麦类作物学报 2026,46(10):1320－1326
Journal of Triticeae Crops doi: 10.7606/j.issn.1009-1041.2026.10.06

网络出版时间:2026-06-25
网络出版地址:https://link.cnki.net/urlid/61.1359.S.20260625.1055.004

河南省小麦籽粒质量调查与分析(2021—2025)

魏益民[1],张影全[1,2],李 明[1,2],魏燕超[3],张 波[1,2],郭波莉[1,2]

(1.中国农业科学院农产品加工研究所/农业农村部粮油加工综合利用技术集成实验室,北京 100193;2.中国农业科学院中原研究中心,河南新乡 453500;3.河北金沙河面业集团有限责任公司/河北省谷物食品加工技术创新中心,河北邢台 054100)

摘 要:为了解近年来河南省小麦质量特性的年际变化规律、地域分布特征及品种差异,以及三者之间的互作关系,基于2021—2025年河南省粮食与物资储备局组织的抽样小麦籽粒样品质量检测数据,以及小麦品种区域试验的部分资料,系统分析了籽粒蛋白质含量、容重、湿面筋含量、吸水率、稳定时间、拉伸面积、最大拉伸阻力等关键质量特性参数的年际变化、地域差异、品种特性及其互作效应。结果表明,河南省小麦整体质量表现稳中有升,豫北和豫中强筋小麦生产潜力突出;受气候因素影响的年际波动显著;地域间差异与生态条件密切相关;品种(基因型)是决定小麦籽粒质量的关键要素。建议进一步完善河南省小麦生产生态区划,细化优质小麦品种布局,选育适应性强的优质新品种,制定相应的栽培措施;相关产业部门应因地制宜制定小麦生产目标,粮食加工企业应根据生产实际状况控制原粮采购、产品开发和质量,最终提高小麦加工业的效益,实现河南省小麦产业优质、高产、高效和可持续发展。

关键词:小麦;籽粒质量;年际变化;地域差异;品种特性;河南省

中图分类号:S512.1;S330 **文献标识码**:A **文章编号**:1009-1041(2026)10-1320-07

Survey and Analysis of the Wheat Kernel Quality in Henan Province(2021—2025)

Wei Yimin[1], Zhang Yingquan[1,2], Li Ming[1,2], Wei Yanchao[3], Zhang Bo[1,2], Guo Boli[1,2]

(1. Institute of Food Science and Technology, Chinese Academy of Agricultural Sciences/Integrated Laboratory of Grain and Oil Processing and Utilization Technology, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100193, China; 2. Zhongyuan Research Center, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Xinxiang, Henan 453500, China; 3. Hebei Jinshahe Flour and Noodle Group Co., Ltd/Hebei Cereal Food Processing Technology Innovation Centre, Xingtai, Hebei 054100, China)

Abstract: This study investigated the interannual, regional, and varietal variations in the quality characteristics of wheat in Henan Province in recent years, along with their interactions. Based on the quality inspection data of wheat kernel samples organized by the Henan Provincial Bureau of Grain and Material Reserves from 2021 to 2025, as well as some data from the regional test of wheat varieties, this report systematically analyzed the interannual changes, regional differences, variety characteristics and interaction effects of key quality properties, including grain protein content and test weight, along with flour properties such as wet gluten content, water absorption, dough stability time, extension area and maximum resistance. The results of data statistical analysis show that the overall quality properties of wheat samples in Henan Province were relatively stable and increasing, and the production potential of strong gluten wheat in Yubei and Yuzhong was outstanding. The interannual fluctuations affected by climate factors were significant. Regional differences were closely related to ecological conditions. Variety(genotype) is a key factor in determining wheat kernel quality. It is suggested that further measures could be addressed by further improving the ecological zoning of wheat production in

收稿日期:2026-01-24 修回日期:2026-03-04
基金项目:国家重点研发计划专项(2025YFD2100304,2025YFD2100305),国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-03);中国农业科学院科技创新工程(CAAS-ASTIP);河北金沙河集团技术合作项目(2007-2026)
第一作者 E-mail:weiyimin36@126.com(魏益民)
通讯作者 E-mail:guoboli2007@126.com(郭波莉)

Henan Province, refining the layout of high-quality wheat varieties, breeding new high-quality varieties with strong adaptability, and formulating corresponding cultivation measures. The relevant industrial departments should formulate wheat production targets based on local conditions, and grain processing enterprises should control raw grain procurement, product development and quality according to actual production conditions, so as to ultimately improve the efficiency of the wheat processing industry and achieve high quality, high yield, high efficiency, and sustainable development of the wheat industry in Henan Province.

