

网络出版时间: 2025-12-18

网络出版地址: <https://link.cnki.net/urlid/61.1359.S.20251216.1604.006>

# 2010—2024 年江苏淮南麦区省审小麦品种表型性状 及亲缘关系分析

宋桂成<sup>1,2,3</sup>, 张鹏<sup>1,2,3</sup>, 徐瑶<sup>4</sup>, 王化敦<sup>1,2</sup>, 姜朋<sup>1,2</sup>, 何漪<sup>1,2,3</sup>

(1. 江苏省农业科学院粮食作物研究所, 江苏南京 210014; 2. 生物育种钟山实验室, 江苏南京 210014;

3. 江苏省粮食作物现代产业技术协同创新中心, 江苏扬州 225009; 4. 江苏省种子管理站, 江苏南京 210036)

**摘要:**为给江苏省淮南高产优质绿色小麦新品种选育提供参考, 对2010—2024年江苏省审定的116个淮南麦区小麦品种的农艺性状(生育期、株高、穗数、穗粒数、千粒重、抗病性)和品质性状进行了系统分析, 追溯品种的系谱信息, 利用亲缘关系和聚类分析对其遗传关系进行探讨。结果表明, 2010—2024年江苏淮南麦区审定小麦品种的农艺性状和品质性状呈现显著改良趋势, 平均生育期207 d, 较早期品种缩短3~5 d; 株高稳定在80~88 cm之间, 平均84.51 cm; 产量三要素中, 每公顷穗数增加4.31%, 千粒重提高9.64%, 穗粒数保持相对稳定; 品质改良向中强筋方向发展, 中强筋小麦品种明显增多。抗病性方面, 保持中抗赤霉病, 白粉病和黄花叶病毒病抗性增强, 但抗纹枯病的品种仍较为缺乏。经遗传关系分析, 116个品种的6 670对组合的遗传相似系数(COP)变化范围为0~0.66, 平均COP为0.32。基于亲缘关系的聚类分析将供试小麦品种划分为4个类群, 其中宁麦9号、宁麦13、扬麦158、镇麦9号和镇麦168等骨干亲本及其衍生品种构成三大核心群, 含86.21%的审定品种。综合来看, 江苏省淮南麦区品种的产量和品质性状有显著提升, 但遗传基础相对狭窄, 宁麦9号、扬麦158、镇麦9号等骨干亲本被反复利用, 新的外源亲本引入较少, 致江苏省淮南育成品种的遗传多样性不足。

**关键词:** 江苏淮南; 亲缘系数; 系谱; 抗病性; 小麦品种

**中图分类号:** S512.1; S330

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1009-1041(2026)02-0216-10

## Phenotypic Trait and Genetic Relationships of Wheat Varieties in Huainan Area of Jiangsu Province from 2010 to 2024

SONG Guicheng<sup>1, 2, 3</sup>, ZHANG Peng<sup>1, 2, 3</sup>, XU Yao<sup>4</sup>, WANG Huadun<sup>1, 2</sup>, JIANG Peng<sup>1, 2</sup>, HE Yi<sup>1, 2, 3</sup>

(1. Institute of Food Crops, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing, Jiangsu 210014, China; 2. Zhongshan Biological Breeding Laboratory, Nanjing, Jiangsu 210014, China; 3. Collaborative Innovation Center for Modern Production Technology of Grain Crops of Jiangsu Province, Yangzhou, Jiangsu 225009, China; 4. Seed Administration Bureau of Jiangsu Province, Nanjing, Jiangsu 210036, China)

**Abstract:** To provide a reference for breeding high-yield, high-quality, and green wheat varieties in the Huainan region of Jiangsu, this study conducted a systematic analysis of agronomic traits (growth period, plant height, spike number, grains per spike, thousand-kernel weight, and disease resistance) and quality traits of 116 wheat varieties approved in Jiangsu from 2010 to 2024. The pedigree information of these varieties was traced, and their genetic relationships were studied using phylogenetic and cluster analysis. The results showed that agronomic traits and quality of the approved wheat varieties in the Huainan region from 2010 to 2024 exhibited significant improvement trends. The average growth period of varieties was 207 days, a decrease of 3 to 5 days compared to early-maturity varie-

收稿日期: 2025-08-18

修回日期: 2025-11-07

**基金项目:** 国家重点研发计划项目(2024YFD1201102); 国家小麦产业技术体系项目(CARS-03-57); 江苏省农业科学院科研基金项目(KYJJ(25)0301)

**第一作者** E-mail: schgui@163.com (宋桂成)

**通讯作者** E-mail: heyi\_yihe@163.com (何漪)

ties; plant height remained stable at 80—88 cm, averaging 84.51 cm. Among the three yield components, spike number per  $\text{hm}^2$  increased by 4.31%, thousand-kernel weight improved by 9.64%, and grains per spike remained relatively stable. Quality improvements shifted toward medium to strong gluten, with a notable increase in medium to strong gluten wheat varieties. In terms of disease resistance, varieties maintained moderate resistance to fusarium head blight, but showed enhanced resistance to powdery mildew and yellow mosaic virus disease. However, varieties resistant to sharp eyespot remained relatively scarce. Genetic relationship analysis revealed that the genetic similarity coefficients of parentage(COP) for 6 670 pairs among the 116 varieties ranged from 0 to 0.66, with an average COP of 0.32. Cluster analysis based on phylogenetic relationships divided the tested wheat varieties into four groups, with key parental varieties such as Ningmai 9, Ningmai 13, Yangmai 158, Zhenmai 9, and Zhenmai 168 forming three major core clusters, accounting for 86.21% of the approved varieties. The study indicated that while yield and quality traits of varieties in the Huainan region of Jiangsu have significantly improved, but their genetic foundation remains relatively narrow. The repeated utilization of key parental varieties like Ningmai 9, Yangmai 158, and Zhenmai 9, along with limited incorporation of new external parents, has led to insufficient genetic diversity in the developed varieties of the Huainan region in Jiangsu.

**Keywords:** Jiangsu huainan; Coefficient of parentage; Pedigree; Disease resistance; Wheat varieties

江苏省是中国重要的小麦产区之一。国家统计局数据(<https://www.stats.gov.cn/>)显示,江苏省2023年小麦种植面积达238.95万 $\text{hm}^2$ ,总产量1 373.53万吨,分居全国第4位和第5位。江苏省横跨中国南北过渡带,气候差异显著,以淮河—苏北灌溉总渠为界可划分为淮南和淮北两大麦区,其中江苏淮南小麦的生产面积122.14万 $\text{hm}^2$ ,是江苏小麦生产的重要麦区<sup>[1-2]</sup>。小麦品种的稳产性、广适性和多抗性是保障小麦高产稳产的关键。因此,系统分析审定品种的表型和遗传多样性,对于指导小麦品种改良具有重要意义。

