

基于主成分分析的“濮麦”系列品种产量 与品质的综合评价

岳云霞 程星 秦海英 谢文芳 戴妙飞 盛石鹏 张莹莹
(河南省濮阳市农林科学院,濮阳 457000)

摘要:为深入了解濮阳市农林科学院选育的“濮麦”系列品种农艺、品质和病害性状等变化情况,及时掌握育种进展,为培育改良新品种奠定基础,对11个“濮麦”系列品种的审定历程、亲本来源、农艺性状、抗病性及品质性状进行了系统分析,并通过主成分分析对其综合性能进行了量化评价。结果表明,“濮麦”系列品种高度依赖“周麦”系列等骨干亲本,产量构成以千粒重为主导因素,表现出高产稳产特性。抗病性呈现强弱分明的格局,赤霉病和白粉病是目前抗病性的主要短板,需要加强品种抗性改良。主成分分析提取出4个主成分,分别代表高产优质潜力因子、多穗紧凑型因子、品质和株型因子和加工品质因子,濮麦116、濮麦186、濮麦6311是聚合了高产和良好加工品质的优异品种,可进一步扩大其推广利用范围。未来育种应聚焦于攻克赤霉病和白粉病抗性短板,并利用分子手段优化“大粒”与“晚熟高秆”的不利连锁,以选育出高产、优质、多抗的突破性新品种。

关键词:濮麦;小麦;主成分分析;品种选育;品质;综合评分

Comprehensive Evaluation of Yield and Quality Traits of Pumai Series Wheat Varieties based on Principal Component Analysis

YUE Yunxia, CHENG Xing, QIN Haiying, XIE Wenfang,
DAI Miaofei, SHENG Shipeng, ZHANG Yingying

(Puyang Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Puyang 457000, Henan)

濮阳市作为河南省重要的粮食生产基地,2023年小麦的种植面积约23.3万 hm^2 ,总产量约175万 $\text{t}^{[1]}$,小麦粮食收入是濮阳市农业经济的支柱之一。种子是农业的核心,新品种的选育是驱动产业升级的核心引擎。濮阳市农林科学院作为一个集科研、试验、示范、推广、培训为一体的农业科研单位,长期担负着优异新品种的培育、高产栽培技术的研究与推广等重要责任,现已有11个自育“濮麦”系列小麦品种通过国家或省级审定。但随着农业现代化进程的加快,仍需要不断探索高产、优质、抗病等相互协调的育种新模式,来提升“濮麦”系列品种育

种水平。

近年来关于小麦产量、品质、抗病等多个性状联合分析的研究有很多。葛冬冬等^[2]对黄淮冬麦区南片国审小麦品种产量、品质及抗病性进行分析,发现产量增加关键在于稳定穗数,提高穗粒数和千粒重。高艳梅等^[3]分析了近20年来中国小麦品种产量和品质性状变化,发现各地区小麦产量均与穗数呈显著正相关,建议以培育多穗型小麦品种为主。张程昱等^[4]对河南省审定小麦品种产量性状与抗病性进行变异分析,发现产量三因素中穗数对产量的贡献值最大,赤霉病抗性最差。晁漫宁等^[5]对2018–2024年安徽省小麦区域试验半冬性组小麦品质性状及抗病性研究分析,发现中筋品种产量与品

质性状存在拮抗关系。高燕等^[6]对河南省小麦品种主要性状进行分析,发现穗粒数、千粒重、株高等与产量呈极显著正相关,适当增加株高可以提高产量。宋家永^[7]对河南省小麦品种系列结构分析,发现“郑麦”“偃麦”“温麦”“新麦”等系列品种贡献率较高。王士坤等^[8]对“新麦”系列品种系谱及育种思路进行分析,明确了“新麦”系列小麦品种的未来选育方向。主成分分析法作为一种将多个指标数据标准化处理后,转化为几个综合指标的多元统计降维思想方法,已广泛运用于小麦育种中^[9-11]。为全面掌握品种的综合评价指标,精准把控育种进展、及时调整育种方向,本研究对11个“濮麦”系列品种的主要性状及亲本使用情况进行综合评价,以期今后小麦育种工作提供参考和指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料 试验材料为濮阳市农林科学院小麦研究所自主育成的经河南省或国家审定的“濮麦”系列品种(表1),试验数据来源于品种审定公告(中国种业大数据平台, <http://202.127.42.232/SDSite/Home/Index>),审定公告中部分“濮麦”系列品种并非本单位育成,因此不包含在内,多次通过审定的品种以最后一次审定数据为准。