Keywords: Wheat(*Triticum aestivum* L.); Kernel quality; Interannual variation; Regional differences; Variety characteristics; Henan Province

河南省地处黄淮海南片麦区核心地带,是中国最大的小麦主产省份,2021—2023 年小麦总产量占中国总产量的 27.15%[1]。近年来,河南省持续推进优质专用小麦基地建设,优质小麦种植面积持续扩大[2]。然而,河南省气候条件复杂多变,干热风、干旱、洪涝等灾害性天气频发,对小麦籽粒灌浆和质量特性构成严峻挑战[3]。深入了解河南省小麦质量特性的年际变化规律、地域分布特征及品种差异,以及三者之间的互作关系,可为完善小麦优质生态区划、细化强筋小麦品种布局、选育适应性强的优质品种、制定栽培管理措施提供参考依据[4-5]。

本研究依据 2021—2025 年《河南省收购小麦质量品质报告》样品信息和检测数据[6-9],借鉴河南省小麦品种区域试验结果[10]及政府农业部门小麦品种布局及优质小麦品种推广建议,采用统计分析方法,全面评估河南省 2021—2025 年小麦籽粒质量现状、演变趋势、影响因素及互作效应,为政府和相关产业部门小麦生产规划和目标制定、粮食加工企业的原粮采购、产品开发和质量控制提供依据或参考,以提高小麦加工业的效益,实现小麦产业优质、高产、高效和可持续发展。

1　材料和方法

1.1　试验材料

试验所用样品来自河南省 18 个地市的主要小麦种植县区。样品采集严格遵循代表性原则,覆盖豫北(安阳、鹤壁、濮阳)、豫中(郑州、许昌、漯河、周口)、豫东(商丘、开封)、豫西(洛阳、三门峡)、豫南(驻马店、信阳、南阳)五大生态类型区[11-12]。样品来源分为区域试验及审定品种和大面积推广品种。

1.1.1　区域试验及审定品种样品

数据来源于 2021—2025 年度河南省小麦区域试验点(水地组)及当年审定公告品种的质量特性测定结果,主要反映新育成及推广初期小麦品种的质量潜力。

1.1.2　大面积推广品种样品

依据种植面积对生产样本进行代表性扦样。对于种植面积≥6 666.7 hm^2 的品种,原则上每 6 666.7 hm^2(或覆盖主要生态县区)扦取 1 个混合样品;种植面积在 3 333.3～6 666.7 hm^2 的品种,扦取 1 个代表性混合样品。2021—2025 年累计采集籽粒样品 2 073 份(表 1),涉及主栽及区试品种 243 个,样本覆盖面积占河南省小麦播种面积的 78.2%,能够较好地代表河南省该时期小麦质量的整体现状。

1.2　样品收集及分析方法

1.2.1　样品收集

样品均在蜡熟末期至完熟初期于田间采集。去除杂质后,自然风干至安全水分(≤12.5%)。混合样品由多点(≥5 点)采集的籽粒均匀混合而成,确保样品能代表该品种在该区域的整体水平。

1.2.2　品质指标测定

所有样品均在具备中国计量认证(CMA)和中国合格评定国家认可委员会(CNAS)资质的实验室,依据国家标准(GB)或国际标准(ICC/AACC)测定。采用实验磨粉机磨制小麦粉,面粉后熟 15 d 后,检测小麦籽粒质量性状。其中,籽粒蛋白质含量在近红外光谱仪(NOVA)定标后参照 GB/T 24899-2010 测定;容重参照 GB/T 5498-2013,采用 HGT-1000 型容重器测定;湿面筋含量参照 GB/T 5506.1-2008,采用面筋仪 GM2200 洗涤法测定;参照 GB/T 14614-2019,采用粉质仪(Farinograph-TS)测定面团流变学特性,包括吸水率(%)、稳定时间(min)等;参照 GB/T 14615-2019,采用拉伸仪(Extensograph-E)测定面团的延展性和抗拉伸能力,包括拉伸面积(cm^2)、最大拉伸阻力(EU)等。

表 1 河南省小麦籽粒样品采集信息(2021—2025)

Table 1 Information on collection of wheat kernel samples in Henan Province(2021—2025)