已有诸多学者对不同麦区不同年代育成小麦品种的抗性和产量性状变化进行了分析。刘海浪等<sup>[3]</sup>对2005—2019年江苏冬小麦品种性状分析认为,省审的109个小麦品种中,穗数、穗粒数和千粒重呈逐年增长趋势,宁麦17、宁麦18、镇麦9号等少数品种兼抗赤霉病和白粉病,但没有兼抗赤霉病、纹枯病和白粉病3种病害的品种。这一现象在其他麦区同样存在。2013—2021年河北省审定的212个冬小麦品种中兼抗条锈病和白粉病的仅占4.72%<sup>[4]</sup>。王龙等<sup>[5]</sup>对陕西省审定的176份小麦品种分析表明,仅有3.35%品种兼抗条锈病、白粉病或赤霉病。葛冬冬等<sup>[6]</sup>对2011—2024年黄淮冬麦区南片574个国审小麦品种分析发现,兼抗赤霉病和白粉病的品种仅占1.57%。随着消费需求升级,小麦品质性状也成为品种选育的重点。郝天佳等<sup>[7]</sup>对1991—2018年521个

国审小麦品种的品质分析得出,蛋白质含量显著提高,面团流变学特性得到改善,稳定时间和延展性呈增加趋势,同时产量相关性状(穗数、穗粒数和千粒重)逐步提升。2002—2020年山西省审定的176个小麦品种中达到强筋标准的品种占35.2%,蛋白质含量和湿面筋含量分别为14.86%和32.05%<sup>[8]</sup>。黑龙江省2008—2022年审定的109个小麦品种表现为稳定时间与蛋白质含量、湿面筋含量和容重呈正相关,产量与生育期、株高呈正相关,与千粒重呈负相关<sup>[9]</sup>。2004—2022年甘肃省审定的281个小麦品种生育期年平均缩短0.46 d,株高年平均降低1.10 cm,平均产量呈逐年上升趋势<sup>[10]</sup>。四川省2001—2016年审定的145份小麦品种株高呈降低趋势,产量年均遗传增益为37.20  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ <sup>[11]</sup>。由此可见,小麦品种的品质性状改良已受到极大关注。

育成品种的产量、抗性和品质主要取决于其遗传背景和种质资源的多样性。通过系谱分析育成品种的亲缘系数(coefficient of parentage, COP),能够量化品种间的遗传相似性,为亲本选择、杂交组合选配和育种策略优化提供重要依据。王江春等<sup>[12]</sup>对建国后山东小麦品种的COP分析发现,9次品种更替的66个小麦主栽品种亲本的COP较小,遗传差异较大,其系谱可追溯到碧玉麦、Villa Glori(中农28)、洛夫林系、蚰子麦等四大骨干亲本体系;但20世纪90年代后,仅有鲁麦14等少量骨干亲本被广泛使用,品种间遗传距

离缩小。吕晓欢等<sup>[13]</sup>对2009—2010年河南、河北、山东三省小麦区试品种(系)分析发现,河南参试的品种(系)遗传多样性相对较低,这些品种(系)多是利用豫麦2号及其衍生品种(系)培育而成;河北、山东省广泛利用外源种质资源,参加区试的小麦品种(系)遗传多样性相对较高。李健等<sup>[14]</sup>对青藏高原青稞品种亲缘系数分析认为,藏区青稞的9个骨干亲本及其67个衍生品种构成了育成品种的主体,外引大麦种质利用率低,导致青藏高原青稞育成品种的遗传多样性较小,遗传基础相对狭窄。吕国锋等<sup>[15]</sup>研究结果显示,1996—2015年江苏省审定的45个品种可以聚为扬麦158衍生品种(COP均值为0.45)、宁麦9号衍生品种(COP均值为0.31)和其他品种,说明扬麦158和宁麦9号是江苏淮南麦区小麦育种的核心骨干亲本。鉴于2010—2024年江苏省淮南麦区育成小麦品种遗传多样性的演变及主要表型特征变化趋势尚缺乏系统探讨,本研究对近15年该麦区审定小麦品种的农艺性状、产量构成、品质特性和亲缘系数进行了综合分析,以期为该区域小麦育种工作提供理论指导和技术参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

选用2010年以来江苏省审定且适合在江苏淮南麦区种植的116个小麦品种作为供试材料,品种名称、亲本组合、育成年代和主要农艺性状及系谱信息均来自于江苏省农业农村厅网站(<http://nynct.jiangsu.gov.cn>)。

### 1.2 试验方法

根据审定公告数据,统计2010—2024年以来江苏省审定适合淮南麦区种植小麦品种的主要农艺性状,包括生育期、株高、单位面积有效穗数、穗粒数、千粒重、容重等指标的年度均值,对赤霉病、纹枯病、白粉病、黄花叶病毒病等病害表现抗病的品种比例,粗蛋白、湿面筋含量和稳定时间等品质指标的年度均值。

品种COP的计算参考王春江等<sup>[12]</sup>和李健等<sup>[14]</sup>的方法,根据近15年江苏省审定的淮南小麦品种系谱信息,计算116个品种成对组合的COP矩阵。COP的计算原则如下:①一个品种分别从其双亲得到一半的基因;②所有祖先中亲本及其后代品种都是纯合的;③最早的祖先品种(系)间的亲缘系数为0;④混合授粉材料各花粉供体享有相同的等同于雌配子的亲缘系数概率,

例如,A与5个父本混合授粉材料杂交得到B,则B与A的COP为1/2;B与各父本的COP均为1/(2×5);⑤一个品种与其系选所得品种间的COP为0.75;⑥自然突变和诱导突变材料与其祖先的COP为0.75;⑦含有部分相同亲本的旁系品种间的COP计算公式为 $R_{SD} = \sum (1/2)^{n_1+n_2}$ ,R代表品种S和品种D之间的亲缘系数, $n_1$ 代表品种S和品种D的共同亲本与品种S的世代数, $n_2$ 代表品种D和品种S的共同亲本与品种D间的世代数;⑧一个品种与其自身的COP为1.00;⑨亲本与后裔品种间的COP可以表示其遗传物质的传递比率即遗传贡献率。

利用DPS7.05软件分析COP,追溯世代深度参数设置为3,关系阈值默认0.25。采用兰氏距离(Lance-Williams)和类平均法(UPGMA)对COP矩阵(116×116)进行聚类分析,并计算类群内和类群间的平均COP,用(1-COP)矩阵表示系谱遗传距离矩阵。

## 2 结果与分析

### 2.1 江苏淮南麦区省审品种概况

2010—2024年,江苏省共审定适合在淮南麦区种植的小麦品种116个,年均7.7个,其中2010年审定3个,2011年和2014年各2个,2012年、2013年和2016年各4个,2015年仅1个,2017年3个;2018年起审定数量显著增长,2018—2023年分别为6、7、14、17、20和19个,2024年回落至10个。从品种选育主体来看,科研院所独立选育品种48个(占41.38%),种子企业自主选育37个(占31.89%),科企合作选育30个(占25.86%),个人选育1个(占0.86%)。在亲本组配方式上,单交组合占绝对优势(73个,62.93%),复交组合次之(28个,24.14%),此外还包括辐照诱变9个(7.76%)和系统选育6个(5.17%)。

