4.47	5.81/4.83	4.87/5.92

从表 4 可知,年份间比较,淮北及淮南审定小麦品种平均产量最高均出现在 2023 年,分别为 9 022.73 和 8 051.80 kg · hm⁻²;平均生育期最长分别出现在 2014 年 (229.22 d) 和 2015 年 (211.20 d),最短分别为 2019 年 (219.87 d) 和 2018 年 (201.98 d);平均株高最大值均出现在 2022 年,分别为 87.95 和 87.76cm,最小值均在 2016 年,分别为 79.37 和 79.85 cm;平均穗粒数最大值均在 2023 年,分别是 36.71 和 39.76 粒,最小值分别在 2014 和 2015 年,分别为 31.32 和 36.16 粒;平均有效穗数最大值分别在 2015 和 2023 年,为 633.50 万和 492.55 万 · hm⁻²,最小值分别在 2019 年和 2015 年,是 608.00 万和

451.50 万 · hm⁻²;平均千粒重最大值分别在 2022 和 2023 年,为 45.37 和 45.79 g,最小值均在 2014 年,分别为 40.32 和 40.05 g。

从年平均产量看,近十年间淮北审定品种产量均明显高于淮南,且两地产量均呈上升趋势 (图 1a)。淮南品种生育期明显短于淮北,且两地均呈缓慢下降趋势 (图 1b)。两地品种株高均呈上升趋势,且淮南上升速率稍大于淮北 (图 1c)。淮北和淮南的有效穗数分别呈缓慢下降和上升趋势,且十年间淮北有效穗数明显多于淮南 (图 1d)。两地穗粒数呈现上升趋势,且淮北上升速率高于淮南 (图 1e)。两地千粒重均呈现上升趋势,且淮南稍大于淮北 (图 1f)。

表 4 2014—2023 江苏历年审定小麦品种平均产量及农艺性状

Table 4 Average yield and agronomic traits of the approved wheat varieties in Jiangsu Province from 2014 to 2023

年份 Year	产量 Yield/(kg·hm ⁻²)	生育期/ Growth period/d	株高 Plant height/cm	有效穗数 Effective panicles/ (万·hm ⁻²)	穗粒数 Grains per spike	千粒重 1 000-grain weight/g
2014	8 108.00/7 024.13	229.22/209.60	81.35/82.10	629.75/474.75	31.32/39.40	40.32/40.25
2015	8 103.34/6 985.28	227.53/211.20	81.40/81.80	633.50/451.50	34.05/36.16	41.02/45.84
2016	8 174.88/7 052.06	221.73/209.22	79.37/79.85	619.50/489.38	33.37/38.28	42.83/41.03
2017	8 361.96/7 305.75	223.40/206.57	82.74/85.10	628.71/467.50	33.66/37.90	42.94/42.97
2018	8 247.60/7 169.13	223.32/201.98	86.06/81.78	629.70/478.75	34.60/38.37	42.32/42.23
2019	8 396.00/7 516.31	219.87/205.46	82.97/81.54	608.00/489.94	34.33/38.75	43.10/41.78
2020	8 621.67/7 485.38	226.55/206.64	84.36/83.34	612.83/473.04	35.71/38.39	42.99/44.66
2021	8 787.14/7 447.00	227.64/207.21	84.83/86.21	623.86/473.58	35.69/39.28	43.88/45.08
2022	8 983.07/7 888.28	227.08/207.27	87.95/87.76	620.71/481.43	35.57/39.21	45.37/45.54
2023	9 022.73/8 051.80	224.18/206.69	82.26/86.34	622.95/492.55	36.71/39.76	44.61/45.79