年份 Year	样品数 Sample number	品种数 Variety number	种植面积占比 Ratio of planting area/%	代表品种 Representative varieties
2021	398	201	76.5	郑麦 379、周麦 36、百农 207、丰德存麦 20、新麦 26 Zhengmai 379, Zhoumai 36, Bainong 207, Fengdecunmai 20, Xinmai 26
2022	415	212	77.8	郑麦 379、周麦 36、百农 4199、丰德存麦 20、郑麦 1860 Zhengmai 379, Zhoumai 36, Bainong 4199, Fengdecunmai 20, Zhengmai 1860
2023	422	225	78.6	郑麦 379、周麦 36、百农 4199、丰德存麦 20、郑麦 1860、郑麦 136 Zhengmai 379, Zhoumai 36, Bainong 4199, Fengdecunmai 20, Zhengmai 1860, Zhengmai 136
2024	418	230	79.1	郑麦 379、郑麦 136、百农 607、丰德存麦 20、周麦 44、郑麦 1860 Zhengmai 379, Zhengmai 136, Bainong 607, Fengdecunmai 20, Zhoumai 44, Zhengmai 1860
2025	420	243	79.0	郑麦 136、周麦 44、百农 607、丰德存麦 23、郑麦 1860、洛麦 47 Zhengmai 136, Zhoumai 44, Bainong 607, Fengdecunmai 23, Zhengmai 1860, Luomai 47

1.3 品质分类标准

参照中华人民共和国《主要农作物品种审定标准—小麦》(2017 年修订版)、《河南省小麦品种审定标准》(2024 版)和国家标准《优质小麦(GB/T 17892-2024)》,对样品品质进行分类。其中,强筋小麦:容重≥770 g·L^{-1},蛋白质含量≥14.0%,湿面筋含量≥30.0%,稳定时间≥7.0 min,最大拉伸阻力≥350 EU,拉伸面积≥80 cm^2;弱筋小麦:容重≥770 g·L^{-1},蛋白质含量<12.0%,湿面筋含量<24.0%,稳定时间<3 min,其余指标不做要求;中筋小麦:容重≥770 g·L^{-1},最大拉伸阻力≥200 EU,拉伸面积≥50 cm^2,其余指标介于强筋和弱筋之间。

1.4 数据处理与分析

原始数据整理采用 Excel 2021。统计分析采用 DPS V19.05 软件。年际间差异采用单因素方差分析(ANOVA),地域间差异采用多重比较(Duncan 法)。采用三因素方差(GLM 模型)分析年际、地域、品种及其互作效应对质量特性的影响。

2 结果分析

2.1 河南省小麦籽粒质量年际间变化

2021—2025 年间,河南省小麦籽粒主要质量指标呈现一定的年际波动,整体表现基本稳定,部分指标有所提升(表 2)。5 年蛋白质含量平均值为 14.32%,达到强筋小麦标准;年际间存在显著差异(P<0.05),最高年份为 14.58%(2022 年),最低为 14.02%(2024 年);变异系数相对较低,表明整体稳定性尚可,但易受年度气候影响(特别是灌浆期间的温光水条件)。容重均值 794 g·L^{-1},处于较高水平,年际间差异显著,但变化范围相对较小(790~798 g·L^{-1}),变异系数最低(1.89%),说明籽粒的饱满度和收获成熟度相对稳定。湿面筋含量平均值 30.8%,达到强筋标准。变化趋势与蛋白质含量相似,2022 年最高(31.5%),2024 年最低(30.2%)。吸水率均值 61.6%,年际间波动较小(除 2024 年略低外),稳定性较好,表明面粉吸水能力总体稳定。面团流变学特性(稳定时间、拉伸面积、最大拉伸阻力)的年际波动极显著(P<0.01),且变异系数较大(均>30%)。其中,稳定时间均值为 6.96 min,略低于强筋小麦标准(≥7 min),2022、2024、2025 年,达到了标准的要求(≥7.0 min),2023 年最低(6.2 min);拉伸面积和最大拉伸阻力的变化趋势与稳定时间一致,2022、2024、2025 年表现优异(拉伸面积>80 cm^2,拉伸阻力>380 EU),显著高于 2021、2023 年。这表明面团强度和耐揉性对年度气象条件的变化最为敏感或较为剧烈,是决定当年小麦是否达到强筋小麦标准的关键性限制因子。

2.2 河南省小麦籽粒质量区域间差异

河南省不同生态区域间的小麦质量存在显著差异,总体呈现“北强南弱”的趋势(表 3)。小麦籽粒蛋白质含量和湿面筋含量由北向南呈现递减趋势,豫北地区最高(蛋白质含量 14.65%,湿面筋含量 31.5%),显著高于豫中、豫东、豫西,豫南最低(蛋白质含量 13.95%,湿面筋含量 29.8%)。容重大小表现为豫北>豫中>豫东/豫西>豫南,豫北(798 g·L^{-1})显著高于豫南(789 g·L^{-1}),主要受籽粒灌浆充实度影响。豫北地区稳定时间平均高达 8.2 min,远超过强筋小麦标准,显著优于其他区域;豫中和豫东、豫西在 6.5~7.1 min