### 2.2 生育期、株高、产量三要素和容重变化

2010—2024年江苏省淮南麦区审定的小麦品种生育期显著缩短3~5 d,平均为207 d,为淮南稻麦轮作系统提供了更大的耕作弹性。株高保持稳定,维持在80~88 cm范围内,平均84.51 cm。产量构成要素方面,2020—2024年有效穗数平均每公顷481.95万穗,较2010—2014年(每公顷462.00万穗)显著提升4.31%;千粒重提升更为显著,从41.5 g增至45.5 g,增长9.64%;穗粒数保持相对稳定,平均39.13粒。容重在780~820 g·L<sup>-1</sup>之间波动,平均为799.68 g·L<sup>-1</sup>(图1)。

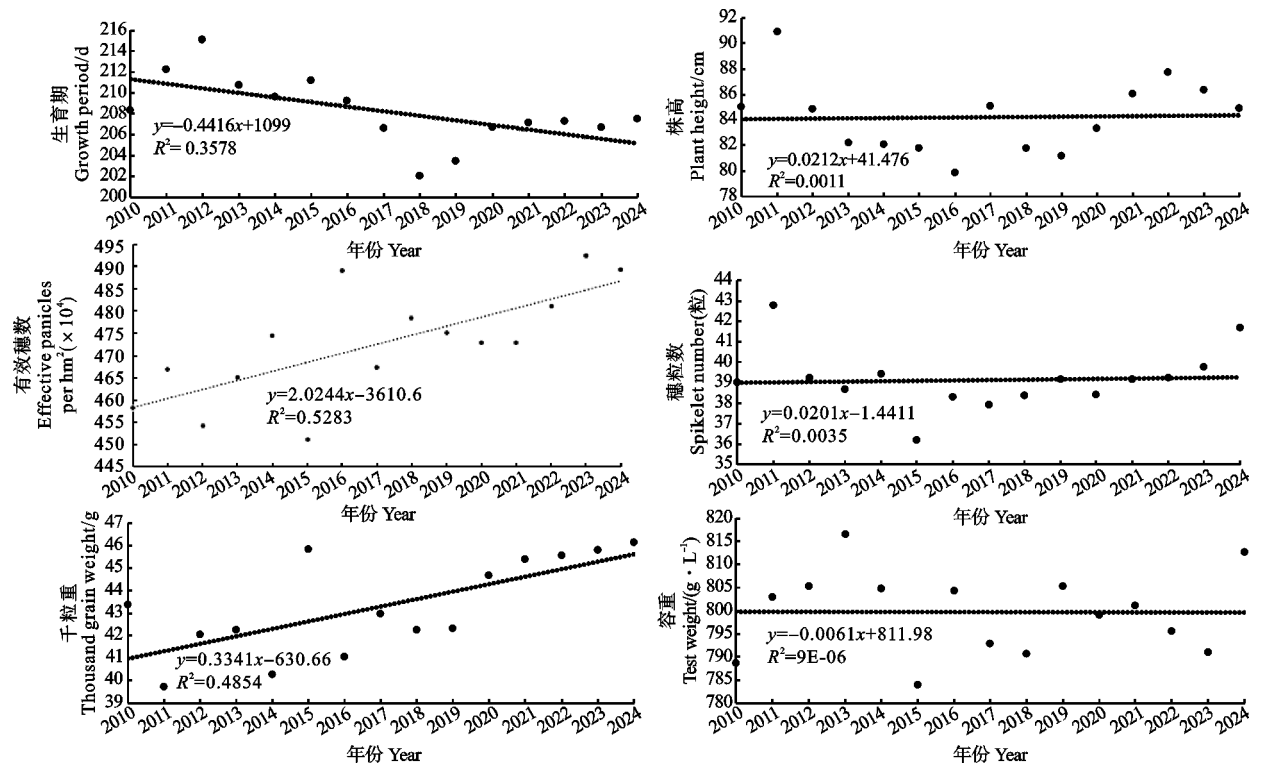


图 1 2010—2024 年江苏省淮南麦区审定小麦品种的性状特点

Fig. 1 Characteristics of wheat varieties approved in Huainan wheat area, Jiangsu Province from 2010 to 2024

2.3 品质特征变化

从 2010—2024 年江苏淮南麦区省审小麦品质指标的变化趋势(图 2)看,该地区小麦的平均粗蛋白含量从早期的 13.56% 上升至近年的 14.45%, 平均湿面筋含量由 28.65% 增长到 30.93%, 面团平均稳定时间从 5.43 min 延长至 7.30 min, 表明近年来该地区小麦品种选育方向偏向于中强筋类型。目前审定品种中,中强筋(强筋)小麦占据主导地位,以 2024 年为例,在审定的适宜淮南麦区种植的 10 个小麦新品种中,强筋品种 8 个,占比高达 80%,无弱筋品种。

2.4 品种抗病性变化

2010—2024 年江苏淮南麦区审定小麦品种的疾病抗性呈现差异化变化(图 3)。赤霉病抗性整体保持在中抗(MR)水平,其中淮麦 5 号、宁麦 20 和宁麦资 119 达到抗(R)水平。纹枯病抗性一直较差,2010—2018 年审定品种以中感(MS)为主,2019—2024 年高感(HS)品种比例增至 47.40%~82.40%,52 个审定品种表现为高感,表明抗性亲本利用不足。相比之下,白粉病和黄花叶病毒病抗性持续提升:2010—2016 年审定品种多为感病(S)以上水平,2017—2024 年中抗(MR)以上品种显著增加,显示育种中已加强利用抗病遗传资源。