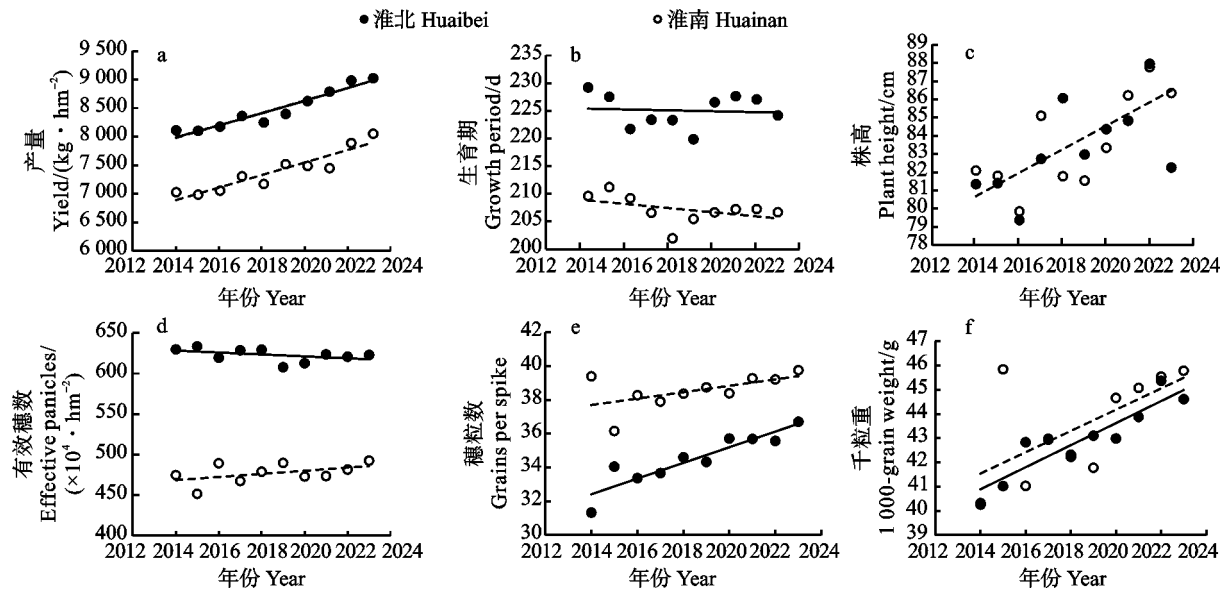


图 1 江苏省 2014—2023 审定小麦品种产量及农艺性状演变趋势

Fig. 1 Evolution of yield and agronomic traits of the approved wheat varieties in Jiangsu Province from 2014 to 2023

2.4 审定小麦品种品质性状分析

如表 5 所示, 2014—2023 年间淮北和淮南地区审定小麦品种的平均容重分别为 822.22 和 801.69 g·L⁻¹, 标准差分别是 16.45 和 12.85 g·L⁻¹, 变异系数为 2.0% 和 1.6%; 容重最小值为 771.35 g·L⁻¹ (淮麦 55) 和 767.00 g·L⁻¹ (扬麦 41), 最大值分别是 849.50 g·L⁻¹ (宁洪麦 237) 和 828.00 g·L⁻¹ (宁麦资 199)。

淮北和淮南地区小麦品种的平均蛋白质含量分别为 14.35% 和 14.55%, 标准差分别是 0.70% 和 0.99%, 变异系数为 4.88% 和 6.77%; 蛋白质含量最小值分别是 12.80% (徐麦 35、中研麦 070) 和 10.50% (宁麦 36), 最大值分别是 16.05%

(淮麦 66) 和 17.30% (宁麦资 126)。

淮北和淮南地区小麦品种的平均湿面筋含量分别为 30.71% 和 31.20%, 标准差分别是 2.54% 和 2.42%, 变异系数为 8.27% 和 7.75%; 湿面筋含量最小值分别为 25.60% (中研麦 070) 和 22.05% (宁麦 36), 最大值分别为 38.55% (淮麦 919) 和 36.65% (宁红麦 199)。

淮北和淮南地区小麦品种的面团平均稳定时间分别为 7.96 和 6.70 min, 标准差分别是 4.74 和 3.87 min, 变异系数分别为 59.60% 和 57.68%; 其中最小值分别为 1.90 min (保麦 218) 和 1.65 min (宁麦 36), 最大值分别为 32.00 min (连麦 7 号) 和 21.80 min (扬麦 29)。

淮北和淮南小麦品种平均吸水率分别为 59.91% 和 61.33%,标准差分别是 3.53% 和 3.55%,变异系数分别为 5.89% 和 5.79%;吸水率最小值分别为 51.50%(徐麦 39)和 53.35%(扬麦 30),最大值分别是 67.00%(苏研麦 611)和 68.50%(宁紫麦 1 号)。

淮北和淮南小麦品种的面团平均最大拉伸阻力分别为 355.07 和 385.81 EU,标准差分别是 131.05 和 161.64 EU,变异系数为 36.91% 和 41.90%;其中面团最大拉伸阻力最小值分别是 129.00 EU(沔和麦 693)和 112.00 EU(镇麦 19),最大值分别是 739.00 EU(淮麦 66)和 747.00 EU(镇麦 29)。