表 2　河南省小麦籽粒质量特性年际间变化(2021—2025)

Table 2　Interannual changes in kernel quality properties of wheat in Henan Province(2021—2025)

质量特性 Quality property	年份 Year						变异系数 CV/%
	2021	2022	2023	2024	2025	平均值 Average	
蛋白质含量 Protein content/%	14.25±0.68b	14.58±0.72a	14.31±0.71b	14.02±0.66c	14.43±0.69a	14.32±0.71	4.96
容重 Test weight/(g·L^{-1})	796±15a	792±16b	798±14a	790±17c	795±15ab	794±15	1.89
湿面筋含量 Wet gluten content/%	30.8±2.1b	31.5±2.3a	30.5±2.0b	30.2±2.2c	31.0±2.1a	30.8±2.1	6.82
吸水率 Water absorption/%	61.5±2.0a	61.8±1.9a	62.0±1.8a	61.2±2.1b	61.7±2.0a	61.6±1.9	3.08
稳定时间 Dough stability time/min	6.8±2.5b	7.5±2.8a	6.2±2.3c	7.0±2.6b	7.3±2.7a	6.96±2.61	37.50
拉伸面积 Energy/cm^2	78±25b	86±28a	75±23c	82±26a	84±27a	81±26	32.10
最大拉伸阻力 Maximum resistance/EU	360±110b	395±125a	345±105c	380±120a	390±122a	374±117	31.28

同一行数据后不同字母表示年份间差异达显著水平($P<0.05$)。

Different letters following data in the same row indicate significant differences among years($P<0.05$).

表 3　河南省五大生态区主要籽粒质量特性比较(2021－2025)

Table 3　Comparison of kernel quality properties in the five ecological regions of Henan Province(2021－2025)

生态区 Ecological zone	蛋白质含量 Protein content/%	容重 Test weight/(g·L^{-1})	湿面筋含量 Wet gluten/%	稳定时间 Dough stability time/min	拉伸面积 Energy/cm^2	最大拉伸阻力 Maximum resistance/EU	强筋达标率 Proportion of strong-gluten varieties/%
豫北 Northern	14.65±0.62a	798±12a	31.5±1.8a	8.2±2.3a	92±23a	410±110a	75.3
豫中 Middle	14.38±0.67b	796±14ab	31.0±1.9b	7.1±2.4b	83±24b	380±115b	60.7
豫东 Eastern	14.20±0.70c	793±15bc	30.5±2.0c	6.5±2.3c	78±25c	360±120c	48.5
豫西 Western	14.15±0.75c	792±16c	30.3±2.2c	6.7±2.4c	79±24c	365±118c	51.2
豫南 Southern	13.95±0.73d	789±17d	29.8±2.1d	5.8±2.1d	70±22d	330±105d	32.6
平均 Average	14.32	794	30.8	7.0	81	374	53.7

同列数据后不同字母表示生态区间差异达显著水平($P<0.05$)。

Different letters following data in the same column indicate significant differences among ecological zones($P<0.05$).

范围;豫南地区最低,仅 5.8 min,多数样品达不到中强筋标准要求。拉伸面积和最大拉伸阻力与稳定时间变化高度一致,豫北表现最佳(最大拉伸面积 92 cm^2,最大拉伸阻力 410 EU),豫南最弱(最大拉伸面积 70 cm^2,最大拉伸阻力 330 EU)。豫中、豫东、豫西处于中间水平。面团流变学特性在地域间差异极显著($P<0.01$),且梯度分布更为明显。

总体来看,河南省小麦籽粒质量存在显著的地域分异特征。豫北是强筋小麦生产的黄金地带,强筋达标率为 75.3%,品质表现最优且稳定,是发展强筋小麦的最适宜区域。豫中次之,优质麦的比例约 60.7%,具备大面积发展强筋小麦的良好基础。豫东、豫西品质中等,优质麦的比例在 50%左右,需优选品种和配套技术。豫南受气候条件制约,优质麦的比例仅 32.6%,生产强筋小麦的潜力较低,应侧重发展中筋或特殊用途的弱筋小麦(如饼干、糕点)。因此,本研究结果可为河南省小麦质量区域化布局优化提供参考。