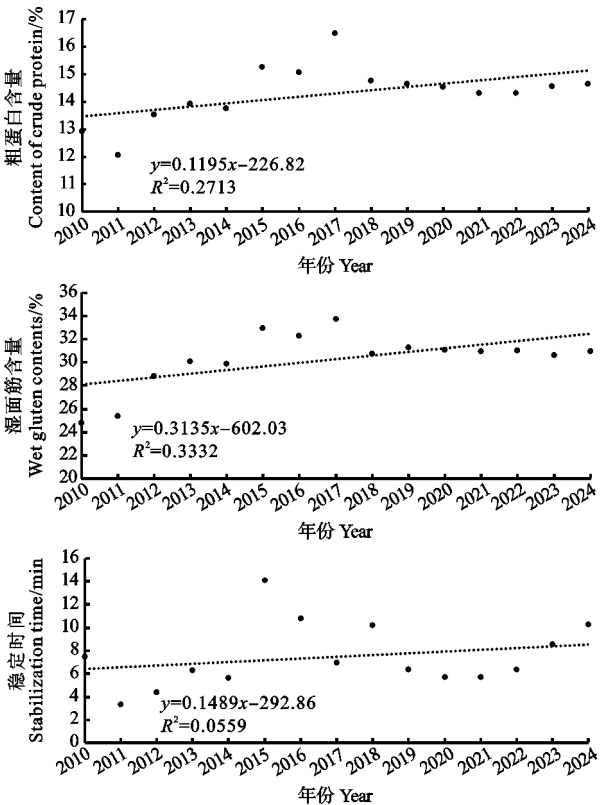
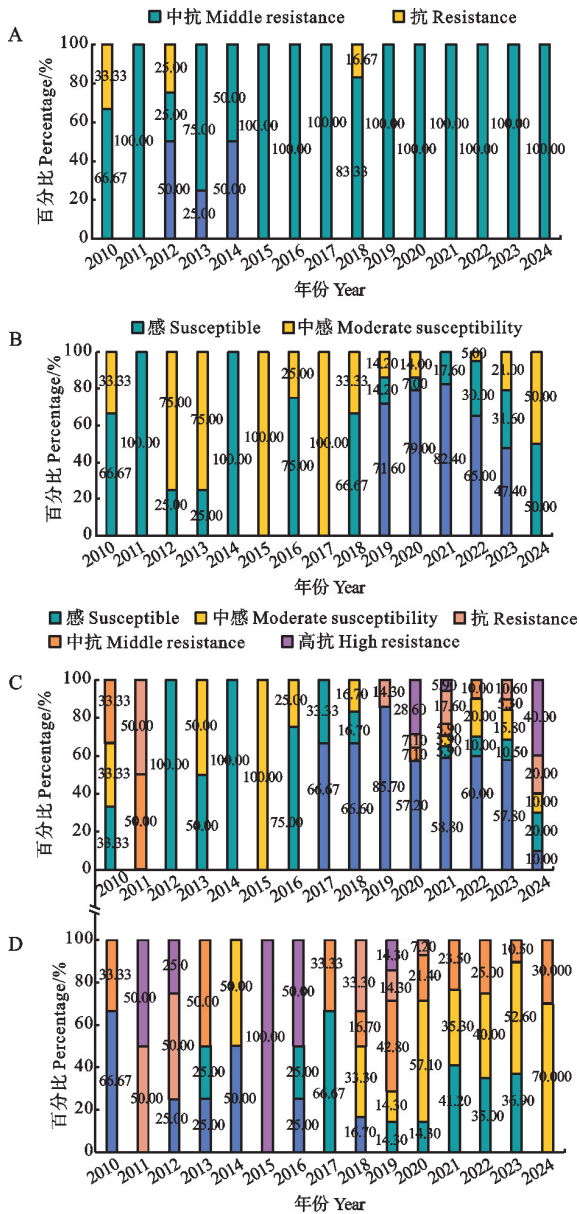


图 2 2010—2024 年江苏淮南麦区审定小麦品种的品质性状变化

Fig. 2 Quality traits of the approved wheat varieties in Huainan wheat area, Jiangsu Province from 2010 to 2024



A: 赤霉病; B: 纹枯病; C: 白粉病; D: 黄花叶病毒病。

A: Fusarium head blight; B: Sheath blight; C: Powdery mildew; D: Yellow mosaic virus disease.

图 3 2010—2024 年江苏淮安麦区审定小麦品种的抗病性变化

Fig. 3 Trends of disease resistance of wheat varieties approved in Huainan wheat region, Jiangsu province from 2010–2024

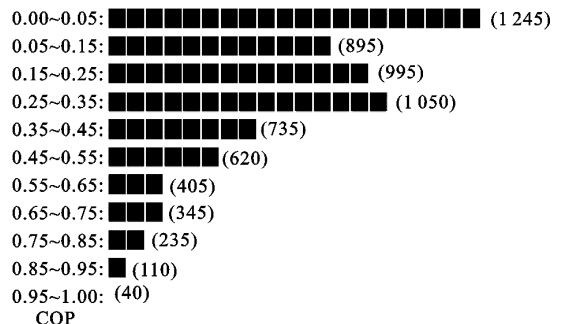
## 2.5 亲缘系数聚类分析

本研究的 116 个品种形成 6 670 对组合,各组合 COP 值变异范围为 0~0.66,平均为 0.32,品种间亲缘关系高于平均值的有 2 835 对,占 42.51% (图 4)。有亲缘关系的组合占 67.30% (COP>0),无亲缘关系的组合占 33.32%,高亲缘系数组合占 10.92% (COP>0.71)。亲缘关系分析发

现,镇麦 9 号、镇麦 168、宁麦 9 和扬麦 158 号是 4 个高关联核心品种,与其他品种的亲缘系数 (COP>0.3) 关联数分别为 89、76、74 和 68 个,表明 2010—2024 年间该地区审定的小麦品种普遍存在较强的亲缘关系,特别是与宁麦 9 号、宁麦 13、扬麦 158、扬麦 11、镇麦 9 号、镇麦 168 等骨干亲本具有较近的亲缘关系,说明育种过程中这些优良亲本的集中利用非常普遍。

江苏淮南审定的 116 个小麦品种可聚为 4 类 (图 5)。由扬麦 27、扬辐麦 19、宁麦 37 等构成第 I 类,共 35 个品种,主要由宁麦 13、扬麦 158、扬麦 11 和宁麦 8 号组成的骨干亲本组配选育而成;由宁麦 18、宁麦 20、扬麦 21、苏麦 8 号等 16 个品种构成第 II 类,主要由骨干亲本宁麦 9 号组配选育而成;由镇麦 9 号、镇麦 10 号、盐麦 1 号、华麦 6 号等 49 个品种构成第 III 类,主要由镇麦 9 号、镇麦 10 号和镇麦 168 骨干亲本组配选育而成;由宁麦 28、扬江麦 586、宁紫麦 160、华运麦 1 号等 16 个品种构成第 IV 类,第 IV 类 16 个品种的亲本与其他品种亲缘关系较远,宁麦 28、扬江麦 586、扬麦 34、镇麦 19、宁红麦 1119、华运麦 1 号、宁紫麦 160、瑞华麦 529 和镇麦 23 亲缘系数为 0,其余 7 个品种平均 COP 小于 0.001;类群 I、II 和 III 内部亲缘关系最强,类群 IV 与其他类群的 COP 为 0 的比例为 89%,与其他类群亲缘关系最弱。

由图 6 可以看出,以扬麦 158 和宁麦 13 为核心亲本的第 I 类群在近 15 年中产生有亲缘关系的品种数量增加较慢;以宁麦 9 号为核心亲本的第 II 类群产生有亲缘关系的品种数量同样增加较慢;以镇麦 9 号、镇麦 10 号和镇麦 168 为核心亲本的第 III 类群产生有亲缘关系的品种数量呈现急



括号内数字是 COP 范围内组合数量。

The number in parentheses represents the number of combinations within the COP range.