表1 “濮麦”系列品种信息

序号	品种	审定编号	亲本来源
1	濮麦9号	国审麦 2005012	徐州 174/ 内乡 183// 豫麦 24 号
2	濮麦 10 号	豫审麦 2006002	周 8425B/ 冀衡 90-4041
3	濮麦 6311	国审麦 20180037	矮抗 58/ 周麦 18
4	濮麦 087	国审麦 20200042	浚 K8-4/ 濮麦 9 号
5	濮麦 168	国审麦 20200044	豫麦 24 号 / 周麦 16
6	濮麦 053	国审麦 20200091	百农 AK58/ 周麦 18
7	濮麦 1165	国审麦 20210032	周麦 18/ 郑育 8 号
8	濮麦 8062	国审麦 20210080	周 99343/ 濮 02072
9	濮麦 117	国审麦 20210081	周麦 27/ 中育 9307
10	濮麦 116	国审麦 20220021	周麦 27/ 浚 K8-4
11	濮麦 186	国审麦 20251024	中育 8 号 / 许科 1018

1.2 性状指标 以审定公告中的品种数据为基础,对11个品种的6个农艺性状(产量、生育期、株高、有效穗数、穗粒数、千粒重)、5个抗病性状(白粉病、条锈病、叶锈病、纹枯病、赤霉病)及5个品质性状(容重、蛋白质含量、湿面筋含量、稳定时间、吸水量)

进行综合分析。

1.3 数据处理 利用 Microsoft Excel 2010 对数据进行整理,SPSS 22.0 对试验数据进行主成分分析。

2 结果与分析

2.1 品种信息分析 由表1可知,2005-2019年共审定“濮麦”系列小麦品种3个,每年平均0.20个;2020-2025年共审定8个,每年平均1.33个。2020年及以后审定数量快速增加,2020年和2021年审定品种数量最多,均为3个,总占比为54.55%。

对“濮麦”系列品种的育种方法和亲本来源进行分析,发现采用单交方式育成的品种有10个,占比90.91%,采用复交方式育成的仅有濮麦9号1个品种,说明常规杂交育种,特别是单交育种仍是该系列小麦的主要育种手段。“濮麦”系列品种的亲本来源多样化,但有一些核心亲本被重复使用。11个小麦品种共使用到17个直接亲本,品种中至少有1个亲本为“周麦”系列品种或品系的有8个,占比达72.73%;至少有1个亲本为“濮麦”系列品种或品系的有2个,占比达18.18%。以上分析表明,“濮麦”系列品种核心亲本突出,但长期集中应用某类亲本易造成遗传基础狭窄,增加改良难度。

2.2 抗病性分析 如表2所示,对抗病性鉴定结果进行分析。白粉病高感品种有4个,占比36.36%,中感品种有7个,占比63.64%,无抗性品种,说明“濮麦”系列品种白粉病抗性较差,且近几年抗病性研究进展缓慢。叶锈病高感品种有4个,占比36.36%;中感品种有3个,占比27.27%;中抗品种有4个,占比36.36%,叶锈病抗性相对较强。条锈病高感品种有1个,占比9.09%;中感品种有6个,占比54.55%;中抗品种有4个,占比36.36%;条锈病中抗和中感品种总占比最多,高感品种最少,抗性最优。纹枯病高感品种有3个,占比27.27%;中感品种有8个,占比72.73%;无抗性品种,纹枯病整体抗性偏低。赤霉病高感品种有8个,占比72.73%;中感品种有3个,占比27.27%;无抗病品种。