2.3　小麦品种的籽粒质量特性

小麦品种(基因型)是决定小麦籽粒质量的内在核心因素,因此本研究聚焦于大面积推广品种和强筋专用品种这两类关键群体。

2.3.1　大面积推广品种品质分析

对 5 年中累计种植面积位列前 10 的骨干品种(如郑麦 379、周麦 36、百农 207/4199/607、丰德存麦 20/23、新麦 26、郑麦 1860、周麦 44、郑麦 136 等)进行单独分析。结果表明,总体质量特性表现中等偏上,蛋白质含量(14.20%～14.50%)、湿面筋含量(30.0%～31.0%)多数能达到或接近

强筋标准。但关键加工品质指标(稳定时间、拉伸性能)分化明显,且普遍存在短板。例如,百农 207、周麦 36 面团稳定性中等(稳定时间 6.0～7.0 min);郑麦 379、丰德存麦 20 号、郑麦 1860、周麦 44、郑麦 136 等表现较好(稳定时间 7.0～8.5 min)。综合多年检测结果,能达到强筋小麦标准的大面积种植品种主要是郑麦 379 和近年快速推广的郑麦 1860、郑麦 136、周麦 44。

骨干品种质量特性的稳定性(年际间、地域间表现一致性)是其能否持续推广的关键。郑麦 379、郑麦 136 表现相对稳定;部分品种(如百农 4199)在豫北表现优异,但在南部或气象条件不良年份波动较大。

2.3.2 *强筋专用品种质量分析*

本研究将强筋专用小麦品种定义为确定为强筋品种或连续两年以上检测达到强筋小麦标准的品种,如师栾 02-1、济麦 44、藁优 5766、中麦 578 等引入品种,以及新麦 26、豫麦 158、郑麦 366、丰德存麦 20、新麦 45、丰德存麦 5 号、洛麦 47 等河南省选育品种。其蛋白质和湿面筋含量普遍较高,且稳定(蛋白质含量≥14.5%,湿面筋含量≥32.0%)。稳定时间普遍在 8.0 min 以上(新麦 26、师栾 02-1、济麦 44、藁优 5766 等常年在 10 min 以上),拉伸面积>100 cm^2,最大拉伸阻力>450 EU,表现出较高的面团强度和耐加工性能。强筋小麦品种对环境的敏感度较高。引入的超强筋小麦品种(如师栾 02-1、济麦 44)在豫北表现突出,但在豫中南部或不良年份可能达不到最佳状态。河南省选育的强筋品种(如郑麦 366、新麦 45、丰德存麦 5 号、洛麦 47)往往在广适性上表现较好,在多个生态区和不同年际间能保持相对稳定的强筋特性,成为生产上的主栽品种。优质强筋小麦品种在不利条件下能保持相对稳定。郑麦 366、新麦 26、郑麦 1860、郑麦 136、丰德存麦 5 号等品种的强筋达标稳定性较好。

2.4 年际、地域和品种间的互作分析

通过三因素方差分析(GLM),深入解析了年际、地域、品种及其互作对主要质量特性的影响(表 4)。

2.4.1 *主效应*

品种和年际对所有质量特性均具有极显著($P<0.01$)影响;地域对蛋白质含量、容重、湿面筋含量、稳定时间、拉伸性能均存在极显著($P<0.01$)影响,但对吸水率的影响不显著。这说明小麦质量特性首先取决于遗传因素,生态等环境因素影响也至关重要,有时甚至起到决定性的作用。

2.4.2 *交互效应*

交互作用的存在表明不同因素组合下质量特性表现并非是简单的因素效应叠加。

年际与地域互作对蛋白质、湿面筋含量有显著影响,对稳定时间、拉伸面积、拉伸阻力有极显著影响,说明同一地区不同年份间质量特性波动程度不同(例如豫南在不良年份小麦质量下滑较为剧烈),同一气象事件对不同区域的影响程度也不同(例如灌浆期阴雨对豫南籽粒质量特性的影响远甚于豫北)。

年际与品种互作主要对流变学特性(稳定时间、拉伸性能)有极显著影响,表明不同品种对气候波动的敏感性(稳质性)存在显著差异。一些强筋品种(尤其是广适性好的本省育成品种)在不利年份仍能保持相对较好的稳定时间,而有些品种则表现大幅下滑。

表 4 年际、地域、品种对河南省小麦籽粒品质的影响

Table 4 Effects of interannual, regional, variety on kernel quality properties of wheat in Henan Province