淮北和淮南小麦品种的面团平均拉伸面积分别为 67.87 和 87.58 cm²,标准差分别是 21.60 和 32.42 cm²,变异系数为 31.83% 和 37.02%;面团拉伸面积最小值分别是 30.50 cm²(徐麦 136)和 28.00 cm²(扬麦 37),最大值分别为 139.50 cm²(淮麦 66)和 157.50 cm²(盐麦 5 号)。

近十年来淮北及淮南地区审定小麦品种的籽粒容重、蛋白质含量、湿面筋含量和吸水率变异系数较小,分别为 2.00%~8.27% 和 1.60%~7.75%,稳定时间、最大拉伸阻力和拉伸面积变异

系数较大,分别为 31.83%~59.60% 和 37.02%~57.68%。

从表 6 可知,年份间比较,淮北和淮南小麦年平均容重最大值分别出现在 2022 年和 2023 年,分别为 829.60 和 810.92 g·L⁻¹,最小值均在 2015 年,分别为 805.00 g·L⁻¹ 和 784.00 g·L⁻¹;平均蛋白质含量最大值分别在 2019 和 2017 年,分别为 15.15% 和 16.47%,最小值分别在 2016 和 2014 年,分别为 13.10% 和 13.75%;平均湿面筋含量最大值分别在 2022 和 2017 年,分别为 31.97% 和 33.70%,最小值在 2016 和 2014 年,分别为 27.07% 和 29.90%;平均面团稳定时间最大值分别在 2014 和 2015 年,分别为 12.85 和 14.10 min,最小值分别在 2016 和 2020 年,分别为 5.20 和 4.60 min;平均吸水率最大值在 2022 和 2018 年,分别为 61.76% 和 61.98%,最小值均在 2017 年,分别为 58.24% 和 59.83%;平均面团最大拉伸阻力最大值分别在 2021 和 2023 年,分别为 457.36 EU 和 474.55 EU,最小值在 2022 和 2020 年,分别为 268.19 和 284.39 EU;平均面团拉伸面积最大值分别在 2021 和 2017 年,分别为 81.50 和 120.50 cm²,最小值在 2022 和 2020 年,分别为 54.62 cm² 和 65.14 cm²。

表 5 2014—2023 江苏审定小麦品种品质性状
Table 5 Quality traits of the approved wheat varieties in Jiangsu from 2014 to 2023

项目 Project	容重 Bulk density/ (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 Water absorption/%	最大拉伸阻力 Maximum tensile resistance /EU	拉伸面积 Tensile area/cm ²
平均值 Average	822.22/801.69	14.35/14.55	30.71/31.20	7.96/6.70	59.91/61.33	355.07/385.81	67.87/87.58
最大值 Maximum	849.50/828.00	16.05/17.30	38.55/36.65	32.00/21.80	67.00/68.50	739.00/747.00	139.50/157.50
最小值 Minimum	771.35/767.00	12.80/10.50	25.60/22.05	1.90/1.65	51.50/53.35	129.00/112.00	30.50/28.00
标准差 Standard deviation	16.45/12.85	0.70/0.99	2.54/2.42	4.74/3.87	3.53/3.55	131.05/161.64	21.60/32.42
变异系数 Variable coefficient/%	2.00/1.60	4.88/6.77	8.27/7.75	59.60/57.68	5.89/5.79	36.91/41.90	31.83/37.02

表 6 2014—2023 江苏历年审定小麦品种品质性状
Table 6 Quality traits of the approved wheat varieties in Jiangsu from 2014 to 2023

年份 Year	容重 Bulk density/ (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 Water absorption/%	最大拉伸阻力 Maximum tensile resistance/EU	拉伸面积 Tensile area/cm ²
2014	818.08/804.85	14.55/13.75	30.49/29.90	12.85/5.60	—/—	—/—	—/—
2015	805.00/784.00	13.75/15.24	28.63/32.90	11.74/14.10	—/—	—/—	—/—
2016	812.33/804.25	13.10/15.05	27.07/32.28	5.20/10.75	—/—	—/—	—/—
2017	—/—	14.03/16.47	29.19/33.70	7.47/6.97	58.24/59.83	357.86/465.00	67.29/120.50
2018	—/—	14.14/14.75	29.74/30.77	10.68/10.18	61.36/61.98	405.2/441.50	78.60/99.67
2019	818.67/802.94	15.15/14.78	30.80/31.14	10.57/4.99	59.77/60.04	446.50/327.06	80.17/74.38
2020	815.68/798.25	14.66/14.51	31.27/31.09	6.41/4.60	58.75/62.21	328.91/284.39	62.94/65.14
2021	825.75/800.89	14.58/14.27	30.95/30.95	8.70/5.38	58.35/61.49	457.36/356.43	81.50/78.33
2022	829.60/795.63	14.35/14.30	31.97/31.27	5.98/6.16	61.76/60.83	268.19/389.43	54.62/90.40
2023	828.75/810.92	14.24/14.58	30.77/31.02	7.92/8.53	60.32/61.65	412.40/474.55	79.95/105.00