11个已审定品种中5种病害抗病性占比最高的分别是:白粉病中感(63.64%),叶锈病中抗或高感(36.36%),条锈病中感(54.55%),纹枯病中感(72.73%),赤霉病高感(72.73%)。其中,叶锈病、条

锈病抗性品种最多,白粉病、纹枯病、赤霉病均无抗性品种。抗性达到中抗水平且兼抗2种病害的品种共有2个,包括濮麦10号(中抗叶锈病、条锈病)、濮麦087(中抗叶锈病、条锈病),表明“濮麦”系列品种抗条锈病、叶锈病较其他病害抗性水平高。赤霉病高感品种较多,是“濮麦”系列品种的抗病性短板。5种病害均无高抗品种,整体水平仍有待提高,抗性品种选育能力需要加强。

表2 “濮麦”系列品种的抗病性

品种	白粉病	叶锈病	条锈病	纹枯病	赤霉病
濮麦9号	中感	中感	中感	高感	高感
濮麦10号	中感	中抗	中抗	中感	中感
濮麦6311	中感	中感	中感	中感	高感
濮麦087	中感	中抗	中抗	中感	中感
濮麦168	中感	中感	中抗	中感	高感
濮麦053	高感	高感	中感	高感	高感
濮麦1165	高感	中抗	中感	中感	高感
濮麦8062	中感	高感	中抗	中感	高感
濮麦117	中感	高感	高感	中感	高感
濮麦116	高感	中抗	中感	高感	高感
濮麦186	高感	高感	中感	中感	中感

2.3 产量及农艺性状分析 从表3可知,“濮麦”系列品种全生育期介于217.1~231.1d之间,平均224.4d,整体上呈增加趋势,变异系数为2.33%,

说明品种间生长周期的遗传差异较小。株高在74.4~83.8cm之间,平均78.9cm,总体呈缓慢增长,变异系数为3.53%,品种间差异不大。每667m²有效穗数在36.9万~42.4万穗之间,平均38.9万穗,总体呈缓慢降低趋势,变异系数为4.62%,遗传相对稳定。穗粒数介于32.9~38.9粒之间,平均36.1粒,变异系数为4.56%,整体表现平稳,特别是近5年基本保持在36.0粒左右。千粒重介于35.8~52.5g之间,平均45.0g,变异系数为9.08%,呈现波动变化。每667m²产量在504.2~600.4kg之间,总体呈波动上升的趋势,变异系数为5.99%。各品种之间农艺性状遗传差异较小,部分品种单项性状表现较为突出,例如濮麦186产量最高(600.4kg/667m²),濮麦117株高最低(74.4cm),濮麦053有效穗数最多(42.4万穗/667m²),濮麦9号穗粒数最多(39粒),濮麦6311千粒重最高(52.5g)。

2.4 品质性状分析 由表4可知,“濮麦”系列品种容重介于779.1~816.5g/L之间,平均799.1g/L,变异系数1.16%,表明各品种间容重差异较小,性状较稳定。蛋白质含量在12.45%~15.16%之间,平均13.77%,呈波动变化,变异系数为6.02%;蛋白质含量≥14.0%的有5个,占比45.45%;13.0%≤蛋白质含量<14.0%的品种有3个,占比27.27%;蛋白质含量≥15.0%的有1个,占比9.09%，“濮麦”系列

表3 “濮麦”系列品种产量及农艺性状

品种	产量(kg/667m ²)	全生育期(d)	株高(cm)	有效穗数(万穗/667m ²)	穗粒数	千粒重(g)
濮麦9号	535.7	219.0	78.0	40.5	38.9	35.8
濮麦10号	520.3	219.0	78.3	41.5	35.0	42.5
濮麦6311	559.1	231.1	78.9	37.9	32.9	52.5
濮麦087	507.0	225.3	79.4	36.9	37.7	45.8
濮麦168	504.2	218.0	77.0	38.8	36.7	43.4
濮麦053	514.7	227.5	75.8	42.4	34.2	44.2
濮麦1165	531.9	228.4	83.8	37.1	35.7	45.7
濮麦8062	511.2	217.1	81.0	37.9	36.6	46.2
濮麦117	520.6	225.1	74.4	38.3	37.0	43.9
濮麦116	582.6	231.1	82.7	37.8	36.1	48.2
濮麦186	600.4	226.5	79.0	39.0	36.2	46.5
平均值	535.2	224.4	78.9	38.9	36.1	45.0
最大值	600.4	231.1	83.8	42.4	38.9	52.5
最小值	504.2	217.1	74.4	36.9	32.9	35.8
变异系数(%)	5.99	2.33	3.53	4.62	4.56	9.08