变异来源 Source of variation	蛋白质含量 Protein content	容重 Test weight	湿面筋含量 Wet gluten	吸水率 Water absorption	稳定时间 Dough stability	拉伸面积 Energy	最大拉伸阻力 Maximum resistance
年际(Y) Year(Y)	**	**	**	**	**	**	**
地域(R) Region(R)	**	**	**	ns	**	**	**
品种(V) Variety(V)	**	**	**	**	**	**	**
Y× R	ns	ns	*	ns	**	**	**
Y× V	ns	ns	ns	ns	**	**	**
R× V	**	*	**	ns	**	**	**
Y× R × V	ns	ns	ns	ns	*	*	*

**：$P<0.01$；*：$P<0.05$；ns：$P>0.05$.

地域与品种互作对大多数特性(容重、蛋白质含量、湿面筋含量、流变学指标)存在极显著或显著影响,表明不同品种在不同区域的适应性表现迥异。一个在豫北表现优异的强筋品种(如师栾02-1),在豫南可能表现平平,甚至达不到强筋标准;而一些品种(如郑麦 379)则在多个区域表现相对稳定。

年际、地域和品种三者互作对关键的流变学指标(稳定时间、拉伸面积、拉伸阻力)有显著影响,表明在特定的年份、特定的地点,某些品种可能会表现出与其平均水平或在其他地方表现不一致的质量特性。这种高阶互作效应虽显著,但解释的变异占比相对较小,反映出极端复杂的气象—土壤—品种互作关系。三因素互作对面团流变学特性的显著影响结果,对优质小麦生产区域的选择具有理论指导意义。

3　讨论

河南省小麦籽粒蛋白质含量、湿面筋含量、容重五年平均达到或接近强筋水平,稳定性相对较好。但决定最终加工品质的关键流变学特性(稳定时间、拉伸性能)年际间变异较大。这些特性易受不利气象条件(如灌浆期阴雨寡照)的影响,导致部分年份加工品质整体下滑,使统计区间达到强筋小麦标准的比例发生明显波动[3,10]。

河南省小麦籽粒质量存在显著的地域分异规律。这种差异主要受土壤类型(肥力、质地)、灌溉条件、尤其是拔节至成熟期的积温、光照时数、降水量及其时空分布等关键生态因子的综合影响[13-14]。豫北地区土壤肥力较高,生育后期日照充足,昼夜温差较大等有利于蛋白质合成积累,是强筋小麦生产的黄金地带,品质表现最优且稳定。豫中次之,具备大面积发展强筋小麦的良好基础。豫东、豫西品质中等,需优选品种和配套技术。豫南地区生育后期高温高湿、降雨较多,容易导致碳水化合物积累相对增多,而蛋白质质量(谷蛋白大聚合体含量和比例)下降,生产强筋小麦的潜力较低,应侧重发展中筋小麦。这些结果为河南省实施小麦质量的区域化布局提供了明确的科学依据[11,14]。

品种是决定品质的首要因素。河南省大面积推广品种整体质量特性表现中等偏上,但关键加工品质(尤其是稳定性)还有待提升。郑麦 366、新麦 26、郑麦 1860、郑麦 136、丰德存麦 5 号等品种的强筋达标稳定性较好。大面积推广品种是保障总产量的基础,但其质量(尤其是关键加工品质特性)仍有较大提升空间,需持续改良[15-16]。强筋专用品种分析结果显示,引入品种的质量表现受地域影响较大。推广强筋专用品种是提升河南小麦质量档次的关键,本省选育品种在适应性上具有优势[17-18]。选育和推广兼具强筋质量特性、高产潜力大、广泛适应性和相对稳产性(特别是抗逆、高产、稳质能力)的“三好”品种是未来的核心育种目标。

河南省小麦籽粒品质的形成是基因型(品种)、环境(气候、土壤)、年际(气候)及其互作共同作用的结果[19-21]。关键加工品质(如稳定时间、拉伸面积等)受互作效应影响最大,稳定性相对较差。选择在目标生态区具有良好适应性(地域与品种效应好)且在气候波动下能保持关键质量特性相对稳定(年际与品种互作不敏感)的品种,是克服互作负效应、实现常态化小麦优质稳产的关键技术策略[16,22]。

面对小麦加工企业新产品开发对原粮质量特性的要求,应强化对原粮收购、粮库采购,产品研发人员对不同年份、不同区域小麦品质波动规律的认识,并建立相应的培训和质量控制机制。从原粮质量控制源头满足开发产品的质量要求和专用粉加工质量的稳定性,提高粮食加工企业的经营效益。