对两地区各品质性状年平均值比较发现,近十年间淮北地区小麦容重均高于淮南地区,且两地均呈现上升趋势(图 2a)。淮北地区籽粒蛋白质和湿面筋含量均小于淮南地区,但二者在淮北地区蛋白质含量呈现上升趋势,而在淮南地区呈现下降趋势(图 2b 和图 2c)。淮北地区审定小麦面团稳定时间稍大于淮南地区,两地均呈现减小趋势(图 2d)。淮北地区审定小麦吸水率小于淮南地区,且两地均呈现上升趋势(图 2e)。两地面团最大拉伸阻力均呈现缓慢下降趋势(图 2f)。淮北地区面团拉伸面积整体水平小于淮南地区,在淮北地区呈现平稳发展趋势,而淮南地区呈现下降趋势(图 2g)。

2.5 小麦农艺性状与品质性状相关性分析

对 2014—2023 年江苏淮北及淮南地区审定小麦品种的产量及农艺性状进行相关性分析发现,在淮北地区,产量与生育期、株高、穗粒数、千粒重呈极显著正相关($P<0.01$),生育期与株高、有效穗数呈极显著正相关;有效穗数与穗粒数呈极显著负相关。在淮南地区,产量与株高、有效穗数、千粒重呈极显著正相关,株高与千粒重呈极显著正相关,穗粒数与千粒重呈极显著负相关;产量与穗粒数、生育期与有效穗数呈显著正相关($P<0.05$)(表 7)。

对品质指标进行相关性分析发现,在淮北地区,蛋白质含量与湿面筋含量和拉伸面积、湿面筋含量与吸水率、稳定时间与最大拉伸阻力和拉伸面积、最大拉伸阻力与拉伸面积均呈极显著正相关;湿面筋含量与最大拉伸阻力、吸水率与最大拉伸阻力呈极显著负相关。在淮南地区,蛋白质含量与湿面筋含量、稳定时间、吸水率和拉伸面积呈极显著正相关,湿面筋含量与吸水率、稳定时间与吸水率、最大拉伸阻力和拉伸面积、最大拉伸阻力与拉伸面积均呈极显著正相关。

对农艺与品质性状间的相关性进行分析发现,在淮北地区,产量与容重、株高与蛋白质含量、千粒重与容重、湿面筋含量和吸水率均呈极显著正相关;千粒重与稳定时间呈极显著负相关。在淮南地区,有效穗数与容重、千粒重与最大拉伸阻力和拉伸面积呈极显著正相关;穗粒数与蛋白质含量、稳定时间、吸水率、最大拉伸阻力和拉伸面积均呈极显著负相关。