表4 “濮麦”系列品种品质性状

品种	容重(g/L)	蛋白质含量(%)	湿面筋含量(%)	稳定时间(min)	吸水量(mL/100g)
濮麦9号	799.0	13.83	29.8	1.30	56.4
濮麦10号	799.5	13.20	28.7	2.30	60.1
濮麦6311	795.5	14.36	31.0	3.20	63.0
濮麦087	779.1	12.90	31.9	2.20	58.9
濮麦168	792.4	14.20	27.5	1.90	55.4
濮麦053	816.5	15.16	32.0	2.10	59.4
濮麦1165	799.0	14.30	34.2	3.30	58.0
濮麦8062	800.0	13.70	29.9	5.20	60.4
濮麦117	799.5	12.45	29.7	3.25	61.5
濮麦116	809.0	12.90	30.7	4.90	60.5
濮麦186	800.5	14.50	34.5	3.70	60.0
平均值	799.1	13.77	30.9	3.03	59.4
最大值	816.5	15.16	34.5	5.20	63.0
最小值	779.1	12.45	27.5	1.30	55.4
变异系数(%)	1.16	6.02	7.41	40.61	3.67

品种蛋白质含量整体水平较高且较稳定。湿面筋含量介于27.5%~34.5%之间,平均30.9%,变异系数为7.41%;有10个品种湿面筋含量 \geq 28.5%,占比90.91%;有6个品种 \geq 30.5%,占比54.55%;有1个品种 \geq 34.5%,占比9.09%。“濮麦”系列品种湿面筋含量较高。稳定时间介于1.30~5.20min之间,平均3.03min,总体上呈上升趋势,变异系数为40.61%,品种间差异较大,有很大改良空间;2005–2020年平均稳定时间为2.17min,2021–2025年平均稳定时间为4.07min,表明近5年“濮麦”系列品种的稳定时间较之前有所提高。吸水量在55.4~63.0mL/100g之间,平均59.4mL/100g,变异系数为3.67%,品种间差异较小;有9个品种吸水量 \geq 58.0mL/100g,占比81.82%;有6个品种吸水量 \geq 60.0mL/100g,占比54.55%。“濮麦”系列品种吸水量较稳定,且处于相对较高水平。

2.5 主成分分析 如表5所示,对11个性状的原始数据标准化处理后进行主成分分析,提取到初始特征值 >1 的主成分共4个,累计贡献率达81.170%,说明这4个主成分可反映11个“濮麦”系列品种11个性状的绝大部分信息。各品种在4个主成分上的得分见表6。主成分1是高产优质潜力因子,也是区分综合性状优劣的关键,主要反映千粒重、全生育期、稳定时间、吸水量、产量、株高、湿

面筋含量等性状,该因子上得分较高的品种有濮麦6311、濮麦116、濮麦186、濮麦1165。主成分2是多穗紧凑型因子,通过增加有效穗数(多穗)来实现高产,同时植株相对较矮,籽粒商品性好(容重高),主要反映有效穗数、容重、蛋白质含量等性状,穗粒数和株高的负向载荷值绝对值也相对较高,濮麦053在此因子上得分极高。主成分3是品质和株型因子,