因本文数据不是来自同一个实验,或系列实验,大数据分析结果的大趋势和规律的可靠性与数据的来源、数量和质量有关。经数据筛选和一致性核查,本文结果能够反映河南省小麦品质的总体趋势,但在一些特殊小区域的具体年份和品种特性表现上,或存在差异。例如,具有气候特殊性的地方,或一些生产上种植面积较大,但研究和报道信息量极少的品种,本文并未给出恰当或公正的评价,应用本文时应谨慎参考。

4　结论

河南省小麦籽粒质量特性 5 年均值(蛋白质含量 14.32%,湿面筋含量 30.8%,容重 794 g·L^{-1})达到强筋标准,但关键加工品质(稳定时间、拉伸面积)年际变异较大。大面积推广品种的关键加工品质(尤其是稳定性)仍有待提升。年际(Y)、地域(R)、品种(V)对所有质量特性存在极显著主效应,各交互效应(Y×R、Y×V、R×V、Y×R×V)对关键加工品质存在显著影响。

河南省小麦质量特性呈“北强南弱”的地域格局。豫北强筋小麦比例达到 75.3%，豫中为 60.7%，豫东、豫西 51.2%，豫南 32.6%。河南省具备良好的强筋小麦生产潜力和基础，且豫北、豫中优势明显，但质量特性的年际不稳定性和地域不均衡性，仍是当前面临的主要挑战，其根源在于品种—环境的复杂互作影响。

参考文献：

[1]国家统计局. 主要农作物产品产量[EB/OL]. https://data.stats.gov.cn/easyquery.htm? cn=E0103.[2025-1-19].
National Bureau of Statistics. Output of major agricultural products [EB/OL]. https://data.stats.gov.cn/easyquery.htm? cn=E0103.[2025-1-19].

[2]河南省人民政府关于加快推进农业高质量发展建设现代农业强省的意见[N]. 河南日报，2020-07-12(004).
People's Government of Henan Province. Opinions on accelerating the promotion of high-quality agricultural development and building a strong modern agricultural province [N]. *Henan Daily*，2020-07-12(004).

[3]商东耀，成 林，马青荣，等. 河南省冬小麦主要籽粒品质对气象因子的响应[J]. 麦类作物学报，2024，44(10)：1324.
Shang D Y，Cheng L，Ma Q R，*et al*. Response of winter wheat grain main quality to meteorological factors in Henan Province [J]. *Journal of Triticeae Crops*，2024，44(10)：1324.

[4]Atsbeha G，Mekonnen T，Kebede M，*et al*. Multivariate analyses，heritability and genotype environment interaction of bread wheat genotypes in Ethiopia [J]. *Ecological Genetics and Genomics*，2023，29：100209.

[5]Bhandari R K，Nyaupane S，Poudel M R. Expression and association of quantitative traits of wheat(*Triticum aestivum* L.) genotypes under different wheat growing environments [J]. *Cogent Food & Agriculture*，2023，9(2)：2288394.

[6]河南省粮食和物资储备局，省农业农村厅. 2021 年河南省收购小麦质量品质报告[EB/OL]. https://lswz.henan.gov.cn/2021/11-02/2340098.html.
Henan Provincial Grain and Material Reserve Bureau，Henan Provincial Department of Agriculture and Rural Affairs. 2021 Henan Province wheat purchase quality report [EB/OL]. 2021-11-02. https://lswz.henan.gov.cn/2021/11-02/2340098.html.

[7]河南省粮食和储备局. 2022 年河南省收购小麦质量品质报告[EB/OL]. http://lswz.henan.gov.cn/2022/12-30/2664728.html.
Henan Provincial Grain and Material Reserve Bureau. 2022 Henan Province wheat purchase quality report [EB/OL]. 2022-12-30. https://lswz.henan.gov.cn/2021/11-02/2340098.html.

[8]河南省粮食和物资储备局，省农业农村厅. 2023 年河南省收购小麦质量品质报告[EB/OL]. 2023-11-07. http://lswz.henan.gov.cn/2023/11-07/2843637.html.
Henan Provincial Grain and Material Reserve Bureau，Henan Provincial Department of Agriculture and Rural Affairs. 2023 Henan Province wheat purchase quality report [EB/OL]. 2023-11-07. http://lswz.henan.gov.cn/2023/11-07/2843637.html.

[9]河南省粮食和储备局，省农业农村厅. 2024 年河南省收购小麦质量品质报告[EB/OL]. http://lswz.henan.gov.cn/2024/12-09/3096544.html.
Henan Provincial Grain and Material Reserve Bureau，Henan Provincial Department of Agriculture and Rural Affairs. 2024 Henan Province wheat purchase quality report [EB/OL]. 2024-12-09. http://lswz.henan.gov.cn/2024/12-09/3096544.html.