图 4 亲缘系数值分布

Fig. 4 Distribution of coefficient of parentage values

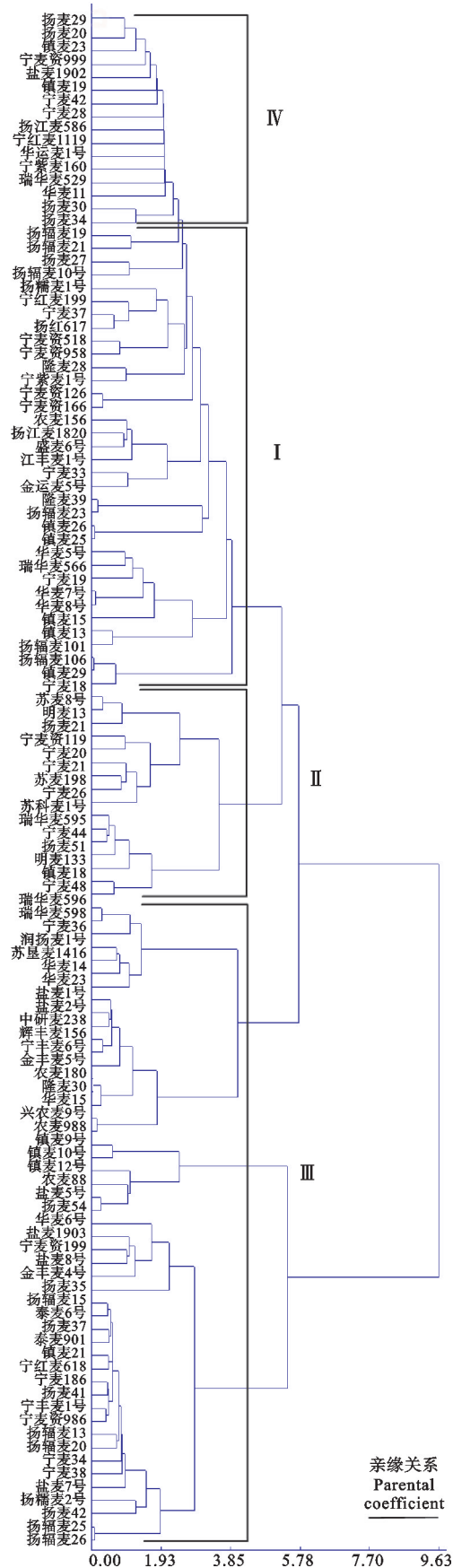


图 5 基于 COP 矩阵的品种聚类结果

Fig. 5 Cultivars clustering based on COP matrix

剧增加的趋势;以第Ⅳ类群产生有亲缘关系类群品种数量变化平稳。镇麦 9 号、镇麦 168 和扬麦 158 都属于高产中强筋品种,千粒重均 $\geq 45$  g,蛋白质含量 $\geq 14\%$ ,稳定时间 $\geq 8$  min,以此为核心亲本产生的后代品种(系)产量三因素和品质结构方面都趋于强筋,导致近 15 年审定的江苏省淮南小麦品种产量和品质的变化趋势与此 3 个品种亲缘关系变化趋势一致。以弱筋为核心亲本(如宁麦 9 号)产生衍生系或者有亲缘关系的品种变化不大,表明近年来审定的品种中弱筋品种很少。

2.6 江苏淮南品种的遗传多样性分析

由表 1 可知,江苏淮南麦区 86.21% 的审定小麦品种集中于三大高亲缘类群,这些品种主要分布在以镇麦 9 号、宁麦 9 号、扬麦 158、扬麦 11、镇麦 168 和宁麦 13 构成的核心亲缘网络中。这一分布格局表明,镇麦 9 号、宁麦 9 号、扬麦 158、宁麦 13、镇麦 168 和扬麦 11 作为高频亲本被反复利用,导致遗传基础趋于狭窄。由表 1 和品种系谱可看出,核心亲本衍生系近交,导致衍生品种间 COP 偏高;系选品种遗传多样性趋零。骨干亲本被反复利用且新的外源亲本利用不足,可能是导致江苏淮南麦区近 15 年来遗传多样性较窄的主要原因。

3 讨论

3.1 主要农艺性状、产量要素和品质的分析

葛昌斌等<sup>[16]</sup> 研究结果显示,江苏淮南麦区 2002—2018 年审定的小麦品种穗粒数和千粒重增加,株高有所降低,高产品种株高降至 85 cm,且以每年 0.30 cm 降低;生育期缩短至 210 d<sup>[17]</sup>,每年以 0.36 d 的速度缩减。本研究发现,近 15 年江苏淮南小麦的生育期呈现逐渐缩短的趋势,生育期平均缩短至 207 d,平均株高维持在 84.51 cm。另外,产量三要素中有效穗数、千粒重分别以每公顷 2.03 万穗和每年 0.21 g 的速度增加,与葛昌斌等<sup>[16]</sup>、高艳梅等<sup>[18]</sup> 的研究结果一致,说明近年来江苏淮南地区育成小麦品种产量持续提升主要得益于有效穗数和千粒重的增长。综合认为,江苏省淮南麦区小麦品种在保持株高稳定的同时,主要通过增加穗数和粒重来实现产量提升,缩短生育期的同时既保证了小麦的稳产高产,又为后茬水稻的适期播种创造了条件,从而有利于提高全年粮食生产的整体效益。未来淮南麦区小麦高产育种方向应注重产量三要素的协同改良,

表 1 部分小麦品种的亲缘系数均值和亲缘品种数量

Table 1 Mean of coefficients of parentage(COP) value and number of the related wheat varieties