表5 主成分矩阵

指标	主成分			
	1	2	3	4
全生育期	0.794	0.159	0.080	-0.168
株高	0.524	-0.418	0.475	-0.020
有效穗数	-0.455	0.819	-0.014	0.228
穗粒数	-0.581	-0.595	0.354	0.322
千粒重	0.873	-0.061	-0.308	-0.308
容重	0.236	0.734	0.152	0.522
蛋白质含量	0.081	0.683	0.405	-0.451
湿面筋含量	0.433	0.019	0.728	-0.054
稳定时间	0.737	-0.281	-0.046	0.427
吸水量	0.713	0.103	-0.561	0.195
产量	0.661	0.106	0.311	0.284
特征值	3.950	2.335	1.583	1.060
贡献率(%)	35.910	21.225	14.394	9.641
累计贡献率(%)	35.910	57.136	71.529	81.170

主要反映湿面筋含量、株高、蛋白质含量等性状,吸水量的负向载荷值绝对值也相对较高,濮麦 1165、濮麦 186 和濮麦 9 号在此因子上有较高得分,表明其在品质加工方面有优势。主成分 4 是加工品质因子,主要反映容重、稳定时间等性状,蛋白质含量的负向载荷值绝对值也相对较高,濮麦 116、濮麦 117 在此因子上表现突出。

对“濮麦”系列品种的综合得分 F 进行计算,结果见表 6。濮麦 116、濮麦 186 综合得分明显高于其他品种,居前 2 位,并且均在主成分 1 上得分较高,属于大粒、多穗型高产品种,加工品质优良。濮麦 6311、濮麦 053 分别排第 3 名、第 4 名,其核心优势极端突出,分别在主成分 1 和主成分 2 上得分较高,说明濮麦 6311 高产和优质的平衡性好,濮麦 053 是多穗且高蛋白型品种。濮麦 1165 排第 5 名,在主成分 1 上表现良好,但最突出的表现是在主成分 3 上,表明濮麦 1165 具有蛋白质含量优势,品质表现出色。

表 6 主成分综合得分及排序

品种	主成分得分				综合得分 F	排名
	1	2	3	4		
濮麦 9 号	-3.308	0.067	1.227	0.727	-1.142	10
濮麦 10 号	-1.345	0.807	-1.154	0.518	-0.527	7
濮麦 6311	2.690	0.773	-1.810	-1.382	0.907	3
濮麦 087	-0.634	-2.468	-0.057	-1.263	-1.086	9
濮麦 168	-2.623	-0.256	-0.250	-1.085	-1.400	11
濮麦 053	-0.325	3.613	0.295	-0.256	0.823	4
濮麦 1165	1.324	-0.646	1.972	-0.939	0.655	5
濮麦 8062	0.311	-1.125	-0.448	0.808	-0.140	6
濮麦 117	-0.467	-0.626	-1.678	1.056	-0.543	8
濮麦 116	2.678	-0.703	0.298	1.523	1.235	1
濮麦 186	1.699	0.564	1.604	0.292	1.218	2

3 讨论

本研究对 2005–2025 年已审定的 11 个“濮麦”系列品种进行分析,发现“濮麦”系列品种育种经历了从 2005 年的初步探索到 2020 年以来的“井喷式”发展。2020–2021 年审定品种数量急剧增加,主要得益于品种审定制度的修改和审定渠道的拓宽^[12–13]。2022–2025 年品种审定数量虽有所减少,但品种质量大幅度提升,濮麦 116、濮麦 186 产量及综合得

分均为前两名。育种方法和亲本利用情况分析对品种选育规律的研究至关重要^[14]。“濮麦”系列品种选育高度依赖“周麦”系列等骨干亲本,并逐步形成内部血缘循环,育种体系日趋成熟。这与“周麦”系列品种普遍具有矮秆、中大穗和丰产性好的优良特性有很大关系。但长期亲本应用集中、育种方法单一会造成遗传基础狭窄,增加品种改良难度。因此,应广泛收集优异种质资源,创新育种方法。近年来,濮阳市农林科学院小麦研究所一直积极在育种方法及手段上寻找突破,如引进优异种质资源,尝试两年三熟加代育种、分子育种、航天育种、辐照育种、DH 双单倍体育种等,不断探索常规育种与现代育种技术相结合的新型育种模式。