[10]符 锋，戴冠苹，张梓豪. 2020—2024 年河南省小麦质量品质对比分析[J]. 食品安全质量检测学报，2025，16(10)：285.
Fu F，Dai G P，Zhang Z H. Comparative analysis of *Triticum aestivum* L. quality in Henan Province from 2020 to 2024 [J]. *Journal of Food Safety & Quality*，2025，16(10)：285.

[11]王绍中，季书勤，刘发魁，等. 河南省小麦品质生态区划[J]. 河南农业科学，2001，30(9)：4.
Wang S Z，Ji S Q，Liu F K，*et al*. Ecologic regionalization of wheat quality in Henan Province [J]. *Journal of Henan Agricultural Sciences*，2001，30(9)：4.

[12]李金良，赵丽英，李金榜，等. 南阳市小麦品质生态区划研究与应用[J]. 河南农业科学，2003(9)：12.
Li J L，Zhao L Y，Li J B，*et al*. Studies and application of wheat quality ecology regionalization in Nanyang city [J]. *Journal of Henan Agricultural Sciences*，2003(9)：12.

[13]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 regionalization (Ⅰ) [J]. *Journal of Triticeae Crops*，2010，30(5)：886.

[14]魏益民，关二旗，张 波，等. 黄淮冬麦区小麦籽粒质量调查与研究[M]. 北京：科学出版社，2013.
Wei Y M，Guan E Q，Zhang B，*et al*. Investigation and research on the kernel quality property of winter wheat in Huang-Huai river zone [M]. Beijing：Science Press，2013.

[15]关二旗. 区域小麦籽粒质量及加工利用研究[D]. 北京：中国农业科学院，2011.
Guan E Q. Study on the wheat kernel quality and its utilization in district level [D]. Beijing：Chinese Academy of Agricultural Sciences，2011.

[16]路辉丽，彭星星，尹 豪，等. 河南省小麦生产现状及优质小麦发展对策研究[J]. 粮油食品科技，2024，32(1)：185.
Lu H L，Peng X X，Yin H，*et al*. Research on the current situation of wheat production and development strategies for high quality wheat in Henan Province [J]. *Science and Technology of Cereals，Oils and Foods*，2024，32(1)：185.

[17]付 亮，蒋志凯，李 洋，等. 河南省小麦新品种(系)品质性状分析[J]. 河南农业科学，2012，41(10)：40.
Fu L，Jiang Z K，Li Y，*et al*. Analysis of quality traits of new varieties in regional test of Henan Province [J]. *Journal of Henan Agricultural Sciences*，2012，41(10)：40.

[18]关二旗，魏益民，张 波，等. 黄淮冬麦区部分区域小麦品种构成及品质性状分析[J]. 中国农业科学，2012，45(6)：1159.
Guan E Q，Wei Y M，Zhang B，*et al*. Analysis of the variety composition and quality properties of wheat in a part of the Huang-Huai river zone [J]. *Scientia Agricultura Sinica*，2012，45(6)：1159.

[19]王晨阳，郭天财，马冬云，等. 环境、基因型及其互作对小麦主要品质性状的影响[J]. 植物生态学报，2008，32(6)：1397.
Wang C Y，Guo T C，Ma D Y，*et al*. Effects of genotypes and environments and their interactions on main quality traits in winter wheat [J]. *Journal of Plant Ecology (Chinese Version)*，2008，32(6)：1397.

[20]郭天财，马冬云，朱云集，等. 冬播小麦品种主要品质性状的基因型与环境及其互作效应分析[J]. 中国农业科学，2004，37(7)：948.
Guo T C，Ma D Y，Zhu Y J，*et al*. Genotype，environment and their interactive effects on main quality traits of winter-sown wheat variety [J]. *Scientia Agricultura Sinica*，2004，37(7)：948.

[21]Nazim U D Dowla M A N，Edwards I，O'Hara G，*et al*. Developing wheat for improved yield and adaptation under a changing climate：Optimization of a few key genes [J]. *Engineering*，2018，4(4)：514.

[22]魏益民，关二旗，张 波，等. 黄淮冬麦区小麦籽粒质量研究报告[M]. 北京：科学出版社，2017.
Wei Y M，Guan E Q，Zhang B，*et al*. Investigation river on the winter wheat kernel quality property of Huang-Huai River zone [M]. Beijing：Science Press，2017.