对比江苏两地审定小麦品种的农艺、品质性状相关性发现,很多对指标的相关性在两地区间

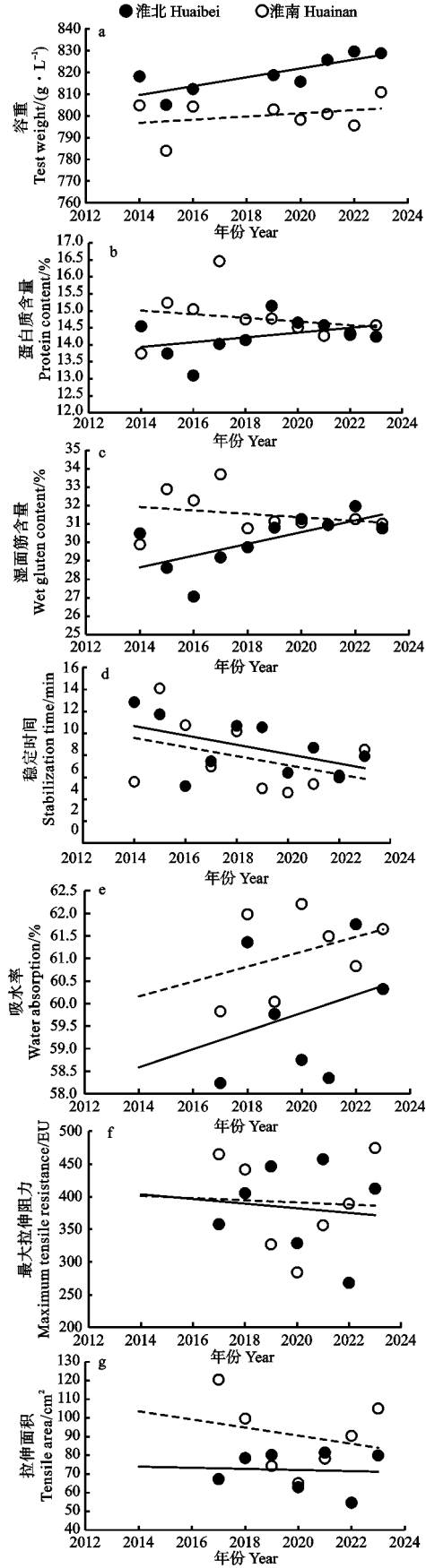


图 2 江苏省 2014—2023 审定品质性状演变趋势
Fig. 2 Evolution of quality traits in Jiangsu province from 2014 to 2023

表 7 2014—2023 年淮南和淮北审定小麦品种农艺性状与品质性状相关性分析
Table 7 Correlation analysis of agronomic traits and quality traits of the approved wheat varieties in Huainan and Huaibei from 2014 to 2023

性状 Trait	产量 Yield	生育期 Growth period	株高 Plant height	有效穗数 Effective spikes	穗粒数 Grains per spike	千粒重 Thousand- grain weight	容重 Test weight	蛋白质含量 Protein content	湿面筋含量 Wet gluten content	稳定时间 Stability time	吸水率 Water absorption	最大拉伸阻力 Maximum tensile resistance	拉伸面积 Stretching area
产量 Yield	1	0.074	0.426**	0.339**	0.253*	0.360**	0.109	-0.175	-0.131	-0.074	-0.247*	0.058	0.059
生育期 Growth period	0.272**	1	0.167	0.252*	-0.023	-0.046	0.214*	-0.165	-0.119	-0.103	-0.118	-0.145	-0.193
株高 Plant height	0.318**	0.279**	1	-0.057	0.080	0.479**	-0.126	-0.010	-0.056	-0.044	0.098	0.183	0.188
有效穗数 Effective spikes	0.045	0.295**	-0.078	1	-0.173	-0.103	0.420**	-0.153	-0.117	0.048	-0.130	0.048	0.045
穗粒数 Grains per spike	0.385**	-0.202	0.147	-0.539**	1	-0.363**	-0.002	-0.274**	-0.127	-0.297**	-0.343**	-0.283**	-0.283**
千粒重 Thousand-grain weight	0.515**	0.090	0.191	-0.104	0.183	1	-0.181	0.094	0.062	0.241*	0.239*	0.313**	0.292**
容重 Test weight	0.410**	0.220*	0.245*	0.179	-0.038	0.318**	1	0.063	0.143	0.090	0.009	-0.021	-0.003
蛋白质含量 Protein content	-0.002	-0.009	0.279**	-0.158	0.078	0.085	-0.039	1	0.697**	0.422**	0.387**	0.276*	0.336**
湿面筋含量 Wet gluten content	0.220*	-0.045	0.177	-0.173	0.180	0.273**	0.153	0.655**	1	0.233*	0.342**	0.017	0.076
稳定时间 Stability time	-0.270*	-0.094	0.112	0.149	-0.186	-0.381**	0.026	0.147	-0.227*	1	0.305**	0.895**	0.884**
吸水率 Water absorption	0.088	-0.088	0.061	-0.053	-0.047	0.305**	0.266*	0.040	0.528**	-0.182	1	0.150	0.192
最大拉伸阻力 Maximum tensile resistance	-0.269*	-0.054	0.132	0.165	-0.246*	-0.240*	0.099	0.252*	-0.310**	0.874**	-0.353**	1	0.975**
拉伸面积 Stretching area	-0.249*	-0.141	0.077	0.083	-0.171	-0.277*	0.105	0.303**	-0.169	0.799**	-0.219	0.915**	1

左下角为淮北地区数据, 右上角为淮南地区数据; 吸水量、最大拉伸阻力、拉伸面积为 2017—2023 年数据; * : $P < 0.05$; ** : $P < 0.01$ 。
The data of lower left corner are Huaibei area, and the data of upper right corner are Huainan area; Data of water absorption, maximum tensile resistance and stretching area are years from 2017 to 2023; * : $P < 0.05$; ** : $P < 0.01$.