赤霉病、条锈病、白粉病、叶锈病、纹枯病是我国小麦的主要病害,危害严重,培育兼抗性品种是最为安全有效的方法^[15–16]。本研究中,“濮麦”系列品种抗病性呈现强弱分明的格局,对条锈病和叶锈病抗性较好,但对赤霉病和白粉病的抗性较差,是目前的主要短板,这与抗病性选育方法密切相关。在白粉病、纹枯病、赤霉病抗性品种选育过程中,通常以抗性品种作为亲本材料配置杂交组合,选种圃种植诱发行,并结合田间自然发病情况筛选抗病品系。该选育方法受天气、温湿度、育种家经验等因素影响较大,时间较长、见效慢、选育难度大,存在一定随机性。抗条锈病品种选育则采用注射接种法将孢子悬浮液注入诱发行中小麦茎基部或叶鞘内诱导发病,该方法能精准接种和筛选抗性基因,且开始较早,应用较为成熟,效果显著。因此,未来可继续利用和聚合对条锈病、叶锈病的抗性基因,保持其稳定抗性,加大引入更多高抗、兼抗性品种,重点突破赤霉病和白粉病抗性选育,加强对纹枯病等土传病害的抗性筛选,通过对自有品系田间自然发病、接种病原菌和分子标记相结合的鉴定方法,深入研究其抗性遗传机制,加快培育兼具高产和兼抗性的新品种。

“濮麦”系列是一个以高产、稳产、商品性好为核心优势,在抗病性上存在明显短板,但在“产量—品质”协同改良上取得了突破性进展的品种群。主成分分析共提取出 4 个主成分,累计贡献率 81.170%,分别代表高产优质潜力因子、多穗紧凑型因子、品质与株型因子和加工品质因子。其中,濮麦 116、濮麦 186、濮麦 6311 聚合了高产和良好的加工

品质,综合表现最佳,可进一步扩大推广面积。“濮麦”系列品种单产稳步提高,籽粒品质不断提升,但兼抗品种欠缺,未来育种目标应聚焦高产、优质协同,利用现代育种技术(如分子标记辅助选择)重点提升赤霉病、白粉病抗性,选育千粒重高但株高适中、熟期适宜的新种质,降低倒伏风险,以适应不同麦区的茬口要求。

参考文献

- [1] 葛娜. 河南濮阳市优质小麦种植及常见病虫害防治技术. 农业工程技术, 2025, 45 (13): 90-91
- [2] 葛冬冬, 王粤生, 王长有, 陈春环, 刘新伦, 邓平川, 李停栋, 王弘, 郑祥博, 杨海波, 吉万全, 赵继新. 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. 麦类作物学报, 2025, 45 (9): 1180-1189
- [3] 高艳梅, 景茂雅, 陈薇薇, 张萌, 张永清, 王志敏. 近 20 年来中国小麦品种产量和品质性状变化分析. 麦类作物学报, 2024, 44 (9): 1152-1160
- [4] 张程昱, 吴漫, 吕良松, 王玉龙, 王黎明. 2017—2022 年河南省审定小麦品种产量性状与抗病性变异分析. 天津农业科学, 2025, 31 (5): 16-21
- [5] 晁漫宁, 王勛, 张玉坤, 马庆, 朱利广. 2018-2024 年安徽省小麦区试冬性组小麦品质性状及抗病性分析. 陕西农业科学, 2025, 71 (9): 71-77, 83
- [6] 高燕, 彭涛, 成东梅, 赵伟峰, 于金林, 黄莎莎. 河南省小麦品种主要性状分析及综合评价指标构建. 种子, 2025, 44 (6): 158-164
- [7] 宋家永. 河南省小麦品种系列结构分析. 河南农业科学, 2008, 37 (8): 43-45
- [8] 王士坤, 杨丽娟, 王映红, 董响, 任星旭, 周思远, 李永珍, 张玉红, 蒋志凯. 新麦系列品种系谱及育种思路. 种子科技, 2021, 39 (21): 26-28
- [9] 江伟, 张晓, 刘大同, 高德荣, 张勇, 李曼, 寿路路, 陆成彬. 小麦品质性状相关性分析及主成分分析. 江苏农业科学, 2023, 51 (16): 43-48
- [10] 张凡, 杨春玲, 韩勇, 侯军红. 基于主成分分析和同异分析法的小麦产量与品质综合评价. 山东农业大学学报: 自然科学版, 2022, 53 (4): 503-509
- [11] 韩雪, 孔欣欣, 杨丹丹, 赵国轩, 苏亚中, 赵鹏飞, 金建猛, 邱学领, 于俊杰, 赵国建. 基于主成分分析的 72 份中强筋小麦面粉加工品质综合评价. 中国种业, 2024 (5): 72-78
- [12] 杨红旗, 李磊, 董薇, 梁慧珍, 郝仰坤. 刍议我国种子事业法制化建设. 种子科技, 2022, 40 (13): 130-132
- [13] 张会芳, 燕照玲, 刘海礁, 段俊枝, 陈海燕, 郭燕, 王楠, 杨翠苹, 齐红志. 河南省联合体试验小麦品种综合性状分析与评价. 河南农业科学, 2024, 53 (7): 35-43
- [14] 吴漫. 2017-2022 年河南省审定小麦品种及其主要目标性状变异分析. 洛阳: 河南科技大学, 2024
- [15] 张华崇, 赵树琪, 闫振华, 黄晓莉, 戴宝生, 李蔚. 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. 麦类作物学报, 2021, 41 (11): 1356-1364
- [16] 刘明杰. 小麦抗病基因聚合材料抗性鉴定和抗病基因的分子检测. 杨凌: 西北农林科技大学, 2025