| 品种<br>Variety              | 亲缘品种数量<br>Number of the<br>related varieties | 平均 COP<br>Average COP | 最大 COP<br>Maximum COP | 数量 Number |         |
|----------------------------|----------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|---------|
|                            |                                              |                       |                       | COP>0.3   | COP>0.5 |
| 镇麦 9 号 Zhenmai 9           | 89                                           | 0.58                  | 0.95                  | 78        | 42      |
| 扬麦 158 Yangmai 158         | 76                                           | 0.52                  | 0.92                  | 65        | 35      |
| 镇麦 168 Zhenmai 168         | 74                                           | 0.49                  | 0.90                  | 63        | 32      |
| 宁麦 9 号 Ningmai 9           | 68                                           | 0.48                  | 0.88                  | 58        | 30      |
| 扬麦 20 Yangmai 20           | 63                                           | 0.47                  | 0.87                  | 54        | 28      |
| 扬辐麦 4 号 Yangfumai 4        | 58                                           | 0.45                  | 0.85                  | 49        | 25      |
| 宁麦 13 Ningmai 13           | 55                                           | 0.43                  | 0.83                  | 46        | 23      |
| 扬麦 11 Yangmai 11           | 53                                           | 0.42                  | 0.82                  | 44        | 22      |
| 镇麦 10 号 Zhenmai 10         | 45                                           | 0.39                  | 0.79                  | 37        | 18      |
| 扬麦 21 Yangmai 21           | 43                                           | 0.38                  | 0.78                  | 35        | 17      |
| 华麦 5 号 Huamai 5            | 41                                           | 0.37                  | 0.77                  | 33        | 16      |
| 宁麦 18 Ningmai 18           | 40                                           | 0.36                  | 0.76                  | 32        | 15      |
| 苏麦 8 号 Sumai 8             | 38                                           | 0.35                  | 0.75                  | 30        | 14      |
| 宁麦 19 Ningmai 19           | 37                                           | 0.34                  | 0.74                  | 29        | 13      |
| 宁麦 20 Ningmai 20           | 36                                           | 0.33                  | 0.73                  | 28        | 12      |
| 苏科麦 1 号 Sukemai 1          | 35                                           | 0.32                  | 0.72                  | 27        | 11      |
| 宁麦 21 Ningmai 21           | 34                                           | 0.31                  | 0.71                  | 26        | 10      |
| 华麦 6 号 Huamai 6            | 33                                           | 0.30                  | 0.70                  | 25        | 9       |
| 扬富麦 101 Yangfumai 101      | 32                                           | 0.29                  | 0.69                  | 24        | 8       |
| 华麦 7 号 Huamai 7            | 31                                           | 0.28                  | 0.68                  | 23        | 7       |
| 镇麦 12 号 Zhenmai 12         | 30                                           | 0.27                  | 0.67                  | 22        | 6       |
| 农麦 88 Nongmai 88           | 29                                           | 0.26                  | 0.66                  | 21        | 5       |
| 隆麦 28 Longmai 28           | 28                                           | 0.25                  | 0.65                  | 20        | 4       |
| 华麦 8 号 Huamai 8            | 27                                           | 0.24                  | 0.64                  | 19        | 3       |
| 宁麦 26 Ningmai 26           | 26                                           | 0.23                  | 0.63                  | 18        | 2       |
| 扬麦 27 Yangmai 27           | 25                                           | 0.22                  | 0.62                  | 17        | 1       |
| 扬麦 29 Yangmai 29           | 23                                           | 0.20                  | 0.60                  | 15        | 0       |
| 镇麦 13 Zhenmai 13           | 22                                           | 0.19                  | 0.59                  | 14        | 0       |
| 镇麦 15 Zhenmai 15           | 21                                           | 0.18                  | 0.58                  | 13        | 0       |
| 宁麦资 119 Ningmaizi 119      | 20                                           | 0.17                  | 0.57                  | 12        | 0       |
| 扬辐麦 10 号 Yangfumai 10      | 19                                           | 0.16                  | 0.56                  | 11        | 0       |
| 隆麦 39 Longmai 39           | 17                                           | 0.14                  | 0.54                  | 9         | 0       |
| 农麦 156 Nongmai 156         | 16                                           | 0.13                  | 0.53                  | 8         | 0       |
| 江丰麦 1 号 Jiangfengmai 1     | 15                                           | 0.12                  | 0.52                  | 7         | 0       |
| 扬麦 30 Yangmai 30           | 14                                           | 0.11                  | 0.51                  | 6         | 0       |
| 瑞华麦 566 Ruihuamai 566      | 12                                           | 0.09                  | 0.49                  | 4         | 0       |
| 扬辐麦 15 Yangfumai 15        | 10                                           | 0.07                  | 0.47                  | 2         | 0       |
| 明麦 133 Mingmai 133         | 9                                            | 0.06                  | 0.46                  | 1         | 0       |
| 明麦 13 Mingmai 13           | 8                                            | 0.05                  | 0.45                  | 0         | 0       |
| 宁麦 186 Ningmai 186         | 7                                            | 0.04                  | 0.44                  | 0         | 0       |
| 宁麦 33 Ningmai 33           | 6                                            | 0.03                  | 0.43                  | 0         | 0       |
| 泰麦 901 Taimai 901          | 5                                            | 0.02                  | 0.42                  | 0         | 0       |
| 泰麦 6 号 Taimai 6            | 4                                            | 0.01                  | 0.41                  | 0         | 0       |
| 扬糯麦 1 号 Yangnuomai 1       | 7                                            | 0.18                  | 0.65                  | 5         | 1       |
| 扬糯麦 2 号 Yangnuomai 2       | 5                                            | 0.15                  | 0.60                  | 3         | 0       |
| 宁紫麦 1 号 Ningzimai 1        | 6                                            | 0.16                  | 0.62                  | 4         | 0       |
| 扬江麦 1820 Yangjiangmai 1820 | 5                                            | 0.14                  | 0.58                  | 3         | 0       |

表中仅列出平均亲缘系数在 0.01 以上的品种。  
Varieties with an average COP $\geq$ 0.01 are in the table.

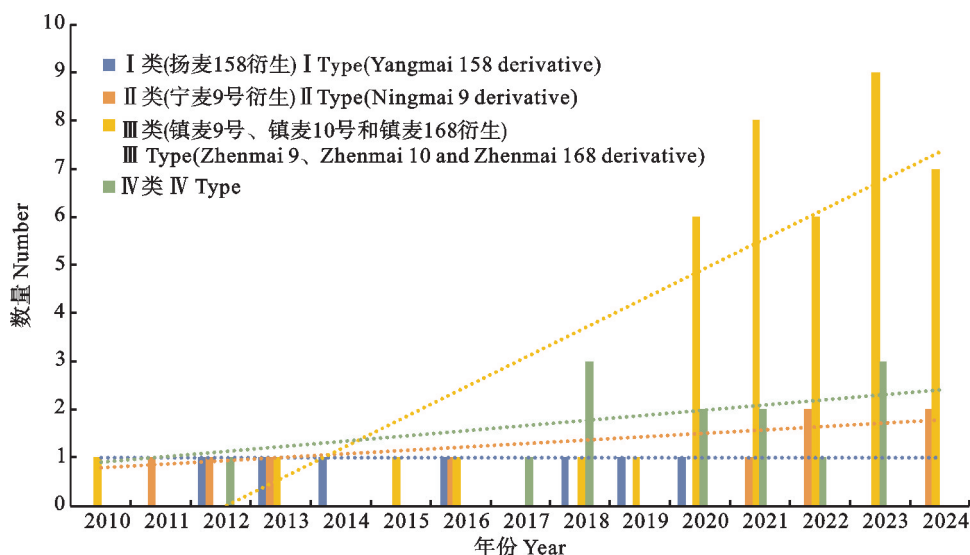


图6 2010—2024年不同类群的变化趋势

Fig. 6 Trends of different groups from 2010—2024

在稳定有效穗数的同时,实现千粒重与穗粒数的同步突破。

本研究中近15年江苏淮南小麦品种的蛋白含量、湿面筋含量和面团稳定时间呈增加趋势,说明江苏淮南小麦品种在实现产量稳步提升的同时,品质特性已偏向中强筋,这与葛昌斌等<sup>[16]</sup>对面团稳定时间的研究结果一致。江苏淮南审定品种的品质变化与以优质中强筋的镇麦9号、镇麦168和扬麦158为核心亲本有密切关系。农业部谷物及制品质量监督检验测试中心(哈尔滨)2年检测结果显示,镇麦9号容重 $783\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ,蛋白质含量13.63%,吸水率62.20%,稳定时间16.80 min,为优质中筋类型<sup>[19]</sup>;扬麦158湿面筋含量33.50%、SDS沉淀值33.20 mL、蛋白质含量12.18%,是优质中强筋小麦类型<sup>[20]</sup>;镇麦168平均容重 $799\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ,蛋白质(干基)14.38%,湿面筋含量30.51%,沉降值48.15 mL,吸水率60.7%,稳定时间10.10 min,属优质强筋类型<sup>[21]</sup>。本研究亲缘系数分析发现,镇麦9号、扬麦158和镇麦168的衍生品种分别有39、18和23个,占15年审定品种总数的68.97%。近年来,由于强筋小麦品种“优质优价”政策落实到位且市场接受度不断提高,育种单位明显倾向于选育中强筋品种,而弱筋品种的优质特性难以充分体现,导致江苏省传统优势的弱筋小麦生产出现下滑,审定通过的弱筋新品种数量也相对较少。江苏淮南麦区作为农业农村部划定的弱筋小麦优势产业带核心区域,在中国弱筋小麦产业布局中具有重要战略地位,为巩固