相反,如穗粒数与千粒重和蛋白质含量间、株高与蛋白质含量间、千粒重与容重、稳定时间、最大拉伸阻力、拉伸面积间、湿面筋含量与最大拉伸阻力间和稳定时间与吸水率间、吸水率与最大拉伸阻力间,但相关性均相反极显著。

3 讨论

本研究发现,2014—2023年间江苏审定小麦品种产量稳步提升,淮北地区小麦产量稳定且高于淮南地区。淮北地区小麦品种蛋白质含量自2019年开始超过淮南地区,湿面筋含量自2020年超越淮南。有效穗数、穗粒数和千粒重对产量的贡献在两地间存在差异,在淮北地区表现为千粒重>穗粒数>有效穗数,在淮南地区表现为千粒重>有效穗数>穗粒数,说明两地主要通过提高千粒重提高小麦产量。这与叶凌凤等^[10]对淮北小麦主栽品种产量性状及稳定性分析的结果一致。崔党群等^[11]指出,提高小麦千粒重关键在于提高灌浆速率,并适当延长灌浆时间。丰富的种质资源是小麦新品种选育的必要前提,采用优质、抗病小麦品种为亲本,了解各性状间的相关性,对小麦品种改良具有重要作用^[12-14];对不同小麦种质的农艺性状与产量进行相关性分析,对小麦的遗传育种与品种筛选具有重要作用^[15-17]。蒋进等^[18]研究了四川主栽小麦品种产量与农艺性状的相关性,发现产量与有效穗数显著正相关,与穗粒数负相关,这可能因为穗数型品种更适合四川气候条件。前人研究表明,产量与其构成要素的通路分析结果为穗数>穗粒数>千粒重^[19-21],与本研究结果存在差异,这可能与供试品种、区域环境、栽培措施和数据处理方法不同有关。戴宝生等^[22]对长江中下游小麦品种产量性状进行相关与通路分析发现,产量三要素与产量的相关性结果为千粒重>穗粒数>有效穗数,此结果与淮北地区一致。淮北地区的旱作环境在一定程度上有利于蛋白质的积累,该地区应充分利用灌浆期光照足、昼夜温差大的优势,通过培育大粒品种挖掘产量潜力。淮南地区湿热多雨,近年来审定小麦品种的蛋白质及湿面筋含量均有所降低,推测强筋育种与湿热环境间存在天然矛盾,实现强筋化目标需要提高抗逆与优质基因的聚合,同时增加耐密品种的选育以增加群体穗数,从而提高产量。

目前江苏省内主推小麦品种为淮麦 33、扬麦 25、镇麦 12 号、徐麦 35、镇麦 15、淮麦 44、扬麦

33、瑞华麦 549、农麦 88 等,这些品种皆具有较强的适应性、较高的产量以及良好的抗伏倒能力。近十年间江苏审定品种的数量增多,建议在现有品种基础上,引用并筛选具有良好性状的优质小麦品种,供农民和种植户选择利用。

4 结论

2014—2023年江苏省淮北及淮南地区审定小麦品种数量迅速上升,十年间淮北地区审定90份小麦品种,淮南地区审定95份小麦品种;淮北地区审定小麦品种以中筋为主,淮南地区品种的强筋率上升;淮北对山东、河南种质的利用率较高,而淮南主要利用本地种质资源。

近十年江苏审定小麦品种的产量稳步上升,且淮北高于淮南地区;两地审定小麦的株高、穗粒数、千粒重均呈上升趋势,有效穗数平稳发展,而生育期均呈下降趋势;淮北地区审定小麦的籽粒容重、蛋白质含量、湿面筋含量及吸水率均呈上升趋势,最大拉伸阻力及拉伸面积发展平稳,面团稳定时间呈下降趋势;淮南地区审定小麦的籽粒容重及吸水率呈上升趋势,蛋白质含量、湿面筋含量、稳定时间、最大拉伸阻力及拉伸面积呈下降趋势。