(收稿日期: 2025-10-14)

(上接第 101 页)

- Microbiome, 2018, 6: 146
- [12] Edwards J A, Santos-Medellin C M, Liechty Z S, Nguyen B, Lurie E, Eason S, Phillips G, Sundaresan V. Compositional shifts in root-associated bacterial and archaeal microbiota track the plant life cycle in field-grown rice. *PLoS Biology*, 2018, 16: e2003862
- [13] Zhang J Y, Zhang N, Liu Y X, Zhang X N, Hu B, Qin Y, Xu H R, Wang H, Guo X X, Qian J M, Wang W, Zhang P F, Jin T, Chu C C, Bai Y. Root microbiota shift in rice correlates with resident time in the field and developmental stage. *Science China-Life Sciences*, 2018, 61 (6): 613-621
- [14] 杨国宝, 周家杰, 江敏, 范琦伍, 王丽华. 160 个高粱品种(系)的耐盐性鉴定. 西昌学院学报: 自然科学版, 2019, 33 (3): 1-7, 45
- [15] 朱广龙, 武启迪, 钱寅森, 张网定, 任志强, 周桂生. 盐胁迫对高粱生长与生理特征的影响及耐盐调控机理研究进展. 江苏农业科学, 2023, 51 (14): 49-57
- [16] 温刘君, 朴顺姬, 易津. 4 种小麦族牧草种子耐盐补偿生长特性研究. 中国草地学报, 2009, 31 (6): 30-32, 38
- [17] 楚乐乐, 罗成科, 田蕾, 张银霞, 杨淑琴, 李培富. 植物对碱胁迫适应机制的研究进展. 植物遗传资源学报, 2019, 20 (4): 836-844
- [18] Irik H A, Bikmaz G. Effect of different salinity on seed germination, growth parameters and biochemical contents of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seeds cultivars. *Scientific Reports*, 2024, 14: 6929
- [19] Ao Y L, Li H Q, Zhu L P, Ali S, Yang Z G. The linear random forest algorithm and its advantages in machine learning assisted logging regression modeling. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 2019, 174: 776-789
- [20] Tutar H, Celik S, Er H, Gönülal E. Impact of morphological traits and irrigation levels on fresh herbage yield of sorghum x sudangrass hybrid: Modelling data mining techniques. *PLoS ONE*, 2025, 20: e0318230

(收稿日期: 2025-10-20)