江苏省弱筋小麦品种的全局领先优势,未来育种工作应加强宁麦9号、宁麦13、扬麦15等优质弱筋种质资源的创新利用。

### 3.2 抗病性的分析

赤霉病是长江中下游冬麦区的首要病害,其抗性水平是该区域品种审定的关键指标<sup>[22]</sup>。2017年国家农作物品种审定委员会印发《主要农作物品种审定标准(国家级)》的文件中,明确长江中下游冬麦区赤霉病未达到高感的审定标准,除赤霉病外,白粉病、纹枯病和黄花叶病毒病只做鉴定<sup>[23]</sup>。2024年对《国家级小麦品种审定标准(2024年修订)》进行了修订,对长江中下游冬麦品种抗病性有了更高的要求,赤霉病达到中抗及以上,条锈病、叶锈病、白粉病和纹枯病非全高感<sup>[24]</sup>。江苏省2025年最新颁布的审定标准与国家审定标准一致。基因检测和系谱分析表明,中国小麦品种所含抗赤霉病主效基因*Fhb1*主要有2个来源,苏麦3号和宁麦9号,并以宁麦9号为主<sup>[25]</sup>。含有*Fhb1*基因的宁麦9号和含有其他多个赤霉病抗性位点的扬麦158不仅是长江中下游大面积推广主栽品种<sup>[26-27]</sup>,也是骨干亲本。江苏省1996—2015年审定的淮南品种大部分是宁麦9号和扬麦158的衍生系,与宁麦9号和扬麦158的亲缘关系平均达到0.45和0.32<sup>[15]</sup>,均利用了宁麦9号和扬麦158的抗赤霉病位点。本研究发现,2010—2024年江苏省淮南审定的品种赤霉病抗性基本达中抗水平以上,特别是2020年省主要农作审定标准实施后,赤霉病抗性都在中抗以上水

平。这与本研究中宁麦9号和扬麦158仍是骨干亲本的结果一致,其抗赤霉病基因对抗赤霉病品种的选育提供了宝贵的基因资源。

纹枯病、白粉病和黄花叶病毒病虽然不作为江苏淮南品种审定的主要病害,2020年和2025年江苏主要农作物品种审定标准都明确指出,3种病害不能同时高感。本研究中,2018年前审定的小麦品种基本上处于感病和中感纹枯病的水平,之后审定的品种高感比率增加。冷苏凤等<sup>[28]</sup>研究发现,江苏省小麦品种对纹枯病的抗性普遍较弱,淮南品种对纹枯病的抗性普遍较淮北抗性差,呈现北强南弱的生态趋势。近6年长江中下游麦区国家和省区试小麦品系的*Pm21/PmV*抗白粉病基因分析表明,对白粉病免疫、高抗和中抗的比例分别为23.42%、1.93%和8.50%,江苏淮南区试白粉病抗性以免疫和高感为主<sup>[29]</sup>。本研究也发现,2018年后江苏淮南审定的小麦品种,主要以中抗以上和高感白粉病为主。宁麦9号不仅是*Fhb1*基因的主要供体,还有较高的丰产性,且抗黄花叶病毒病,其5A染色体上有1个抗黄花叶病毒病的主效数量性状位点(QTL)*QYm.njau-5A*<sup>[30]</sup>。本研究中近15年江苏淮南小麦品种黄花叶病毒病抗性处于中感以上水平。这与1996年至今,宁麦9号作为核心亲本有密切关系,说明宁麦9号对江苏淮南麦区小麦品种黄花叶病毒病抗性有重大贡献。

本研究结果表明,近15年来审定品种除赤霉病外,对其他3种主要病害的抗性有减弱趋势。江苏省淮南选育的小麦品种赤霉病抗性有待突破,需引入其他的赤霉病抗性位点,有效聚合*Pm21/PmV*、*QYm.njau-5A*等多抗基因或QTL位点,持续提升对白粉病和黄花叶病毒病的抗性水平,同时应加强抗纹枯病亲本资源的挖掘与利用。

### 3.3 省审116个品种亲缘关系分析

吕国峰等<sup>[15]</sup>对1996—2015年江苏淮南麦区育成品种分析发现,20年间江苏省审定的45个淮南小麦品种可以分为以宁麦9号衍生品种、扬麦158衍生品种和其他品种3类,扬麦158和宁麦9号对育成品种的贡献率达到了27.85%和18.19%。本研究中,2010—2024年江苏淮南麦区省审品种的亲缘关系有4种类型,扬麦158和宁麦9号亲缘系数的遗传贡献率分别为19.80%和10.12%,较2015年之前降低了约10个百分点;镇麦9号和镇麦168成为新的核心亲本,亲缘

系数贡献率达到了34.18%和29.53%。镇麦9号、扬麦158和镇麦168属于优质强筋类型,表明近15年江苏淮南小麦品种强筋类型增多。宁麦9号、扬麦158、镇麦9号等核心亲本在江苏淮南小麦品种选育过程被高频使用,且新的外源亲本利用不足,导致近15年审定品种的遗传基础狭窄。未来江苏省淮南麦区除了利用宁麦9号*Fhb1*基因外,还应充分利用新的外源种质资源,以增加淮南麦区小麦品种的遗传多样性。