淮北地区小麦产量与其三要素相关性表现为千粒重>穗粒数>有效穗数,淮南地区表现为千粒重>有效穗数>穗粒数。提高江苏小麦产量今后可从穗粒数和有效穗数方面继续挖掘增产潜力。淮北地区应尝试分区发展强筋及弱筋小麦的可行性,淮南地区品种选育中应引进新的优质种质资源,且育种中应兼顾增产及品质,选育符合市场需求的优质、高产小麦。

参考文献:

- [1]王亚飞,李世景,徐萍,等.黄淮和长江中下游冬麦区小麦品种(系)农艺性状及其聚类分析[J].中国生态农业学报(中英文),2020,28(3):395.
WANG Y F, LI S J, XU P, et al. Agronomic traits and cluster analysis of winter wheat varieties (lines) in the Huang huai and the middle/lower reaches of the Yangtze River wheat areas [J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2020, 28 (3): 395.
- [2]赵广才,常旭虹,王德梅,等.中国小麦生产发展潜力研究报告[J].作物杂志,2012(3):1.
ZHAO G C, CHANG X H, WANG D M, et al. Research report on development of China's wheat production potential [J]. *Crops Journal*, 2012(3):1.
- [3]何中虎,庄巧生,程顺和,等.中国小麦产业发展与科技进步[J].农学学报,2018,8(1):99.
HE Z H, ZHUANG Q S, CHENG S H, et al. Wheat produc-

- tion and technology improvement in China [J]. *Journal of Agriculture*, 2018, 8(1): 99.
- [4] 葛昌斌, 秦素研, 乔冀良, 等. 2001—2021年豫南和江苏淮河以南审定小麦品种农艺、品质性状和病害演变对比分析[J]. 作物杂志, 2023, 39(5): 49.
- GE C B, QIN S Y, QIAO J L, *et al.* Comparative analysis on agronomy, quality traits and disease evolution of approved wheat varieties in south Henan and south of Huaihe river in Jiangsu from 2001 to 2021 [J]. *Crops Journal*, 2023, 39(5): 49.
- [5] 潘丽媛, 王永军, 李海军, 等. 江苏淮东北地区小麦种质资源的多性状评价及相关性分析[J]. 大麦与谷类科学, 2023, 40(5): 18.
- PAN L Y, WANG Y J, LI H J, *et al.* Multi-character evaluation and correlation analysis of wheat germplasm resources in HuaiBei area, Jiangsu Province [J]. *Barley and Cereals Science*, 2023, 40(5): 18.
- [6] 陈次娥, 张安存, 王先如, 等. 江苏淮南麦区近17年小麦品种产量性状及聚类分析[J]. 耕作与栽培, 2020, 40(5): 31.
- CHEN C E, ZHANG A C, WANG X R, *et al.* Yield character and cluster analysis of wheat varieties in Huainan area of Jiangsu Province in recent 17 years [J]. *Tillage and Cultivation*, 2020, 40(5): 31.
- [7] 张巧凤, 吴纪中, 颜伟, 等. 江苏省沿海地区小麦品种更替与演变分析[J]. 植物遗传资源学报, 2015, 16(6): 1179.
- ZHANG Q F, WU J Z, YAN W, *et al.* Replacement and evolution of wheat varieties in Jiangsu coastal areas [J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2015, 16(6): 1179.
- [8] 冷苏凤, 宋锦花. 江苏省小麦品种的产量性状分析[J]. 江苏农业科学, 2010, 38(5): 113.
- LENG S F, SONG J H. Analysis on yield traits of wheat varieties in Jiangsu Province [J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2010, 38(5): 113.
- [9] 沈业松, 王歆, 顾正中, 等. 296份黄淮麦区小麦品种资源在江苏淮北市的品质分析[J]. 浙江农业学报, 2018, 30(10): 1617.
- SHEN Y S, WANG X, GU Z Z, *et al.* Quality analysis of 296 wheat varieties from the Huang-Huai wheat region planted in HuaiBei area of Jiangsu [J]. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 2018, 30(10): 1617.
- [10] 叶凌凤, 周鑫, 徐年龙, 等. 江苏省淮北地区近3年主栽小麦品种产量性状及其稳定性分析[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(22): 56.
- YE L F, ZHOU X, XU N L, *et al.* Analysis of yield characters and stability of main wheat varieties in HuaiBei area of Jiangsu Province in recent three years [J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2020, 48(22): 56.
- [11] 崔党群, 张娟, 闻捷, 等. 黄淮冬麦区超高产小麦品种的产量结构模式研究[J]. 华北农学报, 2001, (4): 1.
- CUI D Q, ZHANG J, WEN J, *et al.* Study on yield structure model of super-high-yield wheat varieties in winter wheat area of Huang-Huai [J]. *Journal of North China Agriculture*, 2001, (4): 1.
- [12] 张凡, 刘国涛, 杨春玲. 620份小麦种质资源农艺性状调查及其遗传多样性分析[J]. 山东农业科学, 2022, 54(3): 15.
- ZHANG F, LIU G T, YANG C L. Investigation on agronomic traits and genetic diversity of 620 wheat germplasm resources [J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 2022, 54(3): 15.
- [13] 程西永, 陈平, 许海霞, 等. 不同国家小麦种质资源遗传多样性研究[J]. 麦类作物学报, 2009, 29(5): 803.
- CHENG X Y, CHEN P, XU H X, *et al.* Genetic diversity of wheat germplasm from different countries [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2009, 29(5): 803.
- [14] LIU Y Y, SHEN K C, YIN C B, *et al.* Genetic basis of geographical differentiation and breeding selection for wheat plant architecture traits [J]. *Genome Biology*, 2023, 24(1): 114.
- [15] 刘新月, 裴磊, 董双全, 等. 冬小麦种质材料主要农艺性状研究[J]. 中国农学通报, 2012, 28(33): 18.
- LIU X Y, PEI L, DONG S Q, *et al.* Research of agronomic trait for winter wheats [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2012, 28(33): 18.
- [16] 李爱国, 宋晓霞, 吴春西, 等. 黄淮南片小麦新品种表型特点及育种现状浅析[J]. 作物研究, 2020, 34(4): 368.
- LI A G, SONG X X, WU C X, *et al.* Analysis on phenotypic characteristics and current breeding situation of new wheat varieties in the south Huang-Huai wheat region [J]. *Crop Research*, 2020, 34(4): 368.
- [17] 马艳明, 冯智宇, 王威, 等. 新疆冬小麦品种农艺及产量性状遗传多样性分析[J]. 作物学报, 2020, 46(12): 1997.
- MA Y M, FENG Z Y, WANG W, *et al.* Genetic diversity analysis of winter wheat landraces and modern bred varieties in Xinjiang based on agronomic traits [J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2020, 46(12): 1997.
- [18] 蒋进, 蒋云, 王淑荣. 四川省近年育成小麦品种农艺性状和品质性状分析[J]. 麦类作物学报, 2019, 39(6): 682.
- JIANG J, JIANG Y, WANG S R. Agronomic and quality traits of wheat varieties bred in Sichuan in recent years [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2019, 39(6): 682.
- [19] 赵倩, 姜鸿明, 孙美芝, 等. 山东省区试小麦产量与产量构成因素的相关和通径分析[J]. 中国农学通报, 2011, 27(7): 42.
- ZHAO Q, JIANG H M, SUN M Z, *et al.* Correlation and path analysis of yield components of winter wheat varieties with high yield potential cultured in regional trials of Shandong Province [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2011, 27(7): 42.
- [20] 刘朝辉, 李江伟, 蒋志凯, 等. 河南省小麦区试品种(系)产量与产量构成因素的相关和通径分析[J]. 山东农业科学, 2013, 45(9): 26.
- LIU Z H, LI J W, JIANG Z K, *et al.* Correlation and path analysis between yield and its components of wheat varieties (lines) in regional trial in Henan Province [J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 2013, 45(9): 26.
- [21] 田纪春, 邓志英, 胡瑞波, 等. 不同类型超级小麦产量构成因素及籽粒产量的通径分析[J]. 作物学报, 2006, 32(11): 1699.
- TIAN J C, DENG Z Y, HU R B, *et al.* Yield components of super wheat cultivars with different types and the path coefficient analysis on grain yield [J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2006, 32(11): 1699.
- [22] 戴宝生, 邢炜, 张华崇, 等. 长江中下游小麦品种数量性状与产量性状的相关分析与通径分析[J]. 耕作与栽培, 2021, 41(5): 52.
- DAI B S, XING W, ZHANG H C, *et al.* Correlation analysis and path analysis between quantitative traits and yield traits of wheat varieties in the middle and lower reaches of the Yangtze river [J]. *Tillage and Cultivation*, 2021, 41(5): 52.