### 参考文献:

- [1]陈建,谢宜成,丁猛,等. 2000—2021年江苏省小麦生产总体情况及发展对策[J]. 中国种业, 2023(10): 25.  
CHEN J, XIE Y C, DING M, *et al.* Current situation and countermeasures of wheat production in Jiangsu Province from 2000 to 2021 [J]. *China Seed Industry*, 2023(10): 25.
- [2]康国庆. 江苏弱筋小麦产业化发展研究[D]. 扬州:扬州大学, 2023.  
KANG G Q. Research on the industrialization development of weak gluten wheat in Jiangsu Province [D]. Yangzhou: Yangzhou University, 2023.
- [3]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.
- [4]董策,张希太,蔺桂芬,等. 2013—2021年河北省审定小麦品种抗病性分析[J]. 山西农业科学, 2023, 51(3): 306.  
DONG C, ZHANG X T, LIN G F, *et al.* Disease resistance analysis of the registered wheat varieties in Hebei Province from 2013 to 2021 [J]. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 2023, 51(3): 306.
- [5]王龙,郑祥博,王欣桐,等. 2014—2023年陕西省审定小麦品种抗病性鉴定与评价[J]. 西北农业学报, 2024, 33(11): 2194.  
WANG L, ZHENG X B, WANG X T, *et al.* Identification and evaluation of disease resistance of approved wheat varieties in Shaanxi Province from 2014 to 2023 [J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2024, 33(11): 2194.
- [6]葛冬冬,王粤生,王长有,等. 2011—2024年黄淮海麦区南片国审小麦品种产量、品质及抗病性分析[J]. 麦类作物学报, 2025, 45(9): 1180.  
GE D D, WANG Y S, WANG C Y, *et al.* Analysis on yield, quality and disease resistance of wheat varieties in the southern Huanghuai winter wheat region from 2011 to 2024 [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2025, 45(9): 1180.
- [7]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.
- [8]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.
- [9] 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.
- [10] 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与展望[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.
- [11] 罗江陶, 郑建敏, 邓清燕, 等. 2000—2020年四川小麦育成品种产量增益分析[J]. 中国农业科学, 2024, 57(20): 3945.
- LUO J T, ZHENG J M, DENG Q Y, *et al.* Yield gain analysis of wheat varieties in Sichuan from 2000 to 2020 [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2024, 57(20): 3945.
- [12] 王江春, 胡延吉, 余松烈, 等. 建国以来山东省小麦品种及其亲本的亲缘系数分析[J]. 中国农业科学, 2006, 39(4): 664.
- WANG J C, HU Y J, YU S L, *et al.* Relationship coefficient analysis among winter wheat varieties and their parents in Shandong Province after liberation [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2006, 39(4): 664.
- [13] 吕晓欢, 冯晶, 蔺瑞明, 等. 2009—2010年河南、河北、山东三省小麦区试品种(系)的亲缘系数分析[J]. 麦类作物学报, 2013, 33(3): 455.
- LÜ X H, FENG J, LIN R M, *et al.* Analysis on coefficient of parentage of wheat varieties in the regional trials of Henan, Hebei and Shandong in 2009—2010 [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2013, 33(3): 455.
- [14] 李健, 丰先红, 蔡一林. 青藏高原青稞育成品种的亲缘系数分析[J]. 中国农业科学, 2019, 52(16): 2758.
- LI J, FENG X H, CAI Y L. Coefficient of parentage analysis among naked barley varieties in Qinghai-Tibet Plateau [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2019, 52(16): 2758.
- [15] 吕国锋, 范金平, 高德荣, 等. 1996—2015年江苏省淮南麦区育成品种的遗传多样性分析[J]. 江苏农业学报, 2018, 34(6): 1225.
- LÜ G F, FAN J P, GAO D R, *et al.* Genetic diversity analysis of winter wheat cultivars developed in Huainan region of Jiangsu Province from 1996 to 2015 [J]. *Jiangsu Journal of Agricultural Sciences*, 2018, 34(6): 1225.
- [16] 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(5): 49.
- GE C B, QIN S Y, QIAO J L, *et al.* Comparative analysis of agronomic traits, quality and disease evolution of approved wheat varieties in southern Henan and southern Huai River in Jiangsu from 2001 to 2021 [J]. *Crops*, 2023(5): 49.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] 陈爱大, 杨红福, 温明星, 等. 高产优质多抗小麦新品种镇麦9号的选育和栽培技术[J]. 江苏农业科学, 2011, 39(5): 127.
- CHEN A D, YANG H F, WEN M X, *et al.* Breeding and cultivation techniques of a new wheat variety Zhenmai 9 with high yield, good quality and multi-resistance [J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2011, 39(5): 127.
- [20] 姜朋, 张旭, 吴磊, 等. 宁麦9号/扬麦158重组自交系群体产量性状的遗传解析[J]. 作物学报, 2021, 47(5): 869.
- JIANG P, ZHANG X, WU L, *et al.* Genetic analysis for yield related traits of wheat (*Triticum aestivum* L.) based on a recombinant inbred line population from Ningmai 9 and Yangmai 158 [J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2021, 47(5): 869.
- [21] 季爱民, 赵建明. 强筋小麦镇麦168在江苏沿海地区的种植表现及高产栽培技术[J]. 现代农业科技, 2011(21): 98.
- JI A M, ZHAO J M. Planting performance and high-yield cultivation techniques of strong gluten wheat Zhenmai 168 in Jiangsu coastal areas [J]. *Modern Agricultural Sciences and Technology*, 2011(21): 98.
- [22] 马鸿翔, 王永刚, 高玉姣, 等. 小麦抗赤霉病育种回顾与展望[J]. 中国农业科学, 2022, 55(5): 837.
- MA H X, WANG Y G, GAO Y J, *et al.* Review and prospect on the breeding for the resistance to Fusarium head blight in wheat [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2022, 55(5): 837.
- [23] 农业部.《主要农作物品种审定标准(国家级)》的通知[EB/OL]. (2017-07-12)[2017-07-12]. <https://www.moa.gov.cn/>
- [24] 农业部.《主要农作物品种审定标准(国家级)》的通知[EB/OL]. (2024-12-26)[2024-12-26]. <https://www.moa.gov.cn/>
- [25] 朱展望, 徐登安, 程顺和, 等. 中国小麦品种抗赤霉病基因 *Fhb1* 的鉴定与溯源[J]. 作物学报, 2018, 44(4): 473.
- ZHU Z W, XU D A, CHENG S H, *et al.* Characterization of Fusarium head blight resistance gene *Fhb1* and its putative ancestor in Chinese wheat germplasm [J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2018, 44(4): 473.
- [26] YAN H S, LI G Q, SHI J X, *et al.* Genetic control of Fusarium head blight resistance in two Yangmai 158-derived recombinant inbred line populations [J]. *Theoretical and Applied Genetics*, 2021, 134(9): 3037.
- [27] ZHANG P P, GUO C J, LIU Z, *et al.* Quantitative trait loci for Fusarium head blight resistance in wheat cultivars Yangmai 158 and Zhengmai 9023 [J]. *The Crop Journal*, 2021, 9(1): 143.
- [28] 冷苏凤, 张爱香, 李伟, 等. 江苏省小麦新品种(系)对纹枯病的抗性分析[J]. 江苏农业学报, 2010, 26(6): 1176.
- LENG S F, ZHANG A X, LI W, *et al.* Resistance of wheat cultivars to sharp eyespot in Jiangsu Province [J]. *Jiangsu Journal of Agricultural Sciences*, 2010, 26(6): 1176.
- [29] 汪尊杰, 胡文静, 高德荣, 等. 长江中下游小麦新品系赤霉病和白粉病抗性评估与抗病基因检测[J]. 麦类作物学报, 2025, 45(2): 175.
- WANG Z J, HU W J, GAO D R, *et al.* Evaluation of resistance to Fusarium head blight and powdery mildew and analysis of disease resistance genes of the advanced wheat lines in the middle and lower reaches of Yangtze River [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2025, 45(2): 175.
- [30] ZHU X B, WANG H Y, GUO J, *et al.* Mapping and validation of quantitative trait loci associated with wheat yellow mosaic bymovirus resistance in bread wheat [J]. *Theoretical and Applied Genetics*, 2012, 124(1): 177.